





**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ (ΔιΧηNET)»**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Διερεύνηση αξιοποίησης εφαρμογών επαυξημένης  
πραγματικότητας στην εργασία των μαθητών στο πεδίο**

**ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΧΗΜΙΚΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021**



## **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

Διερεύνηση αξιοποίησης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας  
στην εργασία των μαθητών στο πεδίο

**ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΥ**

**A.M.: 161709**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**Ευαγγελία Παυλάτου, Καθηγήτρια**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Ευαγγελία Παυλάτου, Καθηγήτρια

Εμμανουήλ Δασενάκης, Καθηγητής

Κωνσταντίνος Μεθενίτης, Αναπληρωτής καθηγητής

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: 23/02/2021**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η μάθηση που υποστηρίζεται από "έξυπνες" κινητές συσκευές αποτελεί μια από τις σημαντικότερες τάσεις στην εκπαίδευση. Αξιοποιώντας τις τεχνολογικές δυνατότητες που προσφέρουν, όπως οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (AR), ερευνητές και εκπαιδευτικοί ερευνούν την χρήση τους στο σχεδιασμό καινοτόμων δραστηριοτήτων σε διάφορους τομείς στην εκπαίδευση, συμπεριλαμβανομένης και της ΠΕ/ΕΑΑ.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την διερεύνηση της αξιοποίησης της επαυξημένης πραγματικότητας ως υποστηρικτικό υλικό των μαθητών κατά την εργασία τους στο πεδίο. Μέσα από την βιβλιογραφία και την παρουσίαση χαρακτηριστικών παραδειγμάτων ανάλογων εφαρμογών, επιχειρείται η ανάδειξη των δυνατοτήτων που προκύπτουν με σκοπό τη διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος επαυξημένης πραγματικότητας με κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ. Σε αυτή την κατεύθυνση, παρουσιάζεται το παράδειγμα του σχεδιασμού μιας εφαρμογής στο πεδίο με την χρήση της πλατφόρμας metaverse για την προώθηση του διαλόγου και της μελλοντικής έρευνας για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών εφαρμογών που αξιοποιούν τις δυνατότητες της AR.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** ΠΕ/ΕΑΑ

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** επαυξημένη πραγματικότητα, περιβαλλοντική εκπαίδευση, εκπαίδευση εκτός των τειχών, εργασία στο πεδίο

## **ABSTRACT**

Learning supported by applications on mobile "smart" devices is one of the most notable trends in education during the past years. By exploiting the technical capacities of smart devices, such as Augmented Reality applications (AR), researchers and educators alike are focusing on the design of new innovative activities to be applied in many thematic sectors, including environmental education (EE) and education for sustainable development (ESD).

The objective of this dissertation is the exploration of the use of AR in Environmental Education/Education for Sustainable Development with focus on field work as supportive material for students. Well-designed field activities have several requirements need to be met which is why, to the moment, they remain isolated experiences, with limited connection either to everyday's life, or educational curricula. Following a literature review, a series of research findings is presented, along with typical application examples that spotlight the possible roles and modalities needed to define an educational environment that makes good use of AR in EE/ESD. Along with a case study, is discussed in the end, aiming to establish a framework for further research towards the development of a methodology for designing AR-enriched activities in EE/ESD.

**SUBJECT AREA:** EE/ESD

**KEY WORD:** augmented reality, environmental education, outdoor education, field work





*«Στον Στέλιο, στην Γιάννα και στην Λιάννα»*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*“It is good to have an end to journey toward; but it is the journey that matters, in the end.” Ursula K. Le Guin*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος για το γνήσιο ενδιαφέρον τους, τα ερεθίσματα και τις γόνιμες συζητήσεις μας στο πλαίσιο των μαθημάτων. Οι παρατηρήσεις και η υπομονή τους συνέβαλαν σημαντικά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες προς τους συμφοιτητές μου για την εξαιρετική μας συνεργασία και την συνεχή ανταλλαγή γνώσεων και ιδεών σε όλη διάρκεια της κοινής μας πορεία.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη τους. Η βοήθεια τους είναι πάντα πολύτιμη στο να αντιμετωπίζω κάθε δυσκολία σαν μια ευκαιρία να δοκιμάζω τις δυνάμεις μου και να μαθαίνω κάτι καινούργιο.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ<br/>ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ .....</b> | <b>20</b> |
| 2.1 Βασικές αρχές γύρω από την ΠΕ/ΕΑΑ .....  | 20        |
| 2.2 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις και εργαλεία στην ΠΕ/ΕΑΑ.....                                    | 26        |
| 2.3 Η εργασία στο πεδίο (field work) .....   | 30        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ .....</b>   | <b>36</b> |
| 3.1 Βιωματική μάθηση (experiential learning) .....   | 36        |
| 3.2 Εγκαθιδρυμένη μάθηση (situated learning) .....   | 38        |
| 3.3 Ομαδοσυνεργατική μάθηση (Cooperative learning) .....                                       | 40        |
| 3.4 Ανακαλυπτική μάθηση (Discovery learning) .....   | 41        |
| 3.5 «Κινητή» Μάθηση: αξιοποιώντας τις φορητές συσκευές (mobile learning).....                  | 42        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ .....</b>   | <b>44</b> |
| 4.1 Η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας.....  | 44        |
| 4.2 Τα είδη των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας .....                                    | 46        |
| 4.3 Ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.....  | 48        |
| 4.4 Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση.....   | 52        |
| 4.4.1 Έρευνες: Μαθησιακά αποτελέσματα και παιδαγωγική συνεισφορά.....                          | 53        |
| 4.4.2 Εκπαιδευτικά παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας (AR games).....                       | 56        |
| 4.4.3 Αξιοποίηση επαυξημένης πραγματικότητας σε δράσεις στο πεδίο.....                         | 57        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....</b>  | <b>58</b> |
| 5.1 Σχεδιασμός ανασκόπησης.....  | 58        |
| 5.2 Κριτήρια για την διαμόρφωση του δείγματος εργασιών .....                                   | 59        |
| 5.3 Αποτελέσματα-Δείγμα εργασιών .....   | 61        |
| 5.4 Το ψηφιακό περιεχόμενο και ο «εμπλουτισμός» της μαθησιακής εμπειρίας.....                  | 68        |
| 5.4.1 Αλλαγή του χρόνου.....   | 70        |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.4.2 | Αλλαγή της κλίμακας .....                                 | 71 |
| 5.4.3 | Αλλαγή της αντίληψης του περιβάλλοντος.....               | 72 |
| 5.4.4 | Αλλαγή στο επίπεδο ανάλυσης.....                          | 73 |
| 5.5   | Οι μορφές του περιεχομένου στις ψηφιακές επαυξήσεις ..... | 74 |
| 5.6   | Περιβάλλοντα μάθησης .....                                | 75 |
| 5.7   | Οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις.....              | 76 |
| 5.7.1 | Τονίζοντας τους ρόλους.....                               | 77 |
| 5.7.2 | Τονίζοντας την τοποθεσία.....                             | 77 |
| 5.7.3 | Τονίζοντας τις εργασίες.....                              | 78 |
| 5.8   | Περιορισμοί και προκλήσεις .....                          | 79 |
| 5.9   | Άλλες παρατηρήσεις.....                                   | 82 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ AR ΩΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ..... 84**

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.1   | Πλαίσιο σχεδιασμού.....  | 84  |
| 6.1.1 | Δεξιότητες 21 <sup>ου</sup> αιώνα.....                             | 85  |
| 6.1.2 | Η πλατφόρμα Metaverse.....   | 86  |
| 6.1.3 | Υποστηρικτικό υλικό: Από τα φύλλα εργασίας σε μια εφαρμογή AR..... | 88  |
| 6.1.4 | Η επιλογή της τοποθεσίας .....                                     | 89  |
| 6.1.5 | Βασικές έννοιες .....  | 93  |
| 6.2   | Παρουσίαση εφαρμογής .....   | 95  |
| 6.2.1 | Προετοιμασία: Πριν την επίσκεψη στο πεδίο .....                    | 100 |
| 6.2.2 | Κατά τη διάρκεια της δράσης .....                                  | 101 |
| 6.2.3 | Μετά τη δράση.....   | 102 |
| 6.3   | Εναλλακτική προσέγγιση υλοποίησης .....                            | 103 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ..... 104**

|     |                                       |     |
|-----|---------------------------------------|-----|
| 7.1 | Συμπεράσματα .....                    | 104 |
| 7.2 | Προτάσεις για μελλοντική έρευνα ..... | 107 |

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι 109**

|   |     |
|---|-----|
| Παραδείγματα AR που αξιοποιούν την αναγνώριση QR codes..... | 109 |
|---|-----|

|  |            |
|--|------------|
| <i>Παράδειγμα 1: Εισαγωγή εικονικών χαρακτήρων (ενίσχυση digital story telling).....</i> | <i>110</i> |
| <i>Παράδειγμα 2: Εισαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων .....</i>                               | <i>110</i> |
| <i>Παράδειγμα 3: Καταγραφή παρατηρήσεων στον πραγματικό κόσμο, ερωτήσεις .....</i>       | <i>111</i> |
| <i>Παράδειγμα 4: Ερωτηματολόγιο σε μαθητές και παρουσίαση απαντήσεων ομάδας.....</i>     | <i>112</i> |
| <i>Παράδειγμα 5: Μετάβαση σε βίντεο και ιστοσελίδα .....</i>                             | <i>112</i> |
| <b>Παραδείγματα AR εφαρμογών που αξιοποιούν την αυτόματη αναγνώριση εικόνας.....</b>     | <b>113</b> |
| <i>Παράδειγμα 1: «Ένας ποιητής ζωντανεύει και απαγγέλει ένα ποίημα» .....</i>            | <i>114</i> |
| <i>Παράδειγμα 2: Ένα άγαλμα - μουσείο στην τάξη!.....</i>                                | <i>115</i> |
| <i>Παράδειγμα 3: Σελίδες σχολικών εγχειριδίων μπορούν να ζωντανέψουν!.....</i>           | <i>116</i> |
| <i>Παράδειγμα 4: Παρουσίαση της λύσης μιας άσκησης μαθηματικής λογικής με αριθμούς..</i> | <i>117</i> |
| <b>Σύνδεσμοι για τις πλατφόρμες, λογισμικά δημιουργίας εφαρμογών AR.....</b>             | <b>118</b> |

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II..... 119**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Τα QR codes της εφαρμογής .....</b>  | <b>119</b> |
| <i>QR code 1: Σημείο εκκίνησης-Εισαγωγή στη δραστηριότητα .....</i>                             | <i>120</i> |
| <i>QR code 2: Γνωριμία με το οικοσύστημα της λίμνης-Παρατηρήσεις.....</i>                       | <i>120</i> |
| <i>QR code 3: Αβιοτικοί παράγοντες- Μιλώντας για το διαλυμένο οξυγόνο.....</i>                  | <i>121</i> |
| <i>QR code 4: Τι συνέβη στα ψάρια της λίμνης το 2019;.....</i>                                  | <i>121</i> |
| <i>Screenshots: Η δημιουργία της εφαρμογής AR στο περιβάλλον της πλατφόρμας metaverse .....</i> | <i>122</i> |
| <i>Σύνδεσμοι για QR codes εφαρμογής.....</i>  | <i>124</i> |

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Σχήμα 1. Ο κύκλος της βιωματικής μάθησης του Kolb (Πηγή: Kolb, 1984).....        | 37 |
| Σχήμα 2. Οι πυλώνες της εγκαθιδρυμένης μάθησης (Πηγή: Green et al. 2018) .....   | 39 |
| Σχήμα 3. Η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση (Πηγή: Διαδίκτυο) ..... | 43 |
| Σχήμα 4. Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (Πηγή: Milgram, 1994).....      | 45 |
| Σχήμα 5. Η πορεία της εργασίας κατά την ανασκόπηση .....                         | 61 |
| Σχήμα 6 Οι αλλαγές στην μαθησιακή εμπειρία από εφαρμογές AR.....                 | 69 |
| Σχήμα 7 Οι μορφές του περιεχομένου στις ψηφιακές επαυξήσεις .....                | 74 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |     |
|--|-----|
| Εικόνα 1: Οι 17 SDGs στόχοι για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Πηγή: <a href="http://www.un.org">www.un.org</a> ) ..... | 24  |
| Εικόνα 2 Οι πυλώνες της ομαδοσυνεργατικής μάθησης (Πηγή: Alvarez, 2016).....                                   | 41  |
| Εικόνα 3. Ο εμπλουτισμός της απεικόνισης του πραγματικού κόσμου με AR (Δοκιμές) .....                          | 46  |
| Εικόνα 4 Στιγμιότυπο εργασίας μαθητών στο πεδίο (Kamarainen et al., 2018).....                                 | 67  |
| Εικόνα 5. Προσομοίωση από εφαρμογή Opera222 (Πηγή: Smørtdal et al. 2016).....                                  | 71  |
| Εικόνα 6. Εισαγωγή εικονικών αντικειμένων στο πεδίο (Πηγή: Tarnq et al., 2015 ).....                           | 73  |
| Εικόνα 7 Περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογής AR στην πλατφόρμα metaverse.....                                       | 87  |
| Εικόνα 8 Πανοραμική άποψη πάρκου Αντώνης Τρίτσης (Πηγή: Google Maps) .....                                     | 90  |
| Εικόνα 9 Νεκρά ψάρια-Πάρκο Τρίτση 2019 (Πηγή:CNN Greece) .....   | 93  |
| Εικόνα 10 Στιγμιότυπα από οθόνη χρήστη (QR code 1).....  | 97  |
| Εικόνα 11 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήστη (QR code 2).....   | 98  |
| Εικόνα 12 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήστη (QR code 3) .....  | 99  |
| Εικόνα 13 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήστη (QR code 4) .....  | 100 |
| Εικόνα 14 Ενδεικτική τοποθέτηση QR codes στο πεδίο .....   | 102 |





## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 1 Κριτήρια επιλογής εργασιών για τη διαμόρφωση του δείγματος.....             | 59 |
| Πίνακας 2 Εργασίες με αντικείμενο ανάπτυξη εφαρμογών AR σε δράσεις στο πεδίο .....    | 62 |
| Πίνακας 3 Οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις εφαρμογών AR στο πεδίο.....         | 76 |
| Πίνακας 4: Οι δεξιότητες του 21 <sup>ου</sup> αιώνα (Πηγή: Binkley et al., 2012)..... | 85 |

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

|            |  |
|------------|--|
| ΕΠ         | Επαυξημένη Πραγματικότητα  |
| ΠΕ         | Περιβαλλοντική Εκπαίδευση  |
| ΕΑΑ        | Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη                              |
| ΤΠΕ        | Τεχνολογίες Πληροφορικής και Εκπαίδευσης                         |
| ΑΠ         | Αναλυτικό Πρόγραμμα  |
| ΥΠ.Ε.Π.Θ   | Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων                      |
| AR         | Augmented Reality  |
| VR         | Virtual Reality  |
| m-learning | Mobile learning  |
| UNEP       | United Nations Environmental Programme                           |
| UNESCO     | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| UNECE      | United Nations Economic Commission for Europe                    |
| IEEP       | International Environmental Education Program                    |
| EE         | Enviromental Education   |
| ESD        | Education for Sustainable Development                            |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Την τελευταία δεκαετία, παρουσιάζεται ένας μεγάλος αριθμός από καινοτόμους τρόπους και μέσα διδασκαλίας με όχημα τις νέες τεχνολογίες. Πλήθος εργασιών έχουν αντικείμενο την διερεύνηση της προστιθέμενης αξίας που επιφέρουν στην εκπαιδευτική διαδικασία και στη βελτίωση της μάθησης. Μια από αυτές τις προσεγγίσεις είναι η μάθηση που υποστηρίζεται από φορητές συσκευές (m-learning) και η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών που υποστηρίζονται από αυτές. Μια τέτοια σημαντική ευκαιρία που προσφέρεται, χωρίς την χρήση εξεζητημένου εξοπλισμού, είναι η υλοποίηση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality applications).

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) συνδυάζει σε μια εμπειρία τον πραγματικό και τον ψηφιακό κόσμο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από τον εμπλουτισμό της απεικόνισης του πραγματικού κόσμου μέσα από την κάμερα της κινητής συσκευής, με την εισαγωγή ψηφιακών αντικειμένων (κείμενο, γραφικά, βίντεο, εικονικούς χαρακτήρες, ήχος, quiz κ.α), προσφέροντας αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο. Οι κινητές συσκευές ή τα tablets δεν είναι τα μοναδικά μέσα που μπορούν να υποστηρίξουν αυτήν την νέα τεχνολογία, ωστόσο η ευκολία στην χρήση τους και το χαμηλό κόστος τις καθιστούν ως τα πλέον διαδεδομένα μέσα για την υλοποίηση εφαρμογών που αξιοποιούν τεχνολογία AR (Nincarean et al., 2013). Οι εφαρμογές AR αποκτούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που προσφέρονται από τα μέσα που τις υποστηρίζουν, δηλαδή τις φορητές «έξυπνες» συσκευές. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι: η φορητότητα, η συνδεσιμότητα, η αύξηση αυθεντικότητας πλαισίου, η κοινωνική διαδραστικότητα, και η διασκέδαση (Klopfer & Sheldon, 2010). Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ερευνητές και εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν ισχυρό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της νέας τεχνολογίας αυτής στην εκπαίδευση σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα και περιβάλλοντα μάθησης. Η AR χαρακτηρίζεται ως μια αναδυόμενη εκπαιδευτική τεχνολογία με δυναμική ενός νέου πεδίου στον διαδραστικό σχεδιασμό (Ducasse, 2020).

Στο πλαίσιο των γενικών στόχων της ΠΕ/ΕΑΑ προβλέπεται η κατανόηση των βασικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, η ευαισθητοποίηση και η αλλαγή στάσεων για την προστασία του περιβάλλοντος μέσα από την ενεργή συμμετοχή των πολιτών και τη λήψη αποφάσεων. Μέσα από την προώθηση των παραπάνω στόχων, ενισχύεται η καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η επίλυση προβλήματος και η κατανόηση πολύπλοκων συστημάτων (π.χ. οικοσύστημα μιας περιοχής και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε αυτή). Η επίτευξη των παραπάνω απαιτείται η επιλογή των κατάλληλων παιδαγωγικών προσεγγίσεων και εργαλείων.

Οι δράσεις στο πεδίο ανήκουν στις προσεγγίσεις που υποστηρίζουν την βιωματική μάθηση, πραγματοποιούνται εκτός σχολικής τάξης και καλύπτουν ένα εύρος δραστηριοτήτων: από την απλή παρατήρηση έως τη διεξαγωγή έρευνας με την συλλογή δεδομένων για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος. Μερικές από τις προκλήσεις στον σχεδιασμό δράσεων στο πεδίο αφορούν την οργάνωση και υλοποίηση, την επιλογή της τοποθεσίας, θέματα πρόσβασης και τα χαρακτηριστικά της ομάδας των εκπαιδευομένων. Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί η δυσκολία των μαθητών να διαχειριστούν και να επεξεργαστούν αποτελεσματικά τις πληροφορίες και να διατηρήσουν την συγκέντρωσή τους σε όλη τη διάρκεια της κάθε δραστηριότητας.

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη θα μπορούσαν να ωφεληθούν σημαντικά από την αξιοποίηση εφαρμογών AR, ιδιαίτερα στον σχεδιασμό βιωματικών δράσεων στο πεδίο για την ενίσχυση της εμπλοκής των εκπαιδευόμενων. Ενδεικτικά, η τεχνολογία της AR προσφέρει σημαντικές δυνατότητες προς αξιοποίηση όπως:

- οπτικοποίηση σύνθετων σχέσεων και αφηρημένων εννοιών (Dede et al. 2017)
- προσομοίωση διαφόρων καταστάσεων παρέχοντας ένα ασφαλές περιβάλλον εξάσκησης (Dickens et al., 2019)
- υποστήριξη διαφορετικών τύπων αναπαραστάσεων για την καλλιέργεια δεξιοτήτων την προώθηση των διάφορων εγγραμματισμών (multi literacies) (Cheng et al., 2018)

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η γνωριμία με τις νέες τεχνολογίες της AR και η ανάδειξη των διάφορων δυνατοτήτων που προσφέρει στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων, «εμπλουτίζοντας» τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ. Μέσα από την βιβλιογραφία και την αξιοποίηση των ερευνητικών ευρημάτων από ανάλογες εφαρμογές διερευνούνται:

- οι διάφοροι ρόλοι και οι μορφές του ψηφιακού περιεχομένου στο σχεδιασμό δράσεων που αξιοποιούν εφαρμογές AR
- οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που υποστηρίζουν τέτοιες εφαρμογές
- οι προκλήσεις που απορρέουν από τον σχεδιασμό και την υλοποίησή τους
- η χρήση εφαρμογών AR ως υποστηρικτικό υλικό των μαθητών σε δράσεις στο πεδίο

Στο πρώτο μέρος της εργασίας, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει: τις βασικές αρχές της ΠΕ/ΕΑΑ, τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία τους καθώς και τις θεωρίες μάθησης που προωθούν την μάθηση σε αυθεντικό πλαίσιο (learning in context) και συνάδουν τόσο με τους γενικούς στόχους της ΠΕ/ΕΑΑ όσο και με την αξιοποίηση των εφαρμογών AR στην εκπαίδευση. Στη συνέχεια γίνεται η εισαγωγή στην επαυξημένη πραγματικότητα (ορισμός, τεχνολογίες, σχεδιασμός εφαρμογών) και στην αξιοποίησή της στην εκπαίδευση.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της συστηματικής ανασκόπησης ως εργαλείο αντικειμενικής προσέγγισης της βιβλιογραφίας σχετικά με την αξιοποίηση της AR στην ΠΕ/ΕΑΑ σε δραστηριότητες εκτός σχολικής τάξης. Ακολουθεί η σύνθεση και η κριτική ανάλυση των ευρημάτων από τις πρωτογενείς εργασίες. Τέλος, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σχεδιασμού εφαρμογής με την χρήση της ανοικτής πλατφόρμας metaverse για την ανάδειξη της δυνατότητας η εφαρμογή AR να αξιοποιηθεί ως υποστηρικτικό υλικό για τους μαθητές στο πεδίο. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των συμπερασμάτων και των προτάσεων για την αναζήτηση νέων ερευνητικών κατευθύνσεων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

### **2.1 Βασικές αρχές γύρω από την ΠΕ/ΕΑΑ**

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη διαμορφώνονται μέσα από μια σειρά διασκέψεων, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω. Η ΠΕ αν και οριοθετήθηκε από τις διεθνείς διασκέψεις του '70, είχε ήδη την έννοια της αειφορίας και πολλούς από τους στόχους της ΕΑΑ, και εμπεριείχε τις βασικές αρχές της αειφόρου ανάπτυξης, π.χ. τις κοινωνικές διαστάσεις των περιβαλλοντικών θεμάτων, τους στενούς δεσμούς με την οικονομία, την παγκόσμια θεώρηση των πραγμάτων κ.λπ. Η ΕΑΑ στη σημερινή της μορφή διευρύνει σε κάποιο βαθμό τις προηγούμενες προσεγγίσεις (Scoullios, 2008).

Το 1970 στη Νεβάδα, μέσα σε ένα κλίμα οικολογικής κρίσης, καθιερώνεται στο διεθνές λεξιλόγιο ο όρος «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση». Δίνεται ο πρώτος ορισμός της ΠΕ με βάση τον οποίο αναδεικνύεται η σύνδεση του ανθρώπου με τον πολιτισμό και το βιοφυσικό περιβάλλον και επισημαίνεται η σύνδεση της Π.Ε. με τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Ο γενικός ορισμός που δόθηκε είναι: Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι μια διαδικασία που οδηγεί στην αναγνώριση αξιών και στη διασαφήνιση εννοιών στην ανάπτυξη των ικανοτήτων και των στάσεων που είναι απαραίτητες για την κατανόηση και την εκτίμηση της συσχέτισης ανθρώπου, πολιτισμού και βιοφυσικού περιβάλλοντος. Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση συνεπάγεται επίσης άσκηση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τη διαμόρφωση ενός κώδικα συμπεριφοράς του κάθε ατόμου ξεχωριστά γύρω από τα προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του περιβάλλοντος (Φλογαίτη, 1998).

Στη διακήρυξη για το Περιβάλλον του Ανθρώπου στη Στοκχόλμη (1972), UNESCO και το UNEP ίδρυσαν το Διεθνές Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (IEEP). Η Διάσκεψη αυτή αποτελεί την αφετηρία για μια σειρά συγκεκριμένων

δραστηριοτήτων σχεδίου δράσης, οι οποίες οδήγησαν στην ανάπτυξη της Π.Ε. σε διεθνές επίπεδο. Υπό τον συντονισμό της ΙΕΕΡ διοργανώνεται το διεθνές συνέδριο στο Βελιγράδι (1975), όπου συντάσσεται η «Χάρτα του Βελιγραδίου» που αποτυπώνουν τις θέσεις και το όραμα της Π.Ε. Να βοηθήσει τα άτομα και τις κοινωνικές ομάδες:

- Να κατανοήσουν το περιβάλλον και τα προβλήματα του ως ενιαίο σύνολο και να ευαισθητοποιηθούν σε αυτά
- Να αποκτήσουν κοινωνικές αξίες και ενδιαφέρον για το περιβάλλον καθώς και τα απαραίτητα κίνητρα ώστε να επιθυμούν να συμμετάσχουν ενεργά στη βελτίωση και την προστασία του
- Να αποκτήσουν τις απαραίτητες ικανότητες για την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων
- Να αξιολογούν τα μέτρα που λαμβάνονται για το περιβάλλον και τα εκπαιδευτικά προγράμματα σε σχέση με οικολογικούς, πολιτικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς, αισθητικούς και εκπαιδευτικούς παράγοντες
- Να αναπτύξουν αίσθηση υπευθυνότητας για άμεση δράση προς την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Στη Χάρτα του Βελιγραδίου επισημαίνεται η ολιστική θεώρηση του περιβάλλοντος, δίνεται έμφαση στη διαρκή εκπαίδευση, καθιερώνεται η διεπιστημονική προσέγγιση, ενθαρρύνεται η ενεργός συμμετοχή των πολιτών και προτείνεται η προσέγγιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων με παγκόσμια προοπτική, δίνοντας βαρύτητα στις τοπικές ιδιαιτερότητες, (σκέφτομαι παγκόσμια, δρω τοπικά). Στην Τιφλίδα (1977) και στη διακήρυξη για την Π.Ε. υιοθετείται η διεπιστημονική προσέγγιση και προτείνεται η συμμετοχικότητα και η άμεση εμπειρία (βιωματική προσέγγιση). Τα βασικά χαρακτηριστικά της Π.Ε., τα οποία τη διακρίνουν από κάθε άλλη μορφή εκπαίδευσης είναι:

- Ο προσανατολισμός στη λύση προβλημάτων
- Η διεπιστημονική προσέγγιση των θεμάτων

- Η ενσωμάτωση της εκπαίδευσης στην κοινωνία
- Ο διαρκής χαρακτήρας της

Στη ίδια διάσκεψη διαμορφώθηκαν και οι τρεις διαστάσεις της ΠΕ ως: Εκπαίδευση σχετικά με το περιβάλλον (about), εκπαίδευση για/υπέρ του περιβάλλοντος (for), Εκπαίδευση από και μέσα στο περιβάλλον (in).

- Εκπαίδευση σχετικά με το περιβάλλον (about): Αποσκοπεί στην απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων και στην κατανόηση του αντικειμένου «περιβάλλον» καθώς και των σχετικών εννοιών και ζητημάτων με αυτό.
- Εκπαίδευση από και μέσα στο περιβάλλον (in): Μέσα από τα βιώματα στο περιβάλλον, φυσικό και ανθρωπογενές, διεγείρεται το ενδιαφέρον και δημιουργούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις για την καλλιέργεια γνώσεων, δεξιοτήτων και συναισθημάτων.
- Εκπαίδευση για/υπέρ του περιβάλλοντος (for): Διαμόρφωση στάσεων και υιοθέτηση αξιών που οδηγούν στην ανάπτυξη ενός προσωπικού περιβαλλοντικού ήθους, στη συμμετοχή στην υπεύθυνη διαχείριση των φυσικών πόρων και σε δράσεις για τη διατήρηση της καλής ποιότητας του περιβάλλοντος και της ζωής.

Στη Μόσχα (1987) καταρτίζεται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης που περιλαμβάνει την Πληροφόρηση, την ανταλλαγή εμπειριών με έρευνα και πειραματισμό σε θέματα που αφορούν στο περιεχόμενο και στις μεθόδους της Π.Ε., το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών και διδακτικού υλικού και την κατάρτιση και επιμόρφωση εκπαιδευτών.

Παράλληλα, διαμορφώνεται μια νέα προβληματική για «ένα νέο είδος ανάπτυξης», με την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης να εισάγεται από την έκθεση-ορόσημο της Διεθνούς Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον» ως: «η μορφή εκείνη της ανάπτυξης που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς, χωρίς να υποθηκεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες». Η σύνδεση της Π.Ε. με τη Αειφόρο Ανάπτυξη



τονίζει την ανάγκη της συμφιλίωσης του Περιβάλλοντος με την Ανάπτυξη και υπογραμμίζει το ρόλο της Εκπαίδευσης προς την αυτή την κατεύθυνση. Η νέα αυτή ιδέα βρίσκει ανταπόκριση και τελική αναγνώριση από την παγκόσμια κοινότητα στην Παγκόσμια Συνδιάσκεψη του Rio de Janeiro (1992) για «το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη» και στη διεθνή διάσκεψη της Θεσσαλονίκης (1997) με θέμα: «Περιβάλλον και Κοινωνία: Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση των πολιτών για την Αειφορία».

Στο Rio de Janeiro (1992) γίνεται η διάσκεψη κορυφής ή Agenda 21 (Earth Summit) του ΟΗΕ, όπου συζητήθηκαν και υπεγράφησαν σχετικά πρωτόκολλα (όχι από όλους) για θέματα που αφορούσαν στην αλλαγή του κλίματος, στην βιοποικιλότητα, στην ανάπτυξη και το περιβάλλον, στην διαχείριση των φυσικών πόρων με βάση τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών μέσω της Συνδιάσκεψης για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη δοκίμασε να προωθήσει ένα σχέδιο δράσης (τον Οδηγό/Agenda 21) με σκοπό τη ρύθμιση και τον αποτελεσματικό έλεγχο των οικονομικών, τεχνολογικών και θεσμικών συστημάτων, έτσι ώστε ο 21ος αιώνας να επιτρέψει στους κατοίκους του Πλανήτη να επιβιώσουν και να συμβιώσουν μέσα σε ένα ισόρροπο περιβάλλον.

Στη Θεσσαλονίκη (1997) τέθηκε το θέμα του επαναπροσδιορισμού της Π.Ε. και γίνεται η εισαγωγή της έννοιας της Αειφόρου Ανάπτυξης (Sustainable Development). Εισάγει τη διεπιστημονική προσέγγιση και αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα να μην ενσωματωθεί σαν ιδιαίτερο μάθημα στην τυπική εκπαίδευση, στοχεύοντας όχι μόνο στη μετάδοση γνώσεων, αλλά και στην απόκτηση περιβαλλοντικής ηθικής (Φλογάτη, 1998).

Τα συμπεράσματα της Διάσκεψης Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Γιοχάνεσμπουργκ, 2002) αναφέρονται πλέον σαφώς στον όρο «εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη» (ΕΑΑ) και τονίζουν την ανάγκη ενσωμάτωσης της διάστασης της αειφόρου ανάπτυξης στα εκπαιδευτικά συστήματα όλων των βαθμίδων, προκειμένου να αναδειχθεί ο σημαντικός ρόλος της εκπαίδευσης ως ουσιώδους παράγοντα στροφής προς την αειφόρο. Παράλληλα μια δυναμική πρωτοβουλία αναλήφθηκε από τις 55 χώρες-μέλη της UNECE, με τον ενεργό ρόλο και της Ελλάδας. Οι χώρες αυτές

υιοθέτησαν στο Βίλνιους το 2005 τη «Στρατηγική της UNECE για την ΕΑΑ», για την ενσωμάτωση την ΕΑΑ στα εθνικά τους εκπαιδευτικά συστήματα, τόσο σε τυπικό όσο και σε μη τυπικό επίπεδο.

Η δεκαετία από το 2005 έως το 2014 έχει κηρυχθεί από την UNESCO ως δεκαετία της Αειφόρου Ανάπτυξης. Όπως όλες οι πρωτοβουλίες, ο βασικότερος τρόπος για να εδραιωθεί μία νοοτροπία είναι η εκπαίδευση. Γι' αυτό και τα Ηνωμένα Έθνη έχουν ρίξει το μεγαλύτερο βάρος πάνω στην δημιουργία διακρατικών συμφωνιών που θα προωθή την εκπαίδευση και την άμεση σύνδεσή της με την ΑΑ. Η UNESCO θεσπίζει 17 στόχους για την ΑΑ., όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1: Οι 17 SDGs στόχοι για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Πηγή: [www.un.org](http://www.un.org))

Η ΕΑΑ είναι μια δια βίου διαδικασία που ξεκινά στα πρώιμα παιδικά χρόνια, συνεχίζεται μέσω της ανώτατης εκπαίδευσης και της εκπαίδευσης των ενηλίκων και ξεπερνά τα όρια της τυπικής εκπαίδευσης. Με δεδομένα ότι οι αξίες, ο τρόπος ζωής και η συμπεριφορά αποκτώνται σε νεαρή ηλικία, ο ρόλος της εκπαίδευσης έχει ιδιαίτερη σημασία για τα παιδιά. Η μάθηση, όμως πραγματοποιείται όσο αναλαμβάνουμε διάφορους ρόλους στη ζωή μας και έτσι η εκπαίδευση για την ΑΑ πρέπει να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που επεκτείνεται σε όλη μας τη ζωή. Πρέπει συνεπώς, να εισχωρήσει στα εκπαιδευτικά προγράμματα όλων των επιπέδων,

συμπεριλαμβανομένης της επαγγελματικής εκπαίδευσης, της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών και της συνεχούς εκπαίδευσης των στελεχών και των υπευθύνων για τη λήψη των αποφάσεων (Scoullios, 2004).

Η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη διευρύνει την έννοια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (ΠΕ), η οποία έχει να αντιμετωπίσει σε αυξανόμενο βαθμό ένα ευρύ φάσμα θεμάτων σχετικών με την ανάπτυξη. Η ΑΑ περιλαμβάνει επίσης διάφορα στοιχεία ανάπτυξης και άλλες μορφές στοχευόμενης εκπαίδευσης. Ως εκ τούτου, περιβαλλοντική εκπαίδευση πρέπει να αναπτυχθεί και να συμπληρωθεί με επιπλέον πεδία εκπαίδευσης, σε μία διαδικασία ενσωμάτωσής της προς την εκπαίδευση της ΑΑ.

