



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ηλεκτρονική Μάθηση»
Ακαδημαϊκό έτος 2025-2026

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Του Αναστάσιου Τσέλιου (Α.Μ.: ΜΗΜ25094)

**«ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΗΥGITAL ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΑΠΟΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΜΥΣΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ
AR TUTOR ΚΑΙ Η5Ρ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ "L_EARN: ECO-FARM RESCUE"»**

"DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A RHYGITAL EDUCATIONAL ESCAPE AND MYSTERY
GAME FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION, USING AR TUTOR AND Η5Ρ TOOLS: THE CASE OF
‘L_EARN: ECO-FARM RESCUE’”

Επιβλέπων:
ΣΥΜΕΩΝ ΠΕΤΑΛΗΣ

Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2026

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αυτή η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία υποβάλλεται ως μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην «Ηλεκτρονική Μάθηση» του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει αξιολογηθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό.

Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το Διαδίκτυο.

Η εργασία πληροί τις απαιτήσεις μορφοποίησης και έχει ενσωματώσει όλες τις προτάσεις βελτιώσεων που προτάθηκαν από την Επιτροπή Εξέτασης.

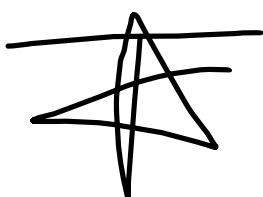
Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου. Σε κάθε περίπτωση, αναληθούς ή ανακριβούς δηλώσεως, υπόκειμαι στις συνέπειες που προβλέπονται τις διατάξεις που προβλέπει η Ελληνική και Κοινοτική Νομοθεσία περί πνευματικής ιδιοκτησίας.

Ο ΔΗΛΩΝ

Ονοματεπώνυμο: ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΤΣΕΛΙΟΣ

Αριθμός Μητρώου: ΜΗΜ25094

Υπογραφή:



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη ανθρώπων που στάθηκαν δίπλα μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Σίμο Ρετάλη, καθώς και το σύνολο των καθηγητών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, για την άψογη συνεργασία, την επιστημονική τους καθοδήγηση και τη γνώση που μου μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους συναδέλφους μου εκπαιδευτικούς. Η καθημερινή μας συναναστροφή στην τάξη, η ανταλλαγή απόψεων και η κοινή μας προσπάθεια για μια καλύτερη εκπαίδευση, αποτέλεσαν βασικό κίνητρο για τον σχεδιασμό αυτού του παιχνιδιού.

Τέλος, εκφράζω την πιο βαθιά μου ευγνωμοσύνη στην οικογένειά μου. Η αστείρευτη υπομονή, η κατανόηση και η αμέριστη συμπαράστασή τους σε κάθε μου βήμα, αποτέλεσαν το σημαντικότερο στήριγμα για να φτάσω στο τέλος αυτής της όμορφης διαδρομής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Εκπαιδευτική Αναγκαιότητα	10
1.2 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	11
1.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση	12
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	15
2.1 Η Διδακτική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην Πρωτοβάθμια	15
2.1.1 Σύγχρονες προκλήσεις και οι «Ικανότητες Βιωσιμότητας» (Sustainability Competences)	15
2.1.2 Η συμβολή της Ψηφιακής Παιγνιώδους Μάθησης (DGBL) και της Παιχνιδοποίησης (Gamification).....	18
2.1.3 Η Υπολογιστική Σκέψη ως εργαλείο επίλυσης οικολογικών προβλημάτων	20
2.2 Υβριδικά (Phygital) Επιτραπέζια Παιχνίδια: Χαρακτηριστικά και Εκπαιδευτική Αξία.....	21
2.2.1 Η μετάβαση από τη φυσική διάδραση στα περιβάλλοντα Phygital.....	21
2.2.2 Δομικά χαρακτηριστικά και επιδράσεις στην Εμπειρία Χρήστη (UX).....	23
2.2.3 Τεχνολογικές Υποδομές: Από τους αισθητήρες RFID/NFC στην Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)	24
2.2.4 Η σημασία του χρόνου ενσωμάτωσης (Timing) του παιχνιδιού στη μαθησιακή διαδικασία..	25
2.3 Κριτική Ανασκόπηση και Συγκριτική Ανάλυση Σχετικών Παιχνιδιών	27
2.3.1 Μελέτη περιπτώσεων ψηφιακών και υβριδικών εφαρμογών	27
2.3.2 Στοιχεία υιοθέτησης και ειδοποιού διαφορές του "I_earn: Eco-Farm Rescue"	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ "I_EARN: ECO-FARM RESCUE"	32
3.1 Μεθοδολογία Σχεδιασμού (Game Design Document - GDD).....	32
3.1.1 Δομικά Στοιχεία και Μηχανισμοί του Παιχνιδιού	33
3.1.2 Δραματικά Στοιχεία, Αφήγηση και Ρόλοι Ομάδας.....	34
3.1.3 Αιτιολόγηση των βασικών σχεδιαστικών επιλογών	35
3.2 Εργαλεία Τεχνολογικής Υλοποίησης	36
3.2.1 Η πλατφόρμα ARTutor για τη δημιουργία Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR).....	36
3.2.2 Το λογισμικό H5P για την ανάπτυξη διαδραστικών γρίφων και πολυμέσων	38
3.3 Ανάπτυξη των Φυσικών Στοιχείων του Παιχνιδιού	41

3.3.1 Σχεδιασμός του επιτραπέζιου ταμπλό και χωρική οργάνωση	41
3.3.2 Το Εναρκτήριο Γράμμα (Briefing) και η Οργάνωση της Ομάδας	42
3.3.3 Δημιουργία Καρτών στο Canva, Χρωματική Κωδικοποίηση και Σύστημα Ανταμοιβών	43
3.3.4 Το Σύστημα Ανταμοιβών και το Μπλοκάκι Σημειώσεων (Έντυπο Καταγραφής)	45
3.4 Ψηφιακή Υλοποίηση και Διασύνδεση (Phygital Mechanics)	46
3.4.1 Διαδικασία σάρωσης (scanning) και ενεργοποίηση σκηνών μέσω ARTutor	47
3.4.2 Σχεδιασμός διαδραστικών ασκήσεων μέσω H5P	48
3.4.3 Ο Τελικός Ψηφιακός Γρίφος (Multimedia Choice) και η Αποκάλυψη	55
3.4.4 Ροή του παιχνιδιού (Gameplay loop)	56
3.5 Παρουσίαση της Εφαρμογής (Οθόνες και Στιγμιότυπα)	56
3.5.1 Κεντρικό Μενού και Ρύθμιση Παιχνιδιού	57
3.5.2 Η Εμπειρία Επαυξημένης Πραγματικότητας (ARTutor)	57
3.5.3 Διαδραστικοί Γρίφοι και Αξιολόγηση (H5P)	58
3.5.4 Συμπέρασμα Μυστηρίου και Οθόνες Νίκης	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	61
4.1 Επίπεδο χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assessment Scale – AIAS)	61
4.2 Συνοπτικός Πίνακας Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης	62
4.3 Αναλυτική Περιγραφή της Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης	62
4.4 Ενδεικτικά Prompts	63
4.5 Human in the Loop	65
4.6 Κριτική Αποτίμηση της Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
5.1 Αυτοαξιολόγηση του σχεδιασμού	67
5.1.1 Αξιολόγηση βάσει της Ρουμπρίκας Game Design (GDD & Storyboard)	67
5.1.2 Δυνατά σημεία, περιορισμοί και παιδαγωγικές προκλήσεις της εφαρμογής	71
5.2 Μεθοδολογία Αξιολόγησης Εμπειρίας Χρήστη και Ευχρηστίας	73
5.2.1 Προτεινόμενη αξιοποίηση της Κλίμακας Αξιολόγησης Συστήματος (System Usability Scale – SUS)	73
5.2.2 Συνολική αποτίμηση και όρια της αξιολόγησης	74
5.3 Τελικά Συμπεράσματα και Προτάσεις Εμπλουτισμού	75
5.3.1 Στρατηγικό Όραμα: Η Πλατφόρμα L_EARN ως Οικοσύστημα	76
5.3.2 Προτάσεις για τον Μελλοντικό Εμπλουτισμό του Έργου	76
5.3.3 Συνολική Εκτίμηση και Επιστημονική Συνεισφορά	77

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Επιτραπέζιο Ταμπλό (High Resolution)	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Οπτικό Υλικό & Κάρτες (Cards & Graphics)	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ, ΓΡΙΦΟΙ ΚΑΙ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ (H5P).....	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Ημερολόγιο Καταγραφής (Prompts Logging)	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Σύνδεσμοι Πρόσβασης & Βίντεο Παρουσίασης	105

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ενδεικτική απεικόνιση του επιτραπέζιου ταμπλό της Eco-Farm.....	42
Εικόνα 2: Το Εναρκτήριο Γράμμα που εισάγει τους μαθητές στο σενάριο και ορίζει τους ρόλους της ομάδας	43
Εικόνα 3: Το περιβάλλον σχεδιασμού (editor) της πλατφόρμας Canva κατά τη δημιουργία των γραφικών στοιχείων και των δεικτών (markers) του παιχνιδιού.	44
Εικόνα 4: Δείγμα των Καρτών Αποστολών σχεδιασμένων στο Canva, με βάση τη χρωματική κωδικοποίηση	45
Εικόνα 5: Το Μπλοκάκι Σημειώσεων για την οργάνωση των στοιχείων και τη βαθμολογία της ομάδας.	46
Εικόνα 6: Το διαχειριστικό περιβάλλον (backend) της πλατφόρμας ARTutor	47
Εικόνα 7: Στιγμιότυπο από την αναγνώριση του φυσικού δείκτη (κάρτας) μέσω της πλατφόρμας ARTutor.	48
Εικόνα 8: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον ανάπτυξης (editor) του λογισμικού H5P.	48
Εικόνα 9: Ενδεικτικοί διαδραστικοί γρίφοι υλοποιημένοι στο λογισμικό H5P	49
Εικόνα 10: Η φυσική διεπαφή (ταμπλό) έτοιμη για την έναρξη του παιχνιδιού.	57
Εικόνα 11: Εξερεύνηση 360 μοιρών για τον εντοπισμό ζημιών (hotspots).....	58
Εικόνα 12: Ενδεικτικές οθόνες διεπαφής από τους διαδραστικούς γρίφους στο H5P.....	59
Εικόνα 13: Η οθόνη τελικής αναμέτρησης και ταυτοποίησης του σαμποτέρ.....	60
Εικόνα 14: Στιγμιότυπο συνομιλίας με το Gemini	64
Εικόνα 15: Στιγμιότυπο δημιουργίας εικόνας στο Canva.	64
 Εικόνα Α1: Επιτραπέζιο Ταμπλό	 82
 Εικόνα Β1: Σετ καρτών Ζώνης 1	 84
Εικόνα Β2: Σετ Καρτών Ζώνης 2	85
Εικόνα Β3: Σετ Καρτών Ζώνης 3	87
Εικόνα Β4: Σετ Καρτών Ζώνης 4	88
Εικόνα Β5: Σετ Καρτών Υπόπτων.....	91
Εικόνα Β6: Γράμμα Εκκίνησης.....	92
Εικόνα Β7: Μπλοκάκι Σημειώσεων	93

Εικόνα Ε1: QR Code	106
--------------------------	-----

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ευθυγράμμιση αποστολών, μαθησιακού περιεχομένου και μηχανισμών παιχνιδιού	53
Πίνακας 2: Αντιστοίχιση στοιχείων Υπολογιστικής Σκέψης με τις δραστηριότητες του παιχνιδιού.....	54
Πίνακας 3: Κρίσιμες σχεδιαστικές αποφάσεις, οφέλη και περιορισμοί	55
Πίνακας 4: Χρήση ΤΝ.....	62
Πίνακας 5: Αξιολόγηση Πληρότητας Δομικών και Δραματικών Στοιχείων (GDD & Storyboard)	69
Πίνακας 6: Ποιοτική Αξιολόγηση Κριτηρίων Σχεδιασμού (GDD & Storyboard)	71
 Πίνακας Δ1: Ημερολόγιο Prompts	 105
 Πίνακας Ε1: Υπερ-σύνδεσμοι Αποστολών	 107
Πίνακας Ε2: Κείμενο αφήγησης βίντεο παρουσίασης.....	109

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και τη θεωρητική και σχεδιαστική αξιολόγηση ενός υβριδικού (Phygital) εκπαιδευτικού παιχνιδιού απόδρασης και μυστηρίου, με τίτλο «I_earn: Eco-Farm Rescue». Το παιχνίδι απευθύνεται σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και σχεδιάστηκε με στόχο να συνδέσει την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση με στοιχεία επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και Υπολογιστικής Σκέψης. Η προτεινόμενη εμπειρία συνδυάζει ένα φυσικό επιτραπέζιο ταμπλό με ψηφιακές τεχνολογίες. Ειδικότερα, αξιοποιείται η πλατφόρμα ARTutor για τη σύνδεση των φυσικών καρτών με ψηφιακό περιεχόμενο Επαυξημένης Πραγματικότητας και το H5P για τη δημιουργία διαδραστικών γρίφων, ερωτήσεων και μηχανισμών άμεσης ανατροφοδότησης. Οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους ερευνητών και συνεργάζονται σε τέσσερις θεματικές ζώνες —Θερμοκήπιο, Στάβλος, Ανακύκλωση και Ενεργειακό Πάρκο— προκειμένου να διερευνήσουν τις ενέργειες ενός σαμποτέρ και να οδηγηθούν στην τελική αποκάλυψη. Η υλοποίηση περιλαμβάνει δώδεκα διαδοχικές αποστολές, οι οποίες αξιοποιούν διαφορετικούς τύπους αλληλεπίδρασης, όπως εξερεύνηση 360°, ερωτήσεις, jigsaw puzzle, image juxtaposition, drag and drop και αναζήτηση hotspots. Ο σχεδιασμός οργανώθηκε με βάση το Game Design Document και αξιολογήθηκε μέσω σχετικής ρουμπρίκας, με έμφαση στην πληρότητα, τη σαφήνεια, τη ροή, τους μηχανισμούς παιχνιδιού και τους περιορισμούς της εφαρμογής. Παράλληλα, τεκμηριώνεται η αξιοποίηση εργαλείων Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης κατά τη διαδικασία ανάπτυξης, με έμφαση στην αρχή Human-in-the-Loop και στη διατήρηση του ανθρώπινου ελέγχου στις τελικές παιδαγωγικές και σχεδιαστικές αποφάσεις. Η εργασία δεν περιλαμβάνει εμπειρική εφαρμογή σε πραγματικό δείγμα μαθητών. Συνεπώς, δεν επιχειρείται η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την πραγματική επίδραση του παιχνιδιού στη μαθησιακή επίδοση, στην παρακίνηση ή στις περιβαλλοντικές στάσεις. Για τη μελλοντική διερεύνηση της ευχρηστίας προτείνεται η αξιοποίηση της System Usability Scale (SUS), ενώ η μαθησιακή αποτελεσματικότητα και οι πιθανές μεταβολές στις στάσεις των μαθητών απαιτούν ξεχωριστή εμπειρική αξιολόγηση.

Λέξεις-Κλειδιά: Phygital Παιχνίδι, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Επαυξημένη Πραγματικότητα, Υπολογιστική Σκέψη, Εκπαιδευτικό Δωμάτιο Απόδρασης.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on the design, development, and theoretical and design-based evaluation of a hybrid (Phygital) educational escape and mystery game entitled “I_earn: Eco-Farm Rescue”. The game is designed for primary school students and aims to connect Environmental Education with problem solving, collaboration, and Computational Thinking. The proposed learning experience combines a physical board game with digital technologies. Specifically, the ARTutor platform is used to connect physical mission cards with digital Augmented Reality content, while H5P is used to develop interactive puzzles, questions, and immediate feedback mechanisms. Students assume investigative roles and collaborate across four thematic zones—Greenhouse, Stable, Recycling, and Energy Park—to investigate the actions of a saboteur and ultimately identify the culprit. The implementation consists of twelve sequential missions using different interaction formats, including 360° exploration, question sets, jigsaw puzzles, image juxtaposition, drag-and-drop activities, and hotspot identification. The design was structured through a Game Design Document and evaluated using a corresponding rubric, focusing on completeness, clarity, game flow, game mechanics, and design limitations. The thesis also documents the use of Generative Artificial Intelligence tools during the development process, emphasizing a Human-in-the-Loop approach and maintaining human control over the final pedagogical and design decisions. The study does not include an empirical implementation with a real sample of students. Therefore, no claims are made regarding the actual impact of the game on learning achievement, motivation, or environmental attitudes. For future evaluation of usability, the System Usability Scale (SUS) is proposed, while the investigation of learning outcomes and possible changes in students' attitudes requires a separate empirical evaluation.

Keywords: Phygital Game, Environmental Education, Augmented Reality, Computational Thinking, Educational Escape Room.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εκπαιδευτική Αναγκαιότητα

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής χαρακτηρίζεται από ποικίλα περιβαλλοντικά προβλήματα (όπως η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση των υδάτων και η διαχείριση απορριμμάτων), καθιστώντας την περιβαλλοντική εκπαίδευση ζωτικής σημασίας, με έμφαση στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης ήδη από τις βαθμίδες της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Dolenc Orbanić & Kovač, 2021). Για τη διαμόρφωση ενός βιώσιμου μέλλοντος, είναι απαραίτητο οι μαθητές του Δημοτικού σχολείου να αναπτύξουν συγκεκριμένες ικανότητες βιωσιμότητας (sustainability competences), στις οποίες συγκαταλέγονται η συστημική σκέψη, η ικανότητα συνεργασίας και η προσανατολισμένη στη δράση συμπεριφορά (Vesterinen & Ratinen, 2024). Ωστόσο, η παραδοσιακή διδασκαλία συχνά αδυνατεί να αλλάξει ουσιαστικά τις περιβαλλοντικές στάσεις των μαθητών, δημιουργώντας την ανάγκη για σύγχρονες, αφηγηματικές και βιωματικές προσεγγίσεις που εμπλέκουν τα παιδιά σε βάθος (Yang κ.ά., 2022).