Η διδασκαλία και η μάθηση στην ΕΑΑ υποβοηθούνται από το περιεχόμενο, την ποιότητα και την διαθεσιμότητα των εποπτικών υλικών. Η προώθηση της Αειφόρου Ανάπτυξης πρέπει να γίνεται σε διάφορα περιβάλλοντα μάθησης μέσω τυπικής, μη τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης. Συνεπώς η ευαισθητοποίηση του κοινού για την Αειφόρο Ανάπτυξη προωθείται μέσω ιδρυμάτων τυπικής εκπαίδευσης (σχολείων, κτλ.), κοινοτήτων, οικογενειακού περιβάλλοντος, των Μ.Μ.Ε και των Μ.Κ.Ο. Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της ΕΑΑ είναι η κατάλληλη αρχική κατάρτιση και μετεκπαίδευση των εκπαιδευτικών, καθώς επίσης και οι ευκαιρίες που δίνονται σε αυτούς για να μοιράζονται τις εμπειρίες τους. Οι εκπαιδευτικοί με υψηλή εγρήγορση και γνώση για την Αειφόρο Ανάπτυξη στο αντικείμενο της δουλειάς τους μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματικοί και να καθοδηγούν με το παράδειγμά τους. Επίσης, η κατάρτισή τους πρέπει να είναι στενά συνδεδεμένη με τα σχετικά ευρήματα της έρευνας για την ΑΑ. Συνοψίζοντας, οι γενικοί στόχοι στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ αφορούν:

- Δεξιότητες: για την αναγνώριση και την αντιμετώπιση των σύγχρονων ζητημάτων μέσα από διαδικασίες λήψης αποφάσεων και ανάληψης δράσης, δεξιότητες επικοινωνίας και έκφρασης, κριτικής σκέψης και διερεύνησης, επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και κοινωνικής συμπεριφοράς κ.ά.

- Συμμετοχή: προσφορά ενεργής συμμετοχής και ενίσχυση τη συλλογικότητα και της συνεργασίας για την αντιμετώπιση ζητημάτων που αφορούν την τοπική κοινωνία.

Τα παραπάνω συνάδουν με τους σύγχρονους στόχους της εκπαίδευσης, όπως τους έθεσε η Έκθεση της Διεθνούς Επιτροπής για την Εκπαίδευση τον 21ο αιώνα:

- «Μαθαίνω να μαθαίνω» (learning to know): να αναπτύσσει τις δεξιότητες των ατόμων προκειμένου να αναγνωρίζουν και να αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου.
- «Μαθαίνω να ενεργώ» (learning to do): να καλλιεργεί τις δεξιότητες των ατόμων ώστε να είναι σε θέση να παίρνουν αποφάσεις και να αναλαμβάνουν δράση σε ζητήματα που απασχολούν την τοπική κοινωνία και επηρεάζουν την ποιότητα της ζωής.
- «Μαθαίνω να συνυπάρχω» (learning to live together): να καλλιεργεί τις αξίες της δεκτικότητας, του σεβασμού της πολιτισμικής ποικιλότητας, της δημοκρατίας και των ανθρωπίνων δικαιωμάτων.
- «Μαθαίνω να ζω» (learning to live): να καλλιεργεί την ολόπλευρη ανάπτυξη και ενίσχυση της προσωπικότητας των ατόμων.

## **2.2 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις και εργαλεία στην ΠΕ/ΕΑΑ**

Η ΠΕ και πλέον η ΕΑΑ προσφέρουν πολλές καινοτόμες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, οι οποίες βασίζονται στην ενεργό συμμετοχή και την βιωματική μάθηση. Στην ενότητα αυτή, ακολουθεί η συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων που προσφέρονται για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ.

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, ενταγμένη στο ευρύτερο εννοιολογικό πλαίσιο της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη, έχει εδραιωθεί και αναπτύσσεται κυρίως ως θεσμός με νόμο του ΥΠ.Ε.Π.Θ (1892/90), ο οποίος ορίζει ότι: η Περιβαλλοντική εκπαίδευση αποτελεί τμήμα των προγραμμάτων των σχολείων της δευτεροβάθμιας

Εκπαίδευσης με σκοπό οι μαθητές να αναγνωρίσουν τη σχέση του ανθρώπου με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον τους, να ευαισθητοποιηθούν για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και να δραστηριοποιηθούν συμβάλλοντας στη γενικότερη προσπάθεια αντιμετώπισής τους.

Βασική επιδίωξη της Π/ΕΑΑ είναι η ανάπτυξη της ικανότητας του εκπαιδευόμενου να αυτενεργεί, να παρατηρεί, να σκέφτεται, να υποθέτει, να διαμορφώνει ερωτήματα, να συγκρίνει, να ταξινομεί γνώσεις και συμπεράσματα, να εκφράζεται και να επικοινωνεί (Ματσαγγούρας, 2003), με σκοπό να εκφράζει τις απόψεις του και να αναπτύσσει επιχειρήματα για την υποστήριξή τους. Με κύρια χαρακτηριστικά τη διαθεματικότητα και την διεπιστημονικότητα, η περιβαλλοντική εκπαίδευση, προωθεί έναν καινοτόμο και ιδιαίτερα μεταρρυθμιστικό τύπο εκπαίδευσης, όπου οι εκπαιδευόμενοι οδηγούνται στην γνώση μέσω της δημιουργικότητας, της κριτικής προσέγγισης και της εμπλοκής τους σε δημοκρατικές διαδικασίες και δράσεις για το περιβάλλον (Παπαβασιλείου, 2011).

Ο ρόλος του σύγχρονου εκπαιδευτικού είναι κομβικός καθώς υπάρχει μια διαρκής ροή και ανακατάταξη της γνώσης, ιδιαίτερα στις φυσικές επιστήμες όπου οι νέες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν σε καινούργιους επιταγές και κοινωνικά ζητήματα. Η αποτελεσματικότητα των προσπαθειών του εκπαιδευτικού συνδέεται με την ικανότητά του να διαφοροποιεί ή να εξατομικεύει την διδασκαλία του. Στη διαφοροποιημένη διδασκαλία, η οποία έχει τις βάσεις της στις θεωρίες της εποικοδόμησης της μάθησης και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, οι μαθητές συνεργάζονται και ενσωματώνονται σε ομάδες, συμμετέχουν ενεργά σε διάλογο και δημοκρατικές διαδικασίες, ενώ αποκτούν κριτική ικανότητα και σκέψη. Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές «πώς να μαθαίνουν», βοηθάει στη σύνθεση και ανάλυση της γνώσης, διευρύνει την κριτική τους σκέψη και την παραγωγική τους ικανότητα.

Με σκοπό την προώθηση των στόχων (γνωστικών, συναισθηματικών, ψυχοκινητικών) που θέτει η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη, προτείνεται μια σειρά από παιδαγωγικές προσεγγίσεις και

διδασκτικές στρατηγικές για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων στην ΠΕ/ΕΑΑ. Οι κυριότερες παιδαγωγικές μέθοδοι και εργαλεία περιλαμβάνουν (Φλογαΐτη, 1998): α) Φάσεις διερεύνησης: οι μαθητές αναζητήσουν και συνθέτουν τις πληροφορίες που θα τους βοηθήσουν να διαχειριστούν ένα πρόβλημα, πειραματίζονται και βρίσκουν λύσεις καταρτίζοντας σχέδια δράσης, και β) Φάσεις συνεργασίας και συγκρότησης: οι μαθητές συζητούν, και συγκρίνουν τις πληροφορίες και τα στοιχεία που έχουν συλλέξει, τις απόψεις και τις αντιλήψεις που έχουν διαμορφώσει για διάφορα θέματα. Έτσι, ο μαθητής οδηγείται σταδιακά στο να κατανοεί, να γνωρίζει, να αναλύει όχι μόνο το άμεσο περιβάλλον του αλλά και το ευρύτερο περιβάλλον με το οποίο συνδέεται, να επεξεργάζεται θέματα και προβλήματα που αφορούν τον τόπο στον οποίο ζει και δραστηριοποιείται σαν αφετηρία για επεξεργασία θεμάτων που τίθενται σε ευρύτερη κλίμακα.

Οι παρακάτω παιδαγωγικές μέθοδοι είναι συμβατές με το γενικό πλαίσιο και τους στόχους της ΠΕ/ΕΑΑ (Scoullou & Malotidi, 2004) και αξιοποιούνται στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων και προγραμμάτων σε διάφορα περιβάλλοντα μάθησης.

Επίλυση προβλήματος: Οι εκπαιδευόμενοι, προσπαθώντας να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα, δουλεύουν ομαδικά με στόχο την κατανόηση της πολυπλοκότητας και των προεκτάσεων ενός προβλήματος, την διερεύνηση λύσεων για την αντιμετώπισή του και την ανάπτυξη δράσης.

Project: Πρόκειται για μια ευέλικτη διεργασία μάθησης που υλοποιείται στο σχολείο και σε άλλα μαθησιακά περιβάλλοντα. Η εφαρμογή του project προϋποθέτει την εργασία των εκπαιδευομένων σε ομάδες και την ενεργό συμμετοχή τους στην πορεία του σχεδιασμού και της υλοποίησης του έργου. Τα στάδια αφορούν την επιλογή του θέματος, τον καθορισμό των στόχων, τον σχεδιασμό της εργασίας και συγκρότηση των ομάδων, την υλοποίηση της εργασίας και την παρουσίαση και τέλος την αξιολόγηση.

Οι γενικές αυτές προσεγγίσεις συνδυάζονται με διδασκτικές στρατηγικές που επιτρέπουν την επίτευξη επιμέρους στόχων. Οι κυριότερες είναι οι ακόλουθες:

Εργασία σε ομάδες: ενθαρρύνει τους εκπαιδευόμενους να επικοινωνούν, να συμμετέχουν, να μοιράζονται και να συνεργάζονται. Με αυτό τον τρόπο στις περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να φτάσουν σε επιλογές που δεν θα είχαν προκύψει αποκλειστικά μέσω ατομικής προσπάθειας.

Συζήτηση: Η συζήτηση γίνεται τόσο στο εσωτερικό ομάδων μαθητών όσο και στην ολομέλεια της τάξης. Υπάρχουν αρκετές μορφές όπως η δομημένη συζήτηση και η διαλογική αντιπαράθεση (debate)

Μελέτη περίπτωσης: μελέτη συγκεκριμένων ζητημάτων, μέσα από την επεξεργασία πηγών όπως σύντομα κείμενα, για πραγματικές ή υποθετικές καταστάσεις που συνδέονται με κάποιο περιβαλλοντικό πρόβλημα (διερεύνηση, η ανάλυση και η αξιολόγηση). Γενικά, μια μελέτη χαρακτηριστικής περίπτωσης περιλαμβάνει: την καταγραφή στόχων, τη συλλογή πληροφορίας, τη μελέτη των στοιχείων, την ανάλυση, την επεξεργασία των στοιχείων έσω συζήτησης μεταξύ διαφορετικών ομάδων και την επίτευξη μιας γενίκευσης για δράση.

Χαρτογράφηση εννοιών: μια τεχνική οπτικοποίησης της δομής των πληροφοριών. Ο χάρτης των εννοιών είναι η σχηματική αναπαράσταση των εννοιών και των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους. Πρόκειται για ένα γράφημα, μια εικονική πτυχή καταγραφής ιδεών, αντιλήψεων, απόψεων και σχέσεων ανάμεσα σε έννοιες και συμπλέγματα εννοιών.

Καταιγισμός ιδεών: η αυθόρμητη και ελεύθερη έκφραση των ιδεών των εκπαιδευομένων κατά την εξέταση ενός πολυδιάστατου θέματος ή μιας κεντρικής έννοιας, ώστε να αποκαλυφθούν τυχόν κρυμμένες διαστάσεις και να διασταυρωθούν οι αρχικές ιδέες και απόψεις των μαθητών.

Πειραματική μέθοδος: Η πειραματική μέθοδος, στοχεύει στην επίλυση ενός περιβαλλοντικού προβλήματος. Κατά τη μέθοδο αυτή, μια μαθησιακή κατάσταση ερευνάται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες που εξυπηρετούν στον έλεγχο ή στη θέσπιση υποθέσεων, στην ανακάλυψη κάποιου δείκτη (factor) ή φυσικού φαινομένου.

Προσομοίωση-Παιχνίδια: Στη μέθοδο αυτή, οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να κατασκευάσουν ένα μοντέλο (model building) το οποίο αναπαριστά την πραγματική κατάσταση με όλες τις διαστάσεις της. Κατά την κατασκευή του μοντέλου, αναδεικνύονται όλες οι συνιστώσες και οι συγκρουσιακές καταστάσεις που συνθέτουν και συνοδεύουν το ζήτημα.

Ανάλυση και διασαφήνιση αξιών: επιδιώκεται να αποκαλυφθούν οι αξίες που στηρίζουν αντικρουόμενες θέσεις διαφορετικών ομάδων που εμπλέκονται σε ένα πρόβλημα. Έτσι διασαφηνίζονται τελικά και οι προσωπικές αξίες των εκπαιδευομένων.

Δράσεις στο πεδίο: δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εκτός σχολικής τάξης, σε υπαίθριους ή άλλους χώρους, που επιτρέπουν την άμεση παρατήρηση στο πεδίο και την συλλογή δεδομένων προς την κατανόηση ενός θέματος ή την επίλυση ενός προβλήματος.

### **2.3 Η εργασία στο πεδίο (field work)**

Η εργασία στο πεδίο συμβάλλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικά εγγράμματων μαθητών/τριών. Μέσα από τη γνώση η οποία πηγάζει από την εμπειρία σε εξωτερικά περιβάλλοντα, τα παιδιά ως μελλοντικοί πολίτες παίζουν ενεργό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος λαμβάνοντας τεκμηριωμένες αποφάσεις και αναλαμβάνοντας δράσεις φιλικές προς το περιβάλλον (UNESCO–UNEP, 1991). Αποτελεί μια από τις πιο ουσιώδεις και απολαυστικές μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών/τριών, οι οποίες έχουν ιδιαίτερη αξία τόσο στη μαθησιακή, όσο και στην προσωπική, συναισθητική και κοινωνική τους ανάπτυξη. Η επαφή τους με το εξωτερικό περιβάλλον συμβάλλει στη μάθηση μέσα από τις άμεσες εμπειρίες, μέσα από θέματα της καθημερινότητας και τη μελέτη πραγματικών καταστάσεων της ζωής. Είναι βιωματική μέθοδος που εφαρμόζεται για τη διδασκαλία και μάθηση περιβαλλοντικών θεμάτων και ζητημάτων, καθώς και για τη μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων.



Η «μελέτη πεδίου» όρος προβάλλεται μέσα από διαφορετικές οπτικές γωνίες από τους διάφορους ερευνητές. Παρόλα αυτά στο σύνολο τους οι ορισμοί παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά και στοιχεία, τα οποία ξεκαθαρίζουν τη συγκεκριμένη έννοια: α) συνδυάζει την εκπαιδευτική πράξη στη σχολική αίθουσα σε συνάρτηση με την αλληλεπίδραση στο περιβάλλον, β) εισάγει εμπειρίες και καταστάσεις ζωής στη διδασκαλία και μάθηση, γ) επιδιώκει την υλοποίηση στόχων που συνεπάγονται εμπειρική μάθηση και περιβαλλοντική συνείδηση.

Η εκπαίδευση εκτός των τειχών (outdoor education) περιλαμβάνει οποιαδήποτε δραστηριότητα έξω από τον χώρο του σχολείου. Η διδασκαλία στο πεδίο περιλαμβάνει τις εξής δράσεις: επίσκεψη στο πεδίο (fieldtrip), εργασία στο πεδίο (fieldwork) και μελέτη στο πεδίο (field study). Με τον όρο «πεδίο» αναφερόμαστε στο φυσικό, πολιτιστικό και κοινωνικό περιβάλλον και περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος χώρων όπως υγροτόπους, ακτές, ρέματα, δάση αλλά και τη γειτονιά, οικισμούς, αγροτικούς, αρχαιολογικούς και βιομηχανικούς χώρους, κ.α., που ενδείκνυνται για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων και την προγραμμάτων ΠΕ/ΕΑΑ.

Οι δραστηριότητες που οργανώνονται στο πεδίο, έχουν βιωματικό χαρακτήρα και προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους ευκαιρίες για την καλύτερη κατανόηση των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων του φυσικού με το πολιτιστικό και οικονομικό περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα αποτελούν μια γέφυρα ανάμεσα στη σχολική γνώση και την καθημερινή ζωή των μαθητών (Scoullios, 2008). Οι μαθητές, μέσα από την γνωριμία με το περιβάλλον της περιοχής τους, αναπτύσσουν σύνδεση με αυτό προκειμένου αργότερα να έχουν ενεργό συμμετοχή στην προστασία του. Άλλωστε τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν τοπικό χαρακτήρα αλλά συνδέονται με προβλήματα παγκόσμια κλίμακας που χαρακτηρίζονται ως δυναμικά και πολύπλοκα, παρουσιάζοντας διάφορες προεκτάσεις (κοινωνικό-οικονομικές).

Οι εκπαιδευτικές εκδρομές αφορούν σε ομαδικές επισκέψεις για άμεση παρατήρηση σε κάποιο πεδίο όπως ένα μουσείο, δάσος, ιστορικό χώρο κ.α. Οι εκπαιδευτικές επισκέψεις έχουν αποδειχθεί δημοφιλείς και αποτελεσματικές και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως: η γεωγραφία, η βιολογία και οι φυσικές επιστήμες. Σε αυτό το

πλαίσιο, αυτών των δραστηριοτήτων δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν απευθείας τα αντικείμενα διδασκαλίας στο φυσικό τους περιβάλλον (Rieger & Gay, 1997).

Οι δράσεις αυτές είναι ευρέως διαδεδομένες και η θετική τους επίδραση στη μάθηση έχει καταγραφεί σε πολλές εργασίες. Προσφέρουν πολλές ευκαιρίες στους εκπαιδευτικούς ώστε να εμπλέξουν τους μαθητές σε λιγότερο παραδοσιακές και τυπικές δραστηριότητες από εκείνες που συνήθως λαμβάνουν χώρα στην σχολική τάξη. Επίσης, η εμπειρία από την δράση στην ύπαιθρο μπορεί να επηρεάσει θετικά τις σχέσεις και την σύνδεση των μαθητών με τη φύση. Έχουν δημοσιευτεί διάφορες μελέτες που αναφέρονται στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων όταν οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες διεξάγονται σε εξωτερικό χώρο (Drissner et al., 2010).

Μια επίσκεψη στο πεδίο για να είναι αποτελεσματική, όχι απλά μια εκδρομή για τους εκπαιδευόμενους, θα πρέπει να γίνεται με συγκεκριμένο σκοπό (έργο), ανάλογα με την ηλικία, τα ενδιαφέροντά τους και την περιοχή που επισκέπτονται. Οι δράσεις που επιλέγονται να γίνουν στο πεδίο θα πρέπει να έχουν νόημα για τους εκπαιδευόμενους και να τους προσφέρουν πλούσια ερεθίσματα και ευκαιρίες αλληλεπίδρασης με το χώρο. Για τα μικρά παιδιά, που είναι περίεργα και ενθουσιώδη, οι δράσεις θα πρέπει να αποβλέπουν, κυρίως μέσω των αισθήσεων, στην καλλιέργεια του ενδιαφέροντός τους για το περιβάλλον. Έφηβοι και ενήλικες μπορεί να εκτελέσουν πιο σύνθετες ερευνητικές εργασίες (Lahiry et al., 1988).

Οι δραστηριότητες στο πεδίο συνδυάζονται με κάποιο σχέδιο εργασίας ή την επίλυση προβλήματος. Επίσης μπορούν να συνδυαστούν με στρατηγικές ερευνητικής μάθησης στην τάξη όσο και με παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας. Αυτό το στάδιο σχεδιασμού σχετίζεται με την επιλογή των κατάλληλων στρατηγικών διδασκαλίας και μάθησης. Υπάρχει πληθώρα στρατηγικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο. Σύμφωνα με τον Foskett (1999) είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι καμία στρατηγική δεν αποτελεί από μόνη της τη 'σωστή' στρατηγική, γιατί η επιλογή της εξαρτάται από ένα μεγάλο φάσμα παραγόντων που σχετίζονται με το περιεχόμενο, τους εκπαιδευτικούς στόχους, το περιβάλλον διδασκαλίας, τις διαθέσιμες πηγές, και τη

δοτή του συνόλου της τάξης. Συνεπώς η επιλογή της στρατηγικής βασίστηκε στους στόχους, στο ίδιο το πεδίο, τη διάρκεια της εργασίας, στη διδακτέα ύλη, στην ηλικία και το μέγεθος της ομάδας των μαθητών που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

Όσο πιο καλά οργανωμένη είναι μια δραστηριότητα τόσο πιο αποτελεσματική. Είτε είναι μια απλή επίσκεψη είτε είναι μια εργασία στο πεδίο, τα στάδια που ακολουθούνται για τον σχεδιασμό μια τέτοιας δραστηριότητας είναι τα ακόλουθα (Scoullios, 2008):

- Πριν την δράση στο πεδίο: προσδιορισμός στόχων, περιγραφή ομάδα-στόχου, πιθανές συνδέσεις με αναλυτικό πρόγραμμα, σχεδιασμός και οργάνωση επίσκεψης, προετοιμασία υλικού δραστηριότητας
- Στο πεδίο: δημιουργία ομάδων, οδηγίες πορείας δραστηριότητας, διεξαγωγή δράσης, συμπλήρωση τυχόν υποστηρικτικού υλικού, συζήτηση
- Μετά τη δράση στο πεδίο: εργασία για την ανάλυση, ερμηνεία αποτελεσμάτων ή σύνθεση παρατηρήσεων, παρουσίαση αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας, τα κύρια πλεονεκτήματα που απορρέουν από μια τέτοια δράση είναι τα εξής:

- Μαθησιακές εμπειρίες μέσα σε αυθεντικό πλαίσιο
- Καλλιέργεια θετικών στάσεων προς το αντικείμενο μελέτης
- Κοινωνικοποίηση-βελτίωση κλίματος τάξης
- Δυνατότητα εφαρμογής και άλλων μαθησιακών στρατηγικών, όπως η συνεργατική μάθηση

Οι πρακτικές δυσκολίες (μεταφορά μαθητών, θέματα πρόσβασης και ασφάλειας κ.α) εμποδίζουν και δυσχεραίνουν την προσπάθεια μιας αποτελεσματικής εφαρμογής στο πεδίο. Όταν οι εκπαιδευτικοί θέλουν να εφαρμόσουν αυτή την παιδαγωγική μέθοδο πρέπει να προβούν στις κατάλληλες ρυθμίσεις, λαμβάνοντας την άδεια του διευθυντή και συνυπολογίζοντας το σχολικό πρόγραμμα. Η πίεση του χρόνου αποτελεί εμπόδιο για την οργάνωση της εργασίας στο πεδίο, καθώς οι εκπαιδευτικοί είναι ήδη πιεσμένοι

με την κάλυψη της διδακτέας ύλης με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός και η προετοιμασία δραστηριοτήτων στο πεδίο γίνεται στον ελεύθερο χρόνο των εκπαιδευτικών. Ένας ακόμα ανασταλτικός παράγοντας αποτελεί ο μεγάλος αριθμός των μαθητών/τριών στην τάξη. Ο αριθμός μαθητών/τριών δημιουργεί προβλήματα ελέγχου και οργάνωσης της ομάδας, ανεπάρκεια στην εποπτεία, αλλά κυρίως επηρεάζει αρνητικά τη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης στο πεδίο (Jenkins, 1994). Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα οι δράσεις στο πεδίο να αποτελούν μεμονωμένες μαθησιακές εμπειρίες, όπου η σύνδεση με την καθημερινή ζωή ή την διδακτέα ύλη είναι περιορισμένη.

Το γεγονός ότι η ΠΕ/ΕΑΑ δεν οριοθετείται χωρικά, αλλά μπορεί να λάβει χώρα σε διάφορα περιβάλλοντα μάθησης, επιτρέπει την διερεύνηση της αξιοποίησης της τεχνολογίας της επταυξημένης πραγματικότητας και των φορητών συσκευών κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση δράσεων στο πεδίο. Όπως προαναφέρθηκε, η μάθηση που αξιοποιεί τη χρήση φορητών συσκευών (mobile learning) στοχεύει στον εμπλουτισμό της μαθησιακής εμπειρίας και αναφέρεται στα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την χρήση των κινητών τεχνολογιών καθώς και των συνοδευτικών τους εφαρμογών, με τα παρακάτω κύρια χαρακτηριστικά:

- χωρική ανεξαρτησία: η μάθηση δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο τόπο π.χ. εντός της σχολικής τάξης
- χρονική ανεξαρτησία: μάθηση με δυνατότητα επέκτασης πέρα από την διδακτική ώρα στην τάξη

Οι φορητές τεχνολογίες μπορούν να προωθήσουν τη συνεργασία, την επικοινωνία και κοινωνική διαδραστικότητα έχοντας την δυνατότητα να υποστηρίξουν καινοτόμες παιδαγωγικές προσεγγίσεις όπως στην περίπτωση της ΠΕ/ΕΑΑ. Η χρήση των ενσωματωμένων τεχνολογιών των φορητών συσκευών μπορούν να ενισχύσουν την συμμετοχή των μαθητών σε μια δραστηριότητα και να συμβάλουν στην καταγραφή των παρατηρήσεων και δεδομένων στο πεδίο (π.χ. λήψη φωτογραφιών και βίντεο, ηχογράφηση). Συνεπώς έχουν την δυναμική να διευκολύνουν την εργασία των μαθητών στο πεδίο.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των ερευνητικών εργασιών με αντικείμενο την χρήση φορητών συσκευών στο πλαίσιο της επίσκεψης/μελέτης στο πεδίο (Dede et al. 2019). Για παράδειγμα, οι Zimmerman and Land (2014) πρότειναν ένα σύνολο από οδηγίες για τον σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων στο πεδίο. Άλλες μελέτες επικεντρώθηκαν περισσότερο στα μαθησιακά αποτελέσματα ή στις στάσεις των μαθητών από την εφαρμογή τέτοιων παρεμβάσεων στο πεδίο. Έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση κινητών συσκευών συμβάλει σε δραστηριότητες που στοχεύουν στην υιοθέτηση περιβαλλοντικής συμπεριφοράς και γνώσης, στην αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών κατά τη διάρκεια της διερευνητικής μάθησης. Συνοπτικά, μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρουν οι εφαρμογές AR με «όχημα» τις φορητές συσκευές για τον σχεδιασμό δράσεων στο πεδίο είναι οι:

- Επικοινωνία, διευκόλυνση συνεργασίας και διαμοιρασμός πληροφοριών
- Εύκολη αποθήκευση, επεξεργασία και σύνθεση δεδομένων
- Φορητότητα και ευελιξία
- Άμεση ανατροφοδότηση
- Οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών και μη παρατηρήσιμων φαινομένων

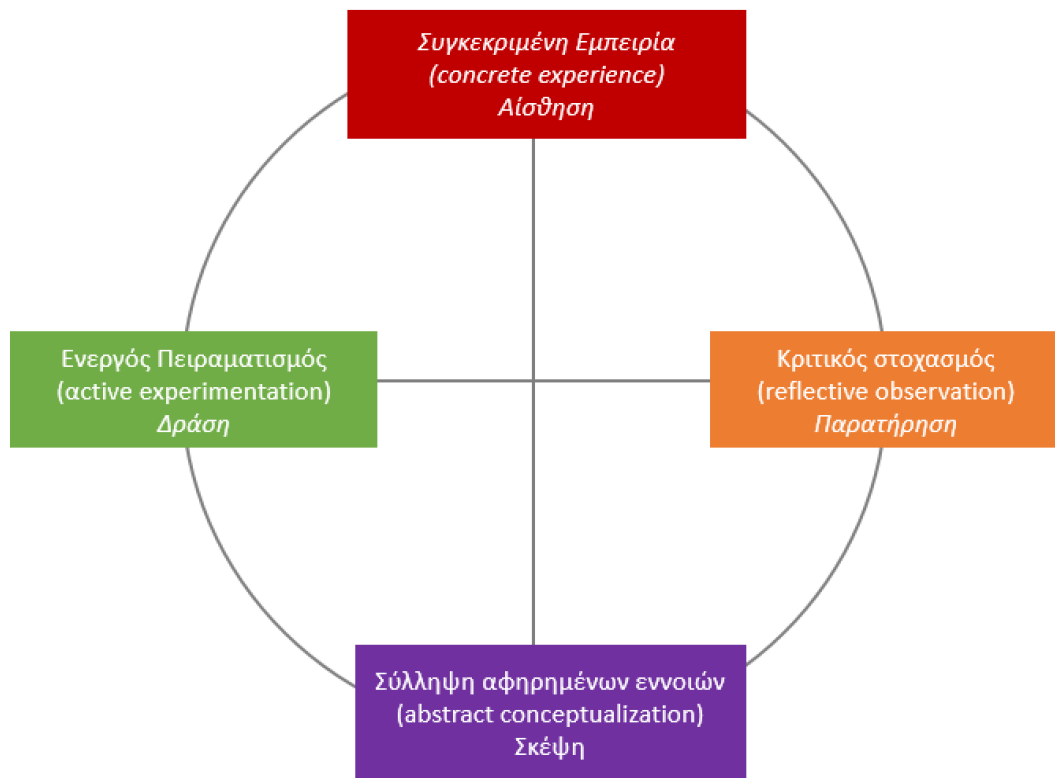
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ**

Συμβαδίζοντας με τη φύση και τους γενικούς στόχους στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ, η μάθηση όταν στηρίζεται στην εμπειρία, το βίωμα και την αυτενέργεια των εκπαιδευόμενων θεωρείται πιο αποτελεσματική (Τρικαλίτη & Παλαιοπούλου, 1999). Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές από τις κυριότερες θεωρίες μάθησης που αξιοποιούνται στον σχεδιασμό δράσεων στο πεδίο αλλά και εφαρμογών AR σε δραστηριότητες εκτός σχολικής τάξης.

### **3.1 Βιωματική μάθηση (experiential learning)**

Η βιωματική παιδαγωγική υποστηρίζει την ενεργοποίηση του μαθητή στην απόκτηση και την επεξεργασία πολλών και ποικίλων προσωπικών εμπειριών (Ματσαγγούρας, 2011). Οι μαθητές καλλιεργούν κριτική στάση, αναλαμβάνουν ευθύνες και μετατρέπονται σε υπεύθυνα άτομα, ενώ παράλληλα μαθαίνουν να επιλύουν προβλήματα, τα οποία ενδεχομένως να επιφέρουν κοινωνικές αλλαγές.

Ο Dewey αναφέρθηκε στην ατομικότητα του μαθητή, υποστηρίζοντας ότι η ουσιαστική μάθηση επιτελείται μέσα από την άμεση εμπειρία και την εμπλοκή του μαθητή με την πραγματικότητα γύρω του (Τριλίβα & Αναγνωστοπούλου, 2008). Επισημαίνει πως η βιωματική μάθηση βασίζεται στο learning by doing δηλαδή στη μάθηση μέσω της πράξης, και της συμμετοχής του μαθητή σε ενεργητικές διαδικασίες, που προσθέτουν εμπειρίες και ακολουθεί ο αναστοχασμός τους, προκειμένου να συνδεθεί το βίωμα με κάποιο νόημα. Ο David Kolb (1984) τόνισε τον ολιστικό χαρακτήρα της βιωματικής μάθησης δίνοντας έμφαση στον δυναμικό φύση της εμπειρίας και της συμμετοχής για την κατασκευή της γνώσης. Ο Kolb εισήγαγε «το μοντέλο του κύκλου της μάθησης» με τέσσερις διακριτές φάσεις, που επιδέχονται διαφοροποιήσεις, ανάλογα με την προσωπικότητα, τους σκοπούς και τα εφόδια που χρειάζεται κάθε μαθητής.



Σχήμα 1. Ο κύκλος της βιωματικής μάθησης του Kolb (Πηγή: Kolb, 1984)

Επιγραμματικά, ο κύκλος της βιωματικής μάθησης περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- συγκεκριμένη εμπειρία (concrete experience): όπου οι μαθητές βιώνουν μια εμπειρία μέσω της εκτέλεσης μιας δραστηριότητας
- στοχαστική παρατήρηση (reflective observation): όπου την παρατηρούν και την αναστοχάζονται
- γενίκευση (abstract conceptualization): όπου γίνεται η διαμόρφωση εννοιών και γενίκευση
- πειραματισμό (active experimentation): όπου γίνεται η εφαρμογή και η επέκταση των γνώσεων σε άλλες εμπειρίες

Καθένα από τα παραπάνω στάδια απαιτεί διαφορετικές ενέργειες: η νέα εμπειρία συνδέεται με τις αισθήσεις, ο αναστοχασμός με την παρατήρηση, η σύλληψη με την σκέψη και η δοκιμή με την πράξη και τον πειραματισμό.

Ο Carl Rogers υποστηρίζει ότι το άτομο όταν αξιοποιεί τις εσωτερικές του δυνατότητες και ο εκπαιδευτικός έχει επικουρικό και κατευθυντήριο ρόλο, με στόχο την αυτοπραγμάτωση του μαθητή και την ενίσχυση της αυτενέργειας του (Στυλιάρης & Δήμου, 2015). Επιπλέον, η μάθηση επέρχεται όταν έχει άμεση σύνδεση με τα ενδιαφέροντα του μαθητή. Σύμφωνα με τον Paulo Freire, ο μαθητής είναι ένα υποκείμενο που δρα και μαθαίνει από τη ζωή και διερευνά κριτικά. Συνεπώς η βιωματική μάθηση πραγματοποιείται μέσω της δράσης του ίδιου του μαθητή στο πλαίσιο δραστηριοτήτων που προβλέπουν την άμεση εμπλοκή με το αντικείμενο μάθησης. Συνθέτοντας όλα τα παραπάνω, μιλάμε για μια διαδικασία οικειοποίησης της γνώσης μέσα από την εμπειρία και την αναζήτηση του προσωπικού νοήματος, με τις ακόλουθες βασικές αρχές (Δεδούλη, 2002)

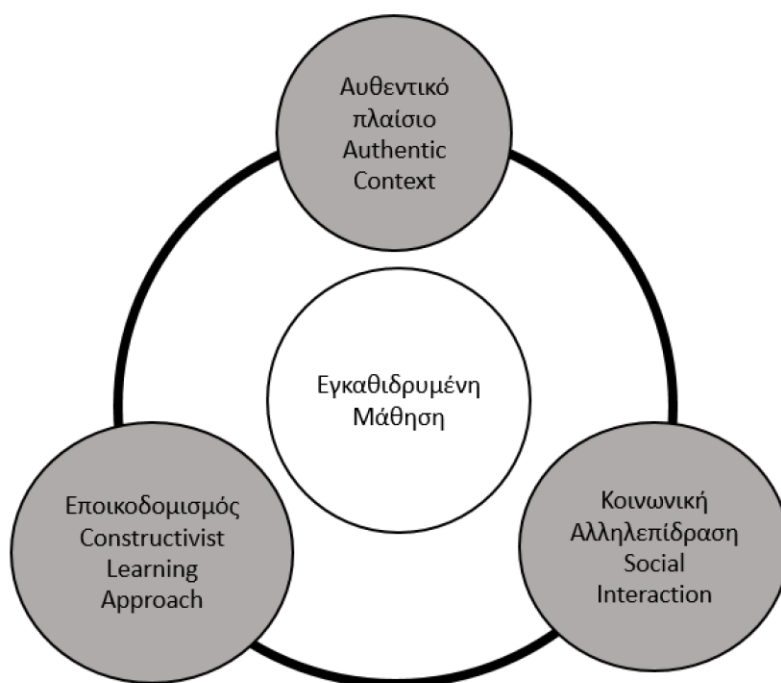
- Αξιοποίηση βιωμάτων και προηγούμενων εμπειριών μαθητών
- Ενθάρρυνση ενεργής συμμετοχής και ανάπτυξης προσωπικού ενδιαφέροντος
- Προώθηση της έρευνας και κριτικής σκέψης
- Αναζήτησης και δημιουργία νοήματος
- Κοινωνική αλληλεπίδραση και αυτογνωσία

### **3.2 Εγκαθιδρυμένη μάθηση (situated learning)**

Σύμφωνα με τη Jean Lave, η οποία ανέπτυξε τη θεωρία της Εγκαθιδρυμένης ή Πλαισιωμένης Νόησης ή Γνώσης (Situated Cognition), η μάθηση είναι συνάρτηση της δραστηριότητας, του περιβάλλοντος και της κουλτούρας. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις μαθησιακές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε μια τάξη και οι οποίες αφορούν γνώση αφηρημένη και εκτός κάποιου συγκεκριμένου πλαισίου.



Η κοινωνική αλληλεπίδραση είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της θεωρίας αυτής. Σύμφωνα με τους Lave και Wenger (1991), οι εκπαιδευόμενοι ουσιαστικά γίνονται μέλη διαφόρων κοινοτήτων πρακτικής (communities of practice) όπου κάθε μέλος της κοινότητας μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους ρόλους και να συνεργάζεται με άτομα διαφορετικής εμπειρίας. Με βάση τη θεωρία της εγκαθιδρυμένης νόησης, η μάθηση είναι μια κοινωνική λειτουργία που πραγματοποιείται μέσω της επικοινωνίας και της αλληλεπίδρασης. Σημειώνεται ότι οι προσεγγίσεις αυτές είναι βασισμένες σε ένα κοινωνικοπολιτισμικό προσανατολισμό, τονίζοντας τον καθοριστικό ρόλο της συνεργασίας στη μαθησιακή διαδικασία.



Σχήμα 2. Οι πυλώνες της εγκαθιδρυμένης μάθησης (Πηγή: Green et al. 2018)

Συνεπώς η θεωρία αυτή ενθαρρύνει τους εκπαιδευτικούς να «δημιουργήσουν» ένα περιβάλλον για τους μαθητές το οποίο θα προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο το αυθεντικό πλαίσιο που οι γνώσεις πρόκειται να εφαρμοστούν (Schell & Black, 1997) και εστιάζει στο πώς οι άνθρωποι γνωρίζουν το περιβάλλον, πώς αντιλαμβάνονται τον κόσμο και πώς αλληλεπιδρούν συμβολικά με αυτόν. Σύμφωνα

με τον Seel (2001), η μάθηση ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να οικοδομήσει νόημα εξάγοντας και οργανώνοντας την πληροφορία από ένα δεδομένο περιβάλλον. Οι εκπαιδευόμενοι προσεγγίζουν την γνώση δομώντας διανοητικά μοντέλα για να προσομοιώσουν καταστάσεις (φυσικές ή κοινωνικές) που καλούνται να αντιμετωπίσουν. Τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε προηγούμενες εμπειρίες και η δημιουργία τους έχει σκοπό την επίλυση προβλημάτων και την απάντηση ερωτήσεων που εμφανίζονται όπως στο πραγματικό περιβάλλον. Άρα η αναζήτηση και η επεξεργασία της πληροφορίας γίνεται στοχευμένα για την αποτελεσματική συμπλήρωση των νοηματικών αυτών μοντέλων.

### **3.3 Ομαδοσυνεργατική μάθηση (Cooperative learning)**

Η συνεργατική μάθηση είναι μια διδακτική στρατηγική, στην οποία οι μαθητές ενταγμένοι σε μια ομάδα εργασίας αλληλεπιδρούν και στηρίζονται περισσότερο στον εαυτό τους και ο ένας με σκοπό την ολοκλήρωση ενός έργου με στόχο την διεύρυνση των γνώσεών τους εντός ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (American Forum for Global Education, 2000). Με την ευρύτερη της έννοια, μπορεί να οριστεί ως η από κοινού εργασία πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα με τρόπο τέτοιο ώστε να προωθείται η ατομική μάθηση μέσω συνεργατικών διεργασιών. Τα πέντε βασικά στοιχεία της ομαδοσυνεργατικής μάθησης είναι (Slavin, 1995):

- Θετική αλληλεξάρτηση: κάθε μέλος της ομάδας έχει μία εργασία/ρόλο/ευθύνη και επομένως είναι υπεύθυνο τόσο για την δική του μάθηση όσο και για των υπόλοιπων από την ομάδα του.
- Πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπίδραση: τα μέλη προάγουν το ένα την επιτυχία του άλλου, μέσα από την αλληλοβοήθεια για την επίτευξη ενός κοινού στόχου και την ολοκλήρωση μιας εργασίας.
- Ατομική και ομαδική ευθύνη: κάθε μαθητής πρέπει να αποδεικνύει τη γνώση του περιεχομένου που μελετάται και είναι υπεύθυνος για την μάθηση την εργασία του

- Κοινωνικές δεξιότητες: περιλαμβάνουν την αποτελεσματική επικοινωνία, τις διαπροσωπικές και τις ομαδικές δεξιότητες όπως ηγεσία, λήψη αποφάσεων, οικοδόμηση εμπιστοσύνης κ.α
- Ομάδα επεξεργασίας: κάθε τόσο οι ομάδες πρέπει να αξιολογούν την αποδοτικότητά τους και να αποφασίζουν πως μπορεί να βελτιωθεί



Εικόνα 2 Οι πυλώνες της ομαδοσυναργατικής μάθησης (Πηγή: Alvarez, 2016)

### 3.4 Ανακαλυπτική μάθηση (Discovery learning)

Ο J. Bruner ακολουθώντας τον Vygotsky, ανέπτυξε το 1966 την Ανακαλυπτική θεωρία μάθησης σύμφωνα με την οποία, σε κάθε μαθησιακή διαδικασία, το άτομο πρέπει να οδηγείται από την ανακάλυψη των εννοιών, στο μετασχηματισμό και την αξιολόγηση/εκτίμηση των γνώσεων. μέσω πειραματισμού και πρακτικής. Ο Bruner έδωσε έμφαση στη σημασία της ανακάλυψης και της διαίσθησης. Πίστευε ότι ο βασικός ρόλος του εκπαιδευτή είναι να βοηθάει τους μαθητές να ανακαλύψουν μόνοι τους τη γνώση, να εμπνυχώνει τον εκπαιδευόμενο και να συντονίζει τη διαδικασία της μάθησης. Η

σημασία της ανακάλυψης δεν εντοπίζεται τόσο στο αποτέλεσμα όσο στην ίδια τη διαδικασία της εξερεύνησης. Οι βασικές αρχές της θεωρίας του Bruner είναι:

- Η σπειροειδή διάταξη της εκπαιδευτικής ύλης (spiral organization), όπου το περιεχόμενο εξελίσσεται από το γενικό στην εξειδίκευση.
- Η προδιάθεση - ετοιμότητα για μάθηση: γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι εμπειρίες και το πλαίσιο που θα κάνει τον εκπαιδευόμενο πρόθυμο να μάθει (readiness).
- Η μάθηση μπορεί να ακολουθεί ένα ανακαλυπτικό πλαίσιο, ώστε οι πληροφορίες να δομηθούν με αποτελεσματικό τρόπο: Πραξιακά, Εικονιστικά και Συμβολικά.

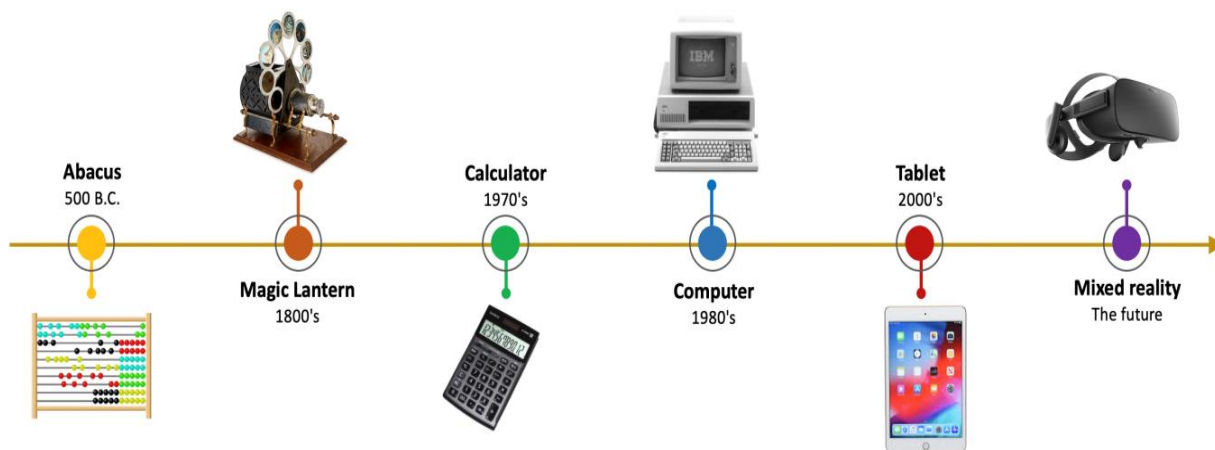
Πέρα όμως από τους ενδοατομικούς παράγοντες η ανακαλυπτική διαδικασία επηρεάζεται και προωθείται και από ποικίλους εξωγενείς παράγοντες όπως το πολιτιστικό περιβάλλον και η οργάνωση της διδασκαλίας. Η φύση και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πολιτισμού στον οποίο ανήκουν οι μαθητές, διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην πορεία της γνωστικής τους ανάπτυξης. Η αποτελεσματικότητα της ανακαλυπτικής μάθησης οφείλεται:

- στη στάση και ετοιμότητα για μάθηση
- στα κίνητρα μάθησης
- στη δομή και τα χαρακτηριστικά της γνώσης
- στο γενικότερο επίπεδο γνωστικής ανάπτυξης

### **3.5 «Κινητή» Μάθηση: αξιοποιώντας τις φορητές συσκευές (mobile learning)**

Η τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη που έχει σημειωθεί στις φορητές συσκευές (tablets, κινητά) έχει οδηγήσει σε διαφοροποιήσεις στη μάθηση με συνέπεια να μιλούμε για έννοιες όπως «φορητή μάθηση», «κινητή μάθηση», «πανταχού παρούσα μάθηση» (Wong & Looi, 2011) και «για εδώ και τώρα κινητή μάθηση» (Martin & Ertzberger,

2013). Η μάθηση που αξιοποιεί φορητές συσκευές περιλαμβάνει κάθε μορφή μάθησης που γίνεται με τη διαμεσολάβηση μιας κινητής υπηρεσίας ή ακριβέστερα, με τη χρήση μιας φορητής συσκευής που μπορεί να συνοδεύει τον χρήστη – εκπαιδευόμενο παντού. Όταν ένας μαθητής αξιοποιεί το tablet ή κάποια άλλη φορητή συσκευή προκειμένου να μελετήσει υλικό προς διδασκαλία, να παράγει περιεχόμενο, και να αλληλεπιδράσει με τους συμμαθητές του, τον δάσκαλο ή κάποια εκπαιδευτική πλατφόρμα τότε μιλάμε για φορητή μάθηση. Σύμφωνα με τον Baran (2014) χαρακτηριστικά της είναι η κινητικότητα και η ευελιξία που προσφέρει για διεξαγωγή διδασκαλίας ακόμα και εκτός σχολικής τάξης. Μια ακόμα σημαντική πτυχή της φορητής μάθησης είναι η κοινωνική διαδραστικότητα και η δυνατότητα που δίνεται στο χρήστη για αμφίδρομη αλληλεπίδραση και επικοινωνία με μέλη της ομάδας του. Η φορητή μάθηση στηρίζεται στα παιδαγωγικά μοντέλα της ευέλικτης μάθησης, της εγκαθιδρυμένης μάθησης που θεωρείται συμβατή επέκταση του κονστрукτιβισμού και των κοινοτήτων πρακτικής.



Σχήμα 3. Η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση (Πηγή: Διαδίκτυο)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας είναι μια νέα τεχνολογία που έχει γνωρίσει ιδιαίτερη ανάπτυξη, με την δυναμική να αποτελέσει μια ανερχόμενη τεχνολογία στην εκπαίδευση με σημαντικά οφέλη σε διάφορες πτυχές της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Ducasse, 2020) Η συζήτηση στις σύγχρονες κοινωνίες δεν περιστρέφεται μόνο γύρω από την γρήγορη πρόσβαση στις πληροφορίες, αλλά γύρω από την πρόσβαση σε αυτές στον σωστό χρόνο και στον σωστό χώρο. Οι εφαρμογές της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality – AR) ήρθαν να ανταποκριθούν σε αυτή την επιταγή, δίνοντας την δυνατότητα οι πληροφορίες να «ζωντανεύουν» μπροστά στα μάτια του χρήστη και να αποκτούν πολλαπλή αξία ενταγμένες στο κατάλληλο πλαίσιο (Drissner et al., 2010).

### **4.1 Η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας**

Η έννοια επαυξημένη πραγματικότητα (ΕΠ) ή αλλιώς augmented reality (AR), αναφέρεται στην τεχνολογία η οποία προσθέτει στην απεικόνιση του πραγματικού κόσμου οντότητες ή δεδομένα που δεν παρατηρούνται ή υπάρχουν σε αυτό μέσω της κάμερας των φορητών συσκευών που τις υποστηρίζουν. Σύμφωνα με τον Azuma (1997) ένα σύστημα AR επιτελεί τις τρεις βασικές ακόλουθες λειτουργίες:

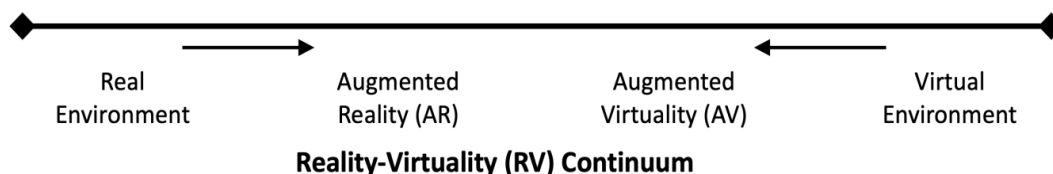
- συνδυάζει το πραγματικό με το εικονικό
- παρέχει αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο
- εισάγει στις τρεις διαστάσεις του χώρου ψηφιακά αντικείμενα (κείμενο, γραφικά, βίντεο, εικονικούς χαρακτήρες, ήχος, quiz κ.α).

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών οι οποίοι της έχουν δώσει διάφορους ορισμούς. Κάποιοι μελετητές ορίζουν την AR με βάση τα τεχνολογικά μέσα και εργαλεία που απαιτούνται για τη δημιουργία περιβάλλοντος επαυξημένης πραγματικότητας. Ένας τέτοιος ορισμός θεωρεί την

επαυξημένη πραγματικότητα σαν τεχνολογία η οποία αξιοποιώντας τις δυνατότητες των συσκευών που την υποστηρίζουν δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με εικονικά στοιχεία, τα οποία φαίνονται μέσα στο φυσικό χώρο (Dunleavy, 2014). Άλλοι πάλι στον ορισμό που δίνουν τονίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων επαυξημένης τεχνολογίας (Di Serio et al., 2013).

Λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχή και αλματώδη εξέλιξη των τεχνολογιών δεν προτιμούνται οι ορισμοί που αναφέρονται στα τεχνολογικά μέσα (Wu et al., 2013). Γενικά, η AR θα μπορούσε να οριστεί σαν την τεχνολογία που εμφανίζει στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη ψηφιακά στοιχεία, με αποτέλεσμα τη μίξη της υλικής και εικονικής πραγματικότητας και εν τέλει τη δημιουργία μιας μεικτής πραγματικότητας (Chen et al., 2017).

Η διεπαφή του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον μπορεί να ορίσει ένα συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας το οποίο προσδιορίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η επαυξημένη πραγματικότητα συμπληρώνει και ενισχύει το πραγματικό περιβάλλον σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα (virtual reality), η οποία εμβυθίζει τον χρήστη σε ένα τεχνητό ψηφιακό περιβάλλον.



*Σχήμα 4. Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (Πηγή: Milgram, 1994)*

Κατά τη διατύπωση ενός άλλου ορισμού, ο Klopfer (2008) προτείνει την ευρεία χρήση του όρου της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για οποιαδήποτε τεχνολογία συνδυάζει πραγματικές και εικονικές πληροφορίες με συνεκτικό και φυσικό τρόπο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι χρήστες της τεχνολογίας αυτής βιώνουν μια εμπειρία όπου το πραγματικό και το εικονικό συνυπάρχουν καθώς «επαυξάνονται» η εμπλοκή και οι αλληλεπιδράσεις τους με αμφότερα (Klopfer & Sheldon, 2010). Άρα οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας ή επαυξημένου περιβάλλοντος (augmented

environment), αναφέρονται στον εμπλουτισμό της απεικόνισης του πραγματικού κόσμου με ψηφιακά αντικείμενα (κείμενο, γραφικά, βίντεο, ήχος, quiz, εικονικοί χαρακτήρες κ.α.) που αφού ενεργοποιηθούν εμφανίζονται στο περιβάλλον του χρήστη.



Εικόνα 3. Ο εμπλουτισμός της απεικόνισης του πραγματικού κόσμου με AR (Δοκιμές)

#### 4.2 Τα είδη των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις και η διάδοση των έξυπνων φορητών συσκευών προσφέρουν πολλές ευκαιρίες για την υλοποίηση εφαρμογών AR χωρίς να απαιτείται εξεζητημένος εξοπλισμός. Στις εφαρμογές AR, το περιβάλλον των χρηστών



είναι δυναμικό και έχει την δυνατότητα να περιλαμβάνει την γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό, την κινητική τους κατάσταση (σταθερός/σε κίνηση), την παρουσία και κατάσταση άλλων χρηστών στο χώρο κ.α. Το tablet που έχει αισθητήρες, επεξεργαστή και οθόνη είναι το πιο διαδεδομένο τεχνολογικό μέσο για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Η φορητότητα το καθιστά επίσης ιδανικό εργαλείο για εφαρμογές AR. Τα βασικά συστατικά που απαιτεί για τη λειτουργία της μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας τα διαθέτει μια συσκευή tablet, όπως κάμερα, μικρόφωνο, επιταχυνσιόμετρο, GPS και πυξίδα στερεάς κατάστασης.

Κάθε σχεδιαστής μιας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας πρέπει πρώτα να καθορίσει το φυσικό περιβάλλον (ένας αισθητήρας θα δώσει τις πληροφορίες) και το ψηφιακό στοιχείο. Έπειτα να προσαρμόσει και να δείξει το ψηφιακό στοιχείο στον φυσικό κόσμο με τέτοιο τρόπο που ο χρήστης να καταλαβαίνει την ψηφιακή πληροφορία ως αναπόσπαστο κομμάτι του πραγματικού κόσμου. Η ενεργοποίηση των ψηφιακών αντικειμένων που εμπλουτίζουν τις απεικονίσεις του πραγματικού κόσμου μπορεί να ενεργοποιηθεί από:

- τις ενδείξεις του συστήματος γεωγραφικού εντοπισμού (π.χ. GPS)
- την οπτική αναγνώριση ετικετών (έντυπων QR Codes)
- την αυτόματη αναγνώριση εικόνων και αντικειμένων

Με βάση τα παραπάνω και ανάλογα με τα τεχνολογικά μέσα και τους στόχους που θέτει, η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να χωριστεί στις τρεις κατηγορίες που ακολουθούν:

- τεχνολογία εντοπισμού δεικτών (Marker Based Augmented Reality): χρησιμοποιεί οπτικούς δείκτες, οι οποίοι αναγνωρίζονται με την βοήθεια κάμερας και παράγουν αποτελέσματα μόνο όταν το σύστημα αναγνωρίζει αυτούς τους δείκτες.
- τεχνολογία λογισμικού χωρίς την χρήση δεικτών (Markerless Augmented Reality): χρησιμοποιεί φυσικά αντικείμενα που βρίσκονται στο περιβάλλον αντί για έναν συγκεκριμένο δείκτη και αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος AR.

- τεχνολογία υπέρθεσης: χρησιμοποιεί οπτική αναγνώριση αντικειμένων και αντικαθιστά μερικώς ή πλήρως ένα αντικείμενο με ένα εικονικό αντικείμενο.

Με βάση μια άλλη κατηγοριοποίηση, προκύπτουν δύο είδη εφαρμογών που αξιοποιούν την τεχνολογία AR: α) εφαρμογές που βασίζονται στη θέση του χρήστη (location-based), και β) εφαρμογές που στηρίζουν τη λειτουργία τους στην αξιοποίηση ενός φυσικού δείκτη (image-based). Αναφορικά με την χρήση των δυο αυτών κατηγοριών εφαρμογών, αξιοποιείται στην ανάπτυξη περισσότερων εφαρμογών η χρήση της τεχνολογίας του δείκτη, είτε με προεπιλεγμένες εικόνες (markers ή trigger images) ή κώδικες γρήγορης απόκρισης (QR codes) για την ενεργοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη σταθερότητα των συστημάτων εντοπισμού και σάρωσης των δεικτών έναντι των συστημάτων χωρίς δείκτη (Bacca et al. 2014). Παρόλα αυτά, έχει παρατηρηθεί αύξηση και στις χωροευαίσθητες εφαρμογές AR (location-based), οι οποίες εκμεταλλεύονται τη φυσική θέση του χρήστη μέσω GPS ή ασύρματου δικτύου, για να προβάλουν το κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο στους χρήστες. Σημειώνεται ότι στο **Παράρτημα I** παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια παραδείγματα που αναπτύξαμε στο πλαίσιο της γνωριμίας μας με την τεχνολογία αυτή. Τα παραδείγματα αφορούν την εισαγωγή ψηφιακού περιεχομένου (εικονικός χαρακτήρας, 3D μοντέλο, ερωτηματολόγιο κα) μέσα από την αναγνώριση QR codes καθώς και δυο παραδείγματα που αφορούν υπέρθεση εικόνας με ένα ψηφιακό αντικείμενο και αυτόματη αναγνώριση εικόνας.

#### **4.3 Ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας**

Οι φορητές συσκευές (smartphones, tablets) αποτελούν το μέσο για την υποστήριξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, προσδίδοντας χαμηλό κόστος και εύκολη πρόσβαση σε τεχνικά χαρακτηριστικά στον σχεδιασμό εφαρμογών (κάμερα, GPS, πρόσβαση στο διαδίκτυο).

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας είναι γνωστά ως kits ανάπτυξης λογισμικού (SDKs) ή απλά πλαίσια (frameworks). Παρέχουν ένα περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα όπου οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν διάφορες λειτουργίες που θα συνθέσουν εφαρμογές λογισμικού με τις δυνατότητες και τους πόρους που προσφέρει η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας. Τα SDKs επαυξημένης πραγματικότητας παρέχουν την υποστήριξη πολλών λειτουργιών όπως η αναγνώριση AR, ο εντοπισμός AR και η απόδοση περιεχομένου. Η εταιρεία Wikitude κυκλοφόρησε το 2018 την πιο πρόσφατη έκδοση του εργαλείου τους για εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας, το Wikitude SDK 8. Το Wikitude βελτιώνει διαρκώς το προϊόν προσθέτοντας όλο και περισσότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά σε κάθε έκδοση. Έτσι, εκτός από τα πρωταρχικά χαρακτηριστικά του SDK 7, όπως η αναγνώριση εικόνων, η αναγνώριση αντικειμένων, η παρακολούθηση 3D markerless, η υποστήριξη ARKit και AR Core, αυτή η έκδοση προσφέρει πολλά περισσότερα, όπως η αναγνώριση σκηνής (ενίσχυση μεγάλων αντικειμένων για υπαίθρια ηλεκτρονικά παιχνίδια, κατασκευή, κτλ.), καταγραφή και παρακολούθηση αντικειμένων, άμεσοι στόχοι (αποθήκευση και κοινή χρήση των ενισχυμένων αντικειμένων), άμεση προεπισκόπηση στο πρόγραμμα Unity για τη δοκιμή των χαρακτηριστικών του SDK αλλά και υποστήριξη Windows. Το Wikitude έχει πάνω από 1 δισεκατομμύριο χρήστες και θεωρείται ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα περιβάλλοντα ανάπτυξης εφαρμογών AR (Amin and Govilkar, 2015).

Το Vuforia διαθέτει ένα SDK για διάφορες πλατφόρμες καθώς και ένα web-based περιβάλλον όπου οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν τους δείκτες τους και να αποκτήσουν τις άδειες που χρειάζονται για να δημοσιεύουν τις εφαρμογές τους. Επίσης, έχει την δυνατότητα να εντοπίζει γεωγραφικούς και πολλαπλούς στόχους, κείμενα και αντικείμενα σε τρισδιάστατη μορφή, τα οποία μπορούν να είναι διαθέσιμα είτε μέσω σύννεφου είτε να αποθηκεύονται τοπικά στην συσκευή του χρήστη. Το Vuforia επιτρέπει ακόμα την παρακολούθηση χωρίς σήμανση, μέσω των τεχνολογιών Extended Tracking και Smart Terrain.

Το MaxST είναι συμβατό με Android, iOS, Windows και Mac OS. Υπάρχουν δύο διαφορετικές εκδόσεις: το εργαλείο 3D και το δεύτερο για 2D αντικείμενα. Το εργαλείο 2D χρησιμοποιείται για εντοπισμό εικόνων και για σάρωση QR κώδικα, ενώ το 3D χρησιμοποιείται για γεωγραφικό εντοπισμό και για σάρωση ρεαλιστικών εικονικών αντικειμένων.

Το Augment αποτελείται από ένα πρόγραμμα προβολής AR 3D, το οποίο αποτελείται από μία εφαρμογή για κινητές συσκευές και μία πλατφόρμα στο διαδίκτυο, όπου οι χρήστες μπορούν να καταχωρούν τους δικούς τους δείκτες και να τους συνδέουν με τρισδιάστατα μοντέλα και άλλα εικονικά στοιχεία. Επιτρέπει την παρακολούθηση αλλά και παρακολούθηση επιπέδου δείκτη μέσω του αποθηκευτικού χώρου cloud.

Το Augasma παρέχει την δική του εφαρμογή για κινητά και μία πλατφόρμα που επιτρέπει στους χρήστες να μετατρέπουν αντικείμενα, εικόνες και χώρους σε νέες διαδραστικές ευκαιρίες χρησιμοποιώντας γραφικό περιεχόμενο, κινούμενα σχέδια, βίντεο, ηχητικά και 3D περιεχόμενα. Επιτρέπει την παρακολούθηση επιπέδων και γεωγραφικών στόχων, καθώς και παρακολούθηση μέσω του αποθηκευτικού χώρου cloud.

Το BlippAR είναι ένα τρισδιάστατο viewer επαυξημένης πραγματικότητας που παρέχει τη δική του εφαρμογή για smartphones και μία πλατφόρμα στο διαδίκτυο, ώστε οι χρήστες της να μπορούν να καταχωρούν τους δείκτες τους και να τους συνδέουν με πολλά οπτικά και διαδραστικά στοιχεία.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν και οι περιηγητές επαυξημένης πραγματικότητας (AR browsers), μεταξύ των οποίων είναι οι: Layar, Junaiο, AcrossAir, Arisgames, Tale blazer, ARLearn. Οι περιηγητές διευκολύνουν την ανάπτυξη εφαρμογών AR, παρέχοντας εύκολη πρόσβαση στις τεχνολογίες AR μέσω απλοποιημένων προγραμματιστικών διεπαφών (API) και εργαλείων σύνταξης (Authoring Tools). Επίσης, οι χρήστες περιηγητών με ανεπτυγμένο ενδιαφέρον για νέες εφαρμογές, έχουν πρόσβαση σε ότι νεότερο είναι διαθέσιμο. Αυτό συνιστά πιο εύκολη και οικονομικότερη την πρόσβαση σε λειτουργικότητες που είναι πιο εξελιγμένες

τεχνολογικά. Η δημιουργία τεχνογνωσίας και καλών πρακτικών καθώς και ο διαμοιρασμός τους είναι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην αξιοποίηση της νέας αυτής τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Σημειώνεται ότι όλα τα παραπάνω εξελίσσονται ραγδαία και ήδη έχουν ενσωματωθεί τεχνολογίες LIDAR σε κινητές συσκευές οι οποίες επιτρέπουν την επίτευξη σημαντικής προόδου στον τομέα.

Τα πρόσφατα στοιχεία την παγκόσμια αγορά λογισμικού επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία αντιπροσώπευε 333,8 δισεκατομμύρια δολάρια, προβλέπουν αύξηση 58,20% κατά την περίοδο από το 2019 έως το 2026. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και στην ανάπτυξη ανοικτών λογισμικών σχεδιασμού εφαρμογών AR (open source augmented reality software), τα περισσότερα από τα οποία διατίθενται δωρεάν στους χρήστες, αυξάνοντας την διάδοση της τεχνολογίας και τις εφαρμογές τις σε διάφορους τομείς συμπεριλαμβανομένης και της εκπαίδευσης. Στη συνέχεια αναφέρονται ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιων λογισμικών για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας υψηλής ποιότητας που παρέχονται δωρεάν, ενθαρρύνοντας την γνωριμία με αυτή την τεχνολογία.

ARToolKit + είναι το λογισμικό ανοιχτού κώδικα AR που βοηθά στην επίλυση των θεμελιωδών προβλημάτων στην επαυξημένη πραγματικότητα που περιλαμβάνει γεωμετρική και φωτομετρική καταχώριση. Το ARToolkit + είναι η συλλογή εργαλείων λογισμικού που παρέχει εντυπωσιακά αποτελέσματα στους χρήστες. Αυτό το δωρεάν λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιεί επεκτάσιμες λύσεις AR για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων.

Mixare είναι το πρόγραμμα περιήγησης επαυξημένης πραγματικότητας ανοιχτού κώδικα που λειτουργεί ως εντελώς αυτόνομη εφαρμογή. Αυτό το δωρεάν λογισμικό AR είναι διαθέσιμο για Android και iPhone 3GS. Δημοσιεύεται στο GPLv3 και είναι επίσης διαθέσιμο για την ανάπτυξη των εφαρμογών του.

HoloKit είναι ένα από τα κορυφαία λογισμικά επαυξημένης πραγματικότητας ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιεί φορητές συσκευές. Το λογισμικό περιλαμβάνει το ακουστικό χαρτονιού HeadKit και το λογισμικό TrackKit. Το HoloKit παρέχει

πρόσβαση στον κόσμο της μικτής πραγματικότητας με τη βοήθεια smartphone και εφαρμογών μικτής πραγματικότητας. Παρέχει μια καθηλωτική λύση στους χρήστες.

Adobe Aero δωρεάν λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας που μπορεί να δει, να δημιουργήσει και να μοιραστεί συναρπαστικές και διαδραστικές εμπειρίες AR. Ο χρήστης δεν απαιτεί πολύπλοκη κωδικοποίηση και μπορεί να θολώσει εύκολα τις γραμμές μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Το λογισμικό παρέχει συναρπαστικές εμπειρίες AR γρήγορα και εύκολα.

Vuforia Engine είναι το δωρεάν λογισμικό AR που χρησιμοποιείται από εταιρείες όλων των μεγεθών. Θεωρείται μία από τις κορυφαίες δωρεάν λύσεις λογισμικού AR που μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερα αποτελέσματα. Σε όλες τις κορυφαίες πλατφόρμες, η Vuforia Engine υποστηρίζει συσκευές AR όπως τηλέφωνα, tablet και ακουστικά για να προσεγγίσει το πιο τεράστιο κοινό.

ZapWorks Studio (δωρεάν δοκιμή 30 ημερών) χρησιμεύει ως η πλήρης εργαλειοθήκη επαυξημένης πραγματικότητας για πρακτορεία και επιχειρήσεις. Το λογισμικό παρέχει μια ισχυρή εργαλειοθήκη AR για εταιρείες που προτιμούν να ωθούν τα όρια της δημιουργικότητας και της αφήγησης. Με αυτό το λογισμικό, ο χρήστης μπορεί γρήγορα να δημιουργήσει, να δημοσιεύσει, να αναλύσει και να κλιμακώσει συναρπαστικές εμπειρίες AR. Οι σχεδιαστές και οι προγραμματιστές μπορούν να κάνουν πλήρως προσαρμόσιμες εμπειρίες AR σε εκτυπώσεις, προϊόντα, συσκευασίες, καταστήματα λιανικής και εκδηλώσεις.

Σημειώνεται ότι στο **Παράρτημα I** υπάρχουν όλοι οι σύνδεσμοι για την μετάβαση στα εργαλεία και λογισμικά σχεδιασμού που αναφέρονται σε αυτή την ενότητα.

#### **4.4 Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση**

Αν και πρόκειται για μια νέα τεχνολογία, η AR αποτελεί ένα νέο επιστημονικό πεδίο διαδραστικού σχεδιασμού που ήδη μετρά πλήθος εφαρμογών σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης και της εκπαίδευσης (McGivney et. al., 2019) Η επαυξημένη

πραγματικότητα μπορεί να λειτουργήσει σαν δομικό συστατικό μιας καλά σχεδιασμένης διδασκαλίας, όπως οι ΤΠΕ που έχουν ενταχθεί στην εκπαίδευση. Αποτελώντας τη σύζευξη της εικονικής με τη φυσική πραγματικότητα, εκμεταλλεύεται τον πραγματικό κόσμο «επαυξάνοντάς» τον με ψηφιακά στοιχεία που δημιουργούν δυνατότητες βιωματικής και ενεργητικής μάθησης (Squire & Klopfer, 2007). Σε μια απλή αναζήτηση στο Google Scholar εμφανίζονται περισσότερο από μισό εκατομμύριο αποτελέσματα από την εισαγωγή των λέξεων κλειδιών «education augmented reality».

Η φορητότητα, η συνδεσιμότητα, η αύξηση αυθεντικότητας πλαισίου, η κοινωνική διαδραστικότητα και η διασκέδαση είναι μερικές από τις εγγενείς ιδιότητες της AR που προσδίδονται από τις φορητές που τις υποστηρίζουν, απορρέοντας σημαντικά οφέλη που προσφέρονται προς εκπαιδευτική αξιοποίηση (Klopfer & Sheldon, 2010). Η δυναμική της να αποτελέσει ένα σημαντικό παιδαγωγικό εργαλείο για τη βελτίωση και ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (Huang et al., 2016), δικαιολογεί το ανερχόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον και την αναγνώρισή ως μια από τις βασικές αναδυόμενες τεχνολογίες στην εκπαίδευση για τα επόμενα έτη (Jeon et al., 2020).

#### **4.4.1 Έρευνες: Μαθησιακά αποτελέσματα και παιδαγωγική συνεισφορά**

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαπενταετίας, έχει δημοσιευτεί σημαντικός αριθμός ερευνών για την χρήση και επίδραση της AR σε ποικίλες πτυχές της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ενισχύοντας την παιδαγωγική αξία της συγκεκριμένης τεχνολογίας (Dede, 2017). Ακολουθεί η σύνθεση και η συνοπτική παρουσίαση των κυριότερων ερευνητικών ευρημάτων στο πεδίο της εφαρμογής της AR στην εκπαίδευση, τα οποία ενθάρρυναν την ενασχόλησή μας με το συγκεκριμένο θέμα. Τα ευρήματα που αφορούν αποτελέσματα από την χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στην εκπαίδευση θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Τα μαθησιακά αποτελέσματα και την παιδαγωγική συνεισφορά.