Σε αυτό το εκπαιδευτικό πλαίσιο, η ενσωμάτωση των ψηφιακών παιχνιδιών στη μαθησιακή διαδικασία (Digital Game-Based Learning - DGBL) αποτελεί μια αποδεδειγμένα αποτελεσματική στρατηγική (Janakiraman κ.ά., 2021). Σύμφωνα με πρόσφατες μετα-αναλύσεις, η παιγνιώδης μάθηση βελτιώνει θεαματικά τις επιδόσεις των μαθητών στις θετικές επιστήμες σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία (Lei κ.ά., 2022). Η χρήση μηχανισμών παιχνιδιού (gamification) ενισχύει τον ψηφιακό γραμματισμό των παιδιών και καλλιεργεί οικολογική συνείδηση (Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022), ενώ παράλληλα ενθαρρύνει άμεσα την υιοθέτηση φιλοπεριβαλλοντικών συνηθειών, όπως η ανακύκλωση (Hsu & Chen, 2021). Μέσα από τα παιχνίδια, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να δοκιμάσουν νέες συμπεριφορές και να παρατηρήσουν τις συνέπειες των πράξεών τους στο περιβάλλον μέσα σε ένα ασφαλές πλαίσιο προσομοίωσης, γεγονός που συμβάλλει καθοριστικά στην αλλαγή των περιβαλλοντικών τους στάσεων (Janakiraman κ.ά., 2021).

Επιπλέον, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια καταφέρνουν να εισαγάγουν τους μαθητές σε μια παραγωγική κατάσταση «ροής» (flow state), ενισχύοντας την ικανοποίησή τους και την αποδοχή της τεχνολογίας ως μαθησιακού εργαλείου (Hooshyar κ.ά., 2021). Παράλληλα, αυξάνουν κατακόρυφα τα εσωτερικά και εξωτερικά μαθησιακά κίνητρα και τη

συναισθηματική, γνωστική και συμπεριφορική τους εμπλοκή (engagement) (Zheng κ.ά., 2024). Η ενασχόληση με διαδραστικά περιβάλλοντα αναπτύσσει επίσης την Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking), προωθώντας ενεργά την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και χτίζοντας την αυτοπεποίθηση των μαθητών του Δημοτικού σε απαιτητικά γνωστικά αντικείμενα (Cheng κ.ά., 2023; Demirkiran & Hocanin, 2021).

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή αμιγώς ψηφιακών περιβαλλόντων στην εκπαίδευση συχνά συνδέεται με τον κίνδυνο κοινωνικής απομόνωσης και την "κόπωση οθόνης" (screen fatigue), ενώ τα αμιγώς φυσικά επιτραπέζια παιχνίδια στερούνται των άμεσων, δυναμικών ανατροφοδοτήσεων. Καθίσταται, επομένως, επιτακτική η ανάγκη σχεδιασμού υβριδικών (Physical-Digital / Phygital) εκπαιδευτικών παιχνιδιών, τα οποία αξιοποιούν τεχνολογίες όπως η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR). Τέτοιου είδους προσεγγίσεις γεφυρώνουν τον φυσικό με τον ψηφιακό κόσμο, διατηρώντας τα τεχνολογικά οφέλη της παιγνιώδους μάθησης, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν τη συνεργασία και τη δια ζώσης κοινωνική αλληλεπίδραση στην τάξη.

1.2 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η θεωρητική αξιολόγηση ενός υβριδικού (physical-digital) εκπαιδευτικού παιχνιδιού απόδρασης (escape room) με τον τίτλο "I_earn: Eco-Farm Rescue". Το παιχνίδι απευθύνεται σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και έχει ως βασικό εκπαιδευτικό στόχο την καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης και της υπολογιστικής σκέψης, μέσα από ένα δυναμικό, συνεργατικό περιβάλλον.

Η καινοτομία του έργου εντοπίζεται στην εφαρμογή μιας Phygital προσέγγισης, η οποία υλοποιείται μέσω ενός φυσικού επιτραπέζιου ταμπλό που αλληλεπιδρά άμεσα με ψηφιακές τεχνολογίες. Ειδικότερα, για το ψηφιακό σκέλος αξιοποιείται η πλατφόρμα ARTutor για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), καθώς και εργαλεία δημιουργίας διαδραστικού περιεχομένου (όπως το H5P) για τον σχεδιασμό των ψηφιακών γρίφων και ερωτήσεων. Μέσα από το αφηγηματικό σενάριο διάσωσης μιας οικολογικής φάρμας, οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν, να λύσουν προβλήματα και να κατανοήσουν βιωματικά τη σημασία της προστασίας του περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο αυτό, οι επιμέρους στόχοι της εργασίας εστιάζουν στη διερεύνηση των ακόλουθων ερευνητικών ερωτημάτων:

RQ1: Πώς μπορεί να σχεδιαστεί ένα Phygital εκπαιδευτικό παιχνίδι ώστε να υποστηρίζει την ενεργό συμμετοχή, τη συνεργατική μάθηση και την εμπλοκή μαθητών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης;

RQ2: Πώς μπορούν να ενσωματωθούν περιβαλλοντικές έννοιες και πρακτικές αειφορίας σε ένα Phygital εκπαιδευτικό παιχνίδι με τρόπο παιδαγωγικά τεκμηριωμένο και συνεκτικό ως προς τη δομή και τους μηχανισμούς του παιχνιδιού;

RQ3: Με ποιους σχεδιαστικούς μηχανισμούς μπορούν να ενσωματωθούν στοιχεία επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και υπολογιστικής σκέψης στις δραστηριότητες ενός Phygital εκπαιδευτικού παιχνιδιού;

Τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα έχουν σχεδιαστικό και αναπτυξιακό χαρακτήρα και αντανakλούν τη φύση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η εργασία δεν αποσκοπεί στην εμπειρική μέτρηση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας του παιχνιδιού σε πραγματικό δείγμα μαθητών, αλλά στη συστηματική τεκμηρίωση του σχεδιασμού, της παιδαγωγικής στόχευσης, των μηχανισμών παιχνιδιού και της τεχνολογικής υλοποίησης του προτεινόμενου Phygital εκπαιδευτικού περιβάλλοντος.

1.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση

Για την επίτευξη των στόχων της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθείται μια σχεδιαστική και αναπτυξιακή μεθοδολογική προσέγγιση, η οποία οργανώνεται σε τέσσερις διακριτές αλλά αλληλένδετες φάσεις.

1. Φάση Θεωρητικής Τεκμηρίωσης:

Πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση με επίκεντρο τη Διδακτική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, την Υπολογιστική Σκέψη, την Ψηφιακή Παιγνιώδη Μάθηση, τα Phygital εκπαιδευτικά παιχνίδια και τα εκπαιδευτικά δωμάτια απόδρασης. Παράλληλα, εξετάζονται σχετικές εφαρμογές και μελέτες περίπτωσης, ώστε να εντοπιστούν σχεδιαστικές πρακτικές και χαρακτηριστικά που μπορούν να αξιοποιηθούν στην ανάπτυξη του προτεινόμενου παιχνιδιού.

2. Φάση Εκπαιδευτικού και Παιγνιώδους Σχεδιασμού:

Η σύλληψη και η αρχιτεκτονική του παιχνιδιού «I_earn: Eco-Farm Rescue» οργανώνονται βάσει του Οδηγού Σχεδιασμού Παιχνιδιών «Λεύκιππος». Σε αυτή τη φάση καθορίζονται το εκπαιδευτικό πλαίσιο, η ομάδα-στόχος, οι μαθησιακοί στόχοι, η αφήγηση, οι ρόλοι των παικτών, οι κανόνες, οι μηχανισμοί παιχνιδιού, η δομή των αποστολών και η αλληλουχία του gameplay.

3. Φάση Υλοποίησης:

Η πρακτική ανάπτυξη ακολουθεί την Phygital προσέγγιση, συνδυάζοντας φυσικά και ψηφιακά στοιχεία. Σχεδιάζονται το φυσικό επιτραπέζιο ταμπλό, οι κάρτες αποστολών, οι κάρτες υπόπτων, το εναρκτήριο γράμμα και το έντυπο καταγραφής. Παράλληλα, υλοποιείται το ψηφιακό σκέλος μέσω της πλατφόρμας ARTutor για την αναγνώριση των φυσικών δεικτών και τη σύνδεση με το ψηφιακό περιεχόμενο και μέσω του H5P για τη δημιουργία των διαδραστικών γρίφων, των ερωτήσεων και των μηχανισμών ανατροφοδότησης.

4. Φάση Σχεδιαστικής Αποτίμησης και Μελλοντικής Αξιολόγησης:

Η υλοποιημένη εφαρμογή αποτιμάται θεωρητικά και σχεδιαστικά μέσω της ρουμπρίκας Game Design Document (GDD) και Storyboard. Η αποτίμηση επικεντρώνεται στην πληρότητα των σχεδιαστικών στοιχείων, στη σαφήνεια των κανόνων, στη λογική ροή, στην ποιότητα των μηχανισμών και στην αναγνώριση περιορισμών. Για τη μελλοντική εμπειρική διερεύνηση της ευχρηστίας προτείνεται η αξιοποίηση της κλίμακας System Usability Scale (SUS) μετά από εφαρμογή του παιχνιδιού σε πραγματικούς χρήστες.

Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, εργαλεία Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκαν υποστηρικτικά για ιδεοθύελλα, παραγωγή προσχεδίων κειμένου, δημιουργία οπτικού υλικού και γλωσσική επιμέλεια. Η τελική επιλογή, αξιολόγηση, προσαρμογή και ενσωμάτωση του παραγόμενου υλικού παρέμεινε υπό τον έλεγχο του συγγραφέα, σύμφωνα με την αρχή Human-in-the-Loop.

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται συνολικά σε πέντε (5) βασικά κεφάλαια, ακολουθώντας την εξής δομή:

- Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή. Παρουσιάζεται η ισχυρή εκπαιδευτική αναγκαιότητα που εξυπηρετεί το παιχνίδι (γιατί είναι κρίσιμη η ενασχόληση με το συγκεκριμένο αντικείμενο), το τεχνολογικό του πλαίσιο, καθώς και ο σκοπός, τα ερευνητικά ερωτήματα και η μεθοδολογία της εργασίας.
- Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό Πλαίσιο και Διδακτική Προσέγγιση. Αναλύεται η Διδακτική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και της Υπολογιστικής Σκέψης. Εξετάζονται οι δυνατότητες των Phygital παιχνιδιών και ακολουθεί εκτενής κριτική ανασκόπηση υφιστάμενων εφαρμογών, αποσαφηνίζοντας ποια στοιχεία υιοθετήθηκαν και πού διαφοροποιείται η παρούσα εφαρμογή.
- Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Παιχνιδιού. Αποτελεί τον πρακτικό πυρήνα της εργασίας. Αναλύεται η ανάπτυξη του παιχνιδιού βάσει του Οδηγού Game Design «Λεύκιππος». Επιπλέον, παρουσιάζονται τα τεχνολογικά εργαλεία υλοποίησης (ARTutor, H5P) και περιγράφεται διεξοδικά η δημιουργία του φυσικού ταμπλό, των καρτών (χρώματα, πόντοι), η διαδικασία σάρωσης μέσω ARTutor, οι γρίφοι στο H5P, καθώς και οι κανόνες και οι μηχανισμοί απόδρασης, πλαισιωμένα από ενδεικτικές οθόνες της εφαρμογής.
- Κεφάλαιο 4: Η Αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) στη Διπλωματική Εργασία. Αφιερώνεται αποκλειστικά στην τεκμηρίωση της χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης κατά την εκπόνηση του έργου. Παρατίθεται αναλυτικό ημερολόγιο καταγραφής και τα ακριβή prompts που χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη της βιβλιογραφικής έρευνας και του σχεδιασμού.
- Κεφάλαιο 5: Αξιολόγηση και Συμπεράσματα. Παρουσιάζεται η αξιολόγηση της εφαρμογής μέσω της ρουμπρίκας αυτοαξιολόγησης (GDD), ενώ προτείνεται η αξιοποίηση της Κλίμακας System Usability Scale (SUS) για μελλοντική αξιολόγηση της ευχρηστίας και της εμπειρίας χρήστη. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση των τελικών συμπερασμάτων της έρευνας, τους περιορισμούς, καθώς και προτάσεις για μελλοντικό εμπλουτισμό και εφαρμογή στη σχολική τάξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Το παρόν κεφάλαιο οριοθετεί το θεωρητικό και διδακτικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο δομείται ο σχεδιασμός του εκπαιδευτικού παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue". Απομακρυνόμενο από τα γενικά και αφηρημένα παιδαγωγικά μοντέλα, το κεφάλαιο εστιάζει αυστηρά στη στοχευμένη Διδακτική του αντικειμένου της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και της Υπολογιστικής Σκέψης, εξετάζοντας πώς οι έννοιες αυτές μπορούν να μεταδοθούν αποτελεσματικά σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Ενότητα 2.1). Στη συνέχεια, αναλύονται τα δομικά χαρακτηριστικά και η εκπαιδευτική αξία των υβριδικών (Physical-Digital) επιτραπέζιων παιχνιδιών, τα οποία γεφυρώνουν τον φυσικό με τον ψηφιακό κόσμο (Ενότητα 2.2). Προκειμένου να τεκμηριωθεί η καινοτομία της παρούσας παρέμβασης, ακολουθεί μια εκτενής, κριτική ανασκόπηση και συγκριτική ανάλυση υφιστάμενων εκπαιδευτικών παιχνιδιών, αποσαφηνίζοντας τα στοιχεία που υιοθετήθηκαν και τις ειδοποιούς διαφορές του δικού μας έργου (Ενότητα 2.3).

2.1 Η Διδακτική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην Πρωτοβάθμια

Η αποτελεσματική ενσωμάτωση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Education for Sustainable Development - ESD) στην πρωτοβάθμια βαθμίδα προϋποθέτει τη ριζική μετάβαση από την παραδοσιακή δασκαλοκεντρική μετάδοση πληροφοριών σε ένα δυναμικό, βιωματικό και πολυδιάστατο μοντέλο μάθησης. Η παρούσα ενότητα αναλύει διεξοδικά τις σύγχρονες παιδαγωγικές προκλήσεις, δίνοντας έμφαση στο θεωρητικό πλαίσιο των «ικανοτήτων βιωσιμότητας» που καλούνται να αναπτύξουν οι μαθητές (Ενότητα 2.1.1). Ακολούθως, τεκμηριώνεται επιστημονικά η καταλυτική συμβολή της Ψηφιακής Παιγνιώδους Μάθησης και της Παιχνιδοποίησης στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της θεωρητικής γνώσης και της έμπρακτης αλλαγής συμπεριφοράς (Ενότητα 2.1.2). Τέλος, εξετάζεται η άρρηκτη σύνδεση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης με την Υπολογιστική Σκέψη, η οποία αναδεικνύεται ως το πλέον κατάλληλο γνωστικό εργαλείο για την αποδόμηση και επίλυση περίπλοκων οικολογικών προβλημάτων (Ενότητα 2.1.3).

2.1.1 Σύγχρονες προκλήσεις και οι «Ικανότητες Βιωσιμότητας» (Sustainability Competences)

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής και η εντεινόμενη βιομηχανική δραστηριότητα έχουν επιφέρει ραγδαία περιβαλλοντική υποβάθμιση, με φαινόμενα όπως η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση των υδάτων και η εξάντληση των φυσικών πόρων να απειλούν την παγκόσμια ισορροπία

(Dolenc Orbanić & Konač, 2021). Η αντιμετώπιση αυτής της παγκόσμιας κρίσης καθιστά επιτακτική την καλλιέργεια περιβαλλοντικού γραμματισμού ήδη από την προσχολική και την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, μια περίοδο επιστημονικά αναγνωρισμένη ως απολύτως καθοριστική για τη διαμόρφωση θεμελιωδών στάσεων, συναισθηματικών δεσμών και ηθικών αξιών απέναντι στο φυσικό περιβάλλον (Dolenc Orbanić & Konač, 2021). Ωστόσο, η περιβαλλοντική συνείδηση δεν είναι μονοδιάστατη· αποτελεί ένα σύνθετο κατασκεύασμα που περιλαμβάνει την περιβαλλοντική επίγνωση (κατανόηση κινδύνων), τις στάσεις (αξίες και ενσυναίσθηση) και τη συμπεριφορά (προσωπική, καθημερινή δράση) (Dolenc Orbanić & Konač, 2021). Η παραδοσιακή διδασκαλία συχνά εστιάζει αποκλειστικά στη γνωστική διάσταση, αδυνατώντας να εμπλέξει τους μαθητές στο επίπεδο της έμπρακτης συμπεριφοράς.