Το μεγαλύτερο μέρος των δημοσιευμένων ερευνών αφορούν την εφαρμογή της AR στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, μερικές από τις κύριες

θεματικές είναι: η προσομοίωση εργαστηριακών πειραμάτων, μαθηματικές και γεωμετρικές έννοιες, γεωγραφία, απεικόνιση αφηρημένων εννοιών που οι μαθητές δεν θα μπορούσαν να αντιληφθούν με τις αισθήσεις τους και την παρατήρηση στον πραγματικό κόσμο. Σχετικά με τα κυριότερα αποτελέσματα της αξιοποίησης της χρήσης AR στην εκπαίδευση, γίνεται αναφορά στην θετική της επίδραση σε μια σειρά από παράγοντες της εκπαιδευτικής και μαθησιακής διαδικασίας.

Τα μαθησιακά περιβάλλοντα που αξιοποιούν εφαρμογές AR μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικές πρακτικές του πολυγραμματισμού μέσω των διαφορετικών τύπων αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούν (Squire & Klopfer, 2007). Τα εικονικά αντικείμενα συμπληρώνουν την εξερεύνηση του πραγματικού κόσμου, βοηθώντας τους μαθητές να κάνουν εξοικειωθούν και να κάνουν ανακαλύψεις στο περιβάλλον τους (Wu et al., 2013). Η κινητοποίηση των μαθητών και η ενεργή τους εμπλοκή στην διεξαγωγή ερευνών και συλλογής δεδομένων που θα οδηγήσουν σε τεκμηριωμένες αποφάσεις ενισχύει τις διδακτικές προσεγγίσεις που βασίζονται στον εποικοδομισμό (Cabello & Barroso, 2016).

Αρκετές μελέτες τονίζουν την προώθηση και την καλλιέργεια δεξιοτήτων που είναι σημαντικές και απαραίτητες στην κοινωνία της γνώσης (Metcalf et al., 2020). Η αίσθηση της αυθεντικότητας του περιβάλλοντος μάθησης με χρήση εφαρμογών AR μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της αιτιότητας και πολυπλοκότητας δυναμικών μοντέλων. Πολλά κινητά παιχνίδια Ε.Π επιτρέπουν την αναζήτηση, οργάνωση και αξιολόγηση δεδομένων και πληροφοριών, αναπτύσσοντας τις δεξιότητες των χρηστών για πλοήγηση σε πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα (Klopfer 2008).

Επιπλέον, τα συστήματα AR βοηθούν στην οπτικοποίηση σύνθετων χωρικών σχέσεων και αφηρημένων εννοιών (Dede, 2017). Για παράδειγμα, οι μαθητές συνήθως αντιμετωπίζουν δυσκολίες οπτικοποίησης σε μη παρατηρήσιμα φαινόμενα, όπως τα μαγνητικά πεδία της γης (Dickens et al., 2019). Η χρήση της Ε.Π στη Χημεία επιτρέπει στους μαθητές να επιλέξουν τα χημικά στοιχεία, συνθέτοντας τα σε τρισδιάστατα μοριακά μοντέλα, και να τα περιστρέψουν.



Με τη βοήθεια της τεχνολογίας αυτής και τη διαχείριση εικονικών αντικειμένων, δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να παρατηρήσουν φαινόμενα που δεν είναι εύκολο να γίνουν ορατά σε ένα φυσικό περιβάλλον (π.χ., τα οικοσυστήματα των υγροτόπων, βιογεωχημικοί κύκλοι) (Jeon et al., 2020). Έτσι, παρέχεται ένα ασφαλές περιβάλλον εξάσκησης και η δυνατότητα προσομοίωσης «αόρατων» φαινομένων και καταστάσεων μέσα με στόχο την εννοιολογική τους κατανόηση και την διόρθωση τυχόν παρανοήσεων (Cheng et al., 2018).

Πρόσφατες μελέτες για την αξιοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας σε διάφορα θέματα έδειξαν θετικά αποτελέσματα στη μαθησιακή διαδικασία, όπως αύξηση της γνώσης των μαθητών, αλλαγή του κλίματος στο σχολείο και ανάπτυξη ειδικών δεξιοτήτων (Koutroumanos et al., 2015). Σημειώνεται επίσης η αύξηση της εμπλοκής, των κινήτρων και του ενδιαφέροντος των μαθητών με σκοπό την απόκτηση γνώσεων για ένα θέμα υπό διερεύνηση (Cheng et al. 2013)

Η εξέλιξη των εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών AR προσφέρουν ευκαιρίες διαδραστικού σχεδιασμού ενισχύει την παιχνιδοκεντρική μάθηση προσφέροντας στους εκπαιδευτικούς νέους τρόπους διδασκαλίας με την χρήση διασκεδαστικών και διαδραστικών παιχνιδιών ως μέσο για την προσέγγιση και κατανόηση διαφόρων θεμάτων . Ταυτόχρονα, προσφέρονται πληθώρα δυνατοτήτων συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, χωρίς ο χώρος εργασίας τους να είναι ξεχωριστός από τον διαπροσωπικό χώρο επικοινωνίας. Στη μελέτη των Akçayir et al. (2017) συνοψίζονται τα πιθανά οφέλη από τη χρήση της AR στην εκπαιδευτική διαδικασία:

- ενίσχυση των κινήτρων μάθησης, της κατανόησης, της θετικής στάσης/συμπεριφοράς
- μείωση του γνωστικού «φορτίου»
- συμβολή για θετική προδιάθεση για το μάθημα
- προώθηση βελτιωμένων και υψηλότερων μαθησιακών επιδόσεων
- επαφή με μη παρατήρησιμα φαινόμενα, απεικόνιση αφηρημένων εννοιών

#### 4.4.2 Εκπαιδευτικά παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας (AR games)

Ο συνδυασμός της τεχνολογίας AR με εκπαιδευτικό περιεχόμενο έχει τη δυναμική να δημιουργήσει ένα νέο είδος εφαρμογών που μπορούν να κάνουν πιο ελκυστική τη διδασκαλία και τη μάθηση (Grotzer et al. 2020).

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας με εκπαιδευτικό και συνάμα ψυχαγωγικό χαρακτήρα, παιχνίδια που λαμβάνουν χώρα μέσα από φορητές συσκευές μπορούν να προάγουν μαθησιακά αποτελέσματα, καλλιέργεια δεξιοτήτων καθώς και τη συμμετοχή και τη συνεργασία των μαθητών. Ενδεικτικά, σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται: διαδραστικές αφηγήσεις ιστοριών (interactive storytelling), σοβαρά παιχνίδια (serious games), κυνήγι θυμαυρού (scavenger games), παιχνίδια ρόλων (quest games, role playing games), διαδραστικές ξεναγήσεις (guided tours) (Koutromanos & Avraamidou, 2014).

Τα παιχνίδια AR στις φορητές συσκευές προσφέρουν αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον. Σύμφωνα με τους Squire & Jan (2007) τα παιχνίδια αυτά παίζονται στον πραγματικό κόσμο και με την χρήση των φορητών συσκευών «επauξάνεται» το φυσικό περιβάλλον με πληροφορίες και οι συμμετέχοντες ακολουθούν μια φανταστική πλοκή. Δομικά στοιχεία ενός τέτοιου παιχνιδιού αποτελούν οι χαρακτήρες, οι δραστηριότητες γύρω από αποστολές, τα διάφορα μέρη, τα αντικείμενα και τα εργαλεία συλλογής δεδομένων (κάμερα, κ.α). Τα παιχνίδια AR είναι ιδανικά για μάθηση και για ψυχαγωγία και προσφέρονται για να οδηγήσουν τους μαθητές στην παρατήρηση και κατανόηση φαινομένων, στη σύνδεση των γνώσεων με την καθημερινή τους ζωή και την εξοικείωση τους με το φυσικό περιβάλλον στο οποίο διεξάγεται η δραστηριότητα

Πολλά AR παιχνίδια συμπεριλαμβάνουν την προσέγγιση της επίλυσης προβλημάτων στον σχεδιασμό τους (Squire and Klopfer, 2007), άλλα στηρίζονται στη θεωρία της πλακισωμένης μάθησης (Kamarainen, et al., 2018) ενώ άλλα αξιοποιούν τη συνεργατική μάθηση (Echeverria, et al., 2012). Υπάρχουν περιπτώσεις που αξιοποιούν στο σχεδιασμό τους περισσότερες από μία θεωρίες μάθησης όπως για

παράδειγμα τη συνεργατική μάθηση καθώς και την επίλυση προβλήματος (Bressler and Bodzin, 2013). Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών παιχνιδιών AR λαμβάνουν χώρα εκτός του περιβάλλοντος της τάξης (Squire and Klopfer, 2007), παρέχοντας ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης στο οποίο δρα ο εκπαιδευόμενος. Η μάθηση που βασίζεται στο παιχνίδι είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές και διαδεδομένες εφαρμογές AR. Οι εφαρμογές αυτές δε βασίζονται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία AR αλλά συχνά αποτελούν τον συνδυασμό εφαρμογών που βασίζονται τόσο στη θέση όσο και στην τοποθεσία του χρήστη. Ο εκπαιδευτικός ή ο σχεδιαστής της εφαρμογής με βάση τους στόχους που έχει θέσει μπορεί να παρουσιάσει το εκπαιδευτικό υλικό μέσα από ένα παιχνίδι επαυξημένης πραγματικότητας, δημιουργώντας ένα σενάριο που αξιοποιεί την καθημερινή ζωή και την εμπειρία των εκπαιδευόμενων.

#### **4.4.3 Αξιοποίηση επαυξημένης πραγματικότητας σε δράσεις στο πεδίο**

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι δράσεις στο πεδίο αφορούν δραστηριότητες που οργανώνονται εκτός σχολικής τάξης. Ο χαρακτήρας τους είναι βιωματικός και προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους ευκαιρίες για εξοικίωση με το φυσικό περιβάλλον, για προσέγγιση και κατανόηση των οικοσυστημάτων και των διάφορων μηχανισμών τους κ.α δημιουργώντας μια γέφυρα ανάμεσα στη σχολική γνώση και την καθημερινή ζωή. Παρά τη δυναμική τους ως μαθησιακές εμπειρίες, οι δράσεις στο πεδίο έχουν αρκετές απαιτήσεις στην οργάνωση (άδεια, πρόσβαση, ασφάλεια) και στο σχεδιασμό τους (στόχοι, υποστηρικτικό υλικό κ.α) στο πλαίσιο της βιωματικής μάθησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην διεξάγονται συχνά και να περιορίζονται σε παραδοσιακές προσεγγίσεις, όπως η ξενάγηση από τον εκπαιδευτικό χωρίς την ενεργό συμμετοχή από τον εκπαιδευτικό. Μια ακόμα σημαντική πρόκληση είναι η δυσκολία των μαθητών να διαχειριστούν τις πληροφορίες που λαμβάνουν στο πεδίο και να διατηρήσουν την συγκέντρωσή τους σε όλη τη διάρκεια μιας ξενάγησης ή μιας δραστηριότητας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Αρκετές ερευνητικές εργασίες έχουν αντικείμενο την αξιοποίηση των εφαρμογών AR στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ. Η πλειοψηφία των εργασιών αυτών διερευνά τον ρόλο των δραστηριοτήτων με την χρήση AR με σκοπό την αύξηση της εμπλοκής και κινητοποίησης των μαθητών ή την ενίσχυση της κατανόησης τους σε διάφορα θέματα, όπως είναι τα περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οικοσυστήματα κ.α

Λόγω της πανδημίας COVID-19 και των περιοριστικών μέτρων στη λειτουργία των σχολικών μονάδων, δεν ήταν εφικτή η υλοποίηση και η αξιολόγηση ενός παραδείγματος AR σε ομάδα μαθητών. Η προσαρμογή του θέματος προς μια ρεαλιστική κατεύθυνση με βάση τα νέα δεδομένα και διαθέσιμα μέσα ήταν απαραίτητη.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, ο σχεδιασμός της έρευνας αφορά την συστηματική ανασκόπηση για την προσέγγιση της βιβλιογραφίας με σκοπό τη διερεύνηση της αξιοποίησης της AR σε δραστηριότητες στο πεδίο και την αναζήτηση νέων ερευνητικών κατευθύνσεων. Η πορεία αφορά την αναζήτηση και τη διαμόρφωση του δείγματος εργασιών, με τον ορισμό των κριτηρίων για την επιλογή ή τον αποκλεισμό εργασιών και έπειτα τη σύνθεση και την περιγραφή των ευρημάτων. Αξιοποιώντας την υπάρχουσα επιστημονική γνώση και εμπειρία, στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται το παράδειγμα μιας εφαρμογής στο πεδίο που αξιοποιεί την τεχνολογία AR. Ο σχεδιασμός της εφαρμογής προβλέπει για επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα την ενίσχυση της κινητοποίησης των μαθητών και την διευκόλυνση της εργασίας τους κατά τη διεξαγωγή επιτόπιων παρατηρήσεων.

### **5.1 Σχεδιασμός ανασκόπησης**

Η ανασκόπηση αποτελεί όχημα για την προσέγγιση της βιβλιογραφίας και την «τοποθέτηση» της έρευνάς μας σε σχέση με ό,τι έχει ήδη διερευνηθεί στο συναφές πεδίο. Ο σχεδιασμός της έρευνας βασίστηκε στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιος ο ρόλος τη «ψηφιακής επαύξησης» (digital augmentation) στο σχεδιασμό δράσεων εκτός σχολικής τάξης στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ;
- Ποιες είναι οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις αξιοποιούνται και ποια τα περιβάλλοντα μάθησης;
- Ποιες είναι οι τεχνολογικές και παιδαγωγικές προκλήσεις που απορρέουν από την χρήση της AR στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών εφαρμογών;

Αξιοποιώντας το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cooper (2010), η πορεία της έρευνας περιλαμβάνει τα εξής στάδια: α) συλλογή αρχικού δείγματος εργασιών με αντικείμενο την ανάπτυξη και υλοποίηση εφαρμογών AR εκτός σχολικής τάξης σε θέματα ΠΕ/ΕΑΑ (data collection), β) ορισμός κριτηρίων επιλογής και αποκλεισμού για την διαμόρφωση του τελικού δείγματος (define include and exclude criteria), γ) σύνθεση και περιγραφική παρουσίαση αποτελεσμάτων έρευνας (coding and summarizing results), και δ) ερμηνεία αποτελεσμάτων (interpreting themes).

## **5.2 Κριτήρια για την διαμόρφωση του δείγματος εργασιών**

Η αναζήτηση πρωτότυπων εργασιών με αντικείμενο εφαρμογές AR στην ΠΕ/ΕΑΑ και δραστηριοτήτων στο πεδίο έγινε μέσα από την αναζήτηση δημοσιευμένων άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά, επιλεγμένα κεφάλαια βιβλίων και ανακοινώσεων/μελετών σε συνέδρια. Τα αποτελέσματα ανασύρθηκαν από ανοιχτές βάσεις αναζήτησης πηγών, όπως το Google Scholar και η βάση δεδομένων Education Resources Information Center (ERIC). Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν «Augmented Reality», «AR applications», «AR Applications in Environmental Education», «AR in Outdoor education». Ο ορισμός των κριτηρίων όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα αφορά την αναζήτηση, επιλογή και αποκλεισμό εργασιών για την διαμόρφωση του δείγματος.

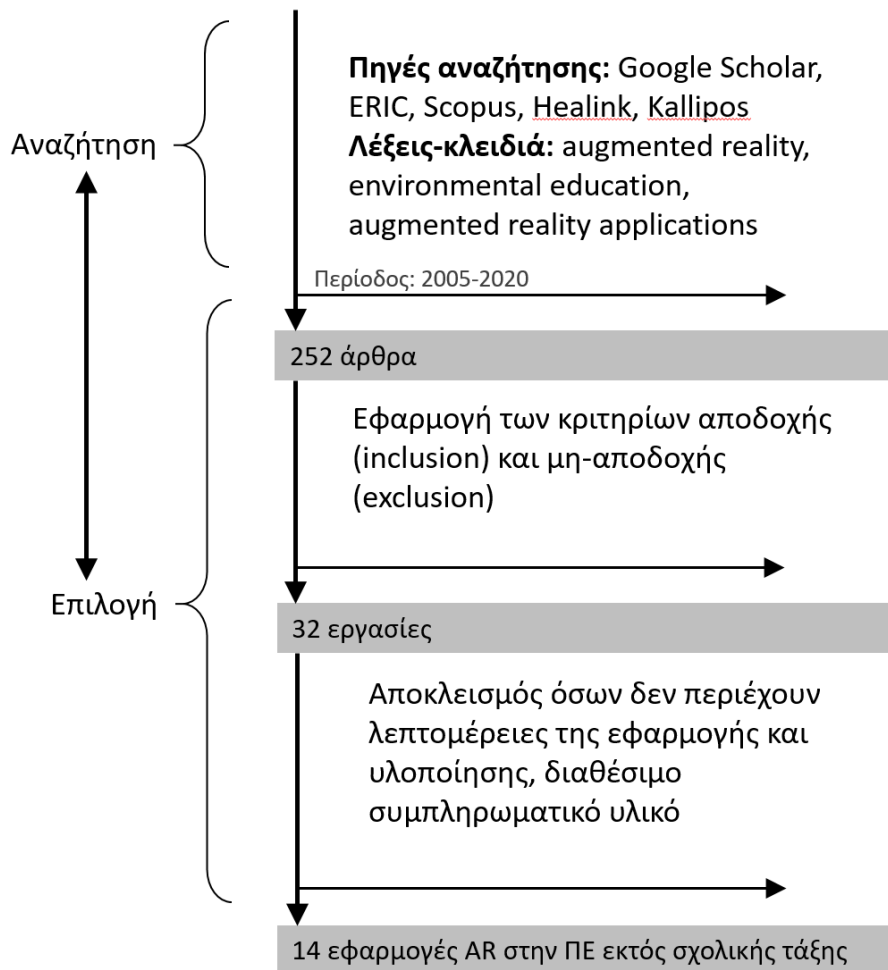
*Πίνακας 1 Κριτήρια επιλογής εργασιών για τη διαμόρφωση του δείγματος*

|   | <b>Επιλογή</b>  | <b>Αποκλεισμός</b>                                       |
|---|---|--|
| <b>Είδος πηγής</b>                          | Πρωτογενής πηγές: επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων, βιβλία ή κεφάλαια επιστημονικών βιβλίων (ή συλλογικών εκδόσεων)   | Δευτερογενείς πηγές: Αναρτήσεις σε blogs και ιστοσελίδες |
| <b>Γλώσσα</b>                               | Αγγλικά, Ελληνικά   | Άλλες γλώσσες  |
| <b>Λεπτομέρειες σχεδιασμού εφαρμογών AR</b> | Οι εργασίες θα πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον μια από τις ακόλουθες πληροφορίες: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής</li> <li>• Διαθέσιμο συμπληρωματικό υλικό</li> <li>• Πληροφορίες για υλοποίηση και αξιολόγηση εφαρμογής</li> </ul> |  |
| <b>Μέσο υποστήριξης AR</b>                  | Tablets, κινητά τηλέφωνα  | Google glasses, VR, υπολογιστές                          |
| <b>Περιβάλλον μάθησης</b>                   | Εκτός σχολικής τάξης, στο πεδίο   | Εντός σχολικής τάξης                                     |
| <b>Αντικείμενο εφαρμογής</b>                | Θέματα ΠΕ/ΕΑΑ   | Θετικές επιστήμες, Άλλα εκπαιδευτικά θέματα              |

Με βάση όσα αναφέρονται παραπάνω, το ενδιαφέρον μας εντοπίζεται στα κυριότερα περιβάλλοντα μάθησης, στον ρόλο του ψηφιακού εμπλουτισμού και στις κυριότερες μορφές του, στις κυριότερες προσεγγίσεις καθώς και στις τεχνολογικές και παιδαγωγικές προκλήσεις που απορρέουν. Μέσα από τον τίτλο, τις λέξεις κλειδιά και την περίληψη κάθε εργασίας έγινε η καταγραφή του αντικειμένου κάθε εφαρμογής AR του δείγματος εργασιών καθώς και ποιο περιβάλλον μάθησης αφορά ο σχεδιασμός τους (τυπική, μη τυπική και άτυπη μάθηση). Επίσης, αναγνωρίστηκαν οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία που αποτέλεσαν όχημα των εφαρμογών καθώς και οι παρατηρήσεις-περιορισμοί όπως παρουσιάστηκαν από κάθε εργασία.

### 5.3 Αποτελέσματα-Δείγμα εργασιών

Η πορεία της ανασκόπησης, από την αναζήτηση και την επιλογή μέχρι τη διαμόρφωση του «δείγματος» των εργασιών παρουσιάζεται συνοπτικά στο σχήμα που ακολουθεί. Με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν, επιλέχθηκαν συνολικά 14 πρωτότυπες εργασίες με αντικείμενο την χρήση εφαρμογών AR στο πεδίο, εντός της γενικής θεματολογίας της ΠΕ/ΕΑΑ.



Σχήμα 5. Η πορεία της εργασίας κατά την ανασκόπηση

Στον ακόλουθο πίνακα περιλαμβάνονται τα στοιχεία κάθε εργασίας: ο τίτλος, η συγγραφική ομάδα και το αντικείμενο του σχεδιασμού ή επιπρόσθετα το βασικό επιδιωκόμενο αποτέλεσμα με λέξεις κλειδιά.

Πίνακας 2 Εργασίες με αντικείμενο ανάπτυξη εφαρμογών AR σε δράσεις στο πεδίο

| Τίτλος Εργασίας                   | Αναφορές                  | Αντικείμενο   |
|-----------------------------------|---------------------------|---|
| Environmental Detectives          | Klopfer (2007)            | Ρύπανση υπόγειων υδάτων, ανάπτυξη επιχειρηματολογίας                              |
| Mad City Mystery                  | Squire and Jan (2008)     | Βιογεωχημικοί κύκλοι, ανάπτυξη κριτικής σκέψης                                    |
| Red Wolf Caper                    | Folta (2010)              | Φυσικό περιβάλλον προστατευόμενης περιοχής, ευαισθητοποίηση και ενίσχυση εμπλοκής |
| Tree investigators                | Zimmerman and Land (2014) | Βιοποικιλότητα, ενδημικά είδη δέντρων, διαδραστική επίσκεψη στο πεδίο             |
| Butterfly Ecology Learning System | Tarng et al. (2015)       | Κύκλος ζωής των πεταλούδων, ο ρόλος τους στο οικοσύστημα                          |
| Opera2222                         | Smørdal et al. (2016)     | Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή              |
| Butterfly Garden Game             | Hwang et al. (2016)       | Πεταλούδες και οικοσύστημα  |
| EcoMobile Atom Tracker            | Kamarainen et al. (2016)  | Κύκλοι άνθρακα και οξυγόνου σε ένα οικοσύστημα                                    |
| Botanical Garden                  | Huang et al. (2016)       | Φυτά, Βιοποικιλότητα  |
| The PAN App                       | Albers et al. (2017)      | Παρακολούθηση φαινομένων σε προστατευόμενες περιοχές, συμμετοχικές παρατηρήσεις   |
| EduPark project                   | Pombo et al. (2017)       | Επίσκεψη σε αστικό πάρκο  |
| Grand Canyon                      | Bursztyn et al. (2017)    | Γεωλογικές δομές, υδρολογικές διαδικασίες   |
| EcoMOBILE Water Quality           | Kamarainen et al. (2018)  | Ποιότητα νερού, βασικές αρχές οικολογίας  |
| Save Elli                         | Koutromanos et al. (2018) | Εισαγωγή στα περιβαλλοντικά ζητήματα ενός νησιού                                  |
| Mystery at the Lake               | Georgiou and Kyza (2019)  | Οικοσυστήματα λίμνης, τροφική αλυσίδα και ευτροφισμός                             |

Environmental Detectives (Klopfer 2007): παιχνίδι επευξημένης πραγματικότητας στο οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν κινητές συσκευές με GPS ώστε να συλλέξουν δεδομένα για τα τοξικά απόβλητα μιας περιοχής που καταλήγουν σε έναν υδάτινο



αποδέκτη. Στόχος είναι να αναπτύξουν την επιχειρηματολογία τους για την αιτία και τους τρόπους επίλυσης του προβλήματος. Η πειραματική εφαρμογή έδειξε ότι μέσα από τον διαδραστικό σχεδιασμό (ρόλοι, ψηφιακά αντικείμενα κ.α) και την αξιοποίηση της AR είναι δυνατή η κινητοποίηση και η εμπλοκή των μαθητών σε μεγάλης κλίμακας περιβαλλοντικές μελέτες, παρέχοντας ταυτόχρονα ένα αυθεντικό περιβάλλον επιστημονικής έρευνας.

Mad City Mystery (Squire and Jan 2008): παιχνίδι επαυξημένης πραγματικότητας όπου οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν την αιτία ενός μυστηριώδη θανάτου σε μια λίμνη της περιοχής τους και να εξάγουν λογικά συμπεράσματα συνδυάζοντας διαφορετικές πηγές πληροφοριών (συνεντεύξεις, δείγματα νερού για αναλύσεις ποιότητας κ.α). Οι μαθητές συνθέτουν επιστημονικές ομάδες αναλαμβάνοντας διαφορετικούς ρόλους (jigsaw) προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση σε πληροφορίες στην περιοχή της λίμνης, η οποία είναι εμπλουτισμένη με ψηφιακά αντικείμενα και πληροφορίες. Η αξιολόγηση έδειξε ότι συγκεκριμένοι μηχανισμοί του παιχνιδιού (η αποστολή, η ανάθεση ρόλων) οδήγησε τους μαθητές να αναπτύξουν την επιχειρηματολογία τους βασιζόμενοι σε επιστημονικά δεδομένα και να ενισχύσουν την ενεργό συμμετοχή τους. Σε αυτή την εργασία αναγνωρίζεται η σημασία των δραστηριοτήτων που σχεδιάζονται για μια συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να αξιοποιήσουν τυχόν προηγούμενες γνώσεις και να αναπτύξουν το ενδιαφέρον τους για τα επιστημονικά δεδομένα που συνδέονται με την περιοχή μιας τοπικής κοινότητας.

Red Wolf Caper (Folta, 2010): ο σχεδιασμός της εφαρμογής χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό AR και σοβαρού εκπαιδευτικού παιχνιδιού για να τραβήξει το ενδιαφέρον και να εξοικειώσει τους μαθητές με το φυσικό περιβάλλον. Στόχος η ενεργός εμπλοκή των μαθητών και η βελτίωση των γνώσεων τους για την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής τους. Κατά την αξιολόγηση, η εμπειρία των μαθητών αποτιμήθηκε θετικά μαθαίνοντας για το περιβάλλον της περιοχής τους όπως το να εντοπίζουν δέντρα, ασπόνδυλα ζώα κ.α. συστατικά από το περιβάλλον γύρω τους.

Tree Investigators (Zimmerman and Land, 2014): εφαρμογή AR που περιλαμβάνει μια σειρά από οδηγίες δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να παρατηρήσουν ως βοτανολόγοι τα δέντρα μιας συγκεκριμένης περιοχής και να συγκρίνουν τα ενδημικά με τα μη ενδημικά είδη. Με την χρήση QR codes σε επιλεγμένα σημεία, οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε διάφορες πληροφορίες όπως φωτογραφίες φύλλων, καρπών ή βίντεο ζώων και εντόμων που δεν θα μπορούσαν να παρατηρηθούν σε κάθε εποχή. Επίσης μέσω της εφαρμογής δίνεται η δυνατότητα για λήψη και αποθήκευση φωτογραφιών. Ο κύριος στόχος της εφαρμογής είναι να ενισχύσει την συλλογή και τον διαμοιρασμό δεδομένων και να ενθαρρύνει την συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών.

Butterfly Ecology Learning System (Tarnq et al., 2015): η εφαρμογή σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τον κύκλο της πεταλούδας, τον ρόλο της σε ένα οικοσύστημα και πώς απειλείται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Συνδυάζει τον πραγματικό κόσμο με τα φυτά ξενιστές και τον εικονικό με τις ψηφιακές πεταλούδες. Ο στόχος του project είναι η δημιουργία πρόσβασης σε ένα πάρκο πεταλούδων, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να παρατηρήσουν τα στάδια ζωής της πεταλούδας που θα ήταν αδύνατο υπό άλλες συνθήκες. Το σύστημα αποτελείται από δυο κύρια χαρακτηριστικά: α) την χρήση κινητού τηλεφώνου για την παρατήρηση πεταλούδων κοντά στα φυτά ξενιστές του καθώς και των φυσικών εχθρών τους, β) ένα εικονικό πάρκο πεταλούδας που οι μαθητές μπορούν να περιηγηθούν ελεύθερα, απαντώντας ερωτήσεις. Η αξιολόγηση της εφαρμογής έδειξε ότι αυτό το εικονικό οικοσύστημα πεταλούδας δημιούργησε στους συμμετέχοντες την αίσθηση ότι βρίσκονται σε έναν πραγματικό κήπο πεταλούδας. Ήταν πρόθυμοι να απαντήσουν στο κουίζ της εφαρμογής και έδειξαν ενδιαφέρον για τις δραστηριότητες.

Opera2222 (Smørdal et al., 2016): η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιεί μια προσομοίωση για τον εμπλουτισμό του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής. Οι μαθητές καλούνται να μετακινηθούν μεταξύ διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση στην προσομοίωση η οποία δείχνει πως θα μοιάζει η περιοχή γύρω από την όπερα της πόλης το έτος 2222, με αισθητές τις επιπτώσεις από την

κλιματική αλλαγή (άνοδος στάθμης θάλασσας κ.α). Οι μαθητές σε ομάδες καλούνται να συλλέξουν δεδομένα προκειμένου να εξηγήσουν την αλλαγή πόλη τους στο μέλλον. Η αξιολόγηση της εφαρμογής έδειξε ότι οι μαθητές παρουσίασαν υψηλή εμπλοκή στην δραστηριότητα, βρίσκοντας όλα τα στοιχεία προκειμένου να υποστηρίξουν την εξήγηση τους.

Butterfly garden game (Hwang et al., 2016): η εφαρμογή σχεδιάστηκε για να εμπλέξει τους μαθητές σε μια εκπαιδευτική δραστηριότητας στο πλαίσιο μιας επίσκεψης στο πάρκο και να διδάξει βασικές έννοιες γύρω από την οικολογία της πεταλούδας (κύκλος ανάπτυξης, φυτά ξενιστές κ.α). Η εφαρμογή παρέχει οδηγίες για την μετακίνηση μεταξύ διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος, όπου περιλαμβάνει ένα quiz με ερωτήσεις με το σκανάρισμα QR codes. Οι μαθητές καλούνται να κάνουν παρατηρήσεις προκειμένου να απαντήσουν στις ερωτήσεις. Ένα επιπλέον στοιχείο σχεδιασμού του παιχνιδιού είναι ένα σύστημα συγκέντρωσης πόντων για κάθε ομάδα. Η αξιολόγηση έδειξε ότι ο σχεδιασμός ως παιχνίδι έναντι μιας απλής εφαρμογής AR μπορεί να αυξήσει σημαντικά το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών.

EcoMOBILE Atom Tracker (Kamarainen et al. 2016): εφαρμογή AR για την γνωριμία των μαθητών με τους κύκλους του άνθρακα και του οξυγόνου, με έμφαση στις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής, μέσα από την επίσκεψη και διαδραστική περιήγηση στο πεδίο. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες και μετακινούνται μεταξύ διάφορων σημείων ενδιαφέροντος, αλληλεπιδρούν με διάφορες μορφές ψηφιακού περιεχομένου (εικόνες, βίντεο, ερωτήσεις κ.α) και κάνουν παρατηρήσεις. Ο σκοπός είναι να ακολουθήσουν τη «διαδρομή» που κάνει ο άνθρακας και το οξυγόνο μέσα από φυσικές και χημικές αλλαγές στο περιβάλλον.

Botanical Garden (Huang et al., 2016): η εφαρμογή AR σχεδιάστηκε για να πλαισιώσει την ξενάγηση των μαθητών σε διάφορα σημεία ενός βοτανικού κήπου και τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες για τα διάφορα είδη των φυτών. Η αξιολόγηση σύγκρινε τα μαθησιακά οφέλη σε τρεις διαφορετικές συνθήκες: την χρήση της εφαρμογής, της χρήση της εφαρμογής σε συνδυασμό με την καθοδήγηση από τον

εκπαιδευτικό, ξενάγηση από τον εκπαιδευτικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δύο ομάδες που έκαναν χρήση της εφαρμογής είχαν θετική στάση και υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα.

PANApp (Albers et al., 2017): εφαρμογή AR για την παρακολούθηση της εξέλιξης φυσικών φαινομένων όπως οι κατολισθήσεις, οι μεταβολές των ακτών, η τακτική πλημμύρα των ελών και λοιπών υδροτοπικών περιοχών. Αποτελεί ένα εργαλείο παρακολούθησης φαινομένων του περιβάλλοντος, το οποίο δοκιμάστηκε στη Γερμανία σε συνεργασία με την Unesco Global TERRA. Σε κάθε τοποθεσία παρέχονται πρόσθετες πληροφορίες και γραφικά σχετικά με σημαντικές ιδιότητες και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Το πρόγραμμα έχει στόχο να διερευνήσει πώς η νέα αυτή τεχνολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση των πολιτών και τη χρήση των εφαρμογών ως τουριστικό εργαλείο στα γεωπάρκα της Unesco. Οι χρήστες γίνονται έμμεσα επιστήμονες, τραβώντας φωτογραφίες παρακολουθούν την εξέλιξη σε προστατευόμενες περιοχές (citizen science).

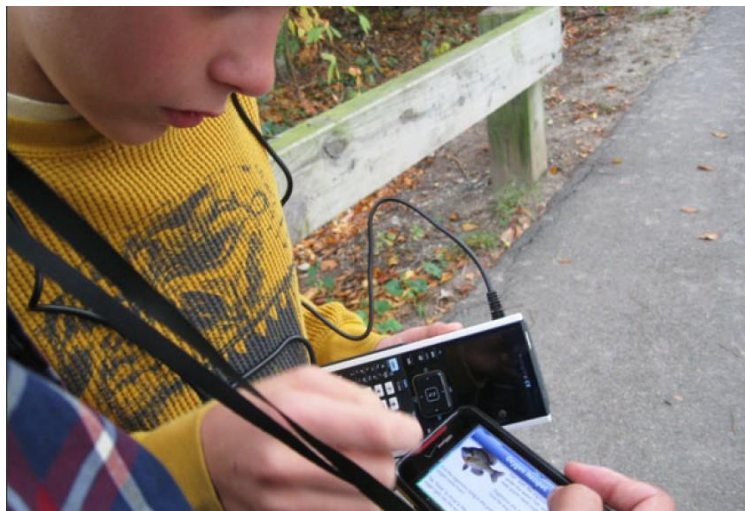
EduPark project (Pombo et al., 2017): το εγχείρημα περιλαμβάνει ένα ψηφιακό παιχνίδι που υποστηρίζει δραστηριότητες geocaching σε εξωτερικούς χώρους όπως πράσινα αστικά πάρκα. Οι μαθητές μέσω της εφαρμογής έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο και ερωτήσεις για την περιοχή που βρίσκονται, αναζητούν κρυμμένα στοιχεία στο πάρκο και μαζεύουν πόντους. Χρησιμοποιώντας το σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας, η εφαρμογή EduPARK επιτρέπει σε οποιονδήποτε επισκέπτεται το πάρκο της πόλης Aveniro να ανακαλύψει μοναδικά χαρακτηριστικά των φυτών και των λουλουδιών αυτού του χώρου.

Grand Canyon (Bursztyn et al., 2017): η εργασία αυτή αποτελείται από τρεις εφαρμογές που στόχο έχουν να εισάγουν τους μαθητές στις γεωλογικές δομές και στις υδρολογικές διαδικασίες μέσα από μια εικονική επίσκεψη στο Grand Canyon που έχει εμπλουτιστεί με την χρήση της τεχνολογίας AR. Οι μαθητές περιηγούνται σε μια φυσική τοποθεσία και μέσα από την χρήση του κινητού τους τηλεφώνου αλληλεπιδρούν με 10 διαφορετικά σημεία ενδιαφέροντος-καθορισμένες στάσεις

προκειμένου να απαντήσουν σε ερωτήσεις ή να κάνουν μια δραστηριότητα, βασισμένη στο σενάριο και τις οδηγίες που παρέχονται από την εφαρμογή.

EcoMOBILE Water Quality (Kamarainen et al., 2018): Μέσα από την χρήση οργάνων (probeware) και της τεχνολογίας AR, οι μαθητές διεξάγουν μια σειρά μετρήσεων που συνδέονται με την ποιότητα του νερού. Ο σχεδιασμός της εφαρμογής έχει στόχο να υποστηρίξει τους μαθητές κατά την διάρκεια της εργασίας τους στο πεδίο: α) παρέχοντας οδηγίες και πληροφορίες, β) καθοδηγώντας τους μαθητές για το πώς να κινηθούν στο φυσικό χώρο, γ) επιτρέποντας στους μαθητές να εισάγουν τις μετρήσεις τους και να λάβουν άμεση ανατροφοδότηση για τις τιμές. Μετά την συλλογή δεδομένων, πραγματοποιείται συζήτηση στην τάξη και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Save Elli! (Koutromanos et al. 2018): ένα παιχνίδι AR για την ανάδειξη των περιβαλλοντικών προβλημάτων της Σαντορίνης και την γνωριμία με τους πιθανούς τρόπους επίλυσης τους. Το σενάριο του παιχνιδιού ζητάει από τους μαθητές, οι οποίοι εργάζονται σε ομάδες, να σώσουν μια μικρή θαλάσσια χελώνα με το όνομα Έλλη από έναν κακό επιστήμονα θέλει να καταστρέψει το περιβάλλον της Σαντορίνης. Μέσα από τις σωστές απαντήσεις των ερωτήσεων, οι μαθητές εντοπίζουν την τοποθεσία όπου βρίσκεται η χελώνα για να ολοκληρώσουν με επιτυχία την αποστολή τους.



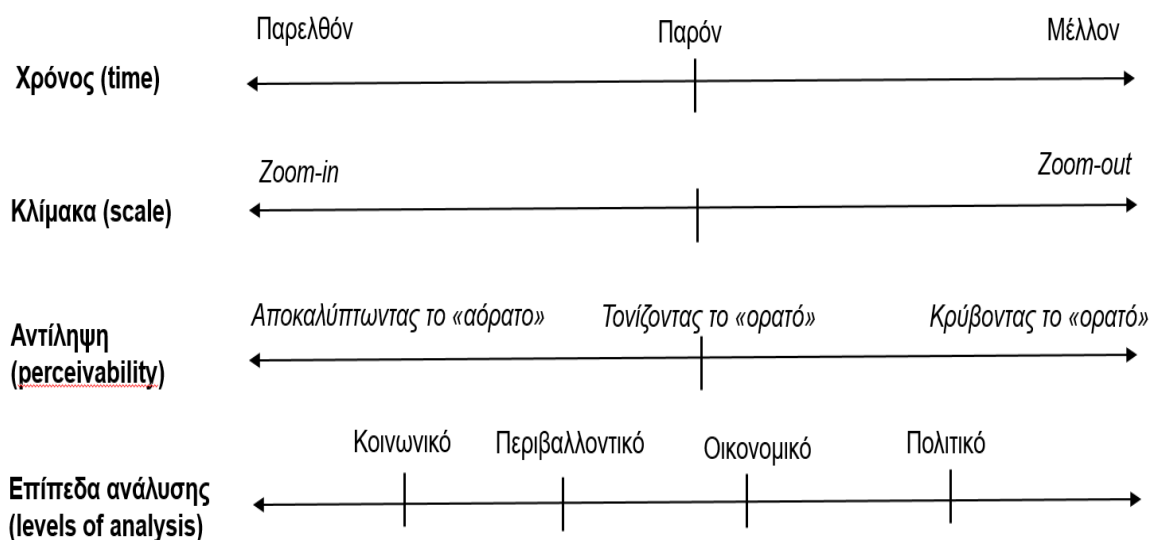
Εικόνα 4 Στιγμιότυπο εργασίας μαθητών στο πεδίο (Kamarainen et al., 2018)

Mystery at the lake (Georgiou and Kyza, 2018): Οι μαθητές καλούνται να σχηματίσουν μια τεκμηριωμένη εισήγηση για την μείωση του πληθυσμού ενός είδους στην λίμνη, έπειτα από την συλλογή δεδομένων από διάφορα σημεία, όπως βίντεο, πίνακες ή φωτογραφίες. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν διάφορες έννοιες του οικοσυστήματος μιας λίμνης, όπως η τροφική αλυσίδα και ο ευτροφισμός.

#### **5.4 Το ψηφιακό περιεχόμενο και ο «εμπλουτισμός» της μαθησιακής εμπειρίας**

Τα διαφορετικά παραδείγματα εφαρμογών που παρουσιάστηκαν καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα ψηφιακών επαυξήσεων (digital augmentations). Στην εργασία των Kamarainen et al. (2016), η χρήση της AR χρησιμοποιήθηκε για να δείξει στους μαθητές την διαδρομή ενός ατόμου, μια έννοια που δεν είναι αντιληπτή από τις αισθήσεις τους. Στις εργασίες Mad City Mystery (Squire and Jan 2008) και Mystery at the Lake (Georgiou and Kyza 2018), το συμπληρωματικό ψηφιακό περιεχόμενο, κυρίως με βίντεο και ηχητικές αφηγήσεις, ενσωματώθηκε για να ενισχύσει την αίσθηση των μαθητών ότι συμμετέχουν σε μια πραγματική διεξαγωγή έρευνας. Το Opera2222 (Smørtdal et al. 2016) διαφέρει από τις άλλες εφαρμογές καθώς το ψηφιακό περιεχόμενο χρησιμοποιήθηκε για να δώσει την εικόνα από το μέλλον για ένα πραγματικό μέρος. Σε δυο εφαρμογές που αναπτύχθηκαν για την παρατήρηση του κύκλου ζωής των πεταλούδων στο οικοσύστημά τους (Tarng et al. 2015, Hwang et al. 2016), η επαύξηση με ψηφιακό περιεχόμενο παρέχει στους μαθητές την δυνατότητα να παρατηρήσουν ένα είδος σε διάφορα στάδια της ζωής του. Στην εργασία των Huang et al. (2016), το ψηφιακό περιεχόμενο εμπλούτισε την επίσκεψη των μαθητών σε ένα βοτανικό κήπο, παρέχοντας λεπτομέρειες για τα είδη των φυτών και την παρατήρηση. Η ίδια προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή Tree investigators (Zimmerman and Land 2014), όπου ήταν διαθέσιμα βίντεο και εικόνες για επεξήγηση και περισσότερες λεπτομέρειες κατά την περιήγηση των μαθητών στο φυσικό χώρο. Επιπρόσθετα, η χρήση ψηφιακών αντικειμένων έδωσε την δυνατότητα παρατήρησης (ήχοι, έντομα κ.α) που διαφορετικά δεν θα ήταν εφικτή.

Από την προσέγγιση του δείγματος των παραπάνω εργασιών, ο ρόλος της ψηφιακής επαύξησης χαρακτηρίζεται κυρίως από το είδος της αλλαγής που επιφέρει στην μαθησιακή εμπειρία. Πιο συγκεκριμένα, οι αλλαγές αφορούν: τον χρόνο, την κλίμακα, την δυνατότητα αντίληψης και τα επίπεδα της ανάλυσης ενός θέματος. Ανάλογα με τον σχεδιασμό και τους στόχους μιας εφαρμογής που αξιοποιεί στο σχεδιασμό της την χρήση AR υπάρχουν αρκετές δυνατότητες όπως η αλλαγή του χρόνου της δράσης τοποθετώντας το «σενάριο» στο παρόν, στο παρελθόν ή στο μέλλον, η διαφοροποίηση στην κλίμακα παρατήρησης μέσα από μακροσκοπικές ή μικροσκοπικές αναπαραστάσεις, η τροποποίηση της αντίληψης αποκαλύπτοντας «το αόρατο» ή η ανάδειξη διάφορων πλευρών ενός θέματος.



Σχήμα 6 Οι αλλαγές στην μαθησιακή εμπειρία από εφαρμογές AR

Στην πλειοψηφία των εργασιών, το ψηφιακό περιεχόμενο χρησιμοποιείται για την προσέγγιση και κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος, μέσα από την ανάλυση των διάφορων πλευρών του, με την παροχή πληροφοριών από διάφορες πηγές για την διευκόλυνση της σύνθεσής του, «ανακαλύπτοντας το αόρατο».

### 5.4.1 Αλλαγή του χρόνου

Μια σημαντική δυνατότητα που προσφέρεται μέσα από την αξιοποίηση των εφαρμογών AR είναι ο εμπλουτισμός του σχεδιασμού των εφαρμογών με περιεχόμενο που προβάλλει στοιχεία για το πως θα μπορούσε να είναι ο φυσικός χώρος της εφαρμογής στο παρελθόν ή στο μέλλον. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των οικοσυστημάτων στα οποία λαμβάνουν χώρα μια σειρά από δυναμικές διαδικασίες σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι οι ενέργειες του παρελθόντος και του παρόντος επηρεάζουν το μέλλον του περιβάλλοντος. Αποκαλύπτοντας αυτές τις χρονικές όψεις, η αξιοποίηση της AR θα μπορούσε να ενισχύσει την κατανόηση των μαθητών για τις δυναμικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον. Το χρονικό παράθυρο που μπορεί να καλυφθεί από το ψηφιακό περιεχόμενο μπορεί να διαφέρει από εκατομμύρια χρόνια (π.χ για να δείξει την πορεία της εξέλιξη ενός τοπίου, Bursztyn et al. 2017) σε μήνες (π.χ για να δείξει πώς αλλάζει η χλωρίδα μιας περιοχής ανάλογα με την εποχή του χρόνου, Zimmerman and Land 2014), ή ακόμα σε ώρες (π.χ για να δείξει τις διαφορετικές καταστάσεις ενός λουλουδιού κατά τη διάρκεια μιας ημέρας (Huang et al. 2016). Η αλλαγή του χρόνου επιτρέπει επίσης στους μαθητές να παρατηρήσουν φαινόμενα ή είδη που θα ήταν αδύνατο να παρατηρήσουν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Όταν ο σχεδιασμός επιτρέπει την εισαγωγή ψηφιακού περιεχομένου που αφορά τη μελλοντική διάσταση ενός θέματος, υπάρχει η ευκαιρία οι συμμετέχοντες να αποκτήσουν εικόνα των επιπτώσεων από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μελλοντικά στο περιβάλλον. Η εφαρμογή Opera2222 (Smørdal et al. 2016) είναι ένα καλό παράδειγμα καθώς δίνει την δυνατότητα «μεταφοράς» σε μια πολή στο μέλλον με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Έτσι οι συμμετέχοντες επικεντρώνονται στο παρόν με σκοπό να κατανοήσουν τις αιτίες που οδηγούν σε αυτό το μέλλον, αναλαμβάνοντας ενεργό δράση για την προστασία του περιβάλλοντος και κατ'επέκταση του μέλλοντός τους.





Εικόνα 5. Προσομοίωση από εφαρμογή Opera222 (Πηγή: Smørddal et al. 2016)

Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα «συντόμευσης» ορισμένων διαδικασιών που απαιτούν χρόνο για την ολοκλήρωσή τους, καθιστώντας δύσκολη την παρατήρηση τους (π.χ τα διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής ενός είδους). Άρα υπάρχει η δυνατότητα προσομοίωσης και προβολής του τι συνέβη κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε μια περιοχή σύστημα.

Αυτή η χρονική διάσταση που προσφέρεται από τον εμπλουτισμό με κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο μπορεί να διαχωρίσει τα είδη των εφαρμογών σε α) εκείνες που αναπαριστούν καταστάσεις ή γεγονότα από το παρελθόν, β) εκείνες που εμπλουτίζουν τον φυσικό χώρο με πληροφορία που αφορά το παρόν, γ) εκείνες που συμβάλλουν στο σχηματισμό της μελλοντικής κατάστασης που αφορά μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

#### **5.4.2 Αλλαγή της κλίμακας**

Ο εμπλουτισμός με ψηφιακό περιεχόμενο μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να αποκαλύψει ότι βρίσκεται εκτός από το στενό πεδίο παρατήρησης των μαθητών. Τα οικοσυστήματα είναι πολύπλοκα συστήματα που εξαρτώνται από διαδικασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικά ή απομακρυσμένα μέρη. Αποκαλύπτοντας αυτό που δεν είναι απευθείας παρατηρήσιμο, οι εφαρμογές AR προσφέρουν στους μαθητές την δυνατότητα να συνδέσουν διαφορετικές τοποθεσίες, και να αποκτήσουν

μια συνολική εικόνα του οικοσυστήματος και των σχέσεων με άλλα φυσικά ή ανθρωπογενή στοιχεία. Με άλλα λόγια, η δυνατότητα αυτή συμβάλει στην μετατόπιση της οπτικής των μαθητών από τοπικό σε παγκόσμιο επίπεδο, ικανοποιώντας έναν από τους στόχους της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη που προστάζει να «δράσουμε τοπικά και να σκεφτούμε παγκόσμια».

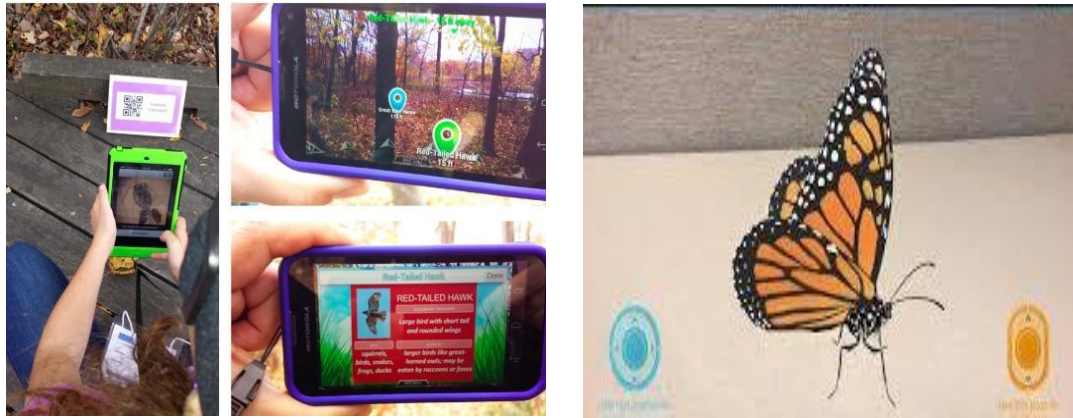
Επιπρόσθετα, η αξιοποίηση της εφαρμογής AR δίνει πρόσβαση στους μαθητές σε παρατηρήσεις σε επίπεδο μικρόκοσμου που διαφορετικά δεν είναι αντιληπτές με τις αισθήσεις τους κατά την παρατήρηση στο πεδίο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή EcoMOBILE Atom Tracker (Kamarainen et al. 2018) μέσα από την οποία οι μαθητές μπορούν να ακολουθήσουν την διαδρομή ενός ατόμου και να εστιάσουν σε διαδικασίες σε μοριακό επίπεδο όπως η φωτοσύνθεση.

Μια ακόμη δυνατότητα αλλαγή της κλίμακας εντοπίζεται στην εργασία των Bursztyn et al, (2017): οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να επισκεφτούν την τοποθεσία του Grand Canyon μέσα από το περιβάλλον του προαύλιου χώρου του σχολείου τους. Άρα υπάρχει η δυνατότητα ο φυσικός χώρος να αξιοποιηθεί ως πλαίσιο για την αναπαράσταση ενός εικονικού περιβάλλοντος με το οποίο οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδράσουν σε πραγματικό χρόνο. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν αφορά απομακρυσμένες περιοχές που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση ή οι συνθήκες που επικρατούν σε αυτές δεν συνιστούν την ασφαλή επίσκεψη από ομάδες μαθητών. Συνεπώς, η ψηφιακή επαύξηση είναι ικανή να αξιοποιηθεί προκειμένου να συρρικνωθούν ή να μεγαλώσουν οι φυσικές αποστάσεις.

#### **5.4.3 Αλλαγή της αντίληψης του περιβάλλοντος**

Σε όλες τις εργασίες που συγκεντρώθηκαν, η αξιοποίηση εφαρμογών AR έχει στόχο να ενίσχυση της αντίληψης των μαθητών για το περιβάλλον τους είτε εισάγοντας εικονικά στοιχεία είτε τονίζοντας επιλεγμένα στοιχεία που υπάρχουν στο περιβάλλοντος και πιθανότατα οι μαθητές να μην έδιναν προσοχή. Δυο ακόμη δυνατότητες, οι οποίες δεν περιλαμβάνονται στις εργασίες που συγκεντρώθηκαν

είναι είτε η απόκρυψη αντικειμένων ή η δυνατότητα να δει κάποιος μέσα από κάποια αντικείμενα για την καλύτερη κατανόηση κάποιων φαινομένων.



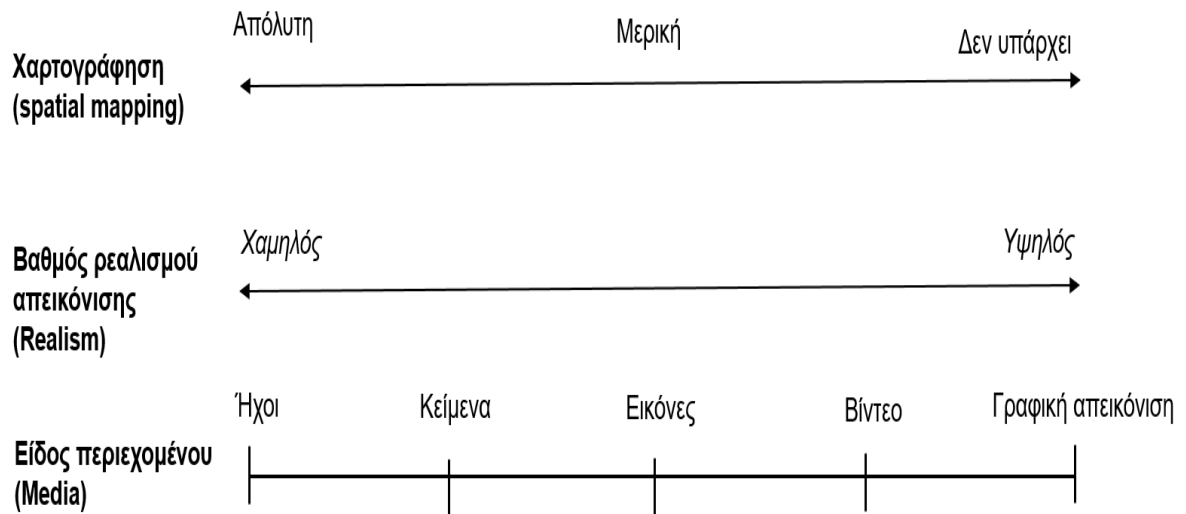
Εικόνα 6. Εισαγωγή εικονικών αντικειμένων στο πεδίο (Πηγή: Tarnq et al., 2015 )

#### 5.4.4 Αλλαγή στο επίπεδο ανάλυσης

Οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ένα φαινόμενο όταν το προσεγγίσουν από τις διαφορετικές πλευρές του. Για παράδειγμα, στην εφαρμογή Mad City Mystery (Squire and Jan, 2007), η ποιότητα του νερού μπορούσε να αξιολογηθεί μόνο από την οπτική ανάλυση, ωστόσο ζητήθηκε από τους μαθητές να διεξάγουν και ποιοτικές μετρήσεις. Στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, η ανάλυση σε μάκρο επίπεδο μπορεί να αναφέρεται στο επίπεδο των μικροοργανισμών, των βακτηρίων, των μορίων κ.α ενώ η ανάλυση σε μάκρο επίπεδο μπορεί να αναφέρεται σε μεγαλύτερα φαινόμενα όπως ο άνεμος ή η ροή του νερού αλλά και άλλες πλευρές ενός περιβαλλοντικού θέματος όπως οι κοινωνικοοικονομικές και οι πολιτικές προεκτάσεις στην τοπική κοινωνία. Συχνά η διερεύνηση της αιτίας ενός προβλήματος απαιτεί την σύνθεση πληροφοριών από ετερόκλητες πηγές καθώς και την ανάδειξη των πολιτικών ή κοινωνικών πλευρών του. Ο εμπλουτισμός με ψηφιακό περιεχόμενο για την ανάδειξη όλων των πλευρών και την διευκόλυνση της προσέγγισης και κατανόησης ενός θέματος με την κατάλληλη οργάνωση και παροχή πληροφοριών αναδεικνύεται από τις εργασίες Mad City Mystery και Environmental Detectives.

## 5.5 Οι μορφές του περιεχομένου στις ψηφιακές επαυξήσεις

Η ψηφιακή επαύξηση που προβλέπεται από τον σχεδιασμό κάθε εφαρμογής αναλύεται σε διάφορα επίπεδα, με βάση το σχήμα που ακολουθεί π.χ το είδος των αναπαραστάσεων που χρησιμοποιεί, το πόσο ρεαλιστική είναι για τον χρήστη κ.α.



Σχήμα 7 Οι μορφές του περιεχομένου στις ψηφιακές επαυξήσεις

Επίσης, η σύνδεση μεταξύ ψηφιακού περιεχομένου και φυσικού χώρου ενισχύεται από την χαρτογράφηση της περιοχής και την προβολή του διαθέσιμου χάρτη στους συμμετέχοντες μαζί με οδηγίες για την μετακίνηση μεταξύ διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος στην φυσική τοποθεσία που διεξάγεται η εφαρμογή. Αρχικά η χωρική χαρτογράφηση, η οποία αναφέρεται στην σύζευξη της άποψης της αναπαράστασης με την θέση της φορητής συσκευής μέσα στον πραγματικό κόσμο, μπορεί να είναι: α) απόλυτη (η άποψη της αναπαράστασης ελέγχεται από τη συσκευή), β) χαλαρή (η άποψη της αναπαράστασης ελέγχεται μερικώς) ή γ) να μην υπάρχει. Υπάρχει μια ακόμα χωρική χαρτογράφηση, η οποία αναφέρεται στην σύζευξη της αναπαράστασης και της ψηφιακής επαύξησης, που διακρίνεται στις ίδιες κατηγορίες, όπως στην παραπάνω περίπτωση. Οι περισσότερες εφαρμογές που επιλέχθηκαν εμφανίζουν γραπτές ή οπτικές οδηγίες προκειμένου ο χρήστης να μεταβεί σε κάποιο από τα σημεία ενδιαφέροντος. Από την άλλη μεριά, ορισμένες εφαρμογές αξιοποιούν στο

σχεδιασμό τους την χαλαρή χαρτογράφηση (relaxed spatial mapping) μεταξύ της αναπαράστασης και του φυσικού κόσμου-π.χ εισαγωγή εικονικών ειδών ή φυτών.

Μέσα από την διαφοροποίηση του βαθμού της χωρικής χαρτογράφησης, υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού και αξιοποίησης διαφορετικών μορφών ψηφιακής επαύξησης με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης δυνατής εμπύθισης ή και της βελτίωσης της κατανόησης μιας έννοιας. Ομοίως, ο αριθμός και το είδος των ψηφιακών αντικειμένων που εμπλουτίζουν την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου και ο βαθμός της αληθοφάνειας τους μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την μαθησιακή εμπειρία. Ακόμα, οι διάφορες μορφές των ψηφιακών επαυξήσεων μπορούν να διαφέρουν στον τύπο του περιεχομένου, με συχνότερη την αξιοποίηση βίντεο, εικόνων, κειμένου, εικόνων κ.α. Συνοψίζοντας, υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού και αξιοποίησης μιας μεγάλης γκάμας ψηφιακών επαυξήσεων για την επίτευξη διάφορων στόχων, επιπέδου εμπύθισης των χρηστών και υποστήριξης-εμπλουτισμός διαφόρων τύπων δραστηριοτήτων.

## **5.6 Περιβάλλοντα μάθησης**

Η πλειοψηφία των εφαρμογών σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μη τυπική μάθησης στην ΠΕ ενώ τρεις εφαρμογές αφορούσαν στο πλαίσιο της άτυπης μάθησης στην ΠΕ με την επίσκεψη σε αστικό πάρκο, βοτανικό κήπο και προστατευόμενες περιοχές. Σημειώνονται οι εξής ορισμοί για τα διάφορα πλαίσια μάθησης: α) η τυπική μάθηση (formal learning) είναι δομημένη και υλοποιείται σε θεσμοθετημένα εκπαιδευτικά ιδρύματα (σχολεία, Πανεπιστήμια), β) η μη τυπική μάθηση (non formal learning) προκύπτει μέσα από προγραμματισμένες δραστηριότητες και μπορεί να λάβει χώρα εκτός σχολικής τάξης π.χ σε μουσεία, πάρκα, κα και γ) η άτυπη μάθηση (informal learning) προκύπτει μέσα από καθημερινές δραστηριότητες που συνδέονται με την εργασία, την οικογένεια ή τον ελεύθερο χρόνο. Δεν είναι οργανωμένη ή δομημένη με όρους στόχων, διάρκειας ή μαθησιακής στήριξης (MME, επισκέψεις σε ελεύθερους χώρους, μουσεία, κλπ.).

## 5.7 Οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που αξιοποιήθηκαν στο σχεδιασμό κάθε εφαρμογής.

*Πίνακας 3 Οι κυριότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις εφαρμογών AR στο πεδίο*

| <b>Τίτλος Εργασίας</b>            | <b>Αναφορές</b>           | <b>Παιδαγωγικές προσεγγίσεις</b>                       |
|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Environmental Detectives          | Klopfer (2007)            | Game-based learning, probeware, Inquiry based learning |
| Mad City Mystery                  | Squire and Jan (2008)     | Game-based learning                                    |
| Red Wolf Caper                    | Folta (2010)              | inquiry-based learning                                 |
| Tree investigators                | Zimmerman and Land (2014) | Place-based learning                                   |
| Butterfly Ecology Learning System | Tarng et al. (2015)       | Game-based learning                                    |
| Opera2222                         | Smørdal et al. (2016)     | Situated-based learning                                |
| Butterfly Garden Game             | Hwang et al. (2016)       | Game-based learning                                    |
| Botanical Garden                  | Huang et al. (2016)       | Experiential learning                                  |
| The PAN App                       | Albers et al. (2017)      | Place-based learning                                   |
| EduPark project                   | Pombo et al. (2017)       | Game-based learning                                    |
| Grand Canyon                      | Bursztyn et al. (2017)    | Game-based learning                                    |
| EcoMOBILE Water Quality           | Kamarainen et al. (2018)  | Situated-based learning, probeware                     |
| Save Elli                         | Koutromanos et al. (2018) | Game-based learning                                    |
| Mystery at the Lake               | Georgiou and Kyza (2018)  | Inquiry-based learning                                 |

Όπως φαίνεται, οι περισσότερες εφαρμογές αξιοποιούν την προσέγγιση της μάθησης βασιζόμενη σε παιχνίδι (game-based learning). Ακολουθούν οι προσεγγίσεις της μάθησης που βασίζονται στην τοποθεσία (place-based) και στην διερεύνηση (inquiry based learning). Με βάση τις διδακτικές προσεγγίσεις που αξιοποιήθηκαν θα μπορούσαμε να τις κατατάξουμε σε τρεις κύριες κατηγορίες: α) με έμφαση στην εμπλοκή των μαθητών σε καθορισμένους ρόλους, β) με έμφαση στις

αλληλεπιδράσεις των μαθητών με φυσικό περιβάλλον, και γ) τις προσεγγίσεις με έμφαση στις εργασίες.

### **5.7.1 Τονίζοντας τους ρόλους**

Ο σχεδιασμός με έμφαση τους ρόλους μέσα από τη συμμετοχή των μαθητών στη δραστηριότητα αφορά κυρίως τις συμμετοχικές προσομοιώσεις, τα παιχνίδια ρόλων και τη ομαδοσυνεργατική μέθοδο jigsaw. Οι συμμετοχικές προσομοιώσεις υποστηρίζουν την συμμετοχή διαφορετικών χρηστών σε ένα δυναμικό σύστημα, κατά συνέπεια οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μαθητών επηρεάζουν τα αποτελέσματα του συστήματος. Επιπλέον, στο σχεδιασμό ορισμένων εφαρμογών υπάρχουν διακριτοί ρόλοι που επιλέγονται από τους μαθητές με σκοπό την διερεύνηση και την κατανόηση ενός θέματος. Χαρακτηριστικό το παράδειγμα της εφαρμογής των Squire και Klopfer (2007), όπου οι μαθητές χωρίζονται σε επιστήμονες, περιβαλλοντολόγους και ακτιβιστές με σκοπό να διεξάγουν μια έρευνα. Ακόμα η ομαδοσυνεργατική μέθοδος jigsaw method αξιοποιείται συχνά κατά το σχεδιασμό εφαρμογών AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση όταν βασικό στόχο αποτελεί η συνεργασία μεταξύ των διαφορετικών ρόλων για την επιτυχή ολοκλήρωση της δραστηριότητας. Σε αυτό το είδος σχεδιασμού, δίνονται ξεχωριστά και μοναδικά κομμάτια των πληροφοριών σε κάθε ομάδα μαθητών και η επίλυση του προβλήματος που τίθεται έγκειται στην αποτελεσματική συνεργασία και επικοινωνία για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαφορετικών ρόλων.

### **5.7.2 Τονίζοντας την τοποθεσία**

Η μάθηση η οποία βασίζεται στην τοποθεσία που λαμβάνει χώρα (location-based learning) δίνει έμφαση στις αλληλεπιδράσεις των μαθητών με το φυσικό περιβάλλον. Κοινό χαρακτηριστικό των εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί εντός αυτό του πλαισίου είναι η αξιοποίηση της δυνατότητας που προσφέρουν οι κινητές συσκευές να εντοπίζεται η θέση των χρηστών μέσω GPS. Μέσω του συστήματος εντοπισμού θέσης, οι μαθητές μπορούν έχουν πρόσβαση σε χάρτη στον οποίο φαίνονται σημεία

ενδιαφέροντος που υποδεικνύονται με βάση των σχεδιασμό της δραστηριότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η δραστηριότητα να παρέχει την αίσθηση ενός αυθεντικού πλαισίου στους μαθητές οι οποίοι κινούνται και ενεργούν μέσα σε ένα φυσικό χώρο, αξιοποιώντας ακόμα και την προηγούμενη εμπειρία και γνώση των μαθητών με σχεδιασμό σε οικείο χώρο όπως π.χ η γειτονιά τους, το πάρκο της πόλης, το σχολείο ή μια τοποθεσία στην ύπαιθρο. Βασικός στόχος όλων εκείνων των εφαρμογών που αξιοποιούν αυτή την προσέγγιση είναι η εξοικείωση των μαθητών με το περιβάλλον τους, και η εισαγωγή τους σε πραγματικά προβλήματα για τα οποία καλούνται να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, αναλαμβάνοντας δράση για την επίλυση τους.

### **5.7.3 Τονίζοντας τις εργασίες**

Οι προσεγγίσεις που εμπίπτουν κυρίως σε αυτή την κατηγορία είναι η μάθηση βασισμένη στο παιχνίδι (game-based) και η μάθηση βασισμένη στο πρόβλημα (problem-based). Τα εκπαιδευτικά παιχνίδια που αξιοποιούν την τεχνολογία AR παίζονται στον πραγματικό κόσμο με την υποστήριξη των ψηφιακών συσκευών και τον εμπλουτισμό με πληροφορίες και αντικείμενα. Τα παιχνίδια, συνήθως συμπεριλαμβανομένων ενός ή μιας σειράς εργασιών, έχουν χαρακτηριστεί ως ένα συνδυασμό της διασκέδασης, της πρόκλησης, και της περιέργειας. Σε ένα παιχνίδι παρέχονται ψηφιακές πληροφορίες σε έναν ή περισσότερους παίκτες, αφού λαμβάνει και επεξεργάζεται στοιχεία από τους ίδιους τους παίκτες, και αλλάζει ανάλογα με τις ψηφιακές πληροφορίες που τους παρέχονται. Οι μαθητές μπορούν μέσω των ενσωματωμένων εργαλείων AR να συλλέξουν πληροφορίες διαμέσου της αλληλεπίδρασης με εικονικούς χαρακτήρες και την απόκτηση ενός καταλόγου ψηφιακών δεδομένων από αυθεντικές πηγές. Μια άλλη προσέγγιση που βασίζονται σε εργασίες είναι η μάθηση με βάση ένα πρόβλημα (problem-based learning). Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται για την προώθηση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και εφαρμογής των γνώσεων σε διαφορετικά πλαίσια.

Στις περισσότερες εργασίες, μέσα από την μάθηση βασισμένη στο παιχνίδι (game-based learning), δίνεται έμφαση στις εργασίες που στοχεύουν στην εισαγωγή των



μαθητών στον επιστημονικό τρόπο σκέψης κατά το σχεδιασμό μιας διερεύνησης για την επίλυση ενός προβλήματος, κατά την διεξαγωγή παρατήρησης, την οργάνωση και διαχείριση της πληροφορίας, κατά την σύνθεση των πληροφοριών προς την ανάπτυξη επιχειρηματολογίας και την λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

## **5.8 Περιορισμοί και προκλήσεις**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυριότερες προκλήσεις και περιορισμοί που απορρέουν από την ενσωμάτωση AR σε εφαρμογές εκτός σχολικής τάξης με βάση τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα από κάθε εργασία του δείγματος από την ανασκόπηση. Οι προκλήσεις που συγκεντρώθηκαν διακρίνονται κυρίως σε τεχνολογικές και παιδαγωγικές.

Οι κυριότερες τεχνολογικές προκλήσεις έχουν άμεση σύνδεση με τα τεχνικά θέματα των φορητών συσκευών όπως η απόδοση, η συμβατότητα, η συνδεσιμότητα, η χωρητικότητα μνήμης κ.α. Αρχικά, οι εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν σε έναν χώρο αλλάζουν καθημερινά. Η αλλαγή των συνθηκών φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ώστε να διασφαλίζεται ότι τα ψηφιακά αντικείμενα είναι ορατά από την οθόνη της συσκευής. Επίσης, η εμπειρία μπορεί να επηρεαστεί σε ένα περιβάλλον με αυξημένο επίπεδο θορύβου. Η χρήση ακουστικών δεν προτείνεται για τον περιορισμό του θορύβου, καθώς παρεμποδίζεται η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των μαθητών κατά την διάρκεια της δραστηριότητας.