Για να υπερκεραστεί αυτός ο σκόπελος, η σύγχρονη βιβλιογραφία προκρίνει την ανάπτυξη συγκεκριμένων «ικανοτήτων βιωσιμότητας» (sustainability competences) στο Δημοτικό σχολείο. Σε μια εκτενή συστηματική ανασκόπησή τους, οι Vesterinen και Ratinen (2024) εντόπισαν και κωδικοποίησαν πέντε (5) κομβικές ικανότητες που πρέπει να καθοδηγούν τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό (Vesterinen & Ratinen, 2024):

1. **Συστημική Σκέψη (Systems Thinking Competence):** Αφορά την ικανότητα των μαθητών να κατανοούν πολύπλοκα συστήματα και τις αλυσίδες αιτίου-αποτελέσματος (Vesterinen & Ratinen, 2024). Για παράδειγμα, η κατανόηση του πώς η τοπική κατανάλωση ενέργειας συνδέεται άμεσα με παγκόσμια κλιματικά φαινόμενα.
2. **Σκέψη για το Μέλλον (Futures Thinking Competence):** Η αξιοποίηση της φαντασίας και της προβλεπτικής ικανότητας για τη δημιουργία σεναρίων βιωσιμότητας, επιτρέποντας στους μαθητές να οραματιστούν τις μακροπρόθεσμες συνέπειες των πράξεων της ανθρωπότητας (Vesterinen & Ratinen, 2024).
3. **Σκέψη βασισμένη σε Αξίες (Values Thinking Competence):** Περιλαμβάνει την ηθική διαπραγμάτευση και την ενσυναίσθηση, όπου μέσα από τον διάλογο τα παιδιά διαμορφώνουν κριτική άποψη για την οικολογική ισότητα και δικαιοσύνη (Vesterinen & Ratinen, 2024).

4. **Προσανατολισμένη στη Δράση Ικανότητα (Action-oriented Competence):** Σχετίζεται με την πρακτική εφαρμογή στρατηγικών λύσεων και την «ενδυνάμωση» (empowerment) των μαθητών, ώστε να νιώθουν ικανοί να επιφέρουν θετική αλλαγή στο τοπικό τους περιβάλλον (Vesterinen & Ratinen, 2024).
5. **Ικανότητα Συνεργασίας (Collaboration Competence):** Η ικανότητα των μαθητών να παρακινούν, να συμμετέχουν και να επιλύουν συλλογικά προβλήματα (Vesterinen & Ratinen, 2024). Οι συγγραφείς τοποθετούν αυτή την ικανότητα στο κέντρο του διδακτικού τους μοντέλου (flower model), τεκμηριώνοντας ότι η συνεργασία μεταξύ συνομηλίκων και εκπαιδευτικών αποτελεί τον βασικό πυρήνα γύρω από τον οποίο αναπτύσσονται όλες οι υπόλοιπες ικανότητες (Vesterinen & Ratinen, 2024).

Η διευκόλυνση της μετάδοσης αυτών των σύνθετων ικανοτήτων επιτυγχάνεται εντυπωσιακά μέσω της αφηγηματικής εκπαίδευσης (narrative-based education). Σε αντίθεση με την παραδοσιακή λογική-επιστημονική παράθεση γεγονότων (η οποία ακολουθεί αυστηρά παραγωγικούς συλλογισμούς), η αφήγηση λειτουργεί επαγωγικά, προκαλώντας ισχυρότερη συναισθηματική εμπλοκή και διευκολύνοντας την κατανόηση (Yang κ.ά., 2022). Σε πειραματική έρευνα των Yang κ.ά. (2022) με μαθητές ηλικίας 6-8 ετών (Α' και Β' Δημοτικού), η χρήση οπτικοακουστικών αφηγήσεων (σειρά σύντομων βίντεο) με θέμα την προστασία των άγριων ζώων απέδειξε ότι οι μαθητές ταυτίζονται με τους χαρακτήρες και κατανοούν βαθύτερα τα οικολογικά μηνύματα (Yang κ.ά., 2022). Τα αποτελέσματα της μελέτης τους (δύο πειραματικές φάσεις με ομάδες ελέγχου) έδειξαν στατιστικά σημαντική αύξηση της περιβαλλοντικής γνώσης και βελτίωση της θετικής περιβαλλοντικής στάσης των παιδιών, ειδικά όταν η αφηγηματική παρέμβαση είχε χρονική διάρκεια και συνέχεια (Yang κ.ά., 2022). Ωστόσο, ένα εξαιρετικά κρίσιμο εύρημα της ίδιας έρευνας κατέδειξε ότι η πρόθεση για ουσιαστική αλλαγή συμπεριφοράς (pro-environmental behavioral intention) δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά βραχυπρόθεσμα, αναδεικνύοντας το γεγονός ότι η αλλαγή της ανθρώπινης συμπεριφοράς απαιτεί συνεχή πρακτική άσκηση, διάδραση και εργαλεία που επιτρέπουν τη δοκιμή επιλογών στην πράξη (Yang κ.ά., 2022).

2.1.2 Η συμβολή της Ψηφιακής Παιγνιώδους Μάθησης (DGBL) και της Παιχνιδοποίησης (Gamification)

Προκειμένου να καλυφθεί το συγκεκριμένο συμπεριφορικό κενό (behavioral gap) που εντοπίζεται στις αμιγώς αφηγηματικές ή παραδοσιακές παρεμβάσεις, η Ψηφιακή Παιγνιώδης Μάθηση (Digital Game-Based Learning - DGBL) αναδεικνύεται ως η πλέον ενδεδειγμένη διδακτική στρατηγική. Όπως τεκμηριώνουν οι Janakiraman κ.ά. (2021) μέσω εκτενούς έρευνας μεικτής μεθοδολογίας, τα ψηφιακά παιχνίδια υπερβαίνουν την απλή παροχή πληροφοριών, προσφέροντας στους μαθητές ένα ασφαλές πλαίσιο προσομοίωσης όπου μπορούν να πειραματιστούν, να λάβουν στρατηγικές αποφάσεις και να παρατηρήσουν τις άμεσες συνέπειες των πράξεών τους (Janakiraman κ.ά., 2021). Στην πραγματική ζωή, οι καταστροφικές συνέπειες μιας κακής περιβαλλοντικής πρακτικής καθυστερούν να γίνουν ορατές, όμως εντός του παιχνιδιού η άμεση οπτική ανατροφοδότηση βοηθά τον μαθητή να εσωτερικεύσει την έννοια της βιωσιμότητας (Janakiraman κ.ά., 2021).

Στη μελέτη τους, οι Janakiraman κ.ά. (2021) αξιολόγησαν τον αντίκτυπο του ψηφιακού παιχνιδιού "EnerCities", στο οποίο οι συμμετέχοντες ανέλαβαν ρόλους πολεοδόμων με στόχο τη δημιουργία μιας βιώσιμης πόλης, εξισορροπώντας την οικονομία, τους φυσικούς πόρους και την ευημερία των πολιτών (Janakiraman κ.ά., 2021). Τα ευρήματά τους, που προέκυψαν τόσο από ποσοτικά (ερωτηματολόγια ALI - Attitudinal Learning Instrument) όσο και από ποιοτικά δεδομένα (συνεντεύξεις), επιβεβαίωσαν ότι το παιχνίδι ενεργοποιεί δυναμικά τη μαθησιακή διαδικασία σε πολλαπλά επίπεδα (Janakiraman κ.ά., 2021):

- **Γνωστική μάθηση:** Ανάπτυξη συστημικής σκέψης, καθώς οι μαθητές συνειδητοποίησαν τη διασύνδεση μεταξύ βιομηχανικών αποφάσεων και της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων (Janakiraman κ.ά., 2021).
- **Συναισθηματική μάθηση (Affective Learning):** Δημιουργία ισχυρής ενσυναίσθησης. Οι μαθητές ανέφεραν συναισθήματα θλίψης όταν ο δείκτης ευτυχίας (smiley face) στο παιχνίδι μετατρεπόταν σε λυπημένο πρόσωπο λόγω των ρυπογόνων επιλογών τους, γεγονός που γέννησε μια επείγουσα ανάγκη για διόρθωση (Janakiraman κ.ά., 2021).

- **Συμπεριφορική μάθηση:** Η βιωματική κατανόηση ότι στην πραγματική ζωή δεν υπάρχει η δυνατότητα επανεκκίνησης («no second chance» όπως στο παιχνίδι), οδήγησε τους μαθητές στην υιοθέτηση πραγματικών, καθημερινών συνηθειών, όπως η εξοικονόμηση νερού και ηλεκτρικού ρεύματος (Janakiraman κ.ά., 2021).

Παράλληλα με τα παιχνίδια προσομοίωσης, η Παιχνιδοποίηση (Gamification) -η στρατηγική εισαγωγή μηχανισμών παιχνιδιού σε καθαρά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα- αποτελεί εξαιρετικό διδακτικό εργαλείο, ειδικά για την εμπέδωση των πρακτικών της κυκλικής οικονομίας και του κανόνα των 4R (Μείωση - Reduce, Επαναχρησιμοποίηση - Reuse, Ανακύκλωση - Recycle, Ανάκτηση - Recover) (Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022). Σε ποιοτική έρευνα με μαθητές Γ' Δημοτικού, οι Ricoy και Sánchez-Martínez (2022) απέδειξαν πώς η χρήση ψηφιακών μέσων (όπως διαδραστικοί πίνακες, tablets και εκπαιδευτικές εφαρμογές) στο πλαίσιο παιγνιδιών περιβαλλοντικών αποστολών ενίσχυσε εντυπωσιακά τόσο την οικολογική ευαισθητοποίηση όσο και τον ψηφιακό γραμματισμό των παιδιών (Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022). Παρακινούμενα από στοιχεία του παιχνιδιού, όπως οι διαδραστικές προκλήσεις σωστής ταξινόμησης απορριμμάτων υπό πίεση χρόνου (π.χ. παιχνίδια ανακύκλωσης σε tablet), τα παιδιά μείωσαν την κατανάλωση χαρτιού, επαναχρησιμοποίησαν πλαστικά είδη στην τάξη και το σπίτι, και ανέπτυξαν ισχυρές δεξιότητες συνεργασίας (Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022).

Το ακαδημαϊκό υπόβαθρο που εξηγεί γιατί η παιχνιδοποίηση επιτυγχάνει αυτά τα απτά συμπεριφορικά αποτελέσματα αναλύεται από τους Hsu και Chen (2021) μέσω της ενσωμάτωσης του γνωστικού-συναισθηματικού μοντέλου (cognitive-affective model) και του μοντέλου προσδοκίας-επιβεβαίωσης (Expectation-Confirmation Model - ECM) (Hsu & Chen, 2021). Μέσα από τη χρήση δομικών μοντέλων εξισώσεων (SEM), οι ερευνητές απέδειξαν ότι η πρόθεση των χρηστών να συνεχίσουν μια φιλοπεριβαλλοντική δράση εξαρτάται άμεσα από την αξιολόγηση δύο κρίσιμων διαστάσεων (Hsu & Chen, 2021):

1. **Ωφελιμιστική Αξία (Utilitarian Value):** Σχετίζεται με τη λειτουργικότητα, την αποτελεσματικότητα (effectiveness) και την αποδοτικότητα (efficiency) του συστήματος. Η αξία αυτή διαμορφώνει τη γνωστική στάση του χρήστη (Hsu & Chen, 2021).

2. **Ηδονική Αξία (Hedonic Value):** Αφορά αποκλειστικά την «παιγνιώδη διάθεση» (playfulness) και τη διασκέδαση, η οποία καθορίζει τη συναισθηματική στάση του χρήστη και την επιθυμία του για συνεχή εμπλοκή (Hsu & Chen, 2021).

Όταν ο σχεδιασμός ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού συνδυάζει οργανικά την αποτελεσματική μάθηση (utilitarian) με τη διασκέδαση (hedonic), δημιουργεί επίπεδα ικανοποίησης (satisfaction) που επιβεβαιώνουν ή και υπερβαίνουν τις αρχικές προσδοκίες (positive confirmation), οδηγώντας τους μαθητές στην υιοθέτηση μόνιμων οικολογικών συμπεριφορών (Hsu & Chen, 2021).

2.1.3 Η Υπολογιστική Σκέψη ως εργαλείο επίλυσης οικολογικών προβλημάτων

Στη διασταύρωση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και της Ψηφιακής Παιγνιώδους Μάθησης δεσπόζει η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης (Computational Thinking). Αν και παραδοσιακά συνδέεται αποκλειστικά με την επιστήμη των υπολογιστών και τον προγραμματισμό, η Υπολογιστική Σκέψη αποτελεί στην πραγματικότητα μια οριζόντια, αναλυτική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, απολύτως απαραίτητη για την αποκωδικοποίηση της πολυπλοκότητας των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Στο πλαίσιο των υβριδικών (Phygital) παιχνιδιών και των δωματίων απόδρασης (escape rooms), οι άξονες της Υπολογιστικής Σκέψης εφαρμόζονται ως ο κύριος μηχανισμός (mechanic) μέσω του οποίου οι μαθητές προσπερνούν τα εμπόδια. Συγκεκριμένα:

- **Αποσύνθεση (Decomposition):** Τα ευρύτερα και χαώδη οικολογικά προβλήματα (όπως π.χ. «η ρύπανση μιας φάρμας») διασπώνται από τους παίκτες σε μικρότερα, διαχειρίσιμα υπο-προβλήματα (π.χ. διαλογή απορριμμάτων, καθαρισμός νερού, αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας), τα οποία μπορούν να επιλυθούν μεμονωμένα.
- **Αναγνώριση Μοτίβων (Pattern Recognition):** Οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν δεδομένα (είτε στο φυσικό ταμπλό είτε μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας) και να αναγνωρίσουν επαναλαμβανόμενες τάσεις ή φυσικούς κύκλους. Η αναγνώριση αυτών των μοτίβων (π.χ. οι κύκλοι ζωής των φυτών ή τα σύμβολα ανακύκλωσης) αποτελεί το κλειδί για το ξεκλείδωμα των ψηφιακών γρίφων.

- **Αλγοριθμική Σκέψη (Algorithmic Thinking):** Για την ολοκλήρωση μιας περιβαλλοντικής αποστολής (όπως η φύτευση ενός βιολογικού λαχανόκηπου), οι μαθητές πρέπει να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν μια αυστηρή, διαδοχική σειρά λογικών βημάτων (π.χ. προετοιμασία εδάφους, λίπανση, σπορά, άρδευση). Οποιοδήποτε λάθος στην αλληλουχία οδηγεί σε αποτυχία του «αλγορίθμου» και του γρίφου.
- **Λογική υπό συνθήκη (Conditionals):** Οι μαθητές καλούνται να λάβουν αποφάσεις διαχείρισης κρίσεων βασισμένοι σε μεταβαλλόμενα δεδομένα ("IF/THEN"), μαθαίνοντας να προσαρμόζουν τη στρατηγική τους ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. επιλογή πηγής ενέργειας ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες).

Συμπερασματικά, η ένταξη της Υπολογιστικής Σκέψης στη διδακτική μεθοδολογία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης προσφέρει ένα δομημένο πλαίσιο μέσα στο οποίο τα παιδιά δεν αντιμετωπίζουν τα οικολογικά ζητήματα ως άλυτα, παγκόσμια βάρη, αλλά ως λογικούς γρίφους που, με τη σωστή στρατηγική, τη συνεργασία και τη συστηματική ανάλυση, μπορούν να λυθούν επιτυχώς.

2.2 Υβριδικά (Phygital) Επιτραπέζια Παιχνίδια: Χαρακτηριστικά και Εκπαιδευτική Αξία

Τα υβριδικά περιβάλλοντα μάθησης (Physical-Digital ή Phygital) αποτελούν ένα από τα πλέον υποσχόμενα και ραγδαία αναπτυσσόμενα πεδία της σύγχρονης εκπαιδευτικής τεχνολογίας, προσφέροντας νέους δρόμους για τη γεφύρωση του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Στην παρούσα ενότητα αναλύεται σε βάθος η θεωρητική τεκμηρίωση και η προστιθέμενη διδακτική αξία αυτών των συστημάτων, εστιάζοντας στη μετάβαση από τη φυσική διάδραση στα περιβάλλοντα Phygital, στα δομικά τους χαρακτηριστικά, στις τεχνολογικές υποδομές που τα υποστηρίζουν, καθώς και στην κρίσιμη παράμετρο του χρόνου ενσωμάτωσης (timing) στη διδακτική πράξη.

2.2.1 Η μετάβαση από τη φυσική διάδραση στα περιβάλλοντα Phygital

Η εκπαιδευτική διαδικασία έχει παραδοσιακά στηριχθεί στον χειρισμό φυσικών αντικειμένων. Σύμφωνα με κορυφαίους θεωρητικούς της αναπτυξιακής ψυχολογίας και της παιδαγωγικής, όπως οι Piaget, Vygotsky, Bruner και Montessori, η σωματική διάδραση

και η απτότητα αποτελούν το βασικό «γυμναστήριο» για τη γνωστική ανάπτυξη των παιδιών. Τα απτά αντικείμενα επιτρέπουν στους μαθητές να εξερευνούν ολιστικά τον φυσικό κόσμο, αξιοποιώντας πολλαπλές αισθήσεις όπως η όραση, η αφή και η ακοή, κάτι που ενισχύει την εις βάθος κατανόηση και την απομνημόνευση. Επιπλέον, η χρήση απτών υλικών διευκολύνει δραστικά την κοινωνική αλληλεπίδραση, καθώς τα φυσικά αντικείμενα γίνονται αντικείμενο ταυτόχρονου χειρισμού από πολλά άτομα (μαθητές και εκπαιδευτικούς), θέτοντας τις βάσεις για την απόκτηση κρίσιμων επικοινωνιακών δεξιοτήτων.