Η ακρίβεια της τοποθεσίας είναι επίσης σημαντική για τον εντοπισμό της θέσης και την αναπαραγωγή του ψηφιακού περιεχομένου στον σωστό χρόνο. Η ποιότητα του ασύρματου δικτύου και τα πιθανά σφάλματα του GPS οδηγούν συχνά απογοήτευση των μαθητών από την καθυστέρηση ή της διακοπή της δράσης. Έτσι, μια από τις συχνότερες προκλήσεις αφορά τη διατήρηση της σύνδεσης στα δεδομένα της συσκευής του κινητού και στους τρόπους ενεργοποίησης του ψηφιακού περιεχομένου. Όπως ήδη παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4, οι δύο κύριες κατηγορίες εφαρμογών AR είναι: α) μέσω αναγνώρισης δεικτών (marker-based) όπως η χρήση

QR codes, και β) μέσω αναγνώρισης της τοποθεσίας (location-based) και του προσανατολισμού για την κατάλληλη ενεργοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου. Παρατηρείται ότι τα συστήματα με την αναγνώριση δεικτών παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα έναντι εκείνων μέσω αναγνώρισης της θέσης, όμως απαιτούν μεγαλύτερη προετοιμασία η οποία περιλαμβάνει και την τοποθέτηση των ετικετών με τους δείκτες στα σημεία στο χώρο που προβλέπεται η ψηφιακή επαύξηση.

Μια ακόμη πρόκληση εντοπίζεται κατά το σχεδιασμό των εφαρμογών και του διλήμματος μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης θέσης. Πιο συγκεκριμένα, ενώ ο σχεδιασμός της εφαρμογής σε συγκεκριμένη τοποθεσία προσφέρει δυνατότητες για τη δημιουργία σύνδεσης και νοήματος μεταξύ του περιβάλλοντος και των μαθητών, ο σχεδιασμός που προβλέπει τη χρήση της εφαρμογής ανεξάρτητα από την τοποθεσία των χρηστών προσφέρει πλεονεκτήματα ευελιξίας και ορατότητας.

Αναφορικά με τις παιδαγωγικές προκλήσεις, μια ακόμα πρόκληση έχει εντοπιστεί στην ισορροπία που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των παρατηρήσεων από τον φυσικό κόσμο και των παρατηρήσεων στην οθόνη. Η οθόνη και τα στοιχεία που προβάλλονται σε αυτή είναι δυνατό να αποσπάσει την προσοχή των μαθητών από την άμεση παρατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι ο σχεδιασμός δράσεων με εφαρμογές AR, ο οποίος απαιτεί δεξιότητες και χρόνο, είναι μια από τις κύριες προκλήσεις για την διάδοση των εφαρμογών αυτών στην εκπαίδευση.

Οι δράσεις εκτός σχολικής τάξης περιλαμβάνουν την διαχείριση διαφορετικών πληροφοριών και την εκτέλεση μιας σειράς ενεργειών. Οι συμμετέχοντες καλούνται να διεξάγουν παρατηρήσεις στο άμεσο περιβάλλον τους, να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν, να επεξεργαστούν και να ακολουθήσουν τις οδηγίες της δραστηριότητας. Αυτή η συνθήκη είναι ικανή για να οδηγήσει σε υπερφόρτωση πληροφοριών και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του περιεχομένου και των στόχων σε κάθε εφαρμογή καθώς και τα χαρακτηριστικά της ομάδας στόχου. Αυτή η πτυχή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε δράσεις όπου αναμένεται

από τους μαθητές να συνθέσουν πληροφορίες για την εξαγωγή συμπερασμάτων ή προτάσεων. Αν οι δράσεις δεν είναι καλά σχεδιασμένες με οδηγίες, οι μαθητές μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολία στην ερμηνεία των ενδείξεων τόσο στις συσκευές όσο και στον πραγματικό περιβάλλον, χωρίς να κατανοούν τη ροή πληροφοριών και επομένως να ολοκληρώνουν επιτυχώς την εργασία που τους έχει ανατεθεί. Επιπλέον, οι εργασίες στο πλαίσιο αυτό, συχνά απαιτούν από τους μαθητές να εφαρμόσουν και να συνθέσουν πολλαπλές σύνθετες δεξιότητες όπως η χωρική πλοήγηση, η συνεργασία και η επίλυση προβλημάτων. Ανάλογα με την ομάδα στόχο, ο σχεδιασμός θα πρέπει να προβλέπει την κατάλληλη στήριξη, πρόσθετες πληροφορίες και καθοδήγηση στη διάρκεια της δράσης.

Από την άποψη της εισαγωγής της νέας τεχνολογίας, η χρήση της AR στις τάξεις και στην διδασκαλία στην τυπική εκπαίδευση αντιμετωπίζει περιορισμούς λόγω της έλλειψη εξοικείωσης και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών για την γνωριμία τους με την αυτή την νέα τεχνολογία και τις πιθανές εφαρμογές της στην διδασκαλία τους. Επίσης παρατηρείται περιορισμένη αξιοποίηση της AR λόγω του ότι η μάθηση που αξιοποιεί κινητες συσκευές και νέες τεχνολογίες εισάγει παιδαγωγικές προσεγγίσεις που έρχονται σε αντίθεση με την δασκαλοκεντρική παράδοση που βασίζεται σε συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας.

Συνοψίζοντας, οι κύριες προκλήσεις που απορρέουν από την χρήση AR στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων στο πεδίο είναι οι εξής:

- Τεχνικά θέματα φορητών συσκευών
- Εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν στην τοποθεσία διεξαγωγής της δράσης (θόρυβος, αυξημένη ηλιοφάνεια, κ.α) που δυσχεραίνουν την εργασία των συμμετεχόντων
- Απόκριση και προβολή ψηφιακού περιεχομένου (προβλήματα δικτύου, κ.α) και θέματα σταθερότητας συστημάτων για ομαλή ροή δραστηριότητας
- Γνωστική υπερφόρτωση λόγω πληροφοριών και εργασιών

- Έλλειψη κατάλληλου σχεδιασμού-πρόβλεψη κατάλληλου υποστηρικτικού υλικού
- Απουσία επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για την γνωριμία με την AR και την αξιοποίηση της στη διδασκαλία
- Χρόνος για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την οργάνωση της εφαρμογής

## 5.9 Άλλες παρατηρήσεις

Η επιλογή μας για το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο εντοπίζεται η δημοσίευση των εργασιών είχε σκοπό την διαμόρφωση ενός ικανοποιητικού δείγματος εργασιών, από το οποίο θα μπορούσε να προκύψει και η πρόοδος που έχει σημειωθεί στις εφαρμογές AR σε δράσεις εκτός σχολικής τάξης σε θέματα που ανήκουν στο γενικό πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ. Τα αντικείμενα σχεδιασμού των εφαρμογών που παρουσιάστηκαν παραπάνω καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων με τα κυριότερα να αφορούν την παρατήρηση των ειδών μιας περιοχής, την εισαγωγή σε βασικές έννοιες στα οικοσυστήματα, τα περιβαλλοντικά προβλήματα (κλιματική αλλαγή, ευτροφισμός, ρύπανση κα). Η επιλογή του χώρου διεξαγωγής της εφαρμογής, ανάλογα με τους στόχους της κάθε εφαρμογής, εντοπίζεται κυρίως σε πάρκα και ανοικτούς χώρους πρασίνου με εύκολη πρόσβαση και ασφαλή περιήγηση των συμμετεχόντων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όλες οι εφαρμογές σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν από ερευνητικές ομάδες με την απαραίτητη τεχνιγνωσία, τους πόρους και τα κατάλληλα μέσα για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών AR. Ο σχεδιασμός των εφαρμογών έγινε το πλαίσιο της διεξαγωγής έρευνας για τις δυνατότητες που προσφέρει η νέα αυτή τεχνολογία στην εκπαίδευση και την αναζήτηση τρόπων για την εισαγωγή της στην τυπική και μη τυπική μάθηση.

Στις περισσότερες εφαρμογές αξιοποιήθηκε η μεθοδολογία της έρευνας με σχεδιασμό (design-based research). Πρόκειται για νέο σχετικά ερευνητικό υπόδειγμα που προτείνει μια επαναληπτική διαδικασία που υλοποιούνται μια σειρά παρεμβάσεις με

σκοπό την κατανόηση και τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (diSessa & Cobb, 2004). Η μέθοδος αυτή έχει σκοπό να αντιμετωπίσει πρακτικά προβλήματα διδακτικής φύσης, μέσα από μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και αξιολόγησης. Περιλαμβάνει στον ερευνητικό σχεδιασμό τους άμεσα εμπλεκόμενους, δηλαδή τους μαθητές και πραγματοποιείται σε τρεις διαδοχικές φάσεις, οι οποίες επαναλαμβάνονται μέχρι το σημείο όπου θα παραχθεί η πιο πρόσφορη εφαρμογή της εκπαιδευτικής «λύσης» στο πρόβλημα που επιδιώκει να αντιμετωπίσει.

- σχεδιασμός και αρχική παρέμβαση
- ανάλυση προβλήματος
- σχεδιασμός λύσης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ AR ΩΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ**

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση συνέβαλε στην αναγνώριση της επιστημονικής γνώσης και της προόδου που έχει σημειωθεί στο πεδίο του σχεδιασμού εκπαιδευτικών εφαρμογών AR στην εκπαίδευση, και πιο συγκεκριμένα σε δράσεις στο πεδίο στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ. Προκειμένου να διερευνηθούν οι δυνατότητες και τα πιθανά μαθησιακά οφέλη από την αξιοποίηση της AR στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων με βιωματικό χαρακτήρα για θέματα ΠΕ/ΕΑΑ, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν και να υλοποιηθούν ανάλογα παραδείγματα εφαρμογών. Προς αυτήν την κατεύθυνση, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σχεδιασμού δράσης στο πεδίο που αξιοποιεί τη χρήση μιας εφαρμογής AR.

### **6.1 Πλαίσιο σχεδιασμού**

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής AR έχει στόχο να διευκολύνει την εργασία των μαθητών και να ενισχύσει την ενεργό τους εμπλοκή κατά τη διάρκεια της δράσης τους στο πεδίο. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρει η πλατφόρμα ανάπτυξης της εφαρμογής (metaverse) και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φορητών συσκευών που την υποστηρίζουν, οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε οδηγίες, αλληλεπιδρούν με ψηφιακό υλικό (εικονικό χαρακτήρα/οδηγός δράσης, κείμενο ερωτήσεις, βίντεο και εικόνες) και με το φυσικό περιβάλλον για την διεξαγωγή επιτόπιων παρατηρήσεων και την συλλογή τους με την χρήση εργαλείων που παρέχονται από την εφαρμογή.

Μέσα από την προσέγγιση της βιβλιογραφίας, το ενδιαφέρον μας κέντρισε η ερευνητική ομάδα Ecolearn του Harvard Graduate School of Education, η οποία έχει ως αντικείμενο έρευνας την χρήση των τεχνολογιών AR και VR για την υποστήριξη της μάθησης σε θέματα οικολογίας και περιβάλλοντος. Έχοντας στο ενεργητικό της έναν σημαντικό αριθμό δημοσιεύσεων που εκτείνονται χρονικά από το 2009 έως

σήμερα καθώς και μια σειρά ενεργών projects και curricula (ecoMUVE, ecoMobile, ecoXPT, ecoMOD), θεωρείται ίσως μια από τις ωριμότερες ομάδες στον τομέα της ανάπτυξης εφαρμογών σε θέματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης με όχημα την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών των VR και AR. Η προτεινόμενη εφαρμογή έχει ως «υπόδειγμα» την θεματική ενότητα ενός project της ομάδας, το EcoMOBILE Water Quality Measurement λόγω ότι εντοπίζονται σε αυτή καλές πρακτικές σχεδιασμού στην ενσωμάτωση της AR στην εργασία των μαθητών στο πεδίο. Επίσης, η θεματική ενότητα έδωσε το έναυσμα για την αναζήτηση ενός αυθεντικού πλαισίου διεξαγωγής της δράσης για την εισαγωγή των μαθητών σε ένα οικοσύστημα μιας περιοχής.

### **6.1.1 Δεξιότητες 21<sup>ου</sup> αιώνα**

Κυρίαρχος στόχος της εκπαίδευσης στη σημερινή Κοινωνία της Μάθησης (Learning Society) αποτελεί κυρίως η ανάπτυξη και η καλλιέργεια ισχυρών γνωστικών, μεταγνωστικών, κοινωνικών και επικοινωνιακών δεξιοτήτων (21st Century Skills) και όχι μόνο η διδασκαλία χρήσιμων και απαραίτητων γνώσεων σε κάθε γνωστικό αντικείμενο. Οι δεξιότητες αυτές θε επιτρέψουν σε κάθε εκπαιδευόμενο να γίνει ένας ανεξάρτητα σκεπτόμενος και ενεργός πολίτης του 21ου αιώνα (Kalantzis & Cope, 2008). Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται οι δεξιότητες που πρέπει να καλλιεργήσουν οι εκπαιδευόμενοι στο πλαίσιο της εκπαίδευσης (με βάση το μοντέλο των Binkley et al., 2012):

*Πίνακας 4: Οι δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα (Πηγή: Binkley et al., 2012)*

| Οι δεξιότητες του 21 <sup>ου</sup> αιώνα |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Καινοτομία και δημιουργικότητα           | Πολιότητα (citizenship)              |
| Κριτική σκέψη                            | Προσωπική και κοινωνική υπευθυνότητα |
| Μετάγνωση (μαθαίνω πως να μαθαίνω)       | Συνεργασία                           |
| Επικοινωνία                              | Τεχνολογικός εγγραμματισμός          |
| Επίλυση προβλημάτων                      | Λήψη Αποφάσεων                       |

Οι δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα για να πραγματοποιηθούν απαιτούν σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης που εδράζονται σε καινοτόμες παιδαγωγικές προσεγγίσεις (π.χ. συνεργατική, διερευνητική μάθηση, επίλυση προβλημάτων) και προωθούν:

- τη συνοικοδόμηση της γνώσης μέσω της γόνιμης συνεργασίας, επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης
- την εκπόνηση σύνθετων δραστηριοτήτων, που ωθούν τον εκπαιδευόμενο να διερευνά πραγματικά προβλήματα, να εγείρει ερωτήματα, να πειραματίζεται, να συλλέγει, να αναλύει και να αξιολογεί διάφορα δεδομένα και πηγές, να διατυπώνει υποθέσεις, να σκέφτεται και να δρα με επιστημονικό τρόπο, κ.λπ.,
- την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης
- την καλλιέργεια της μετάγνωσης
- τη διαθεματική, τη διεπιστημονική και τη βιωματική προσέγγιση της γνώσης,
- την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών, που αποτελούν ένα δυναμικό μέσο εμπλουτισμού της μαθησιακής διαδικασίας,

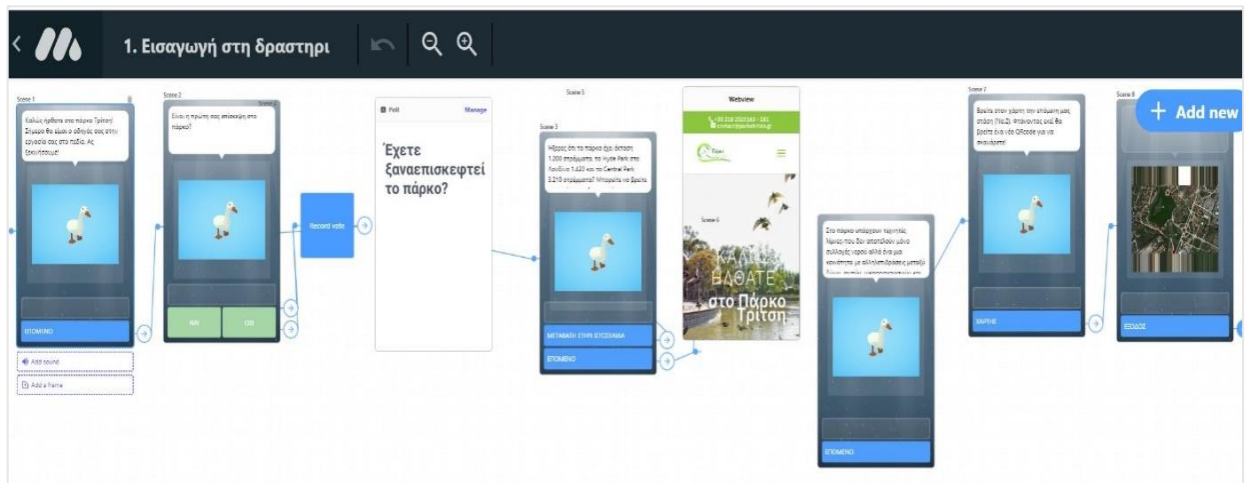
### 6.1.2 Η πλατφόρμα Metaverse

Η πλατφόρμα Metaverse (<https://studio.gometa.io/discover/me>) χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία της εφαρμογής AR. Πρόκειται για μια ανοικτή πλατφόρμα δημιουργίας



εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, όπου το περιβάλλον χρήστη είναι εξαιρετικά φιλικό και στηρίζεται στη δημιουργία αντικειμένων και τη διασύνδεσή τους. Οι εφαρμογές διαμοιράζονται μέσω συνδέσμων ή γραμμωτού κώδικα (QR) και μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε ιστοσελίδες ή ιστολόγια. Οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή της συγκεκριμένης πλατφόρμας για την δημιουργία της εφαρμογής είναι οι εξής:

- Απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς και μαθητές
- Φιλική προς τον χρήστη
- Web-based πλατφόρμα
- Διατίθεται δωρεάν
- Δεν απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού ή γραφή κώδικα
- Διαθέτει πλούσιο υλικό με video tutorials με οδηγίες για την χρήσης της και τις δυνατότητες που προσφέρει στο σχεδιασμό
- Η εφαρμογή για τις φορητές συσκευές (κινητά, tablets) υποστηρίζεται από λειτουργικά συστήματα android, iOS και διατίθεται δωρεάν στα Google Play και Apple Store αντίστοιχα.



Εικόνα 7 Περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογής AR στην πλατφόρμα metaverse

Μέσα από την πλατφόρμα και την αντίστοιχη εφαρμογή στο κινητό, είναι δυνατή η δημιουργία, ο διαμοιρασμός και η αλληλεπίδραση των χρηστών με AR. Η δημιουργία μιας «εμπειρίας» περιλαμβάνει την δημιουργία σκηνών (scenes), χαρακτήρων (characters), εντολών (commands), δίνοντας την δυνατότητα εισαγωγής οδηγιών, τρισδιάστατων μοντέλων, βίντεο, quiz και άλλων στοιχείων. Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού μιας ολόκληρης δραστηριότητας ή διάφορων μερών της, παράγονται μοναδικοί κώδικες γρήγορης απόκρισης (QR codes). Για την ενεργοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου που δημιουργείται απαιτείται κινητό τηλέφωνο και η εφαρμογή Metaverse. Στα πλαίσια των δοκιμών και της γνωριμίας με την πλατφόρμα υπάρχουν κάποια παραδείγματα στο **παράρτημα I** με κάποιες από τις δυνατότητες που δίνονται για τον σχεδιασμό μιας διαδραστικής δραστηριότητας (Παραδείγματα 1 έως 5). Ο σχεδιασμός της δράσης που προτείνουμε αξιοποιεί βασίζεται στην αναγνώριση δεικτών (marker-based) λόγω της ευελιξίας και της μεγαλύτερης σταθερότητας που προσφέρουν έναντι της αναγνώρισης της τοποθεσίας (location-based) που συνδέεται συχνότερα με τεχνικά προβλήματα και θέματα απόκρισης των εφαρμογών. Συνεπώς το ψηφιακό περιεχόμενο ενεργοποιείται μέσα από το σκανάρισμα κωδικών γρήγορης απόκρισης (QR codes), οι οποίοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία με βάση το σενάριο της δραστηριότητας καθώς και της περιοχής στην οποία αυτή λαμβάνει χώρα.

### **6.1.3 Υποστηρικτικό υλικό: Από τα φύλλα εργασίας σε μια εφαρμογή AR**

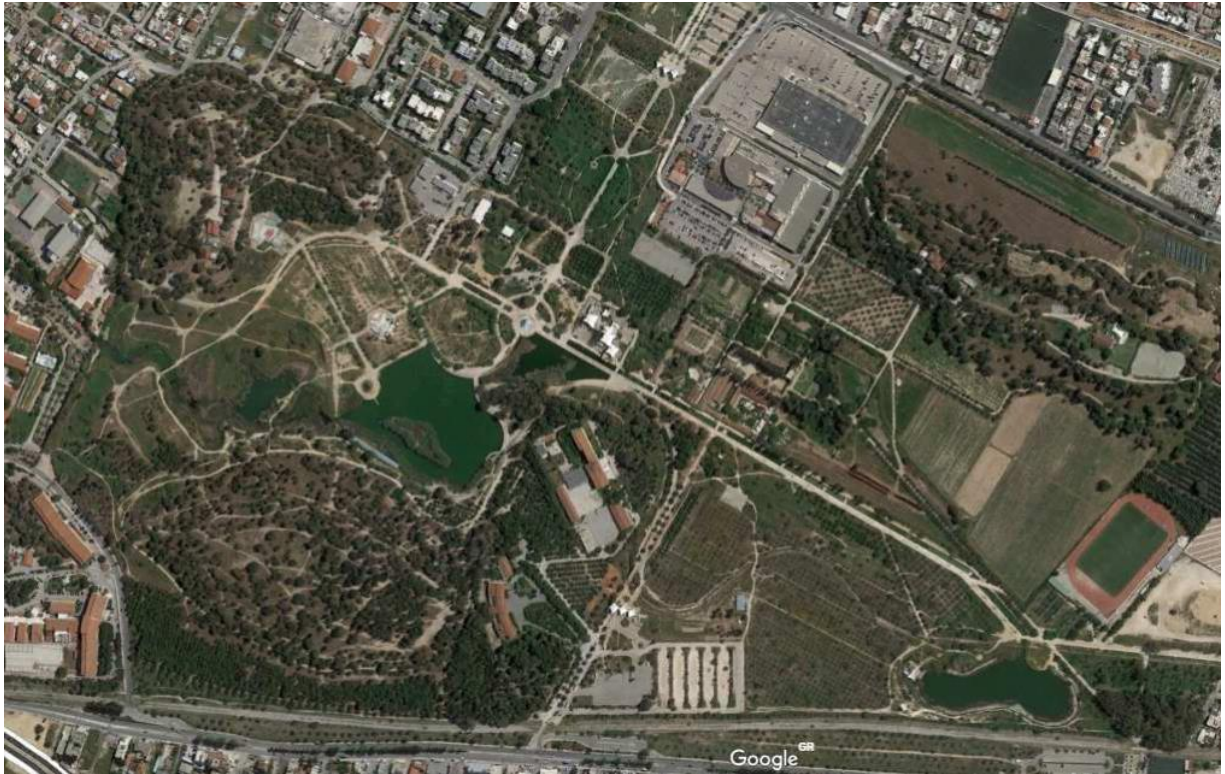
Στόχος του σχεδιασμού μας είναι η ανάδειξη μερικών δυνατοτήτων που προσφέρονται από ανοικτά εργαλεία σχεδιασμού εφαρμογών AR, όπως η πλατφόρμα metaverse, για την υποστήριξη των μαθητών κατά την διάρκεια της εργασίας τους στο πεδίο. Συνήθως το κύριο εργαλείο των μαθητών σε ένα τέτοιο πλαίσιο είναι τα φύλλα εργασίας. Μέσα από αυτά παρέχονται οδηγίες και χρησιμοποιούνται ως μέσο καταγραφής παρατηρήσεων και συλλογής δεδομένων βοηθώντας τους μαθητές να παραμείνουν συγκεντρωμένοι στην εργασία τους και αργότερα να συνθέσουν τα τελικά αποτελέσματα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η προτεινόμενη εφαρμογή έχει στόχο να διευκολύνει τους μαθητές κατά την εργασίας τους. Ο σχεδιασμός αξιοποιεί δυνατότητες και στοιχεία που προσφέρονται μέσα από την πλατφόρμα metaverse με σκοπό να διαμορφώσει και να προτείνει ένα νέο μέσο υποστήριξης έναντι του συμβατικού με τα φύλλα εργασίας. Σε αυτή την κατεύθυνση, οι δυνατότητες που αναδεικνύονται μέσα από την εφαρμογή AR είναι οι ακόλουθες:

- παροχή οδηγιών για την δράση μέσα από ένα εικονικό χαρακτήρα
- καταγραφή παρατηρήσεων με δυνατότητα εισαγωγής και αποθήκευσης κειμένου
- λήψη φωτογραφιών-βίντεο
- δημιουργία συλλογών-διαμοιρασμός σε «πίνακα»
- απάντηση σε ερωτήσεις-δυνατότητα προβολής στατιστικών (rolls)
- υποστήριξη πολλαπλών αναπαραστάσεων (εικόνες, βίντεο, μετάβαση σε ιστοσελίδα, γραφήματα)

#### **6.1.4 Η επιλογή της τοποθεσίας**

Το Μητροπολιτικό Πάρκο Περιβαλλοντικών και Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων και Ανάπτυξης Κοινωνικής Οικονομίας «Αντώνης Τρίτης» χωροθετείται στη δυτική Αθήνα, εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Ιλίου. Είναι το μεγαλύτερο πάρκο του Λεκανοπεδίου, συνολικής έκτασης περίπου 1.200 στρεμμάτων, κίνηση του ξεκινάει από βόρεια προς νότια, ανάμεσα στους δύο λόφους, με τις έξι τεχνητές λίμνες. Οι διαδικασίες ανάπτυξης και διαμόρφωσης του Πάρκου ξεκίνησαν με μελέτη που υποβλήθηκε το 1992, δημιουργώντας κατά κύριο λόγο τις λίμνες, όπου κάθε λίμνη βρίσκεται μία κλίμακα χαμηλότερα από την επόμενη, έτσι ώστε να διοχετεύεται νερό από την μία στην άλλη, καθώς και το τεχνητό κανάλι που τις συνδέει.



*Εικόνα 8 Πανοραμική άποψη πάρκου Αντώνης Τρίτσης (Πηγή: Google Maps)*

Η λίμνη Ναϊιάδα είναι η κεντρική λίμνη, με βάθος περίπου 3 μέτρα και έχει ένα μικρό νησί. Το νησάκι κατακλύζεται από κοινά καλάμια, τα οποία δεν εκμεταλλεύονται τα πουλιά, αλλά βρίσκουν καταφύγιο οι πάπιες και οι χήνες, λόγω βλάστησης. Τα καλάμια περιορίζονται μόνο στην όχθη της, λόγω βάθους. Η λίμνη Ασωπιάδα κατακλύζεται από ψαθιά, όπου κρύβονται και φωλιάζουν τα πουλιά και οι χελώνες. Η λίμνη Κηφισίδα είναι ωραίο καταφύγιο για τα πουλιά, αλλά έχει κατακλυστεί από τα καλάμια και δεν προκαλεί πλέον κανένα ενδιαφέρον για τους επισκέπτες. Η λίμνη Κωρυκεία, αποτελεί την ιδανική λίμνη, διότι έχει και αρκετό βάθος και σημεία με ρηχά νερά και καλάμιες για τα πουλιά. Το τεχνητό κανάλι ξεκινάει από τη λίμνη Ασωπιάδα και καταλήγει στη λίμνη Αχελωίδα, έχοντας αρκετούς αναβαθμούς, για να μην διακόπτεται η φυσιολογική ροή του νερού. Η λίμνη Αχελωίδα είναι η νοτιότερη λίμνη, στο τέλος του καναλιού, όπου γίνεται υπερχειλίση και το νερό μέσω του αντλιοστασίου επιστρέφει πίσω (λόγω ανακύκλωσης). Είναι η πιο βαθιά λίμνη με μέσο βάθος τα 3,5 μέτρα και στο κέντρο το βάθος της φθάνει τα 4 μέτρα. Σε αυτή τη λίμνη έγινε στεγανοποίηση, τοποθετήθηκε σκληρό ρητ στον πυθμένα και

τοποθετήθηκαν πέτρες στις όχθες, με αποτέλεσμα να έχει περιοριστεί η ανάπτυξη καλαμιών. Η λίμνη αυτή είναι πολύ κοντά στο δρόμο, παρόλα αυτά έρχονται και σε αυτή πολλά είδη πουλιών, διότι έχουν συνηθίσει τον θόρυβο και έχουν εξοικειωθεί με το αστικό τοπίο.

Οι τεχνητές αυτές λίμνες δημιουργήθηκαν σε θέσεις όπου υπήρχαν περιοδικοί νερόλακκοι και με τον καιρό άρχισαν να αναπτύσσονται υδροχαρή φυτά, αλλά και να γίνονται μόνιμη κατοικία για αμφίβια και πουλιά. Χαρακτηριστικό της κατασκευής τους είναι ότι οι λίμνες επικοινωνούν μεταξύ τους, η μία είναι συνέχεια της άλλης, ώστε να υπάρχει ροή του νερού. Ξεκινούν από τη βόρεια πλευρά του Πάρκου, ανάμεσα στους δύο βορινούς λόφους, για να καταλήξουν, μέσω του καναλιού, στη νότια πλευρά του Πάρκου, με τη λίμνη Αχελωίδα. Η Αχελωίδα, η οποία βρίσκεται σε απόσταση από τις υπόλοιπες, σχεδιάστηκε ώστε να καταλήγουν σε αυτή τα όμβρια και να συλλέγει οτιδήποτε άλλο μεταφέρει το νερό και με το σύστημα ανακύκλωσης και με το αντλιοστάσιο μεταφοράς νερού, αυτό να μεταφέρεται ξανά από την κατάντη λίμνη στις ανάντη. Σήμερα, το επίπεδο παροχής δεν είναι ικανοποιητικό, με αποτέλεσμα το νερό να μην ακολουθεί τη φυσιολογική ροή για την οποία είχε αρχικά σχεδιαστεί.

Η λίμνη δεν είναι μόνο μια συλλογή νερού, αλλά ένα οικοσύστημα, μια κοινότητα με αλληλεπιδράσεις μεταξύ ζώων, φυτών, μικροοργανισμών και του φυσικού και χημικού περιβάλλοντος στο οποίο ζουν. Στις τεχνητές λίμνες, όπως αυτές του Πάρκου, επειδή τα νερά είναι ρηχά, το φως μπορεί να διεισδύσει μέχρι τον πυθμένα της, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται υδρόβια φυτά. Τα φυτά αυτά μπορεί να είναι υπερυδατικά (περιοδικά βρίσκονται μέσα στο νερό, αλλά μπορούν να επιβιώσουν και εκτός νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα - καλάμια και ψαθιά), εφυδατικά (μακρόφυτα με επιπλέοντα φύλλα και άνθη, όπως νούφαρα, λέμνες) και υφυδατικά (μακρόφυτα με βυθισμένα φύλλα, όπως μυριόφυλλα και ποταμογείτονες, που βρίσκονται έξω από το νερό, μέσα στο νερό ή στην επιφάνεια του νερού ή ακόμη είναι βυθισμένα εξ ολοκλήρου στο νερό), τα οποία είναι σχεδόν ανύπαρκτα σε αυτές τις λίμνες. Οι λίμνες έγιναν χώρος διαμονής αμφίβιων και άλλων ειδών.

Παρά το γεγονός ότι αποτελεί ένα τεράστιο πνεύμονας πρασίνου, μεγάλης οικολογικής αξίας, με μία αξιοπρόσεχτη και πολύτιμη χλωρίδα και πανίδα μέσα στον οικιστικό ιστό, τα τελευταία χρόνια πολλά άρθρα και ρεπορτάζ έχουν κάνει αναφορά στην εικόνα εγκατάλειψης που παρουσιάζει. Με αισθητά τα σημάδια της υποβάθμισης, το καλοκαίρι του 2019 έγιναν καταγγελίες πολιτών για νεκρά ψάρια και άλλα υδρόβια είδη στην τεχνητή λίμνη, στάσιμα νερά και σημαντική υποχώρηση της στάθμης των υδάτων. Φαινόμενα όπως το συγκεκριμένο είναι αναμενόμενα σε οικοσυστήματα, όπως η τεχνητή λίμνη του Πάρκου, καθώς ευνοούνται από τη ρηχότητα της λίμνης και τη μικρή ποσότητα του νερού που συγκρατεί, το ψηλό οργανικό φορτίο που εισρέει εντός και τις παρατεταμένα ψηλές θερμοκρασίες, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η ρύπανση του υδάτινου οικοσυστήματος, η χαμηλή συγκέντρωση του διαθέσιμου οξυγόνου και άλλων στοιχείων, η αισθητή μείωση της στάθμης της λίμνης, η διακοπή υδροδότησης και ανανέωσης των υδάτων σε συνδυασμό με την διαχείριση του πάρκου είναι μερικές από τις πλευρές του προβλήματος.



*Εικόνα 9 Νεκρά ψάρια-Πάρκο Τρίσιση 2019 (Πηγή:CNN Greece)*

Συνεπώς, στον σχεδιασμό της δράσης επιλέχθηκε το πάρκο ως «πεδίο», το οποίο προσφέρει ένα αυθεντικό πλαίσιο μάθησης και ευκαιρίες για την σύνδεση της σχολικής γνώσης με την καθημερινή ζωή των μαθητών.

### **6.1.5 Βασικές έννοιες**

Ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση των εννοιών που προσεγγίζονται μέσα από την δράση στο πεδίο. Το **οικοσύστημα** είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους βιοτικούς παράγοντες μιας περιοχής, δηλαδή το σύνολο των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν, τους αβιοτικούς παράγοντες της περιοχής, καθώς και το σύνολο των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

Η **λίμνη** είναι ένα καλό παράδειγμα για να δομήσουν οι μαθητές ένα οικοσύστημα γιατί έχει αναγνωρίσιμα όρια και δείχνει πολύ καλά τις σχέσεις μεταξύ αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων.

Οι **αβιοτικοί παράγοντες** αφορούν την επιβίωση, ανάπτυξη και εξέλιξη των οικοσυστημάτων. Οι κυριότεροι είναι το νερό, το φως, η θερμοκρασία, η φύση του εδάφους ή των ιζημάτων του πυθμένα, το οξυγόνο και άλλα αέρια, το pH, τα θρεπτικά συστατικά, τα ιχνοστοιχεία. Στη συγκεκριμένη εργασία οι μαθητές εισάγονται στην σημασία του διαλυμένου οξυγόνου και της θερμοκρασίας για την επιβίωση των ψαριών της λίμνης.

Το **διαλυμένο οξυγόνο** είναι απαραίτητο στοιχείο όλων των αερόβιων υδρόβιων οργανισμών και συνεπώς είναι η βασικότερη παράμετρος των λιμνών. Η διαλυτότητα του στο νερό εξαρτάται και από τη **θερμοκρασία**, όπου με αύξηση της θερμοκρασίας νερού έχει ως αποτέλεσμα μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό. Υψηλότερες θερμοκρασίες, ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες, έχουν ως συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου σε σχέση με το χειμώνα. Το οξυγόνο σε μία λίμνη προέρχεται από τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών και από την ατμόσφαιρα μέσω αναμίξεως και αναδεύσεως εξαιτίας των ρευμάτων ή της υδροδότησης. Οι κυριότερες αιτίες απώλειας οξυγόνου είναι η αναπνοή των φυτικών και ζωικών οργανισμών της λίμνης και η αερόβια αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ουσίας. Η ταυτόχρονη δράση των πηγών εμπλουτισμού και απώλειας καθορίζει το διαλυμένο οξυγόνο σε μία λίμνη και κατ' επέκταση το βαθμό κορεσμού της σε οξυγόνο. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την περιεκτικότητα μίας λίμνης σε οξυγόνο είναι η τροφική της κατάσταση. Επίσης, μείωση του διαλυμένου οξυγόνου παρατηρείται και ανάλογα το βάθος. Αυτό το φαινόμενο υπάρχει περισσότερο σε ευτροφικές λίμνες όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα νεκρής οργανικής ουσίας στον πυθμένα τους και έτσι δεσμεύεται οξυγόνο για την οξείδωση της.