Στον αντίποδα αυτής της προσέγγισης, η ραγδαία εμπορική εξάπλωση των αμιγώς ψηφιακών εφαρμογών –όπως τα εκπαιδευτικά προγράμματα σε οθόνες αφής– ενέχει τον αντικειμενικό κίνδυνο έκθεσης των μαθητών σε «φτωχά» μαθησιακά περιβάλλοντα. Στα περιβάλλοντα αυτά, η εμπειρία συχνά περιορίζεται σε ελάχιστες αισθητηριακές λειτουργίες (π.χ. το απλό άγγιγμα μιας επίπεδης οθόνης) και η αλληλεπίδραση τείνει να είναι σολιψιστική, απομονώνοντας τον μαθητή από το κοινωνικό του περιβάλλον. Αντιθέτως, τα φυσικά επιτραπέζια παιχνίδια απαιτούν ενεργή συμμετοχή και προάγουν με οργανικό τρόπο τη συνεργασία, την ομαδικότητα, την επικοινωνία και την επίλυση προβλημάτων, δημιουργώντας ένα δυναμικό περιβάλλον ομότιμης μάθησης (peer-based learning). Εκπαιδευτικοί που αξιοποιούν επιτραπέζια παιχνίδια στην τάξη αναγνωρίζουν ότι αυτά τα μέσα ενισχύουν την κριτική και στρατηγική σκέψη των μαθητών, προσφέροντας παράλληλα διασκέδαση και έντονη εμπλοκή.

Η απάντηση στο δίλημμα μεταξύ φυσικής παράδοσης και ψηφιακής καινοτομίας είναι η μετάβαση στα περιβάλλοντα Phygital. Η σύντηξη του φυσικού επιτραπέζιου παιχνιδιού με ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργεί το βέλτιστο υβριδικό περιβάλλον. Μέσω αυτής της μετάβασης, το εκπαιδευτικό σύστημα διατηρεί τα αναντικατάστατα οφέλη της δια ζώσης συνεργασίας, της απτότητας και της ομαδικότητας, ενώ ταυτόχρονα εισάγει τις απεριόριστες δυνατότητες του ψηφιακού κόσμου, όπως η δυναμική ανατροφοδότηση, η τρισδιάστατη οπτικοποίηση και τα σύνθετα πολυμέσα.

2.2.2 Δομικά χαρακτηριστικά και επιδράσεις στην Εμπειρία Χρήστη (UX)

Η προσέγγιση Phygital βασίζεται σε μια σειρά από θεμελιώδη χαρακτηριστικά που τη διαφοροποιούν τόσο από τα παραδοσιακά φυσικά παιχνίδια όσο και από τα αμιγώς ψηφιακά βιντεοπαιχνίδια. Μέσα από μια εκτενή συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση (αξιοποιώντας το πρωτόκολλο PRISMA) 26 μελετών της περιόδου 2020-2024, οι Osman κ.ά. (2026) εντόπισαν και κωδικοποίησαν επτά (7) βασικά δομικά χαρακτηριστικά των Phygital διεπαφών που εφαρμόζονται στην εκπαίδευση και την ψυχαγωγία:

1. **Υβριδοποίηση (Hybridization):** Η μοναδική ικανότητα ανάμειξης απτών συστατικών με ψηφιακά περιβάλλοντα, επιτρέποντας στους χρήστες να διαμορφώνουν τον κόσμο του παιχνιδιού μέσω φυσικών ενεργειών.
2. **Απτότητα (Tangibles):** Η δυνατότητα φυσικής αλληλεπίδρασης με αντικείμενα (π.χ. κάρτες, πιόνια, ταμπλό), προσφέροντας έναν διαισθητικό τρόπο σύνδεσης με την τεχνολογία μέσω του σωματικού χειρισμού ψηφιακών δεδομένων.
3. **Διαδραστικότητα (Interactivity):** Η παροχή ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο (real-time feedback) που ενισχύει τον έλεγχο και την αίσθηση αυτονομίας του χρήστη.
4. **Εξατομίκευση (Personalization/Customization):** Η δυνατότητα των διεπαφών να προσαρμόζουν το περιεχόμενο στις ατομικές ανάγκες και ικανότητες του μαθητή.
5. **Πολυαισθητηριακή Διάσταση (Multisensory/Multimodal):** Η ταυτόχρονη ενεργοποίηση όρασης, ακοής και αφής για βαθύτερη βύθιση (immersion) στον κόσμο του παιχνιδιού.
6. **Συνεργατική Συνάφεια (Contextual Relevance):** Η παροχή πληροφοριών που έχουν άμεσο νόημα βάσει του εκάστοτε φυσικού και μαθησιακού περιβάλλοντος.
7. **Τεχνολογική Ενσωμάτωση (Technology Integration):** Η απρόσκοπτη δικτύωση μεταξύ φυσικών και ψηφιακών στοιχείων μέσω αισθητήρων και καμερών.

Η παρουσία αυτών των χαρακτηριστικών επιδρά καταλυτικά στην Εμπειρία του Χρήστη (User Experience). Τα Phygital συστήματα αυξάνουν ραγδαία την ενεργό συμμετοχή (active

participation), τη συνδεσιμότητα (connectedness) και τη συνεργασία. Η Vidergor (2021), σε μια ευρεία ποσοτική έρευνα με δείγμα 528 μαθητές Δημοτικού σχολείου, μελέτησε την επίδραση των ψηφιακών δωματίων απόδρασης έναντι των απλών ψηφιακών παιχνιδιών. Αξιοποιώντας Μοντέλα Δομικών Εξισώσεων με Μερικά Ελάχιστα Τετράγωνα (PLS-SEM), η έρευνα απέδειξε ότι η «παιγνιώδης εμπειρία» (gameful experience) –η οποία συντίθεται από την παιγνιώδη διάθεση (playfulness), την αίσθηση επιτεύγματος (accomplishment) και την πρόκληση (challenge)– επιδρά άμεσα και στατιστικά σημαντικά στα εσωτερικά κίνητρα (motivation) και στη συνεργατικότητα των μαθητών. Οι μαθητές που συμμετείχαν σε περιβάλλοντα απόδρασης επέδειξαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα ομαδικής συνοχής (group cohesiveness) και αποτελεσματικότητας (group effectiveness).

Η πρακτική εφαρμογή των Phygital παιχνιδιών αποδεικνύεται εξίσου καταλυτική για τη γνωστική ανάπτυξη. Σε μελέτη τους, οι Wang κ.ά. (2023) σχεδίασαν το εκπαιδευτικό επιτραπέζιο παιχνίδι "The Golden Silk Road", το οποίο αξιοποιούσε τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) για την οπτικοποίηση ιστορικών και πολιτισμικών δεδομένων πάνω στο φυσικό ταμπλό. Η έρευνα διεξήχθη σε δείγμα 50 μαθητών ΣΤ' Δημοτικού (11-12 ετών) με ποσοτικά pre-tests/post-tests. Ο στατιστικός έλεγχος (paired-sample t-test) κατέδειξε στατιστικά σημαντική βελτίωση της πολιτισμικής γνωστικής ικανότητας των μαθητών ($t = -6.356$, $p < .001$). Παράλληλα, ο μέσος όρος συνολικής ικανοποίησης (UX) ανήλθε στο 3.99/5, επιβεβαιώνοντας ότι η οπτικοποίηση πολύπλοκων δεδομένων μέσω AR στον φυσικό χώρο λειτουργεί άκρως ενισχυτικά.

2.2.3 Τεχνολογικές Υποδομές: Από τους αισθητήρες RFID/NFC στην Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

Η υλοποίηση των Phygital παιχνιδιών δεν βασίζεται σε μία ενιαία τεχνολογία, αλλά σε ένα φάσμα τεχνολογικών υποδομών που επιλέγονται βάσει των μαθησιακών στόχων και του διαθέσιμου εξοπλισμού. Μία από τις πλέον εδραιωμένες τεχνολογίες στο πεδίο των υβριδικών εφαρμογών είναι η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID/NFC). Οι Miglino κ.ά. (2014) περιγράφουν πώς η ενσωμάτωση μικροσκοπικών, αόρατων αισθητήρων (tags) σε φυσικά αντικείμενα (όπως οι λογικά δομημένοι κύβοι στο πρόγραμμα "Block Magic" ή οι κάρτες επικοινωνίας PECS) επιτρέπει σε κρυφές κεραίες να αναγνωρίζουν τη φυσική κίνηση του μαθητή και να μεταδίδουν το σήμα σε υπολογιστές. Η τεχνολογία αυτή

χαρακτηρίζεται ως «οικολογική» και απολύτως μη-παρεμβατική, επιτρέποντας την αδιάκοπη συλλογή δεδομένων για τη δημιουργία του μαθησιακού προφίλ χωρίς να διαταράσσεται η δράση του παιδιού. Αυτή η συλλογή δεδομένων υποστηρίζει την ανάπτυξη Προσαρμοστικών Συστημάτων Διδασκαλίας (Adaptive Tutoring Systems), τα οποία εξατομικεύουν το παιχνίδι σε πραγματικό χρόνο.

Ωστόσο, για την ευρεία και οικονομικά βιώσιμη εφαρμογή σε τυπικές σχολικές τάξεις, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) με χρήση έξυπνων φορητών συσκευών (smartphones/tablets) υπερτερεί σημαντικά σε ευελιξία. Στη μελέτη του, ο Jayamaha (2024) ανέπτυξε το Phygital επιτραπέζιο "Waka Hourua" για τη διδασκαλία της ιστορίας. Αρχικά, εξέτασε την ενσωμάτωση Εικονικής Πραγματικότητας (VR), αλλά διαπίστωσε ότι οι συσκευές VR (π.χ. headsets) απομονώνουν τον χρήστη, περιορίζουν τη συλλογική δράση και απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό που συνήθως απουσιάζει από τα σχολεία. Αντίθετα, η τεχνολογία AR μέσω tablet κρίθηκε ιδανική. Το AR είναι εξαιρετικά φιλικό προς τον χρήστη, υποστηρίζει την ταυτόχρονη προβολή πολυμέσων (3D αντικείμενα, βίντεο, ήχος) πάνω σε φυσικές κάρτες και επιτρέπει στους μαθητές μιας ομάδας να μοιράζονται μία κοινή συσκευή, παρατηρώντας μαζί την οθόνη και συνεργαζόμενοι οπτικά και λεκτικά στον φυσικό χώρο. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα ανέφεραν ότι αυτή η υβριδική αλληλεπίδραση προκάλεσε έντονο ενθουσιασμό και ενίσχυσε εντυπωσιακά την ομαδική επικοινωνία. Παρομοίως, οι Wang κ.ά. (2023) επισημαίνουν ότι οι φορητές συσκευές είναι ελαφριές, ευέλικτες και συνάδουν απόλυτα με τις ανάγκες των σύγχρονων μεθόδων παιγνιώδους μάθησης.

2.2.4 Η σημασία του χρόνου ενσωμάτωσης (Timing) του παιχνιδιού στη μαθησιακή διαδικασία

Μία εξαιρετικά κρίσιμη παράμετρος κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού Phygital παιχνιδιού είναι ο χρόνος (timing) που το παιχνίδι εισάγεται στους μαθητές σε σχέση με τη διδασκαλία της ύλης (π.χ. πριν το μάθημα στο σπίτι ως ανακάλυψη ή μέσα στη σχολική τάξη ως εφαρμογή). Το ζήτημα του εάν το παιχνίδι πρέπει να προηγείται ή να έπεται της άμεσης διδασκαλίας μελετήθηκε επισταμένα από τους Buchner κ.ά. (2022). Στο πείραμά τους, αξιοποιώντας το θεωρητικό πλαίσιο της Θεωρίας Γνωστικού Φορτίου (Cognitive Load Theory) και της Παραγωγικής Αποτυχίας (Productive Failure), συνέκριναν δύο ομάδες μαθητών που έπαιξαν ένα ψηφιακό δωμάτιο απόδρασης: την

ομάδα "Instruction-first" (άμεση διδασκαλία και μετά παιχνίδι) και την ομάδα "Problem-solving-first" (παιχνίδι και μετά διδασκαλία). Τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων (Mann-Whitney) κατέδειξαν ότι η προσέγγιση "Instruction-first" είναι στατιστικά σημαντικά πιο αποτελεσματική για τη διατήρηση της γνώσης (knowledge retention) ($p < 0.05$) και την ανάπτυξη αυτο-αποτελεσματικότητας (domain-specific self-efficacy) ($p < 0.05$), καθώς προετοιμάζει τον μαθητή και μειώνει κατακόρυφα το εγγενές γνωστικό φορτίο (intrinsic cognitive load) που προκαλεί η πολυπλοκότητα των γρίφων.

Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται και επεκτείνονται από την πειραματική μελέτη των Zhang κ.ά. (2025) σε δείγμα 68 μαθητών Β' Δημοτικού. Η έρευνα συνέκρινε τη χρήση του παιχνιδιού AR "Easy Sign Language" πριν το μάθημα στο σπίτι (before-class group) έναντι της χρήσης του μέσα στη σχολική τάξη (in-class group). Μέσω στατιστικών ελέγχων (Mann-Whitney U-tests), διαπιστώθηκε ότι η ομάδα που έπαιξε εντός της τάξης παρουσίασε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη μαθησιακή επίδοση στο post-test ($U = 292, p = 0.019$) και δραματικά μεγαλύτερη αποδοχή (acceptance) της εφαρμογής ως προς τη χρησιμότητά της ($p < 0.001$).

Σύμφωνα με τους ερευνητές, αυτή η διαφοροποίηση εξηγείται μέσω της θεωρίας του «ξεθωριάσματος της συγκεκριμενοποίησης» (concreteness fading theory): το παιχνίδι AR παρέχει συγκεκριμένες, απτές αναπαραστάσεις που βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τις αφηρημένες έννοιες που μόλις διδάχθηκαν από τον εκπαιδευτικό. Επιπλέον, το timing διαμορφώνει την οπτική και τον στόχο του μαθητή: όταν το παιχνίδι δίνεται πριν το μάθημα στο σπίτι, τα παιδιά τείνουν να το προσεγγίζουν καθαρά ως εργαλείο ψυχαγωγίας, εστιάζοντας στα στοιχεία περιπέτειας και αγνοώντας την εκπαιδευτική του πτυχή. Αντίθετα, η χρήση του μέσα στην τάξη οδηγεί τους μαθητές να το αντιληφθούν συνειδητά ως ένα ελκυστικό μαθησιακό εργαλείο, εστιάζοντας στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Τέλος, η εφαρμογή εντός της τάξης αμβλύνει και τις ανησυχίες των γονέων σχετικά με το κόστος του εξοπλισμού στο σπίτι και τους ενδεχόμενους κινδύνους από την παρατεταμένη χρήση οθονών. Η ενσωμάτωση του Phygital παιχνιδιού απαιτεί, επιπρόσθετα, μια δομημένη φάση αναστοχασμού (debriefing) στο τέλος, προκειμένου οι μαθητές να αποπλαισιώσουν τη γνώση από τον κόσμο του

παιχνιδιού και να τη μεταφέρουν (transfer) στην πραγματική ζωή, επιλύοντας τυχόν παρανοήσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της ταχείας επίλυσης των γρίφων.

2.3 Κριτική Ανασκόπηση και Συγκριτική Ανάλυση Σχετικών Παιχνιδιών

Η ανάπτυξη ενός καινοτόμου εκπαιδευτικού υβριδικού παιχνιδιού προϋποθέτει την εις βάθος μελέτη, αξιολόγηση και σύγκριση των υφιστάμενων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων. Η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση των Makri κ.ά. (2021) καταδεικνύει ότι τα Ψηφιακά Εκπαιδευτικά Δωμάτια Απόδρασης (Digital Educational Escape Rooms - DEERs) γνωρίζουν ραγδαία άνθιση, παρέχοντας πολυάριθμα παραδείγματα προς μελέτη (Makri κ.ά., 2021). Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά σημαντικές μελέτες περίπτωσης (case studies) από τη διεθνή βιβλιογραφία (Ενότητα 2.3.1), προκειμένου να αποσαφηνιστούν, στη συνέχεια, τα στοιχεία που υιοθετήθηκαν και εκείνα που διαφοροποιούν στρατηγικά τον σχεδιασμό του "I_earn: Eco-Farm Rescue" (Ενότητα 2.3.2).

2.3.1 Μελέτη περιπτώσεων ψηφιακών και υβριδικών εφαρμογών

Η ανάλυση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας αποκαλύπτει μια ποικιλία προσεγγίσεων, από αμιγώς ψηφιακές προσομοιώσεις έως σύνθετα Phygital περιβάλλοντα που συνδυάζουν τη φυσική διάδραση με την Επαυξημένη (AR) και Μεικτή Πραγματικότητα (MR).

A. Ψηφιακές Προσομοιώσεις και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Στο πεδίο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, οι Janakiraman κ.ά. (2021) εξέτασαν το τρισδιάστατο ψηφιακό παιχνίδι "EnerCities", στο οποίο οι μαθητές αναλαμβάνουν τον ρόλο πολεοδόμων με στόχο τη δημιουργία μιας βιώσιμης πόλης (Janakiraman κ.ά., 2021). Η έρευνα, που βασίστηκε σε μεικτή μεθοδολογία (ποσοτικά ερωτηματολόγια ALI και ποιοτικές συνεντεύξεις), κατέδειξε ότι η ψηφιακή προσομοίωση πέτυχε υψηλή γνωστική και συναισθηματική εμπλοκή, καθώς οι μαθητές παρατηρούσαν άμεσα τις επιπτώσεις των αποφάσεών τους (π.χ. πτώση της ευτυχίας των πολιτών λόγω ρύπανσης) (Janakiraman κ.ά., 2021). Παρομοίως, οι Ricoy και Sánchez-Martínez (2022) εφάρμοσαν ψηφιακές αποστολές σε μαθητές 8-9 ετών, αξιοποιώντας εφαρμογές σε tablets (κάμερες, ζωγραφική, κούιζ) για την εκμάθηση του κανόνα των 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recover) (Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022). Και στις δύο περιπτώσεις, ενώ η ψηφιακή

ανατροφοδότηση ήταν άμεση, έλειπε η έντονη σωματική διάδραση και ο συντονισμός σε έναν κοινό, φυσικό χώρο.