## 6.2 Παρουσίαση εφαρμογής

Θέμα: «Εξερευνώντας μια λίμνη στην πόλη»

Μέσα/Υλικά που χρησιμοποιούνται: φορητές συσκευές (κινητά, tablet), εφαρμογή metaverse, QR codes δράσης (Παράρτημα II)

Ομάδα: Μαθητές Β' Γυμνασίου

Δυνατές συνδέσεις με διδακτέα ύλη ΑΠΣ:

- Χημεία Β' Γυμνασίου: 2.2 Το νερό ως διαλύτης/Διαλύματα, 2.4 Ρύπανση του νερού,
- Βιολογία Β'/Γ' Γυμνασίου: 2.1 Ισορροπία στα βιολογικά συστήματα, 2.4 Οι παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον

Στόχοι: Οι μαθητές/τριες αναμένεται

- Να γνωρίσουν το Πάρκο Τρίτση και το οικοσύστημα των λιμνών
- Να διακρίνουν τους αβιοτικούς και τους βιοτικούς παράγοντες ενός οικοσυστήματος
- Να αναγνωρίζουν την σημασία του διαλυμένου οξυγόνου για το οικοσύστημα
- Να εξοικειωθούν με την παιδαγωγική μέθοδο της μελέτης πεδίου και τη διεξαγωγή παρατηρήσεων του άμεσου περιβάλλοντός τους
- Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα που αφορούν την προστασία των λιμνών του πάρκου

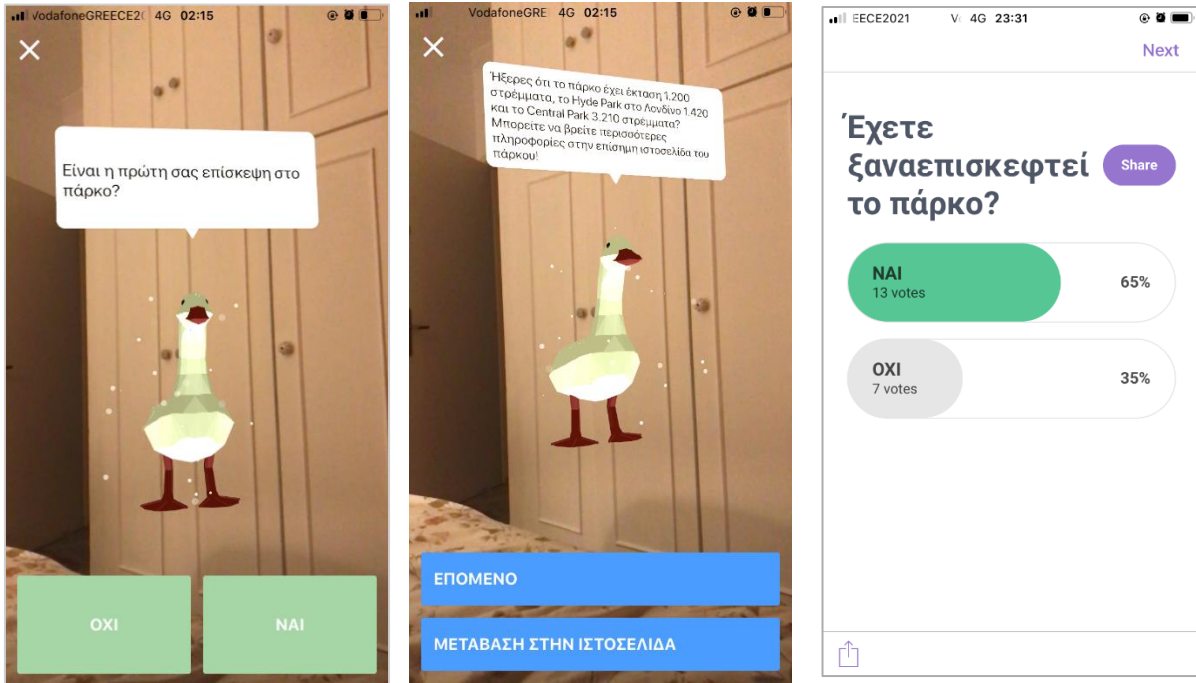
Η δράση «Εξερευνώντας μια λίμνη στην πόλη» διεξάγεται στο Μητροπολιτικό Πάρκο Τρίτση, γύρω από την περιοχή των δύο κεντρικών λιμνών και του καναλιού. Οι οδηγίες και το υποστηρικτικό υλικό στη δράση παρέχονται από την εφαρμογή metaverse. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες και με την χρήση φορητών συσκευών, αλληλεπιδρούν με ψηφιακό περιεχόμενο που «εμπλουτίζει» την εμπειρία τους στο πεδίο. Το ψηφιακό περιεχόμενο ενεργοποιείται μέσα από το σκανάρισμα QR codes

τα οποία έχουν τοποθετηθεί σε επιλεγμένα σημεία γύρω από τις λίμνες, προσφέροντας ένα περιβάλλον μάθησης που αξιοποιεί την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας και το αυθεντικό πλαίσιο με την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας. Μέσα από μια διαδραστική περιήγηση, ένας εικονικός χαρακτήρας παρέχει πληροφορίες και οδηγίες στους μαθητές, οι οποίοι κινούνται γύρω από την περιοχή των λιμνών και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους για διάφορα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος και της κατάστασής του. Εισάγονται στους αβιοτικούς παράγοντες και τη σημασία του διαλυμένου οξυγόνου για τους υδρόβιους οργανισμούς της λίμνης. Μέσα από την χρήση ενός πραγματικού γεγονότος (θάνατος ψαριών λίμνης, εικόνες από δημοσιεύματα του 2019 για την υποβάθμιση του πάρκου και των λιμνών) ενημερώνονται για τις επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που οδηγούν στην υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Παρακάτω η σχηματική πορεία της εφαρμογής και της ροής του περιεχομένου στην εργασία των μαθητών μαζί με μερικά στιγμιότυπα από τις οθόνες του χρήστη. Σημειώνεται ότι τα QR codes βρίσκονται στο **Παράρτημα II**, μαζί με οδηγίες για το κατέβασμα της εφαρμογής metaverse ώστε να είναι εφικτή ενεργοποίηση του περιεχομένου.



#### **1<sup>η</sup> στάση: Εισαγωγή στη δραστηριότητα**

- Εισαγωγή εικονικού οδηγού
- Γνωριμία με το πάρκο-ιστοσελίδα
- Poll: Είναι η πρώτη επίσκεψη στο πάρκο;
- Χάρτης για επόμενη στάση



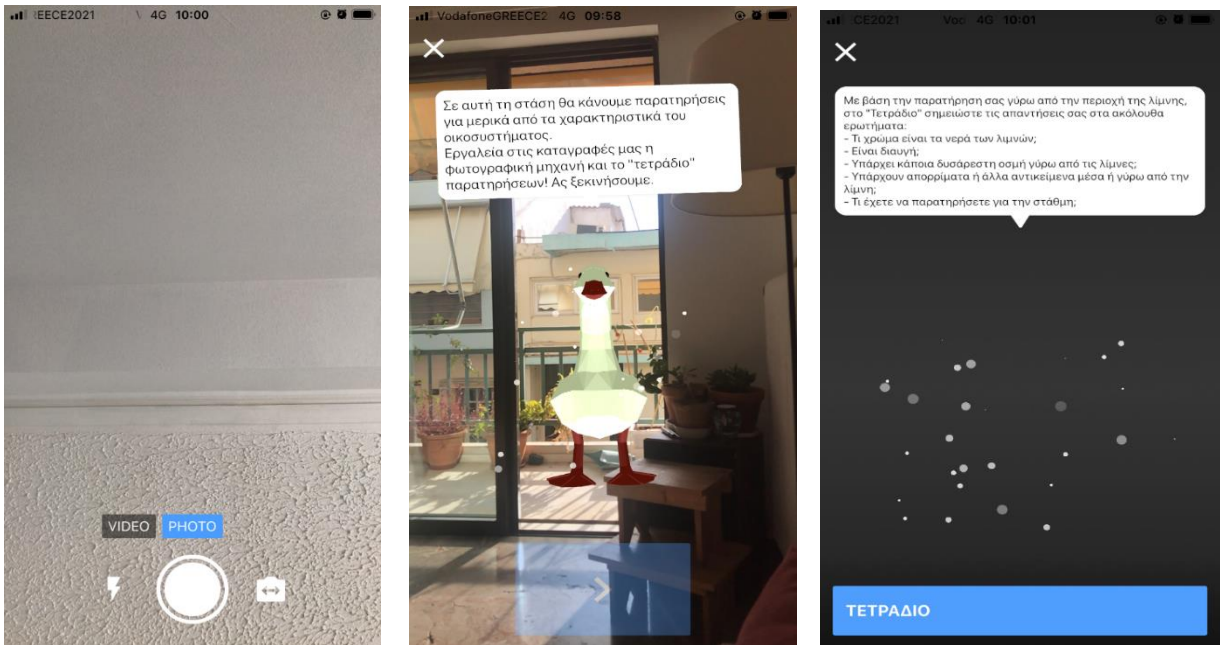
Εικόνα 10 Στιγμιότυπα από οθόνη χρήστη (QR code 1)



## 2<sup>η</sup> στάση Επιτόπιες παρατηρήσεις-Εισαγωγή στο οικοσύστημα

- Πληροφορίες
- Επιτόπιες παρατηρήσεις για κατάσταση οικοσυστήματος
- Λήψη φωτογραφιών
- Τετράδιο παρατηρήσεων

*π.χ Τι χρώμα έχουν τα νερά; Είναι διαυγή; Υπάρχει βλάστηση στη λίμνη; Παρατηρείται κάποιο είδος κ.α*

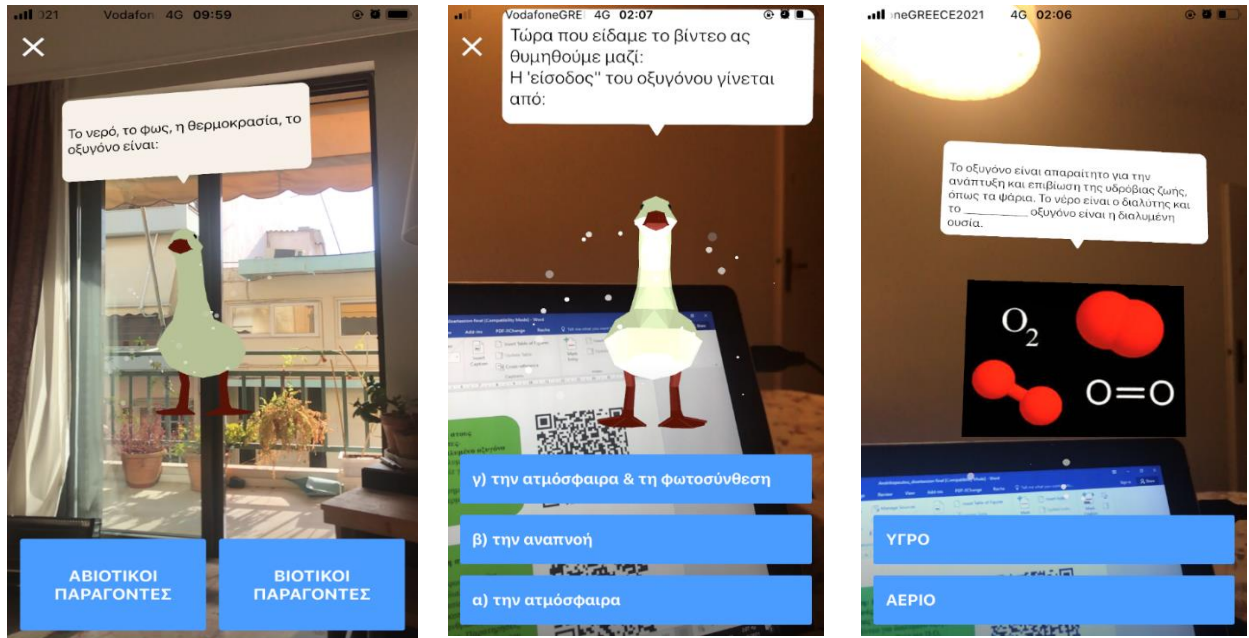


Εικόνα 11 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήση (QR code 2)



### 3<sup>η</sup> στάση: Εισαγωγή στους αβιοτικούς παράγοντες- Η σημασία του διαλυμένου οξυγόνου για το οικοσύστημα της λίμνης

- Βίντεο για διαλυμένο οξυγόνο
- Ερωτήσεις Quiz για D.O, θερμοκρασία
- Στοιχεία: γράφημα με διακύμανση θερμοκρασίας και βάθος λιμνών

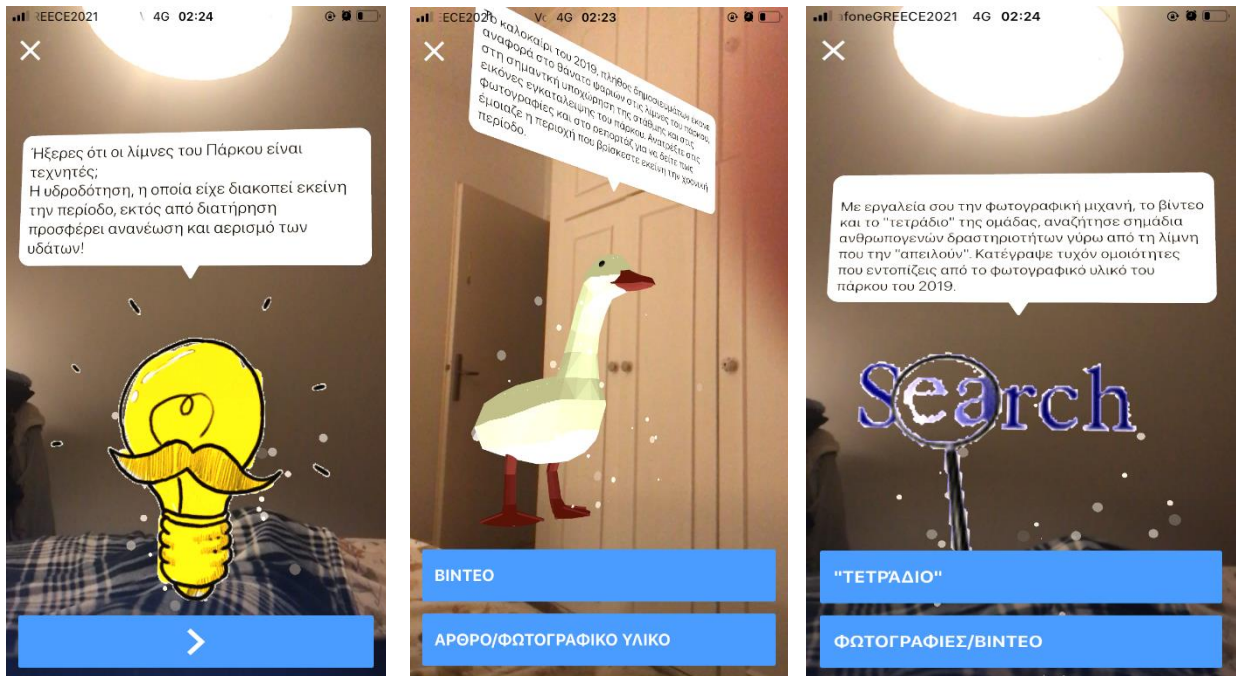


Εικόνα 12 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήστη (QR code 3)



#### 4<sup>η</sup> στάση: Τι συνέβη στα ψάρια της λίμνης το 2019

- Δημοσίευμα-φωτογραφίες
- Γράφημα με διαλυμένο οξυγόνο και θερμοκρασία
- Στοιχείο: διακοπή υδροδότησης
- Σύνδεση με ανθρωπογενείς δραστηριότητες- Παρατηρήσεις: παρατηρείτε δραστηριότητες που θα μπορούσαν να υποβαθμίσουν το οικοσύστημα; κ.α



Εικόνα 13 Στιγμιότυπα από περιβάλλον χρήση (QR code 4)

Λόγω των περιοριστικών μέτρων του COVID19, η υλοποίηση της εφαρμογής σε ομάδα μαθητών στο πεδίο δεν ήταν εφικτή. Στο πλαίσιο μελλοντικής έρευνας, η υλοποίηση προβλέπει τη δράση να οργανώνεται σε τρία στάδια τα οποία παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν: προετοιμασία-πριν από την επίσκεψη, κατά τη διάρκεια της δράσης και μετά την ολοκλήρωσή της.

### 6.2.1 Προετοιμασία: Πριν την επίσκεψη στο πεδίο

Ο βαθμός προετοιμασίας των μαθητών/τριων για την εργασία τους στο πεδίο είναι πολύ σημαντικός για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί. Η ομάδα των μαθητών/τριών θα πρέπει να είναι ενήμερη για το πεδίο που πρόκειται να επισκεφτεί καθώς και για τον γενικό σκοπό και τους στόχους της εργασίας της σε αυτό. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί ένα πρότυπο συμπεριφοράς, το οποίο περιλαμβάνει κανόνες που ενθαρρύνουν τον αμοιβαίο σεβασμό ανάμεσα στους μαθητές αλλά και το σεβασμό του περιβάλλοντος στο οποίο πρόκειται να διεξαχθεί η δραστηριότητα.

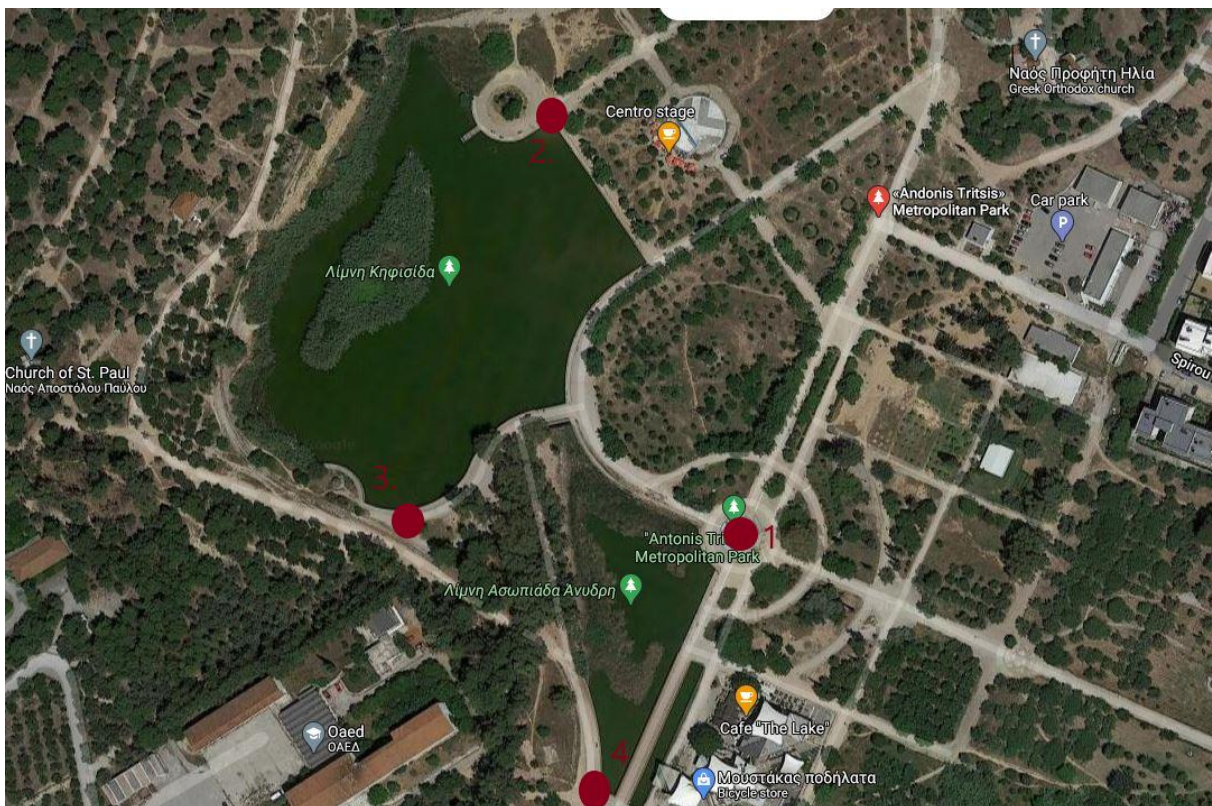
Στο πλαίσιο της προετοιμασίας, σημαντικό κομμάτι αποτελεί η εισαγωγή των μαθητών στις βασικές έννοιες που περιέχονται στην δράση καθώς και στον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να εργαστούν με την χρήση των φορητών συσκευών (κινητό, tablet). Πιο συγκεκριμένα, πριν από την επίσκεψη στο πεδίο, είναι απαραίτητη η εισαγωγή τους στην εφαρμογή metaverse. Θα πρέπει να δοθούν οδηγίες για την εγκατάσταση της εφαρμογής στις φορητές συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν στο πεδίο. Ακόμα θα πρέπει να παρουσιαστεί η χρήση της εφαρμογής μέσα από παραδείγματα στην τάξη και το σκανάρισμα των QR codes με σκοπό την διασφάλιση της ομαλής ροής της εργασίας στο πεδίο και την εξοικείωσή τους μέσα από την αλληλεπίδραση με διάφορες μορφές ψηφιακού περιεχομένου. Σε περίπτωση υλοποίησης της προτεινόμενης δράσης, το στάδιο της προετοιμασίας περιλαμβάνει:

- την εξασφάλιση της άδειας από τον διευθυντή/τρια
- την εκ των προτέρων επίσκεψη των εκπαιδευτικών στο πεδίο μελέτης για την εξοικείωσή τους με τον χώρο, την εκτίμηση της επικινδυνότητας για την λήψη κατάλληλων μέτρων ασφαλείας
- την οργάνωση της επίσκεψης (μεταφορά, κα)
- εκτύπωση και πλαστικοποίηση των QR codes και τοποθέτηση στα καθορισμένα σημεία στο πεδίο

### **6.2.2 Κατά τη διάρκεια της δράσης**

Με την άφιξη στο πάρκο, ο εκπαιδευτικός/ερμηνευτής συγκεντρώνει τους μαθητές στο σημείο εκκίνησης της δράσης. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες (2-3 άτομα) όπου υπάρχει τουλάχιστον μια φορητή συσκευή ανά ομάδα. Σε περίπτωση που υπάρχει μόνο μια συσκευή διαθέσιμη, η ομάδα ορίζει ποιο μέλος θα είναι υπεύθυνο για το χειρισμό και την πλοήγηση στο περιεχόμενο της εφαρμογής. Συνολικά υπάρχουν τέσσερα σημεία ενδιαφέροντος (hotspots) γύρω από την περιοχή των λιμνών και του καναλιού όπου έχουν τοποθετηθεί τα QR codes. Οι μαθητές, με τη βοήθεια της εικόνας ενός χάρτη, μεταβαίνουν από το ένα σημείο στο επόμενο. Ο ορισμός των σημείων έγινε βάση της θέσης των μαθητών για να συνάδει με το περιεχόμενο που

παρέχεται από κάθε QR code, ενισχύοντας τις επιτόπιες παρατηρήσεις και τη σύνδεση της πληροφορίας με το περιβάλλον. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, ο «οδηγός» της περιήγησης είναι ένας εικονικός χαρακτήρας, που παρέχει πληροφορίες και οδηγίες σε όλη τη διάρκεια της δράσης. Ο εκπαιδευτικός/συντονιστής κινείται παράλληλα με τις ομάδες και παρατηρεί τον τρόπο εργασίας, δίνει διευκρινήσεις και βοηθάει στην αντιμετώπιση τυχόν δυσκολιών. Ακολουθεί ένας ενδεικτικός χάρτης της περιοχής με τα σημεία τοποθέτησης των QR codes.



Εικόνα 14 Ενδεικτική τοποθέτηση QR codes στο πεδίο

### 6.2.3 Μετά τη δράση

Μέσα από τη χρήση της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε στο πεδίο, δίνεται στον εκπαιδευτικό/ερμηνευτή η δυνατότητα να συνθέσει τις φωτογραφίες και τις παρατηρήσεις από κάθε ομάδα. Η μαθησιακή εμπειρία των μαθητών θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και να αποτελέσει γέφυρα για την διδασκαλία της ενότητας 2.4 Η



*ρύπανση των υδάτων, της Χημείας Β' Γυμνασίου.* Με αφετηρία την παρουσίαση της συλλογής των παρατηρήσεων και των φωτογραφιών των μαθητών, ο εκπαιδευτικός ξεκινάει με ερμηνεία του περιστατικού με τον θάνατο των ψαριών και συζητάει με τους μαθητές για τα ευρήματά τους σχετικά με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες γύρω από την λίμνη που θα μπορούσαν να συνδεθούν με τη ρύπανση στο νερό των λιμνών. Γίνεται η εισαγωγή του όρου «ρύπανση» και ακολουθεί η παρουσίαση των πηγών ρύπανσης των υδάτων και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που συνδέονται με αυτές.

### **6.3 Εναλλακτική προσέγγιση υλοποίησης**

Λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα και τους περιορισμούς που θέτει ο COVID 19, υπάρχει δυνατότητα η εφαρμογή AR να προσαρμοστεί κατάλληλα με σκοπό να αξιοποιηθεί σε μεμονωμένες επισκέψεις των μαθητών με τις οικογένειες τους στο Πάρκο Τρίτση. Η εισαγωγή στην δραστηριότητα και οι οδηγίες για τον τρόπο εργασίας στο πεδίο μπορούν να δοθούν από τον εκπαιδευτικό πριν από την επίσκεψη των μαθητών στο πεδίο. Στη συνέχεια κάθε μαθητής μπορεί να μεταβεί στον ανοικτό χώρο του Πάρκου και σε συνεργασία με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας του να ολοκληρώσει την δραστηριότητα συλλέγοντας παρατηρήσεις. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να οργανώσει μια διδακτική ώρα με σκοπό να γίνει συζήτηση για την εμπειρία των μαθητών και παρουσίαση των ευρημάτων τους από την επίσκεψή τους. Η πρόσβαση του εκπαιδευτικού στις συλλογές της εφαρμογής (walls) μέσα από την πλατφόρμα καθιστά εύκολη την σύνθεση και τον διαμοιρασμό των ευρημάτων των μαθητών, με σκοπό την αξιοποίησή τους σε κάποια επόμενη διδασκαλία του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 7.1 Συμπεράσματα

Η εύκολη πρόσβαση στις πολλαπλές δυνατότητες που προσφέρονται από τις σύγχρονες φορητές συσκευές (ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο, αναγνώριση τοποθεσίας κ.α) κάνουν τεχνικά εφικτό να αναπτυχθούν καινοτόμες AR εφαρμογές και να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τόμεις, όπως στην εκπαίδευση. Η εξέλιξη των εργαλείων σχεδιασμού εφαρμογών AR και τα ερευνητικά ευρήματα για τα οφέλη που μπορεί να επιφέρει η νέα τεχνολογία στην εκπαιδευτική διαδικασία καθιστούν την ανάπτυξη, υλοποίηση και αξιολόγηση AR εφαρμογών μια σημαντική πρόκληση. Υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που στηρίζονται στη χρήση AR, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πλατφόρμες ανάπτυξης τέτοιων εφαρμογών που μπορούν να αξιοποιηθούν από μαθητές και εκπαιδευτικούς. Με τη χρήση τους, δυναμικά ενθαρρύνεται η βιωματική και συνεργατική μάθηση, ενώ επιπλέον πλεονεκτήματα αποτελούν η απτή παρουσίαση της πληροφορίας και το γεγονός ότι οι μαθητές βλέπουν με «ζωντανό» τρόπο πράγματα που θα ήταν αδύνατον να παρακολουθήσουν, λόγω διάφορων περιορισμών, ενθαρρύνοντας τη θετική στάση τους απέναντι στο αντικείμενο μάθησης.

Η αξιοποίηση εφαρμογών AR στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ έχει την δυναμική να μετασχηματίσει ριζικά δραστηριότητες όπως: εκπαιδευτικές εκδρομές (field trips), μελέτη στο πεδίο (field study), εκπαιδευτικά παιχνίδια με ψυχαγωγικό χαρακτήρα (quests, adventure games, serious games), διαδραστικές αφηγήσεις εκτός σχολικής τάξης (outdoor interactive storytelling), κ.α. Μια μοναδική δυνατότητα που προσφέρεται μέσα από ένα περιβάλλον AR είναι η αξιοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος του χρήστη και η «επαύξηση» του με κατάλληλες πληροφορίες, εικονικά αντικείμενα κ.α. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να παρέχουν γνώση με τρόπο που είναι πιο κοντά και άμεσα συνδεδεμένη με τον κόσμο γύρω μας.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έγινε η προσέγγιση της βιβλιογραφίας και των κύριων ευρημάτων που αφορούν την αξιοποίηση της AR στην υποστήριξη της μάθησης και της διδασκαλίας. Επίσης, παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν παραδείγματα πρωτότυπων εργασιών με αντικείμενο την ανάπτυξη και υλοποίηση εφαρμογών AR σε διάφορα περιβάλλοντα μάθησης για θέματα της ΠΕ/ΕΑΑ, εκτός σχολικής τάξης. Στόχος η ανάδειξη των δυνατών ρόλων και των προκλήσεων που απορρέουν από την χρήση της AR σε συνδυασμο με τις υπάρχουσες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που αξιοποιούνται στην ΠΕ/ΕΑΑ (επίλυση προβλήματος, εργασία σε ομάδες, παρατήρηση στο πεδίο, σχεδιασμός έρευνας κα).

Επιπλέον, τόσο από την βιβλιογραφία όσο και από την προσωπική ενασχόληση με το συγκεκριμένο θέμα, προκύπτει ότι υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στον σχεδιασμό, στην υλοποίηση καθώς και στην αξιολόγηση τέτοιων εφαρμογών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναδεικνύονται νέες ερευνητικές κατευθύνσεις και ζητήματα που χρειάζεται να διερευνηθούν περαιτέρω μελλοντικά. Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται κάποια από αυτά στην επόμενη ενότητα.

Παρά τον όγκο των εργασιών και των καταγεγραμμένων θετικών αποτελεσμάτων, οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η έρευνα για την AR ως εκπαιδευτική τεχνολογία βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο συγκριτικά με άλλες ΤΠΕ. Τονίζεται ότι η ερευνητική κοινότητα πρέπει να συνεργαστεί με τους εκπαιδευτικούς ώστε να σημειωθεί πρόοδος για την διεξαγωγή μελετών που θα μπορέσουν να αποτυπώσουν τα αποτελέσματα σε βάθος και μακροχρόνια. Στην περίπτωση άλλων πιο ώριμων τεχνολογιών στην εκπαίδευση (π.χ. οι πλατφόρμες ασύγχρονης εκπαίδευσης, τα πολυμέσα κ.ά.), η έρευνα χρειάστηκε μια σειρά μελετών και ένα βάθος χρόνου για να οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με την αξιοποίηση τους και το πως θα μπορούσαν να επηρεάσουν θετικά τη μάθηση. Ως εκ τούτου, χρειάζεται η παραγωγή έρευνας για την εξαγωγή περισσότερων στοιχείων για τις εκπαιδευτικές αξίες της AR στην ΠΕ/ΕΑΑ, στο πλαίσιο ελεγχόμενων και ολοκληρωμένων μελετών αξιολόγησης.

Με σκοπό να αναδειχθούν οι μοναδικές εκπαιδευτικές αξίες για τα AR περιβάλλοντα μάθησης στην ΠΕ/ΕΑΑ, θα πρέπει να εντοπιστούν οι θεματικές περιοχές που

προσφέρονται (όπως μελέτη οικοσυστημάτων και των μηχανισμών τους, συμμετοχικές παρατηρήσεις, δράσεις για την κλιματική αλλαγή κ.α) με τρόπο ώστε η διδασκαλία τους να ενισχύεται από την χρήση AR (π.χ. αντιδραστικές έννοιες, τρισδιάστατα μοντέλα, κ.α). Μια πρόκληση στην επιλογή τέτοιων θεμάτων είναι η χρήση των τεχνολογιών AR να συνθήκες που διευκολύνει τη διδασκαλία και να επιλύει προβλήματα όπως δυσκολία πρόσβασης, απουσία εξοπλισμού, ασφαλές περιβάλλον εξάσκησης κ.α.

Τα κυριότερα εμπόδια για την ανάπτυξη τέτοιων καινοτομιών με βάση τις AR εφαρμογές δεν είναι πλέον τεχνολογικά, αλλά μάλλον κοινωνικά και γνωστικά. Αρχικά, δεν υπάρχει επαρκής ενημέρωση για τις υπάρχουσες AR εφαρμογές σε μεγάλο μέρος του πληθυσμού και ειδικότερα στην εκπαιδευτική κοινότητα. Ακόμη, αρκετοί εκείνοι που έχουν στην κατοχή τους φορητές συσκευές, αλλά δεν γνωρίζουν την ύπαρξη των εφαρμογών AR και των δυνατοτήτων τους τόσο στην καθημερινή τους ζωή όσο και στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μεγαλύτερο έλλειμμα υπάρχει στην πλευρά της παραγωγής τέτοιων εφαρμογών, εφόσον μια απλή αναζήτηση αρκεί για να διαπιστώσει ότι οι παραγωγές από ελληνικές ερευνητικές ομάδες είναι ελάχιστες. Η χρήση της AR απαιτεί τεχνογνωσία, χρόνος και υλικοτεχνικό εξοπλισμό (φορητές συσκευές) που δεν είναι διαθέσιμος στις περισσότερες σχολικές μονάδες. Οι εφαρμογές που εξετάσαμε σε αυτή την εργασία έχουν αναπτυχθεί σε χώρες του εξωτερικού, και κυρίως από ερευνητικές ομάδες με τους κατάλληλους πόρους.

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στο να κινητοποιήσει και να προσανατολίσει στη δημιουργία τέτοιων εκπαιδευτικών εφαρμογών, προσαρμοσμένων στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, καθώς και να γίνει αντιληπτή η ανάγκη για διαρκή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών με σκοπό την εισαγωγή τους σε νέες τεχνολογίες και καινοτόμα εργαλεία. Η εκπαιδευτική κοινότητα έχει παρατηρηθεί ότι συνήθως διατηρεί επιφυλακτική στάση απέναντι στη χρήση νέων τεχνολογιών και μεθόδων διδασκαλίας. Απαιτείται προσπάθεια ώστε οι εφαρμογές AR που αναπτύσσονται να είναι απλές τόσο στη χρήση όσο και στην παραμετροποίηση από τον εκπαιδευτικό,

προκειμένου να υποστηρίξουν με τον καλύτερο τρόπο μεγάλη ποικιλία διδακτικών σεναρίων και ενσωμάτωση στόχων στο πλαίσιο της ΠΕ/ΕΑΑ.