B. Phygital Επιτραπέζια Παιχνίδια (AR/MR)

Η μετάβαση στον υβριδικό χώρο αναδεικνύεται μέσα από το έργο των Wang κ.ά. (2023), οι οποίοι ανέπτυξαν το επιτραπέζιο παιχνίδι "The Golden Silk Road" (Wang κ.ά., 2023). Το παιχνίδι συνδύαζε ένα φυσικό ταμπλό, κάρτες πολιτισμών και ψηφιακά νομίσματα με την εφαρμογή AR "Artivive" (Wang κ.ά., 2023). Οι 50 μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα έπρεπε να σαρώσουν συγκεκριμένα σημεία του ταμπλό με το tablet τους για να ανακαλύψουν τρισδιάστατα ιστορικά αντικείμενα (Wang κ.ά., 2023). Στην ίδια λογική, ο Jayamaha (2024) δημιούργησε το παιχνίδι Μεικτής Πραγματικότητας "Waka Hourua" για την ιστορία της Πολυνησίας (Jayamaha, 2024). Σε αυτή την εφαρμογή, οι μαθητές αναλάμβαναν συγκεκριμένους ρόλους (π.χ. Πλοηγός, Κυνηγός, Οικοδόμος) μέσω απτών καρτών, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούσαν tablets για να παρατηρήσουν περιβάλλοντα 360 μοιρών (π.χ. προσομοίωση έναστρου ουρανού για πλοήγηση) (Jayamaha, 2024). Και οι δύο μελέτες απέδειξαν ότι η χρήση του AR πάνω σε ένα φυσικό ταμπλό επικεντρώνει την προσοχή των μαθητών σε ένα κοινό σημείο αναφοράς, προωθώντας την ομαδικότητα σε εκπληκτικό βαθμό (Jayamaha, 2024; Wang κ.ά., 2023).

Γ. Εκπαιδευτικά Δωμάτια / Κουτιά Απόδρασης (Escape Boxes) και Learning Analytics

Μια εναλλακτική προσέγγιση παρουσίασαν οι Veldkamp κ.ά. (2022), οι οποίοι αντικατέστησαν το παραδοσιακό δωμάτιο απόδρασης με υβριδικά «κουτιά απόδρασης» (escape boxes) (Veldkamp κ.ά., 2022). Η έρευνά τους διεξήχθη σε 126 μαθητές λυκείου με αντικείμενο την ανοσολογία και τον ιό του Q-fever (Veldkamp κ.ά., 2022). Το εξαγωνικό κουτί, εξοπλισμένο με μικροελεγκτές, οθόνες και φυσικά λουκέτα, ανάγκαζε τους μαθητές (που είχαν αναλάβει διακριτούς ρόλους) να συνεργάζονται γύρω από αυτό (Veldkamp κ.ά., 2022). Τα αποτελέσματα έδειξαν εντυπωσιακή αύξηση της γνωστικής επίδοσης ($p < 0.0001$), ωστόσο ανέδειξαν μια σημαντική πρόκληση: η συνεργασία υπό πίεση χρόνου δεν οδηγούσε απαραίτητα σε βαθιά «συνεργατική μάθηση» (collaborative learning) εάν δεν ακολουθούσε εκτενής φάση αποενημέρωσης (debriefing) (Veldkamp κ.ά., 2022).

Αντίστοιχα, οι López-Pernas κ.ά. (2023) εστίασαν στην ανάλυση της συμπεριφοράς των παικτών (learning analytics) κατά τη διάρκεια ενός ψηφιακού δωματίου απόδρασης (πλατφόρμα Escarp), όπου 96 φοιτητές προσπαθούσαν να απενεργοποιήσουν μια βόμβα λύνοντας γρίφους προγραμματισμού (López-Pernas κ.ά., 2023). Μέσω τεχνικών εξόρυξης ακολουθιών (sequence mining), οι ερευνητές εντόπισαν τρία διακριτά προφίλ παικτών: τους «Επιτυχημένους» (Accomplished), που χρησιμοποιούσαν τα βοηθήματα (hints) στρατηγικά, τους «Ανυποχώρητους» (Relentless), που ζητούσαν συνεχώς βοήθεια αλλά αποτύγχαναν να λύσουν τα mini-quizzes για να την αποκτήσουν, και τους «Παρατεταμένους» (Protracted), που κολλούσαν σε γρίφους αλλά δίσταζαν να ζητήσουν βοήθεια (López-Pernas κ.ά., 2023). Η μελέτη απέδειξε την ανάγκη για ένα έξυπνο, κλιμακωτό σύστημα βοήθειας (hint system) που να αποτρέπει τον εκνευρισμό.

Δ. Μεθοδολογικά Πλαίσια Σχεδιασμού (Design Frameworks)

Τέλος, καθοριστική για τον σχεδιασμό τέτοιων εμπειριών είναι η τήρηση αυστηρών μεθοδολογικών πλαισίων. Οι Fotaris και Mastoras (2022) ανέπτυξαν και επικύρωσαν το πλαίσιο "Room2Educ8", βασισμένο στις αρχές του Design Thinking (Fotaris & Mastoras, 2022). Μέσα από έρευνα 4 ετών σε 104 φοιτητές, απέδειξαν ότι ένα εκπαιδευτικό δωμάτιο απόδρασης πρέπει να σχεδιάζεται με συγκεκριμένα βήματα: Ενσυναίσθηση (κατανόηση του μαθητή), Ορισμός στόχων, Πλαισίωση (αφήγηση), Σχεδιασμός γρίφων, Ενημέρωση (Brief), Αποενημέρωση (Debrief), Πρωτοτυποποίηση, Τεκμηρίωση και Αξιολόγηση (Fotaris & Mastoras, 2022). Το πλαίσιο αυτό διασφαλίζει ότι κάθε γρίφος (puzzle) συνδέεται άμεσα με έναν συγκεκριμένο μαθησιακό στόχο.

2.3.2 Στοιχεία υιοθέτησης και ειδοποιού διαφορές του "I_earn: Eco-Farm Rescue"

Λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα και τις παρατηρήσεις της ανωτέρω βιβλιογραφίας, ο σχεδιασμός του παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue" δεν προέκυψε αυθαίρετα, αλλά συνιστά μια στοχευμένη σύνθεση βέλτιστων πρακτικών.

Στοιχεία που υιοθετήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία:

1. **Η Phygital αρχιτεκτονική του ταμπλό:** Σε συμφωνία με τα παιχνίδια *The Golden Silk Road* και *Waka Hourua*, το έργο μας αξιοποιεί ένα φυσικό επιτραπέζιο ταμπλό ως

κεντρικό σημείο αναφοράς (Jayamaha, 2024; Wang κ.ά., 2023). Το ταμπλό λειτουργεί ως το «κουτί απόδρασης» (escape box) που περιγράφουν οι Veldkamp κ.ά. (2022), αναγκάζοντας τους μαθητές να συγκεντρωθούν γύρω από αυτό, αποτρέποντας την ψηφιακή απομόνωση και προωθώντας την άμεση κοινωνική αλληλεπίδραση (Veldkamp κ.ά., 2022).

2. **Μηχανισμοί Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR):** Η χρήση tablets για τη σάρωση (scanning) καρτών και αντικειμένων, η οποία εμφανίζει ψηφιακούς γρίφους και τρισδιάστατα (3D) μοντέλα, υιοθετήθηκε προκειμένου να προσφέρει βαθιά βύθιση (immersion) και πολυαισθητηριακή ανάδραση, χωρίς το απαγορευτικό κόστος και την εργονομική δυσκολία του εξοπλισμού VR (Jayamaha, 2024; Wang κ.ά., 2023).
3. **Κλιμακωτό Σύστημα Βοήθειας (Hint System):** Με βάση τα δεδομένα των López-Pernas κ.ά. (2023) σχετικά με τα προφίλ των παικτών και την αποφυγή της απογοήτευσης, ενσωματώθηκε ένα δομημένο σύστημα παροχής βοηθειών (hints) μέσω του λογισμικού (H5P) (López-Pernas κ.ά., 2023). Για να αποτραπεί η κατάχρηση (spamming), οι βοήθειες δίνονται στρατηγικά.
4. **Αυστηρή Δομή Brief / Debrief:** Ακολουθώντας το πλαίσιο Room2Educ8 των Fotaris και Mastoras (2022) και τα ευρήματα των Veldkamp κ.ά. (2022) για τη συνεργατική μάθηση, το παιχνίδι ενσωματώνει ρητά τις φάσεις της αρχικής ενημέρωσης (ώστε να τεθεί το αφηγηματικό πλαίσιο της Eco-Farm) και της τελικής αποενημέρωσης (debriefing), όπου οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στα οικολογικά ζητήματα που αντιμετώπισαν (Fotaris & Mastoras, 2022; Veldkamp κ.ά., 2022).

Ειδοποιοί διαφορές και καινοτομία της παρούσας εφαρμογής:

Παρότι το "I_earn: Eco-Farm Rescue" αντλεί έμπνευση από τις παραπάνω προσεγγίσεις, διαφοροποιείται στρατηγικά και καινοτομεί σε πολλαπλά επίπεδα, καθιστώντας το μια μοναδική εκπαιδευτική πρόταση:

- **Συνδυασμός Υπολογιστικής Σκέψης και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης:** Ενώ τα περισσότερα περιβαλλοντικά παιχνίδια (όπως το EnerCities ή το VillaRecicla) εστιάζουν αμιγώς στην ευαισθητοποίηση μέσω ερωταπαντήσεων ή

προσομοιώσεων (Janakiraman κ.ά., 2021; Ricoy & Sánchez-Martínez, 2022), το δικό μας παιχνίδι απαιτεί την ενεργή χρήση της Υπολογιστικής Σκέψης (αλγοριθμική δομή, αποσύνθεση προβλήματος, αναγνώριση μοτίβων) για το ξεκλείδωμα των γρίφων (π.χ. εύρεση του σωστού αλγορίθμου άρδευσης).

- **Αξιοποίηση του Οδηγού Σχεδιασμού «Λεύκιππος»:** Η ανάπτυξη του παιχνιδιού δεν βασίστηκε σε εμπειρικές προσεγγίσεις, αλλά στον συγκεκριμένο εθνικό οδηγό σχεδιασμού εκπαιδευτικών παιχνιδιών («Λεύκιππος»), εξασφαλίζοντας την απόλυτη συμβατότητά του με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και την κουλτούρα της ελληνικής πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.
- **Η διττή πλατφόρμα ARTutor και H5P:** Η ταυτόχρονη χρήση της πλατφόρμας ARTutor για την παροχή χωρικής, τρισδιάστατης Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) και του λογισμικού H5P για τη δημιουργία των διαδραστικών εικονικών λουκέτων και γρίφων, δημιουργεί ένα πολυεπίπεδο οικοσύστημα που δεν απαντάται στα παραπάνω case studies.

Μέσα από αυτή τη συνθετική προσέγγιση, το "I_earn: Eco-Farm Rescue" φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο, υβριδικό δωμάτιο απόδρασης που υπερβαίνει την απλή ψυχαγωγία, μετασχηματίζοντας τους μαθητές σε ενεργούς, σκεπτόμενους και επιχειρηματολογούντες επιλύτες οικολογικών προβλημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ "I_earn: Eco-Farm Rescue"

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί τον πρακτικό και δημιουργικό πυρήνα της διπλωματικής εργασίας, καθώς μεταφράζει το θεωρητικό υπόβαθρο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και των Phygital συστημάτων σε ένα λειτουργικό εκπαιδευτικό προϊόν. Στις ενότητες που ακολουθούν, αναλύεται βήμα προς βήμα η μεθοδολογία σχεδιασμού (Game Design), η ανάπτυξη των φυσικών και ψηφιακών στοιχείων, καθώς και η αρχιτεκτονική διασύνδεσής τους (Phygital Mechanics).

Ο σχεδιασμός του «I_earn: Eco-Farm Rescue» επιδιώκει την ευθυγράμμιση μεταξύ των εκπαιδευτικών στόχων, των δραστηριοτήτων των μαθητών και των μηχανισμών παιχνιδιού. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθησιακοί στόχοι δεν παραμένουν σε επίπεδο θεωρητικών διατυπώσεων, αλλά μετατρέπονται σε συγκεκριμένες δραστηριότητες παρατήρησης, διερεύνησης, ταξινόμησης, επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων.

Η ευθυγράμμιση αποτυπώνεται στον σχεδιασμό των δώδεκα αποστολών, όπου κάθε δραστηριότητα συνδέεται με συγκεκριμένο περιβαλλοντικό περιεχόμενο και με έναν αντίστοιχο μηχανισμό αλληλεπίδρασης. Παράλληλα, η χρήση διαφορετικών τύπων H5P και η σύνδεσή τους με το φυσικό ταμπλό μέσω ARTutor επιτρέπει τη μετάβαση από την παρατήρηση και την εξερεύνηση στην εφαρμογή και τον έλεγχο της απάντησης.

Η λογική αυτή επιτρέπει τη συστηματικότερη εξέταση του κατά πόσο οι μηχανισμοί του παιχνιδιού υπηρετούν τους εκπαιδευτικούς στόχους και όχι απλώς την αύξηση της τεχνολογικής ή παιγνιώδους πολυπλοκότητας.

3.1 Μεθοδολογία Σχεδιασμού (Game Design Document - GDD)

Η σύλληψη και η δόμηση του "I_earn: Eco-Farm Rescue" πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την επίτευξη υψηλών επιπέδων εμπλοκής (engagement) και την απρόσκοπτη ευθυγράμμιση των μηχανισμών του παιχνιδιού με τους μαθησιακούς στόχους (Constructive Alignment). Για τη συστηματική οργάνωση του έργου αξιοποιήθηκε το Έγγραφο Σχεδιασμού Παιχνιδιού (Game Design Document - GDD). Βάσει αυτού του πλαισίου, η αρχιτεκτονική του παιχνιδιού αναλύεται στους άξονες των Δομικών και Δραματικών Στοιχείων.

3.1.1 Δομικά Στοιχεία και Μηχανισμοί του Παιχνιδιού

- **Βασική Ιδέα:** Ο σχεδιασμός ενός υβριδικού (Phygital) εκπαιδευτικού παιχνιδιού απόδρασης και μυστηρίου, το οποίο στοχεύει στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης και της Υπολογιστικής Σκέψης.
- **Ομάδα Στόχου (Target Group) και Παίκτες:** Το παιχνίδι απευθύνεται σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Δ' έως ΣΤ' Δημοτικού). Παίζεται ομαδοσυνεργατικά, με τον ιδανικό αριθμό να ορίζεται στους 4 παίκτες ανά ομάδα, διασφαλίζοντας την ενεργό συμμετοχή όλων χωρίς γνωστικό συνωστισμό.
- **Στόχος (Goal) & Πώς να επιτευχθεί:** Ο σκοπός είναι διττός: η διάσωση της οικολογικής φάρμας και η ανακάλυψη του σαμποτέρ. Για να το πετύχουν, οι παίκτες πρέπει να εξερευνήσουν τον φυσικό χώρο, να σαρώσουν τις κάρτες, να λύσουν τους ψηφιακούς γρίφους και να συλλέξουν 4 πολύτιμα στοιχεία.
- **Εξοπλισμός (Equipment):** Το Phygital οικοσύστημα απαιτεί: 1) Ένα φυσικό επιτραπέζιο ταμπλό χωρισμένο σε 4 ζώνες. 2) 12 φυσικές κάρτες αποστολών με AR triggers, χρωματικά κωδικοποιημένες. 3) Λευκές κάρτες υπόπτων. 4) Μία έξυπνη συσκευή (tablet/smartphone) με πρόσβαση στο διαδίκτυο.
- **Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Η/Υ (NUI):** Η διεπαφή βασίζεται στη φυσική αλληλεπίδραση μέσω κάμερας (scanning) για την αναγνώριση των δεικτών από το ARTutor, και στην αφή (touch/drag & drop) για την επίλυση των ψηφιακών γρίφων στο λογισμικό H5P.
- **Σύγκρουση (Conflict) και Πρόκληση (Challenge):** Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ανταγωνιστικά παιχνίδια (όπου οι παίκτες στρέφονται ο ένας εναντίον του άλλου), εδώ η σύγκρουση είναι αποκλειστικά συνεργατική (Player vs. Environment/Game). Οι παίκτες συνεργάζονται ενάντια στον χρόνο και στη δυσκολία των γνωστικών γρίφων που έχει θέσει ο «Σαμποτέρ».
- **Νίκη/Ήττα (Win/Lose):** Το παιχνίδι ολοκληρώνεται με «Νίκη» εάν οι παίκτες συλλέξουν εγκαίρως και τα 4 αποδεικτικά στοιχεία και υποδείξουν τον σωστό

ένοχο. Η λανθασμένη ταυτοποίηση ή η αδυναμία επίλυσης των γρίφων οδηγεί σε «Ήττα», με το ψηφιακό σύστημα να τους προτρέπει να προσπαθήσουν ξανά.

- **Κανόνες (Rules):**

1. Όλοι οι παίκτες πρέπει να αναλάβουν συγκεκριμένους ρόλους.
2. Η σάρωση των καρτών πρέπει να γίνεται με τη σειρά των ζωνών.
3. Απαγορεύεται η μετάβαση σε επόμενη ζώνη αν δεν ολοκληρωθεί ο ψηφιακός γρίφος.
4. Οι λευκές κάρτες υπόπτων αξιοποιούνται αυστηρά στο τέλος.

3.1.2 Δραματικά Στοιχεία, Αφήγηση και Ρόλοι Ομάδας

Τα παιγνιώδη χαρακτηριστικά (gamification elements) αντλούν τη δυναμική τους από το ισχυρό αφηγηματικό σενάριο (narrative), το οποίο προκαλεί συναισθηματική εμπλοκή και διευκολύνει την κατανόηση.