Κινούμενοι προς αυτή την κατεύθυνση, το παράδειγμα εφαρμογής AR που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία έχει στόχο να τονίσει τις δυνατότητες που προσφέρονται κατά το σχεδιασμό δράσεων στο πεδίο για την υποστήριξη της εργασίας των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, διερευνάται η ενίσχυση της εμπλοκής των μαθητών μέσα από την καθοδήγηση στην εργασία τους και από την συλλογή δεδομένων και παρατηρήσεων. Η δυνατότητα λήψης βίντεο και φωτογραφιών, η αποθήκευση και η δημιουργία διάφορων συλλογών με στοιχεία από το πεδίο για ευκολότερη σύνθεση και αξιολόγηση στη συνέχεια, η απάντηση σε ερωτήσεις και η λήψη άμεσης ανατροφοδότησης είναι μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρονται στο σχεδιασμό σε ανοικτές πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών AR, όπως η πλατφόρμα metaverse. Σημειώνεται ότι ο σχεδιασμός μιας τέτοιας εφαρμογής χαρακτηρίζεται κατάλληλος και αποτελεσματικός συνδυαστικά με την επιλογή της παιδαγωγικής προσέγγισης ανάλογα τους στόχους, στο ίδιο το πεδίο, τη διάρκεια της εργασίας, τις βασικές έννοιες καθώς και τα χαρακτηριστικά της ομάδας των συμμετεχόντων.

## **7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω συμπεράσματα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθούν επαρκώς οι δυνατότητες και οι ευκαιρίες που προσφέρονται από την αξιοποίηση των εφαρμογών AR στην ΠΕ/ΕΑΑ.

Αποτελώντας τη συνέχεια της προτεινόμενης εφαρμογής που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6, το πλαίσιο μελλοντικής έρευνας περιλαμβάνει την υλοποίηση και την αξιολόγηση της εφαρμογής σε διαφορετικές ομάδες μαθητών. Η λήψη ανατροφοδότησης είναι αναγκαία για τον έλεγχο των υποθέσεων που έγιναν κατά το σχεδιασμό της εφαρμογής. Επίσης κρίνεται απαραίτητο να διερευνηθεί ο βαθμός

επίτευξης των επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων. Στην περίπτωση της προτεινόμενης εφαρμογής AR τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα για την βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας αφορούν κυρίως την ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών και τη διευκόλυνση των εργασιών τους κατά την διεξαγωγή παρατηρήσεων τους στο πεδίο. Η αποτίμηση της μαθησιακής εμπειρίας και η εξαγωγή συμπερασμάτων προβλέπει την αξιοποίηση του κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου έρευνας (όπως η μεθοδολογία έρευνας με σχεδιασμό, design-based research, που προτείνει μια επαναληπτική διαδικασία μέσα από μια σειρά παρεμβάσεων για την κατανόηση και τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας) καθώς και την διαμόρφωση των κατάλληλων εργαλείων συλλογής δεδομένων για την αξιολόγηση.

Μέσα από την ενασχόληση με το θέμα της παρούσας εργασίας, έχουν εντοπιστεί και προτείνονται κάποιες γενικές κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, οι οποίες αφορούν:

- Σχεδιασμός ανάλογων εφαρμογών AR: Ανάπτυξη πλαισίου και καλών πρακτικών σχεδιασμού-Επιλογή κατάλληλων θεματικών περιοχών στην ΠΕ/ΕΑΑ
- Υλοποίηση και αξιολόγηση εφαρμογών AR σε διάφορα περιβάλλοντα μάθησης και ομάδες εκπαιδευομένων με διαφορετικά χαρακτηριστικά
- Διαμόρφωση εργαλείων αξιολόγησης εφαρμογών AR: Αποτίμηση μαθησιακής εμπειρίας και των επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων
- Σχεδιασμός «εμπλουτισμού» εκπαιδευτικού υλικού, όπως φύλλα εργασίας μαθητή, αφίσες, ενότητες σχολικών εγχειριδίων με κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο με την χρήση AR
- Διερεύνηση απόψεων εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση της AR στην ΠΕ/ΕΑΑ- Ανάπτυξη επιμορφωτικού υλικού
- Διερεύνηση της προστιθέμενης αξίας που επιφέρει η αξιοποίηση της AR στις υπάρχουσες παιδαγωγικές στρατηγικές και εργαλεία για την επίτευξη των στόχων της ΠΕ/ΕΑΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### Παραδείγματα AR που αξιοποιούν την αναγνώριση QR codes

Στα παρακάτω παραδείγματα, αξιοποιείται η τεχνολογία της αναγνώρισης δεικτών (QR codes) για την εισαγωγή ψηφιακών αντικειμένων (βίντεο, 3D models, εικονικοί χαρακτήρες, quiz κα), εμπλουτίζοντας την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου μέσα από την κάμερα της συσκευής.




Τα παραπάνω παραδείγματα αναπτύχθηκαν στην ανοικτή πλατφόρμα της metaverse στον ακόλουθο σύνδεσμο: <https://studio.gometa.io/discover/me>.

Σημειώνεται ότι υπάρχει υλικό (tutorials) σε βίντεο βήμα βήμα για την χρήση της πλατφόρμας στο κανάλι MetaverseARPlatform:

<https://www.youtube.com/channel/UCum7uPJBXug0HfqNi4AfQmQ>

και πλήρης οδηγός με αναλυτικές λεπτομέρειες στην ιστοσελίδα της πλατφόρμας: <https://studio.gometa.io/learn>

Για την προβολή του περιεχομένου των παραδειγμάτων ακολουθείστε τις οδηγίες :

- Στο κινητό σας ανοίξτε το Google Play Store  ή το App Store 
- Αναζητήστε την Εφαρμογή Metaverse 
- Επιλέξτε Εγκατάσταση
- Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση της εφαρμογής, ανοίξτε την εφαρμογή
- Επιλέξτε SCAN CODE, και σκανάρετε τα QR CODES για την ενεργοποίηση των ψηφιακών αντικειμένων

**Παράδειγμα 1: Εισαγωγή εικονικών χαρακτήρων (ενίσχυση digital story telling)**



**Παράδειγμα 2: Εισαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων**





**Παράδειγμα 3: Καταγραφή παρατηρήσεων στον πραγματικό κόσμο,  
ερωτήσεις**



**Παράδειγμα 4: Ερωτηματολόγιο σε μαθητές και παρουσίαση απαντήσεων ομάδας**






**Παράδειγμα 5: Μετάβαση σε βίντεο και ιστοσελίδα**



## Παραδείγματα AR εφαρμογών που αξιοποιούν την αυτόματη αναγνώριση εικόνας

Τα demo βρέθηκαν μέσα από την πλατφόρμα του Overly App, δεν ανήκουν στην θεματική της ΠΕ/ΕΑΑ όμως στόχος είναι η γνωριμία με τις δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η AR μέσα από την αυτόματη αναγνώριση εικόνων. Για την ενεργοποίηση του ψηφιακού αντικειμένου ακολουθείστε τις οδηγίες:

- Στο κινητό σας ανοίξτε το Google Play Store  ή το App Store 
- Αναζητήστε την Εφαρμογή Overly 
- Επιλέξτε Εγκατάσταση
- Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση της εφαρμογής, ανοίξτε την εφαρμογή
- Επιλέξτε “TAP TO SCAN”, και σκανάρετε τις παρακάτω εικόνες για να δείτε διάφορα είδη ψηφιακών επαυξημένων

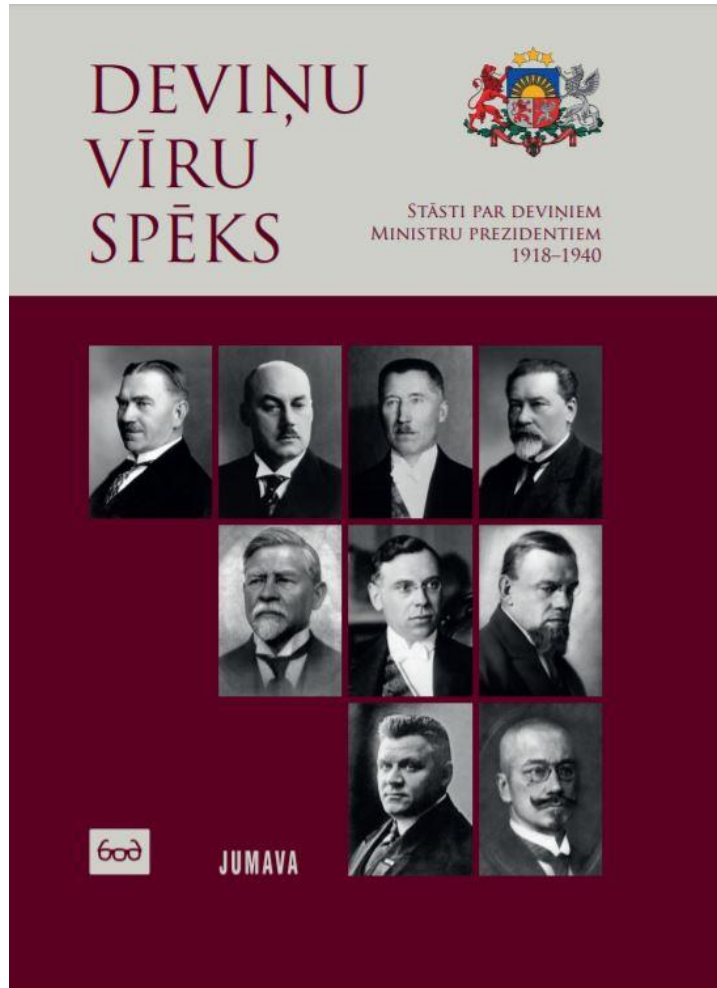
**Παράδειγμα 1: «Ένας ποιητής ζωντανεύει και απαγγέλει ένα ποίημα»**



**Παράδειγμα 2: Ένα άγαλμα - μουσείο στην τάξη!**



Παράδειγμα 3: Σελίδες σχολικών εγχειριδίων μπορούν να ζωντανέψουν!



Παράδειγμα 4: Παρουσίαση της λύσης μιας άσκησης μαθηματικής λογικής με αριθμούς.

The puzzle consists of a 2x5 grid of numbers in orange circles. The top row contains ~~8~~, 49, ~~72~~, 100, and ~~133~~. The bottom row contains 1, ~~46~~, 64, ~~112~~, and a question mark. Below the grid are six options: A 127, B 121, C 130, D 117, E 123, and F 137. A red box in the bottom right corner contains the number 41. At the top left of the puzzle area, there are four lightbulb icons.

## **Σύνδεσμοι για τις πλατφόρμες, λογισμικά δημιουργίας εφαρμογών AR**

**Vuforia** <https://developer.vuforia.com/>

**MaxST** <https://developer.maxst.com/>

**Augment** <https://www.augment.com/>

**Aurasma**<https://www.auganix.org/hud/aurasma/>

**BlippAR** <https://www.blippar.com/the-blippar-app>

**ARToolKit** <http://www.artoolkitx.org/>

**Mixare** <http://www.mixare.org/>

**Holokit** <https://holokit.io/>

**BRIO** <https://experience.briovr.com/>

**Adobe Aero** <https://www.adobe.com/products/aero.html>

**Metaverse** <https://studio.gometa.io/discover/me>

**ZapWorks Studio** <https://zap.works/studio/>

**Layar** <https://www.layar.com/>

**Junaio** <https://junaio.gr.aptoide.com/app>

**AcrossAir** <https://www.acrossair.com/>

**Arisgames** <https://fielddaylab.org/make/aris/>




**Tale blazer** <http://taleblazer.org/>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Τα QR codes της εφαρμογής

Για την ενεργοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου μέσα από το σκανάρισμα των QR codes της εφαρμογής ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες:

- Στο κινητό σας ανοίξτε το Google Play Store  ή το App Store 
- Αναζητήστε την Εφαρμογή Metaverse 
- Επιλέξτε Εγκατάσταση
- Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση της εφαρμογής, ανοίξτε την εφαρμογή
- Επιλέξτε SCAN CODE, και σκανάρετε τα QR CODES για την ενεργοποίηση των ψηφιακών αντικειμένων

**QR code 1: Σημείο εκκίνησης-Εισαγωγή στη δραστηριότητα**



**QR code 2: Γνωριμία με το οικοσύστημα της λίμνης-Παρατηρήσεις**



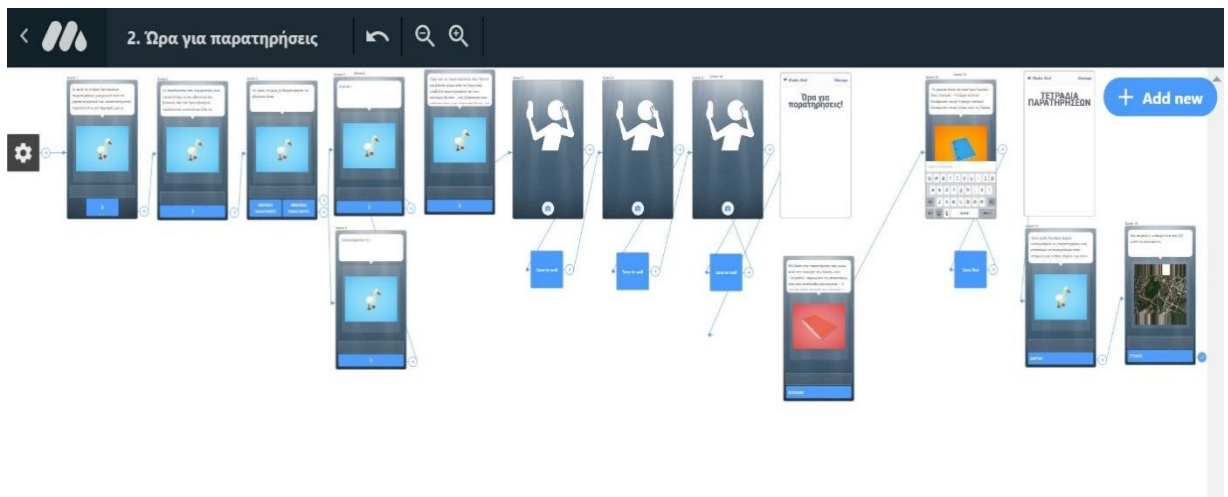
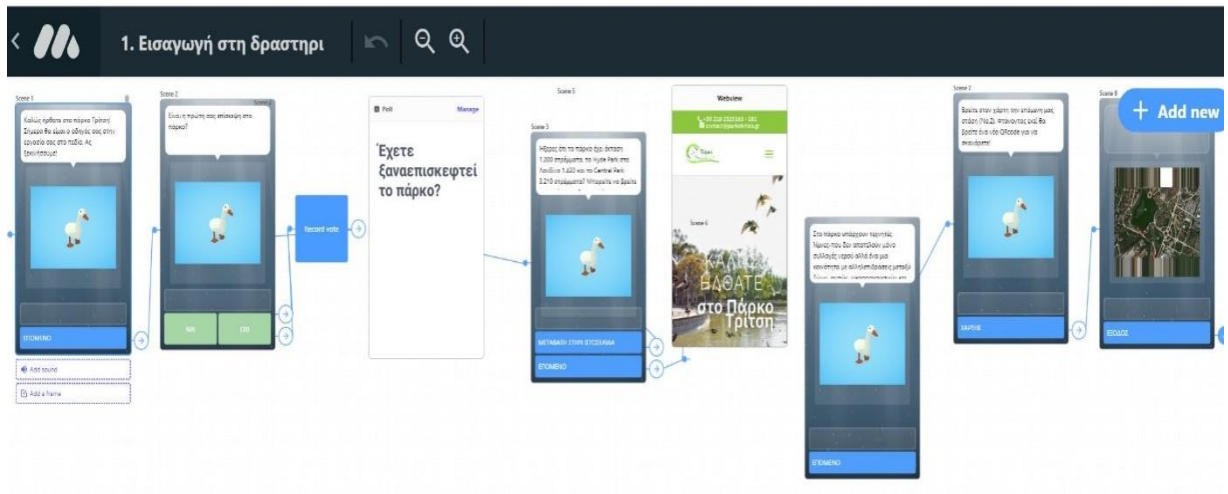
**QR code 3: Αβιοτικοί παράγοντες- Μιλώντας για το διαλυμένο οξυγόνο**

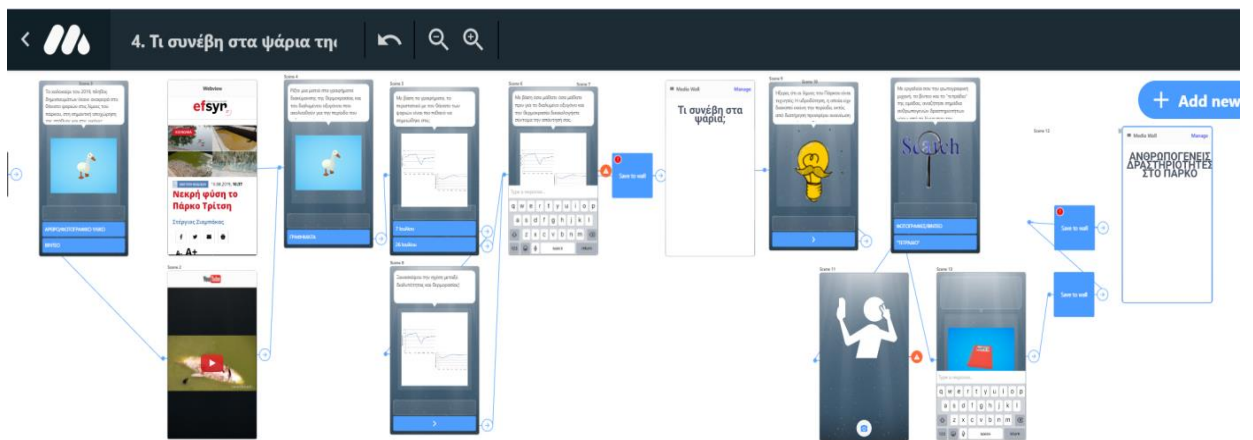
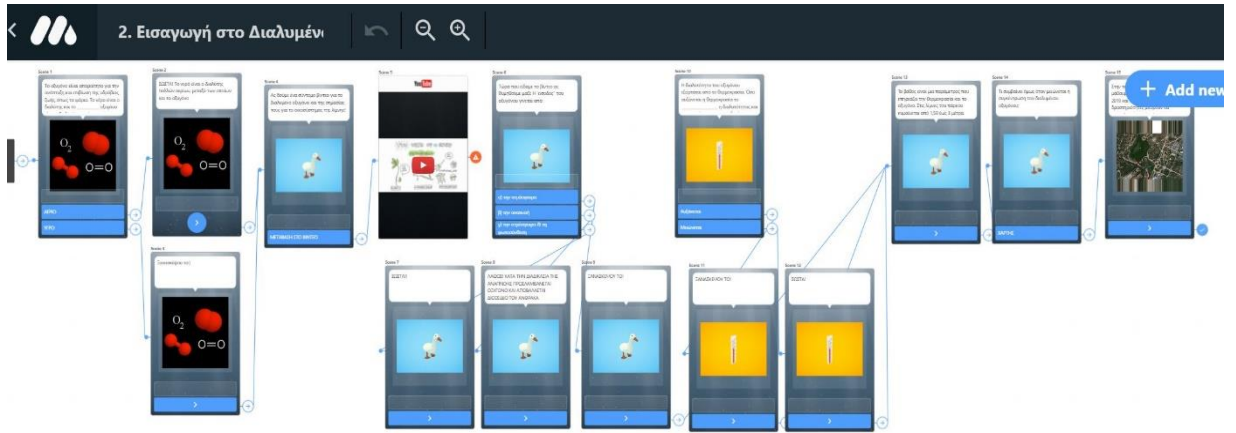


**QR code 4: Τι συνέβη στα ψάρια της λίμνης το 2019;**



# Screenshots: Η δημιουργία της εφαρμογής AR στο περιβάλλον της πλατφόρμας metaverse





## Σύνδεσμοι για QR codes εφαρμογής

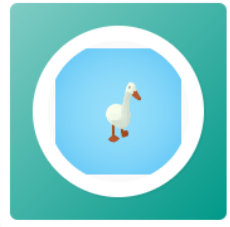
### Share experience

METaverse APP

**General**

ADVANCED


<> SDK Embed



#### 1. Εισαγωγή στη δραστηριότητα

Εισαγωγή των μαθητών στη δραστηριότητα, γνωριμία με το πάρκο και έναρξη παρατηρήσεων στο πεδίο, χάρτης για επόμενη στάση

Scan the code with your phone to open this experience



Share Link

<https://mtvrs.io/OtherCautiousAegeancat>

Studio Link

<https://studio.gometa.io/discover/me/7dc11216-b3f9-42a6-a3c6-6c0a45e0ddff>


### Share experience

METaverse APP

**General**

ADVANCED


<> SDK Embed



#### 2. Ώρα για παρατηρήσεις- Γνωριμία με το οικοσύστημα της λίμνης

Οι μαθητές εισάγονται στους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες της περιοχής των λιμνών του πάρκου και διεξάγουν επιτόπιες παρατηρήσεις για την κατάσταση του.

Scan the code with your phone to open this experience



Share Link

<https://mtvrs.io/PowderblueScratchyVe1ociraptor>

Studio Link

<https://studio.gometa.io/discover/me/eb01cc8d-5c6d-4267-acc3-c9be641d8825>


**Share experience**
✕

METAVVERSE APP

**General**

ADVANCED


<> SDK Embed



### 3. Αβιοτικοί παράγοντες: Η σημασία του διαλυμένου οξυγόνου

Οι μαθητές αλληλεπιδρώντας με ψηφιακό περιεχόμενο (βίντεο, ερωτήσεις και κείμενο) εισάγονται στο διαλυμένο οξυγόνο και την σημασία του για το οικοσύστημα της λίμνης.

Scan the code with your phone to open this experience



Share Link

<https://mtvrs.io/LightpinkPiercingAmericanbittern>

Studio Link

<https://studio.gometa.io/discover/me/04ebe254-af4a-48ad-9899-07a2e1218011>

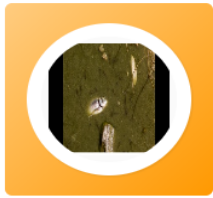
**Share experience**
✕

METAVVERSE APP

**General**

ADVANCED


<> SDK Embed



### 4. Τι συνέβη στα ψάρια της λίμνης το 2019;

Οι μαθητές γνωρίζουν τις επιπτώσεις από την υποβάθμιση του οικοσυστήματος μέσα από δημοσιεύματα για τις εικόνες εγκατάλειψης με τα νεκρά ψάρια στις λίμνες του πάρκου. Συνδέουν τους αβιοτικούς παράγοντες του διαλυμένου οξυγόνου και αναζητούν ανθρώπινες παρεμβάσεις και δραστηριότητες στην περιοχή που επηρεάζουν την κατάσταση του οικοσυστήματος

Scan the code with your phone to open this experience



Share Link

<https://mtvrs.io/GrownUnusedLacewing>

Studio Link

<https://studio.gometa.io/discover/me/3baab9f2-e8fb-4772-b61d-c8032af3f896>

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Akçayır M., Akçayır G. (2017) Advantages and challenges associated with augmented reality foreducation: a systematic review of the literature. *Educational Research Review* 20.
2. Albers, B., de Lange, N., & Xu, S. (2017). Augmented Citizen Science For environmental Monitoring And Education. *ISPRS- International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1-4.
3. Azuma T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.
4. Bacca J., Baldiris S., Fabregat R., Graf S., & Kinshuk (2014). Augmented Reality Trends in Education: A systematic review of research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133–149.
5. Binkley M., Erstad O., Herman J., Raizen S., Ripley M. & Rumble M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. In Griffin P., McGaw B. & Care E. (Eds.), *The Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer.
6. Bressler, D., Bodzin, A. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (6), 505-517.
7. Bursztyn N., Walker A., Shelton B., Pederson J. (2017) Assessment of student learning using augmented reality Grand Canyon field trips for mobile smart devices. *Geosphere*, 13: 260–268.
8. Cabero J., Barroso J., (2015) The educational possibilities of Augmented Reality, New approaches in educational research.
9. Chen, J., Wang, M., Grotzer, T. A., & Dede, C. J. (2018). Using a three-dimensional thinking graph to support inquiry learning. *Journal for Research in Science Teaching* , 55 (9).



10. Cheng K. & Tsai C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 449–462.
11. Cooper H. (2010). *Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach* (3rd edition). Thousand Oaks, CA: Sage.
12. Dede C. (2008). Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *The International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 43-62). New York: Springer.
13. Dede C., Grotzer T., Kamarainen, A., & Metcalf, S. (2019). Designing immersive authentic simulations that enhance motivation and learning: EcoLearn. R. Feldman (Ed.), *Learning science: Theory, research, practice*.
14. Dede C., Grotzer T.A., Kamarainen A., Metcalf S (2017) EcoXPT: designing for deeper learning through experimentation in an immersive virtual ecosystem. *Journal of Educational Technology and Society*, 20(4): 166–178
15. Di Serio Á., Ibáñez M. B., & Kloos C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
16. Dickens, A. C., Kamarainen, A. M., Metcalf, S. J., Gun-Yildiz, S., Brennan, K., Grotzer, T. A., & Dede, C. J. (2019). Scaffolding ecosystems science practice by blending immersive environments and computational modeling. *British Journal of Educational Technology*
17. DiSessa A., & Cobb P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences* 13, 77-103.
18. Drissner J., Haase H.M., Hille K. (2010) Short-term environmental education- does it work? An evaluation of the 'Green Classroom.' *Journal of Biological Education*, 44:149–155

19. Ducasse J. (2020). Augmented Reality for Outdoor Environmental Education. In: Geroimenko V. (eds) Augmented Reality in Education. Springer Series on Cultural Computing. Springer, Cham.
20. Echeverria A., Amestica M., Gil F., Nussbau M., Barrios E., Leclerc S. (2012). Exploring different technological platforms for supporting co-located collaborative games in the classroom. *Computers in Human Behavior*, 28, 1170-1177.
21. Efstathiou I., Kyza E.A., Georgiou Y. (2018) An inquiry-based augmented reality mobile learning approach to fostering primary school students' historical reasoning in non-formal settings. *Interact Learning Environment*, 26:22–41.
22. Folta E. E. (2010). Investigating the impact on student learning and outdoor science interest through modular Serious Educational Games: a design-based research study. *North Carolina State University*.
23. Foskett N. (1999). 'Forum: fieldwork in the geography curriculum – International perspectives and research issues'. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 8(2), 159-163.
24. Grotzer T., Gonzalez E., Kamarainen A., Metcalf S., & Dede C. (2018). Moving from Exploring Patterns to Causal Explanations in Ecosystems Science Reasoning. *National Association for Research in Science Teaching (NARST) Conference*.
25. Huang TC, Chen CC, Chou YW (2016) Animating eco-education: to see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computer Education*, 96:72–82.
26. Hung P.H., Hwang G.J., Lee Y.H., & Su I.H. (2012). A cognitive component analysis approach for developing game-based spatial tools. *Computers and Education*, 59 (2), 762-773.
27. Hwang G.J., Wu P.H., Chen C.C., Tu N.T. (2016) Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and

- attitudes in real-world observations. *Interact Learning Environment*, 24:1895–1906.
28. Jenkins A. (1994). 'Thirteen ways of doing fieldwork with large classes/more students', *Journal of Geography in Higher Education*, 18(2), 143-154.
29. Jeon S., Metcalf S., Dickes A., & Dede C. (2020). Elementary teacher perspectives on a blended computational modeling and ecosystem science curriculum. *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*.
30. Kalantzis M. & Cope B. (2008). *New Learning: elements of a science of education*. Cambridge: Cambridge University Press.
31. Kamarainen A., Metcalf S., Grotzer T. (2016) Atom tracker: designing a mobile augmented reality experience to support instruction about cycles and conservation of matter in outdoor learning environments. *Int J Des Learn*, 7
32. Kamarainen A., Reilly J., Metcalf S. et al. (2018) Using mobile location-based augmented reality to support outdoor learning in undergraduate ecology and environmental science courses. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 99: 259–276
33. Klopfer E. (2007) Environmental detectives: The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Research & Technology*, 50
34. Klopfer E. (2008) *Augmented learning: research and design of mobile educational games*. MIT Press
35. Klopfer E. and Sheldon J. (2010), Augmenting your own reality: Student authoring of science-based augmented reality games. *New Directions for Youth Development*.
36. Klopfer E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research & Development*, 56(2), 203–228

37. Kolb D. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall
38. Koutromanos G., & Avraamidou L. (2014). The use of mobile games in formal and informal learning environments: A review of the literature. *Educational Media International Journal*, 51(1), 49-65
39. Koutromanos G., Sofos A., Avraamidou L. (2015) The use of augmented reality games in education: A review of the literature. *Educational Media International Journal*, 52 (4): 253–271
40. Koutromanos G., Tzortzoglou F., Sofos A. (2018) Evaluation of an augmented reality game for environmental education: “Save Elli, Save the Environment.” *Research on e-Learning ICT in education*, 231–241
41. Krepel W.J., DuVall CR (1981) *Field trips: a guide for planning and conducting educational experiences*. Analysis and action series. ERIC
42. Lahiry D., Sinha S., Gill J., Mallik U., Mishra, (Ed. by Hungerford H., & Volk T.), “Environmental Education: A process for preservice teacher training curriculum development”, UNESCO-UNEP IEEP, EE Series No 26, 1988.
43. Lave J., and Wenger E. (1991) *Situated learning, legitimate peripheral participation*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
44. Lee K (2012) Augmented reality in education and training. *TechTrends* 56 (2):13–21
45. McGivney, E., Gonzalez, E., Santos, S. D. L., Kamarainen, A. M., & Grotzer, T. A. (2019). Improving understanding of teaching practice for student learning: A holistic measure of fidelity of implementation. *National Association for Research in Science Teaching (NARST) Conference*.
46. Metcalf J., Dickes, C., Reilly M., Kamarainen. A., Brennan K., Grotzer T., & Dede, C. (2020). Impact of a Blended Immersive and Computational Modeling Tool on Elementary Ecosystems Science Learning. *American Educational Research Association (AERA) Conference*.

47. Milgram P., Kishino F. A. (1994) Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IECE Trans. on Information and Systems (Special Issue on Networked Reality)*, vol. E77-D, no.12, 1321-1329.
48. Nincarean D., Alia MB., Halim NDA, Rahman MHA (2013) Mobile augmented reality: the potential for education. *Proc-Soc Behav Sci*, 103:657–664
49. Pombo, L., Marques, M. M., Carlos, V., Guerra, C., Lucas, M., & Loureiro, M. J. (2017). Augmented Reality and mobile learning in a smart urban park: pupils' perceptions of the EduPARK game. *In Conference on Smart Learning Ecosystems and Regional Development (pp. 90-100)*. Springer, Cham.
50. Rieger, R. and Gay, G. (1997) Using Mobile Computing to Enhance Field Study. *Proceedings of CSCL '97, Toronto ON*, 215-223.
51. Schell, J. & Black, R. (1997). Situated learning: an inductive case study of a collaborative learning experience. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34: 5–28.
52. Schneider J., Schaal S. (2019) Location-based smartphone games in the context of environmental education and education for sustainable development: fostering connectedness to nature with Geogames. *Environmental Education Research*, 24:1597–1610.
53. Scoullos M. & Malotidi V. (2004), *Handbook on methods used in Enviromental Education and Education for Sustainable Development*, MEdIES, Athens
54. Scoullos M., (2004) «Science, Culture and Education for Sustainable Development» in proceedings of the 'International Conference on Education for Sustainable Development' Braga, Portugal, 2004, pp16-21.
55. Seel, N.M. (2001). Epistemology, situated cognition, and mental models: “Like a bridge over troubled water”. *Instructional science*, 29 (4-5): 403-427.
56. Smørðal O, Liestøl G, Erstad O (2016) Exploring situated knowledge building using mobile augmented reality. *Qwerty - Open Interdiscip J Technol Cult Educ* 1:26–43

57. Squire K., Jan M. (2008). Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills with a Place-based Augmented Reality Game on Handheld Computers. *Journal of Science Education and Technology*. 16(1), 5.
58. Squire, K., and Klopfer, E. (2007). Augmented Reality Simulations on Handheld Computers. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 317-413.
59. Tarng W., Ou K.L., Yu C.S et al. (2015) Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Real* 19: 253–266.
60. Tutwiler, M. S., Grotzer, T. A., Kamarainen, A. M., Metcalf, S. J., & Dede, C. J. (2011). Exploring student understanding of complex causality in an ecosystems-based multi-user virtual environment. *Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*.
61. UN Commission for Sustainable Development «Promoting Education, Public Awareness and Training» Chapter 36, Agenda 21, UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 1992.
62. UNECE (2005) «Strategy for Education for Sustainable Development», adopted in Vilnius, 2005.
63. UNESCO (1980) «Environmental Education in the Light of Tbilisi Conference» Paris.
64. UNESCO (1997) «Educating for a sustainable future», EPD-97/CONF.401/CLD.1, Paris.
65. UNESCO «Teaching and learning for a sustainable future», A multimedia teacher education programme, Paris, 2002.
66. UNESCO «UN Decade for Sustainable Development 2005-2014», International Implementation Scheme”, 2005.
67. UNESCO-UNEP (1987) «International Strategy for Action in the field of Environmental Education and Training for the 1990s», International Congress on Environmental Education & Training, Moscow.

68. UNESCO-UNEP (1991) «Changing minds Earthwise» Connect 23, p.1-69.
69. UNESCO-UNEP IEEP (1985), EE Series No 15 «A problem-solving approach to Environmental Education»
70. Vincent T. (2012) Classifying handheld augmented reality: three categories linked by spatial mappings. Work classifying AR present Sp ISMAR 2012
71. Wojciechowski R., Cellary W. (2013) Evaluation of learners' attitude toward learning in AR augmented reality environments. *Computer Education*, 68:570–585
72. Wu H., Lee S., Chang H, Liang J. (2013) Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computer Education*, 62:41–49
73. Zimmerman H.T, Land S.M (2018) Facilitating place-based learning in outdoor informal environments with mobile computers. *TechTrends* 58:77–83.
74. Δεδούλη Μ. (2002). Βιωματική Μάθηση: Δυνατότητες αξιοποίησής της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 6, 145-159.
75. Ματσαγγούρας Η. (2003). Η διαθεματικότητα στη σχολική γνώση. *Εννοιολογική αναπλαισίωση και σχέδια εργασία*. Γρηγόρη, Αθήνα.
76. Ματσαγγούρας Η. (2011). Φάκελος επιμορφωτικού υλικού για τις βιωματικές δράσεις: Από τη Βιωματική Μάθηση στο Συνεργατικό Μοντέλο Βιωματικών Δράσεων. Θεσσαλονίκη
77. Παπαβασιλείου Β. (2011). Η περιβαλλοντική εκπαίδευση στις επιστήμες της αγωγής. Πεδίο, Αθήνα.
78. Σκούλλος Μ. (2008), Αλάμπη Α., Κουρούτος Β., Μαλωτίδη Β., Μαντζάρα Μ., Ψαλλιδάς Β., «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη σε Προστατευόμενες Περιοχές: Επιμορφωτικό υλικό», *Εκδ. ΜΙΟ-ΕCSDE*, Αθήνα.

79. Στυλιαράς Γ., & Δήμου Β. (2015). Σύγχρονες θεωρίες μάθησης και συνεισφορά στον σχεδιασμό εκπαιδευτικών υπολογιστικών περιβαλλόντων. Στο Στυλιαράς, Γ., Δήμου, Β. 2015. Διδακτική της πληροφορικής. Αθήνα
80. Τρικαλίτη Α. & Παλαιοπούλου Ρ. «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για Βιώσιμες Πόλεις», Εκδ. *Ελληνική Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος και Πολιτιστικής Κληρονομιάς*, Αθήνα, 1999
81. Τριλίβα Σ. & Αναγνωστοπούλου Τ. (2008). Βιωματική μάθηση: Ένας πρακτικός οδηγός για εκπαιδευτικούς και ψυχολόγους. Τόπος, Αθήνα.
82. Φλογαΐτη Ε. (1998). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.