Η Ιστορία και η Ανάθεση Ρόλων Το παιχνίδι ξεκινά με την παράδοση ενός «Επείγοντος Γράμματος» στους μαθητές από τον Ιδιοκτήτη της Φάρμας. Η ιστορία τους τοποθετεί στον ρόλο της «Ομάδας Κορυφαίων Επιθεωρητών». Μια πρότυπη οικολογική φάρμα ("Eco-Farm") καταρρέει μυστηριωδώς και ένας σαμποτέρ προσπαθεί να καταστρέψει τη βιοποικιλότητα, αφήνοντας παγίδες.

Για την ομαλή διαχείριση της ροής, οι μαθητές μοιράζουν ρόλους, ενισχύοντας την ικανότητα συνεργασίας:

1. **Ο Αναγνώστης:** Διαβάζει δυνατά τις φυσικές κάρτες των αποστολών.
2. **Ο Υπεύθυνος Σκαναρίσματος:** Χειρίζεται την κάμερα του tablet και το ARTutor.
3. **Ο Ψηφιακός Λύτης:** Αλληλεπιδρά με την οθόνη λύνοντας τους γρίφους στο H5P.
4. **Ο Υπεύθυνος Στοιχείων:** Συγκεντρώνει τα 4 Στοιχεία και αποκλείει σταδιακά τους υπόπτους.

Αντικείμενα (Sprites) και Συμπεριφορές στο Παιχνίδι Στο Phygital περιβάλλον, τα «αντικείμενα» (sprites) μεταφράζονται σε τρισδιάστατα μοντέλα Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) και σε διαδραστικούς μηχανισμούς του H5P. Για παράδειγμα, τα 3D animations λειτουργούν ως αγωγοί πληροφορίας, υποδεικνύοντας στα παιδιά τις ζημιές (π.χ. ασθενή φυτά, ανακατεμένα σκουπίδια), ενώ οι ψηφιακοί γρίφοι συμπεριφέρονται ως «κλειδαριές» που απελευθερώνουν την πληροφορία μόνο εφόσον ο μαθητής αλληλεπιδράσει ορθά.

Οι 12 Αποστολές και η Κορύφωση του Μυστηρίου Η ροή της αφήγησης εξελίσσεται μέσα από 12 αποστολές, κατανεμημένες στις 4 ζώνες (Θερμοκήπιο, Στάβλος, Ανακύκλωση, Ενεργειακό Πάρκο). Η επιτυχής ολοκλήρωση των γρίφων κάθε ζώνης ανταμείβει τους μαθητές με ένα φυσικό αποδεικτικό στοιχείο (clue).

Η κορύφωση (climax) λαμβάνει χώρα στον φυσικό χώρο. Αφού οι μαθητές συγκεντρώσουν και τα 4 τεκμήρια, διαθέτουν πλέον τα απαραίτητα δεδομένα για να αποκλείσουν τους αθώους. Συνδυάζοντας τα στοιχεία με τις λευκές κάρτες των υπόπτων, εξιχνιάζουν απευθείας την ταυτότητα του σαμποτέρ, σηματοδοτώντας τη νικηφόρα ολοκλήρωση της αποστολής και την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας.

3.1.3 Αιτιολόγηση των βασικών σχεδιαστικών επιλογών

Ο σχεδιασμός του «I_earn: Eco-Farm Rescue» βασίστηκε στην ανάγκη σύνδεσης των εκπαιδευτικών στόχων με συγκεκριμένες δραστηριότητες, μηχανισμούς παιχνιδιού και τεχνολογικές λειτουργίες. Η επιλογή της Phygital προσέγγισης αποτελεί βασική σχεδιαστική απόφαση, καθώς επιτρέπει τη συνύπαρξη φυσικών αντικειμένων και ψηφιακών δραστηριοτήτων μέσα στην ίδια μαθησιακή εμπειρία.

Το φυσικό ταμπλό, οι κάρτες αποστολών, οι κάρτες υπόπτων και το έντυπο καταγραφής λειτουργούν ως απτά στοιχεία της δραστηριότητας, ενώ το ARTutor και το H5P παρέχουν το ψηφιακό επίπεδο της εμπειρίας. Ειδικότερα, το ARTutor χρησιμοποιείται ως σύνδεσμος μεταξύ των φυσικών καρτών και του ψηφιακού περιεχομένου, ενώ το H5P φιλοξενεί τους διαδραστικούς γρίφους και παρέχει άμεση ανατροφοδότηση. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική αποτυπώνεται στη ροή του παιχνιδιού, όπου η εξερεύνηση, η σάρωση, η επίλυση και η καταγραφή αποτελούν επαναλαμβανόμενα στάδια του gameplay loop.

Η συνεργατική οργάνωση της ομάδας αποτελεί επίσης βασική σχεδιαστική επιλογή. Το εναρκτήριο γράμμα αναθέτει τέσσερις διακριτούς ρόλους: Αναγνώστη, Υπεύθυνο Σκαναρίσματος, Ψηφιακό Λύτη και Υπεύθυνο Στοιχείων. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η κατανομή της δράσης μεταξύ των μελών της ομάδας και η αποφυγή της μονοπώλησης της αλληλεπίδρασης από έναν μόνο μαθητή.

Η χρωματική κωδικοποίηση των καρτών χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση της οργάνωσης του φυσικού υλικού. Οι τέσσερις θεματικές ζώνες αντιστοιχούν σε διαφορετικά χρώματα, ενώ οι λευκές κάρτες χρησιμοποιούνται για τους υπόπτους και την τελική αναμέτρηση. Η επιλογή αυτή αποσκοπεί στη γρήγορη αναγνώριση και κατηγοριοποίηση των στοιχείων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

Τέλος, η αφηγηματική δομή του μυστηρίου λειτουργεί ως μηχανισμός σύνδεσης των επιμέρους αποστολών. Οι μαθητές δεν αντιμετωπίζουν τις δραστηριότητες ως ανεξάρτητα κουίζ, αλλά ως διαδοχικά στάδια μιας έρευνας, κατά την οποία συλλέγουν τέσσερα στοιχεία και οδηγούνται στην τελική αποκάλυψη του σαμποτέρ.

3.2 Εργαλεία Τεχνολογικής Υλοποίησης

Η μετάβαση από τον θεωρητικό σχεδιασμό ενός υβριδικού (Phygital) εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στην πρακτική του εφαρμογή απαιτεί την επιλογή και ενορχήστρωση κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων. Η ομαλή σύγκλιση του φυσικού ταμπλό με τον ψηφιακό κόσμο εξαρτάται από λογισμικά που διασφαλίζουν υψηλά επίπεδα διάδρασης, αξιόπιστη αναγνώριση φυσικών δεικτών (markers) και διαχείριση του γνωστικού φορτίου των μαθητών. Στην παρούσα ενότητα αναλύεται σε βάθος η θεωρητική και τεχνική τεκμηρίωση των δύο βασικών πυλώνων υλοποίησης του παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue": της πλατφόρμας ARTutor για την παραγωγή Επαυξημένης Πραγματικότητας (Ενότητα 3.2.1) και του λογισμικού ανοικτού κώδικα H5P για τη δημιουργία των ψηφιακών γρίφων και του συστήματος αξιολόγησης (Ενότητα 3.2.2).

3.2.1 Η πλατφόρμα ARTutor για τη δημιουργία Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR)

Σύμφωνα με το συνεχές Πραγματικότητας-Εικονικότητας (Reality-Virtuality Continuum) των Milgram και Kishino, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) τοποθετείται πιο κοντά στο φυσικό περιβάλλον, καθώς δεν αντικαθιστά τον πραγματικό κόσμο, αλλά τον εμπλουτίζει

επικαλύπτοντάς τον με τρισδιάστατα (3D) αντικείμενα, πολυμέσα και ψηφιακές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο (Arena κ.ά., 2022). Σε τεχνολογικό επίπεδο, οι εφαρμογές AR διακρίνονται κυρίως σε αυτές που βασίζονται σε δείκτες (marker-based), οι οποίες χρησιμοποιούν την κάμερα της συσκευής για την αναγνώριση συγκεκριμένων οπτικών μοτίβων (όπως κάρτες ή κωδικοί QR), και σε αυτές χωρίς δείκτες (markerless), που αξιοποιούν δεδομένα τοποθεσίας (GPS) και αισθητήρες βάθους (Arena κ.ά., 2022).

Για τις ανάγκες της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και των επιτραπέζιων εκπαιδευτικών παιχνιδιών, η τεχνολογία marker-based AR –στην οποία βασίζεται η πλατφόρμα ARTutor– θεωρείται η πλέον ενδεδειγμένη. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη μετατροπή στατικών, φυσικών αντικειμένων σε δυναμικά μαθησιακά εργαλεία. Όπως κατέδειξαν οι Abdullah κ.ά. (2022) σε οιονεί πειραματική έρευνά τους με μαθητές Δημοτικού, η χρήση εφαρμογών AR που σαρώνουν φυσικούς δείκτες διευκολύνει δραστικά τη μετάβαση από την αφηρημένη σκέψη στη συγκεκριμένη οπτική αναπαράσταση επιστημονικών εννοιών (Abdullah κ.ά., 2022). Στην έρευνά τους (N=60), οι μαθητές που διδάχθηκαν μέσω AR εμφάνισαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις στις Φυσικές Επιστήμες ($t = -35.310$, $p < 0.0005$) συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, ενώ η συνολική ικανοποίηση και η ικανότητα άντλησης πληροφοριών αξιολογήθηκαν σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα (Abdullah κ.ά., 2022).

Η χρήση περιβαλλόντων AR (Augmented Reality Learning Experiences - ARLEs) όπως αυτά που δομούνται μέσω του ARTutor, προσφέρει μοναδικές παιδαγωγικές δυνατότητες (affordances), όπως η πολυαισθητηριακή εμπειρία και η μαθητοκεντρική εξερεύνηση (Drljević κ.ά., 2022). Σε πειραματική μελέτη των Drljević κ.ά. (2022), όπου χρησιμοποιήθηκε κωδικοποίηση βίντεο ανά 15 δευτερόλεπτα για την ανάλυση της συμπεριφοράς των μαθητών, αποδείχθηκε ότι τα ARLEs παράγουν σημαντικά μεγαλύτερα και πιο σταθερά διαστήματα γνωστικής εμπλοκής (cognitive engagement) σε σχέση με τα τυπικά ψηφιακά μαθήματα πολυμέσων (Drljević κ.ά., 2022). Η δυνατότητα των μαθητών να εξερευνούν τον φυσικό χώρο σκανάροντας αντικείμενα προκάλεσε έντονη κινητική και συναισθηματική συμμετοχή, μειώνοντας δραματικά τα φαινόμενα μη-εμπλοκής (non-engagement) (Drljević κ.ά., 2022).

Επιπρόσθετα, η οπτικοποίηση μέσω AR υποστηρίζεται ισχυρά από τη Γνωστική Θεωρία Πολυμεσικής Μάθησης (Cognitive Theory of Multimedia Learning) του Mayer. Σύμφωνα με τον Yousef (2021), ο σωστός σχεδιασμός εφαρμογών AR ελαχιστοποιεί το εξωγενές γνωστικό φορτίο (extraneous load), αποφεύγοντας την απόσπαση προσοχής, ενώ βελτιστοποιεί το ωφέλιμο φορτίο (germane load) ενσωματώνοντας το κείμενο και την εικόνα στον ίδιο φυσικό/ψηφιακό χώρο (Spatial Contiguity Principle) (Yousef, 2021). Στην έρευνά του με 62 μαθητές πρώτης σχολικής ηλικίας, η χρήση marker-based AR βελτίωσε όχι μόνο την ακαδημαϊκή επίδοση ($p < 0.01$), αλλά και τη δημιουργική σκέψη, όπως αυτή μετρήθηκε με τα σταθμισμένα τεστ δημιουργικότητας Torrance (TTCT), παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση στη ροή και την πρωτοτυπία των ιδεών των μαθητών (Yousef, 2021).

Στο ίδιο πλαίσιο, η χρήση εργαλείων AR έχει αποδειχθεί καταλυτική για την καλλιέργεια φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων. Στο παιχνίδι "Project PEAR", οι Wang κ.ά. (2021) αξιοποίησαν μηχανισμούς AR για να προσομοιώσουν περιβαλλοντικές προκλήσεις (π.χ. καθαρισμός μολυσμένων υδάτων, αναδάσωση) (Wang κ.ά., 2021). Βασιζόμενοι στη Θεωρία της Σχεδιασμένης Συμπεριφοράς (Theory of Planned Behavior), απέδειξαν μέσω t-tests ότι η άμεση διάδραση με εικονικά στοιχεία στον φυσικό χώρο αύξησε δραστικά την αντίληψη ελέγχου (perceived behavioral control) των μαθητών πάνω σε περιβαλλοντικά ζητήματα, ενισχύοντας την πρόθεσή τους για βιώσιμες συμπεριφορές (Wang κ.ά., 2021).

3.2.2 Το λογισμικό H5P για την ανάπτυξη διαδραστικών γρίφων και πολυμέσων

Ενώ η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αναλαμβάνει την οπτικοποίηση και τη γεφύρωση του φυσικού με τον ψηφιακό χώρο, η λογική ραχοκοκαλιά ενός εκπαιδευτικού δωματίου απόδρασης απαιτεί ένα ισχυρό, ευέλικτο και αξιόπιστο σύστημα διαχείρισης περιεχομένου. Το σύστημα αυτό πρέπει να είναι ικανό να δημιουργεί ψηφιακά λουκέτα, να αξιολογεί τις απαντήσεις των μαθητών σε πραγματικό χρόνο και να διαχειρίζεται τη ροή του σεναρίου. Για την κάλυψη αυτών των απαιτήσεων, το υβριδικό παιχνίδι "I_earn: Eco-Farm Rescue" αξιοποιεί το λογισμικό H5P (HTML5 Package).

Το H5P αποτελεί ένα ανοικτού κώδικα (open-source) πλαίσιο συνεργατικής δημιουργίας, το οποίο επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να αναπτύσσουν πλούσιο, διαδραστικό περιεχόμενο HTML5 και να το ενσωματώνουν απρόσκοπτα σε Συστήματα Διαχείρισης

Μάθησης (LMS), όπως το Moodle (Priyakanth κ.ά., 2021). Η πλατφόρμα προσφέρει πρόσβαση σε 39 διαφορετικούς τύπους διαδραστικού περιεχομένου (π.χ. διαδραστικά βίντεο, παρουσιάσεις, ερωτηματολόγια πολλαπλών επιλογών, ασκήσεις συμπλήρωσης κενών και μεταφοράς/απόθεσης), παρέχοντας τεράστια ευελιξία και προσαρμοστικότητα χωρίς να απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού από τον σχεδιαστή (Sinnayah κ.ά., 2021). Παράλληλα, ο σχεδιασμός του είναι απόλυτα φιλικός προς τις κινητές συσκευές (mobile-friendly), γεγονός που διασφαλίζει την ομαλή εκτέλεσή του στα tablets που χρησιμοποιούν οι μαθητές κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Sinnayah κ.ά., 2021).

Θεωρητικό Υπόβαθρο: Το Μοντέλο ICAP και η Ενεργός Μάθηση

Η παιδαγωγική υπεροχή του H5P τεκμηριώνεται θεωρητικά μέσω του πλαισίου γνωστικής εμπλοκής ICAP (Interactive-Constructive-Active-Passive), το οποίο κατηγοριοποιεί τη μάθηση από την πιο παθητική έως την πιο διαδραστική μορφή της (Jacob & Centofanti, 2024). Σε παραδοσιακά περιβάλλοντα, οι μαθητές συχνά περιορίζονται σε μια παθητική (Passive) πρόσληψη πληροφοριών. Το H5P, ωστόσο, εξυψώνει τη μαθησιακή εμπειρία στα επίπεδα της Ενεργού (Active) και Εποικοδομητικής (Constructive) εμπλοκής (Jacob & Centofanti, 2024).

Οι διαδραστικές λειτουργίες του λογισμικού, όπως τα "σταυροδρόμια" (crossroads) και τα αναδυόμενα παράθυρα επιλογών, δίνουν τον έλεγχο της ροής της πληροφορίας στους ίδιους τους μαθητές, επιτρέποντάς τους να εφαρμόζουν τη νέα γνώση επί τόπου προκειμένου να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο του γρίφου (Jacob & Centofanti, 2024). Η μετατροπή του παθητικού παρατηρητή σε ενεργό συμμετέτοχο, μέσω της ενσωμάτωσης ερωτήσεων που προσεγγίζουν τα μεσαία και ανώτερα επίπεδα της Ταξινομίας του Bloom, οδηγεί σε βαθύτερη επεξεργασία της πληροφορίας και ουσιαστική κατανόηση (Priyakanth κ.ά., 2021).

Αυτοκατευθυνόμενη Μάθηση (SDL) και Διαχείριση Γνωστικού Φορτίου

Στον σχεδιασμό ενός απαιτητικού περιβάλλοντος απόδρασης, η διαχείριση της ροής των πληροφοριών είναι ζωτικής σημασίας. Το H5P υποστηρίζει την έννοια της Αυτοκατευθυνόμενης Μάθησης (Self-Directed Learning - SDL), ενθαρρύνοντας τους

μαθητές να αναλάβουν προσωπική ευθύνη, να παρακολουθήσουν την πρόοδό τους και να αναπτύξουν στρατηγικές επίλυσης χωρίς τη συνεχή, άμεση παρέμβαση του εκπαιδευτικού (Sinnayah κ.ά., 2021).

Κεντρικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία παίζει η τεχνική της «τμηματοποίησης» (chunking). Το H5P επιτρέπει τη διάσπαση του συνολικού, σύνθετου αφηγηματικού σεναρίου και των θεωρητικών δεδομένων σε μικρότερες, διαχειρίσιμες ενότητες (chunks) πληροφορίας (Sinnayah κ.ά., 2021). Η οργάνωση του περιεχομένου σε λογικά δομημένα, αλληλουχούμενα βήματα μειώνει το γνωστικό φορτίο των μαθητών, προσφέροντας νόημα και πλαίσιο (context), καθιστώντας τις νέες περιβαλλοντικές ή αλγοριθμικές έννοιες πολύ πιο εύκολες στην απομνημόνευση και την εφαρμογή (Sinnayah κ.ά., 2021).

Άμεση Ανατροφοδότηση και Αξιολόγηση

Η λειτουργικότητα ενός δωματίου απόδρασης εξαρτάται απόλυτα από την άμεση επαλήθευση των ενεργειών των παικτών. Στο H5P, οι διαδραστικές λειτουργίες (όπως το "Drag and Drop" ή το "Fill in the Blanks") λειτουργούν ως οι απόλυτοι μηχανισμοί διαμορφωτικής αξιολόγησης (formative assessment), προσφέροντας άμεση ανατροφοδότηση (immediate feedback) στις επιλογές των μαθητών (Jacob & Centofanti, 2024; Priyakanth κ.ά., 2021). Αυτό το άμεσο feedback εντός του ψηφιακού περιβάλλοντος λειτουργεί ως «ψηφιακός διαιτητής», ενισχύοντας τη μάθηση μέσω δοκιμής και πλάνης (trial and error) μέσα σε ένα ασφαλές περιβάλλον χαμηλού ρίσκου, το οποίο αποτελεί θεμελιώδες χαρακτηριστικό της αυτοκατευθυνόμενης μάθησης (Sinnayah κ.ά., 2021).

Η ερευνητική κοινότητα επιβεβαιώνει τη θετική επίδραση αυτών των μηχανισμών στην εμπειρία του χρήστη. Στη μελέτη των Jacob και Centofanti (2024), το 97% των συμμετεχόντων φοιτητών δήλωσε ότι επιθυμεί την ενσωμάτωση περισσότερων διαδραστικών στοιχείων H5P στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς τα θεώρησαν εξαιρετικά ελκυστικά και βοηθητικά για την κατανόηση του υλικού (Jacob & Centofanti, 2024). Αντίστοιχα, οι Sinnayah κ.ά. (2021) κατέγραψαν ότι το 90% των μαθητών που αλληλεπίδρασαν συστηματικά με ασκήσεις H5P συμφώνησε πως η γνώση τους ενισχύθηκε θεαματικά μέσω της επαναλαμβανόμενης πρακτικής (Sinnayah κ.ά., 2021).

Συμπερασματικά, η εργαλειοθήκη του H5P δεν προσφέρει απλώς οπτικό ενδιαφέρον, αλλά εγκαθιδρύει ένα αυστηρό, παιδαγωγικά τεκμηριωμένο πλαίσιο (constructivist approach) που ευθυγραμμίζεται με την εκπαιδευτική στοχοθεσία (constructive alignment) (Jacob & Centofanti, 2024). Η συνδυαστική του χρήση με τους αισθητήρες της Επαυξημένης Πραγματικότητας καθιστά το "I_earn: Eco-Farm Rescue" ένα τεχνολογικά άρτιο και παιδαγωγικά καινοτόμο υβριδικό δωμάτιο απόδρασης.

3.3 Ανάπτυξη των Φυσικών Στοιχείων του Παιχνιδιού

Η υλική υπόσταση του "I_earn: Eco-Farm Rescue" αποτελεί το θεμέλιο της Phygital εμπειρίας. Όπως τονίζεται στη σχετική βιβλιογραφία (Osman κ.ά., 2026), τα φυσικά αντικείμενα (tangibles) δεν αποτελούν απλώς διακοσμητικά στοιχεία, αλλά λειτουργούν ως λειτουργικές προεκτάσεις του ψηφιακού σεναρίου, παρέχοντας στους μαθητές έναν διαισθητικό τρόπο σύνδεσης με την τεχνολογία μέσω του σωματικού χειρισμού.

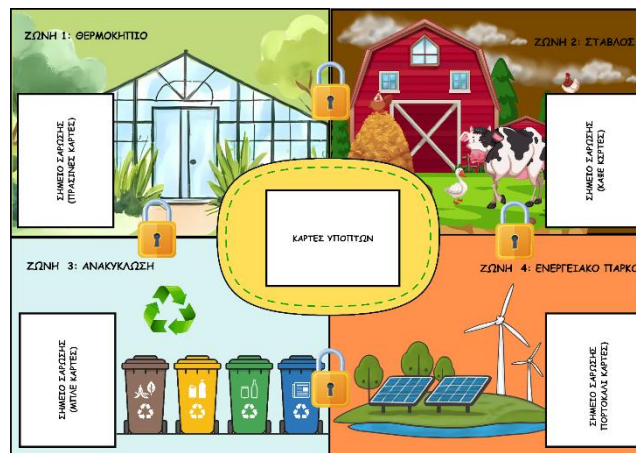
3.3.1 Σχεδιασμός του επιτραπέζιου ταμπλό και χωρική οργάνωση

Ο σχεδιασμός του φυσικού περιβάλλοντος του παιχνιδιού βασίστηκε στις αρχές δημιουργίας επιτραπέζιων παιχνιδιών που ορίζει ο οδηγός «Λεύκιππος». Το κεντρικό επιτραπέζιο ταμπλό σχεδιάστηκε ψηφιακά και εκτυπώθηκε σε μορφή μεγάλης, λεπτομερούς κάτοψης, αναπαριστώντας την πρότυπη φάρμα "Eco-Farm". Το ταμπλό είναι οργανωμένο σε τέσσερις (4) διακριτές γεωγραφικές και γνωστικές ζώνες:

1. **Ζώνη Θερμοκηπίου:** Εστιάζει στον κύκλο ζωής των φυτών και τη βιολογία.
2. **Ζώνη Στάβλου:** Ενσωματώνει στοιχεία για την ορθή φροντίδα και τις ανάγκες των ζώων.
3. **Ζώνη Ανακύκλωσης:** Στο σημείο αυτό οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας.
4. **Ενεργειακό Πάρκο:** Εστιάζει στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Η χωρική οργάνωση του ταμπλό επιδιώκει την αποφυγή του γνωστικού συνωστισμού. Οι ζώνες είναι τοποθετημένες περιμετρικά, ώστε οι μαθητές της ομάδας να μπορούν να κινούνται γύρω από αυτό, ενθαρρύνοντας τη φυσική κίνηση και τη δια ζώσης επικοινωνία. Το ταμπλό λειτουργεί ως «κεντρικό hub» (Veldkamp κ.ά., 2022). Πάνω σε αυτό, οι μαθητές

τοποθετούν τις κάρτες των αποστολών, δημιουργώντας μια αίσθηση σταθερότητας στον φυσικό χώρο (physical anchoring), ενώ η φορητή συσκευή (tablet) τούς παρέχει τις ψηφιακές αναπαραστάσεις της Επαυξημένης Πραγματικότητας.



Εικόνα 1: Ενδεικτική απεικόνιση του επιτραπέζιου ταμπλό της Eco-Farm

(Σημείωση: Το πλήρες και αναλυτικό σχέδιο του ταμπλό σε υψηλή ανάλυση παρατίθεται στο Παράρτημα Α της παρούσας εργασίας).

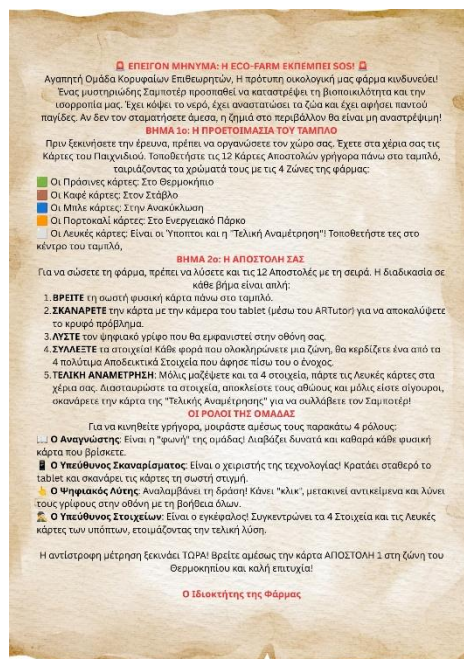
3.3.2 Το Εναρκτήριο Γράμμα (Briefing) και η Οργάνωση της Ομάδας

Σύμφωνα με το μεθοδολογικό πλαίσιο "Room2Educ8" για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών δωματίων απόδρασης, η φάση της αρχικής ενημέρωσης (Briefing) είναι καθοριστική για την εμπύθιση των παικτών (Fotaris & Mastoras, 2022). Για τον σκοπό αυτό, το πρώτο φυσικό αντικείμενο που λαμβάνουν οι μαθητές είναι ένα έντυπο «Επείγον Μήνυμα» από τον ιδιοκτήτη της φάρμας.

Το γράμμα αυτό επιτελεί τρεις κρίσιμες λειτουργίες:

1. **Αφηγηματική Εμπλοκή (Narrative Hook):** Ενημερώνει τους μαθητές για τη δράση του σαμποτέρ, τοποθετώντας τους άμεσα στον ρόλο των ερευνητών.
2. **Χωρική Οργάνωση:** Τους καθοδηγεί να προετοιμάσουν το φυσικό ταμπλό, τοποθετώντας τις κάρτες στα σωστά χρώματα και αφήνοντας τις κάρτες των υπόπτων εκτός ταμπλό.

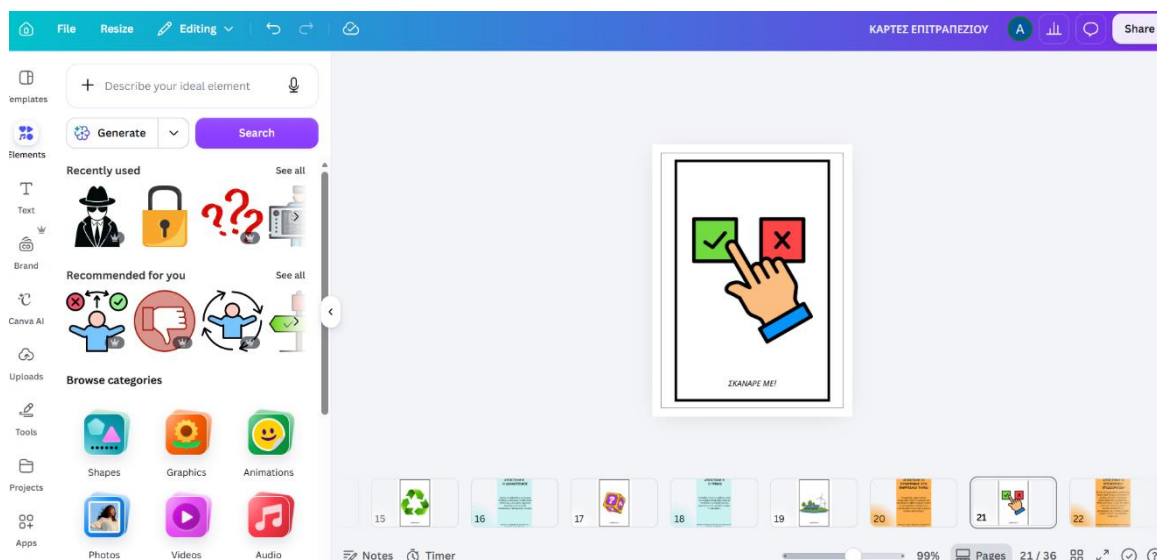
3. **Κατανομή Ρόλων:** Αναθέτει ρητά τέσσερις διακριτούς ρόλους (Αναγνώστης, Υπεύθυνος Σκαναρίσματος, Ψηφιακός Λύτης, Υπεύθυνος Στοιχείων), εξασφαλίζοντας εξ αρχής ότι όλα τα μέλη της ομάδας θα έχουν ενεργή συμμετοχή και αρμοδιότητες, αποτρέποντας τη μονοπώληση της δράσης από έναν μόνο παίκτη.



Εικόνα 2: Το Εναρκτήριο Γράμμα που εισάγει τους μαθητές στο σενάριο και ορίζει τους ρόλους της ομάδας

3.3.3 Δημιουργία Καρτών στο Canva, Χρωματική Κωδικοποίηση και Σύστημα Ανταμοιβών

Για τη διαχείριση της αφήγησης και την αλληλεπίδραση με την τεχνολογία, σχεδιάστηκε ένα σύνολο από 12 φυσικές Κάρτες Αποστολών και ένα σετ Λευκών Καρτών (Υποπτοι/Τελική Αναμέτρηση). Ο γραφιστικός σχεδιασμός (graphic design) των καρτών, του εισαγωγικού γράμματος και του λογοτύπου πραγματοποιήθηκε εξ ολοκλήρου μέσω του εργαλείου **Canva**. Το Canva επιλέχθηκε λόγω της ευελιξίας του στην παραγωγή υλικού υψηλής ανάλυσης, το οποίο είναι απολύτως απαραίτητο ώστε η πλατφόρμα ARTutor να αναγνωρίζει τα γραφικά ως έγκυρους στόχους (valid targets/markers) (Amanatidis, 2022).

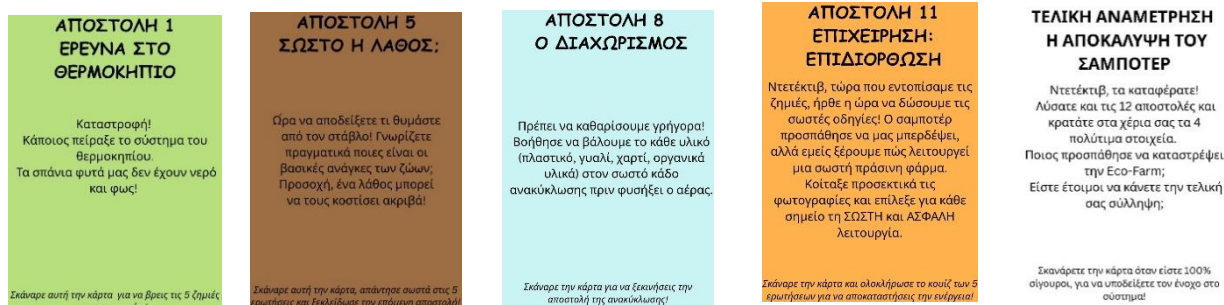


Εικόνα 3: Το περιβάλλον σχεδιασμού (editor) της πλατφόρμας Canva κατά τη δημιουργία των γραφικών στοιχείων και των δεικτών (markers) του παιχνιδιού.

Για τη διευκόλυνση των μαθητών, εφαρμόστηκε αυστηρή **Χρωματική Κωδικοποίηση (Color Coding)**, μειώνοντας δραστικά το εξωγενές γνωστικό φορτίο (extraneous cognitive load). Κάθε μία από τις 4 ζώνες του ταμπλό αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο χρώμα κάρτας, επιτρέποντας στους μαθητές να κατηγοριοποιούν γρήγορα το υλικό που συλλέγουν:

- **Πράσινες κάρτες:** Αφορούν τις αποστολές του Θερμοκηπίου.
- **Καφέ κάρτες:** Αφορούν τις αποστολές του Στάβλου.
- **Μπλε κάρτες:** Αντιστοιχούν στη ζώνη της Ανακύκλωσης.
- **Πορτοκαλί κάρτες:** Αντιστοιχούν στο Ενεργειακό Πάρκο.
- **Λευκές κάρτες:** Αφορούν αποκλειστικά τους υπόπτους και την κάρτα της «Τελικής Αναμέτρησης» που χρησιμοποιείται στο φινάλε.

Κάθε κάρτα φέρει τον τίτλο της αποστολής, μια σύντομη οδηγία-γρίφο προς τους μαθητές και την κεντρική εικόνα που λειτουργεί ως το "trigger" για το σκανάρισμα.



Εικόνα 4: Δείγμα των Καρτών Αποστολών σχεδιασμένων στο Canva, με βάση τη χρωματική κωδικοποίηση

(Σημείωση: Το πλήρες σετ των 12 Καρτών Αποστολών, το Εισαγωγικό Γράμμα και οι Λευκές Κάρτες παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Β).

Τέλος, προκειμένου να ενισχυθούν τα εσωτερικά και εξωτερικά κίνητρα (gamification), η επιτυχής ολοκλήρωση κάθε αποστολής συνοδεύεται από την απόκτηση «Οικολογικών Πόντων» και την παράδοση των αντίστοιχων Αποδεικτικών Στοιχείων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία για την παιχνιδοποίηση στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, τα συστήματα αμοιβών-επιβραβεύσεων συμβάλλουν καταλυτικά στη διατήρηση της ροής (flow state) και της ικανοποίησης των παικτών (Hsu & Chen, 2021). Τα στοιχεία αυτά δεν αποτελούν μια στείρα βαθμολογία, αλλά χρησιμεύουν ως το «διαβατήριο» που πιστοποιεί την ικανότητα της ομάδας να μεταβεί στην τελική φάση αποκλεισμού των υπόπτων στον φυσικό χώρο, συνδέοντας έτσι οργανικά τη γνωστική προσπάθεια με την πρόοδο του σεναρίου.

3.3.4 Το Σύστημα Ανταμοιβών και το Μπλοκάκι Σημειώσεων (Έντυπο Καταγραφής)

Προκειμένου να ενισχυθούν τα εσωτερικά και εξωτερικά κίνητρα (gamification), η επιτυχής ολοκλήρωση κάθε ψηφιακής αποστολής συνοδεύεται από την απόκτηση «Οικολογικών Πόντων» και την παράδοση των αντίστοιχων Αποδεικτικών Στοιχείων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα συστήματα αμοιβών-επιβραβεύσεων συμβάλλουν καταλυτικά στη διατήρηση της ροής (flow state) (Hsu & Chen, 2021).

Για την οργάνωση αυτών των πληροφοριών, έχει σχεδιαστεί ένα ειδικό φυσικό **Μπλοκάκι Σημειώσεων (Έντυπο Καταγραφής)**. Ο μαθητής που έχει αναλάβει τον ρόλο του

«Υπεύθυνου Στοιχείων» χρησιμοποιεί το μπλοκάκι για να καταγράφει τους πόντους και τα στοιχεία. Η χρήση αυτού του απτού εργαλείου λειτουργεί υποστηρικτικά στη διαχείριση της μνήμης (cognitive offloading). Αντί οι μαθητές να προσπαθούν να απομνημονεύσουν τα στοιχεία, τα οπτικοποιούν στο χαρτί, γεγονός που τους επιτρέπει να εφαρμόσουν ευκολότερα συνδυαστική λογική (αποσύνθεση και λογική υπό συνθήκη) για τη σταδιακή διαγραφή των αθώων υπόπτων, συνδέοντας οργανικά τη γνωστική προσπάθεια με την τελική ανακάλυψη του σαμποτέρ.



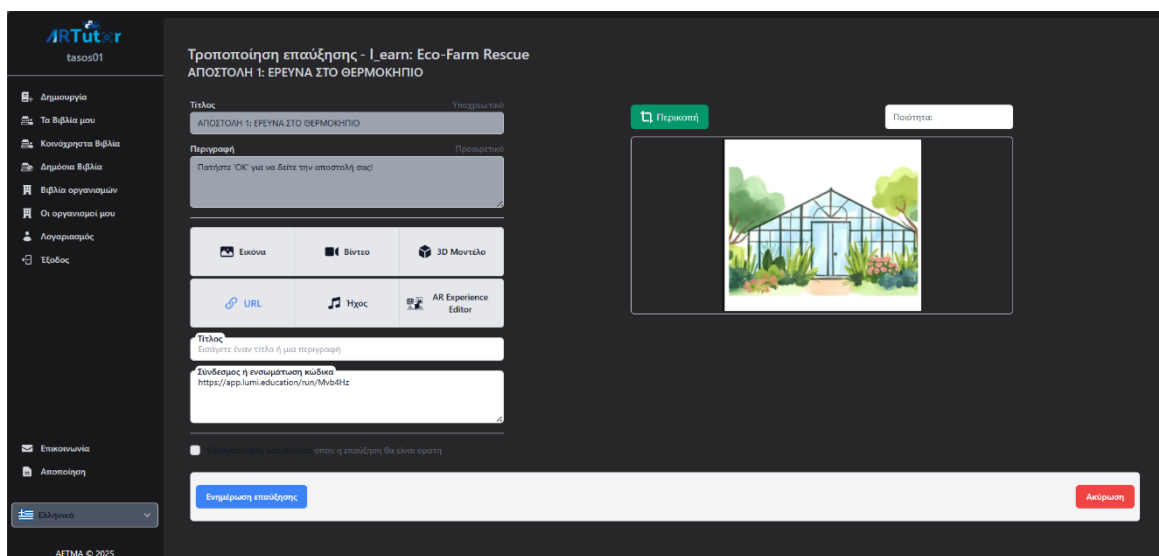
Εικόνα 5: Το Μπλοκάκι Σημειώσεων για την οργάνωση των στοιχείων και τη βαθμολογία της ομάδας.

3.4 Ψηφιακή Υλοποίηση και Διασύνδεση (Phygital Mechanics)

Η ψηφιακή διάσταση του "I_earn: Eco-Farm Rescue" δεν λειτουργεί αποκομμένα, αλλά σε άμεση και συνεχή αλληλεξάρτηση με τον φυσικό χώρο. Η υβριδική αυτή σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω της ταυτόχρονης αξιοποίησης της πλατφόρμας ARTutor, για την αναγνώριση των φυσικών δεικτών, και του λογισμικού ανοικτού κώδικα H5P, για τη διαχείριση της παιδαγωγικής λογικής και της διαδραστικής αξιολόγησης.

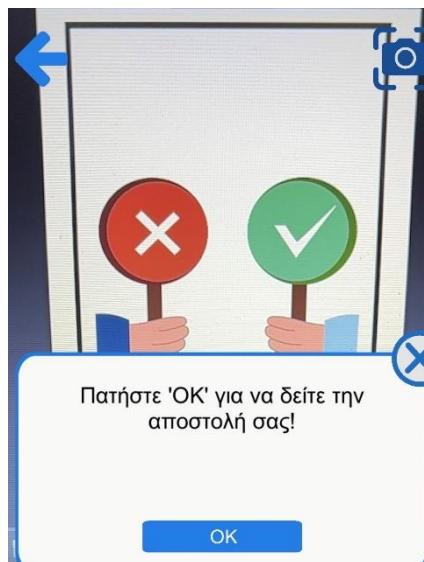
3.4.1 Διαδικασία σάρωσης (scanning) και ενεργοποίηση σκηνών μέσω ARTutor

Όπως αναλύθηκε στο θεωρητικό πλαίσιο, το παιχνίδι αξιοποιεί την τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας που βασίζεται σε δείκτες (marker-based AR) (Amanatidis, 2022). Κάθε μία από τις 12 φυσικές κάρτες των αποστολών, καθώς και η κάρτα της Τελικής Αναμέτρησης, λειτουργούν ως μοναδικοί οπτικοί δείκτες (targets/markers) μέσα στο οικοσύστημα του ARTutor.



Εικόνα 6: Το διαχειριστικό περιβάλλον (backend) της πλατφόρμας ARTutor

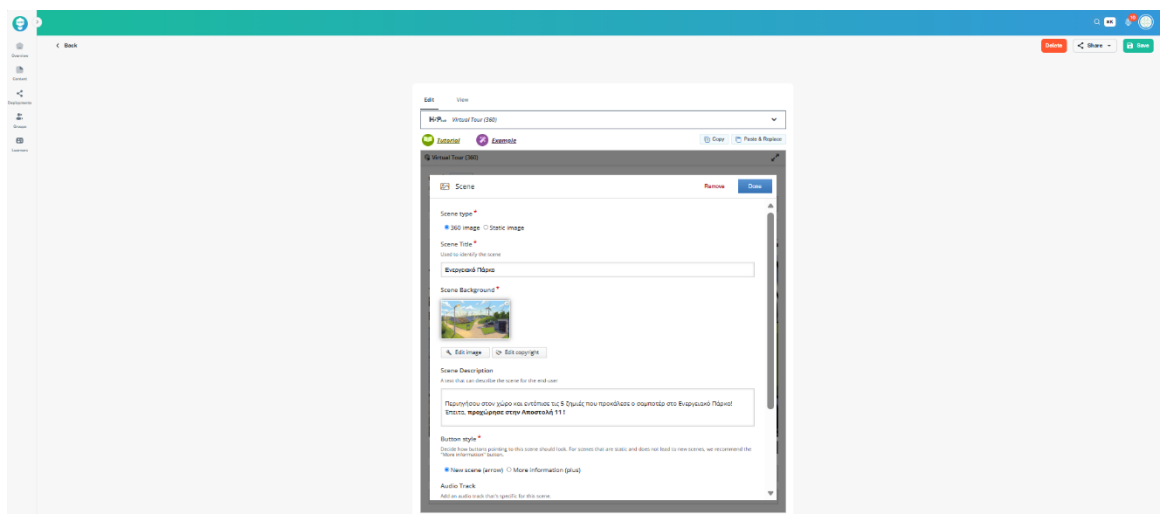
Όταν ο «Υπεύθυνος Σκαναρίσματος» της ομάδας στρέφει την κάμερα του tablet προς την επιλεγμένη κάρτα, η πλατφόρμα αναγνωρίζει ακαριαία το οπτικό της μοτίβο. Το ARTutor λειτουργεί ουσιαστικά ως η «γέφυρα» μεταξύ του φυσικού αντικειμένου και του ψηφιακού σεναρίου: προβάλλει αρχικά ένα εικονικό στοιχείο (3D μοντέλο ή γραφικό) και, μέσω ενός ενσωματωμένου κουμπιού (URL), κατευθύνει αυτόματα τους μαθητές στο στοχευμένο ψηφιακό περιβάλλον (H5P) της εκάστοτε δοκιμασίας. Αυτή η μη-παρεμβατική ροή (Miglino et al., 2014) διατηρεί την προσοχή των μαθητών συγκεντρωμένη στο επιτραπέζιο ταμπλό, ενισχύοντας τη συλλογική εξερεύνηση χωρίς να τους απομονώνει πίσω από την οθόνη της συσκευής.



Εικόνα 7: Στιγμιότυπο από την αναγνώριση του φυσικού δείκτη (κάρτας) μέσω της πλατφόρμας ARTutor.

3.4.2 Σχεδιασμός διαδραστικών ασκήσεων μέσω H5P

Αμέσως μετά τη σάρωση της κάρτας, η συσκευή μεταβαίνει στους ψηφιακούς γρίφους του H5P. Το συγκεκριμένο εργαλείο επιλέχθηκε διότι υποστηρίζει ενεργά την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση και εξυψώνει τη μαθησιακή εμπειρία στα επίπεδα της ενεργού (active) και εποικοδομητικής (constructive) εμπλοκής (Jacob & Centofanti, 2024).



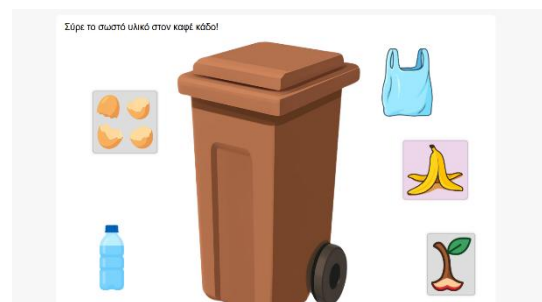
Εικόνα 8: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον ανάπτυξης (editor) του λογισμικού H5P.

Για την κάλυψη των εκπαιδευτικών στόχων στις 4 ζώνες του παιχνιδιού, σχεδιάστηκαν 12 διαδραστικοί γρίφοι αξιοποιώντας μια ευρεία ποικιλία τύπων περιεχομένου:

- **Virtual Tour 360:** Χρησιμοποιείται ως εργαλείο χωρικής εξερεύνησης (π.χ. στον Στάβλο και το Θερμοκήπιο) όπου οι μαθητές εντοπίζουν διαδραστικά σημεία (hotspots) με τις ζημιές του σαμποτέρ.

- **Drag & Drop & Find the Hotspot:** Αξιοποιούνται για τη διαλογή απορριμμάτων στους σωστούς κάδους και την οπτική ανίχνευση στοιχείων αντίστοιχα.
- **Image Juxtaposition (Σύγκριση Εικόνων) & Jigsaw Puzzle:** Εφαρμόζονται για την αποκάλυψη κρυμμένων αποδεικτικών στοιχείων, όπως η ακτινογραφία "X-Ray" στον στάβλο και η ανασύνθεση μιας σκισμένης φωτογραφίας.
- **Question Sets (Multiple Choice / True-False):** Λειτουργούν ως εργαλεία διαμορφωτικής αξιολόγησης για την εμπέδωση εννοιών (π.χ. οι ανάγκες των ζώων, οι συνέπειες καταστροφής των φυτών).

Κρίσιμο στοιχείο του σχεδιασμού σε αυτό το στάδιο είναι η παροχή **άμεσης ανατροφοδότησης (immediate feedback)** (Sinnayah κ.ά., 2021). Κάθε γρίφος στο H5P λειτουργεί ως ένα ψηφιακό λουκέτο, προσφέροντας άμεση επιβεβαίωση της ορθότητας των επιλογών τους. Σε περίπτωση αποτυχίας, η ομάδα καλείται να συνεργαστεί εκ νέου, εμποδώνοντας τη γνώση (μέσω *trial and error*) μέσα σε ένα ασφαλές ψηφιακό περιβάλλον.



Εικόνα 9: Ενδεικτικοί διαδραστικοί γρίφοι υλοποιημένοι στο λογισμικό H5P

Ο Πίνακας 1 αποτυπώνει την ευθυγράμμιση μεταξύ των επιμέρους αποστολών, του εκπαιδευτικού περιεχομένου και των μηχανισμών αλληλεπίδρασης. Η αντιστοίχιση αναδεικνύει ότι οι αποστολές δεν αποτελούν απλώς διαδοχικές δραστηριότητες, αλλά εντάσσονται σε ένα ενιαίο αφηγηματικό και παιδαγωγικό πλαίσιο. Παράλληλα, η διαφοροποίηση των τύπων δραστηριότητας —όπως 360° εξερεύνηση, ερωτήσεις, jigsaw, image juxtaposition, drag and drop και find the hotspot— επιτρέπει την εναλλαγή μορφών αλληλεπίδρασης κατά τη διάρκεια του gameplay.

Αποστολή	Θεματική / μαθησιακό περιεχόμεν ο	Τύπος δραστηριότ ητας	Κύρια γνωστική διεργασία	Στοιχείο συνεργασί ας	Τεχνολ ογία
1. Έρευνα στο Θερμοκήπ ιο	Αναγνώριση προβλημάτ ων που επηρεάζουν νερό, θερμοκρασί α, φως, ρίζες και αερισμό των φυτών	360° Virtual Tour / Hotspots	Παρατήρηση, εντοπισμός και σύνδεση προβλήματος– συνέπειας	Συλλογική εξερεύνησ η και καταγραφ ή στοιχείων	ARTuto r + H5P
2. Το Τεστ του Ντετέκτιβ	Κατανόηση των συνεπειών των ζημιών στο θερμοκήπιο	Question Set	Ανάκληση και αιτιολόγηση	Συζήτηση πριν από την επιλογή απάντησ ς	H5P
3. Το Σκισμένο Στοιχείο	Ανασύνθεσ η οπτικού στοιχείου και αποκάλυψη του πρώτου αποδεικτικο ύ στοιχείου	Jigsaw Puzzle	Χωρική οργάνωση και σύνθεση	Συνεργατι κή επίλυση	H5P
4. Η Σκηνή του Εγκλήματ	Αναγνώριση βασικών αναγκών	360° Virtual Tour / Hotspots	Παρατήρηση και κατηγοριοποίηση προβλημάτων	Συλλογική διερεύνησ η	ARTuto r + H5P

ος & οι Ανάγκες των Ζώων	των ζώων: νερό, τροφή, ασφάλεια, καθαριότητα, ξεκούραση				
5. Σωστό ή Λάθος	Κατανόηση βασικών αναγκών και συνθηκών ευζωίας των ζώων	True / False	Διάκριση σωστών και λανθασμένων προτάσεων	Συζήτηση και κοινή απόφαση	H5P
6. Ο Ανιχνευτής X-Ray	Εντοπισμός κρυμμένου αποδεικτικού ύ στοιχείου	Image Juxtaposition	Οπτική διερεύνηση και εντοπισμός	Συνεργατική αναζήτηση	H5P
7. Έρευνα στη Ζώνη Ανακύκλ ωσης	Αναγνώριση λανθασμένων διαλογής απορριμμάτων	360° Virtual Tour / Hotspots	Αναγνώριση και κατηγοριοποίηση	Συλλογική παρατήρηση και συζήτηση	ARTutor + H5P
8. Ο Διαχωρισ μός	Ταξινόμηση υλικών στους κατάλληλους κάδους	Drag & Drop	Κατηγοριοποίηση και λήψη απόφασης βάσει κανόνων	Συλλογική επίλυση	H5P

9. Ο Γρίφος του 3ου Στοιχείου	Επίλυση λεκτικού γρίφου και αποκάλυψη του τρίτου στοιχείου	Guess the Answer	Λογικός συλλογισμός και σύνδεση ενδείξεων	Συζήτηση και κοινή υπόθεση	H5P
10. Συναγερμός στο Ενεργειακό Πάρκο	Εντοπισμός προβλημάτων σε φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτρια, φωτισμό, αποθήκευση και φόρτιση	360° Virtual Tour / Hotspots	Παρατήρηση και εντοπισμός περιβαλλοντικών/λειτουργικών προβλημάτων	Συλλογική διερεύνηση	ARTutor + H5P
11. Η Σωστή Λειτουργία του Πάρκου	Αναγνώριση ορθών πρακτικών χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας	Multimedia Choice	Επιλογή με βάση κανόνες και αιτιολόγηση	Συζήτηση και κοινή επιλογή	H5P
12. Το Σακίδιο του Σαμποτέρ	Εντοπισμός του αντικειμένου που συνδέει τον σαμποτέρ	Find the Hotspot	Οπτικός εντοπισμός και σύνδεση στοιχείου με προηγούμενες ενδείξεις	Συλλογική απόφαση	H5P

	με το περιστατικό				
--	----------------------	--	--	--	--

Πίνακας 1: Ευθυγράμμιση αποστολών, μαθησιακού περιεχομένου και μηχανισμών παιχνιδιού

Η παρακάτω αντιστοίχιση δεν υποδηλώνει ότι όλες οι δραστηριότητες καλλιεργούν στον ίδιο βαθμό όλες τις διαστάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης. Αντίθετα, η Υπολογιστική Σκέψη ενσωματώνεται επιλεκτικά σε δραστηριότητες όπου η φύση του προβλήματος απαιτεί παρατήρηση, αποδόμηση, κατηγοριοποίηση, εφαρμογή κανόνων ή συνδυασμό στοιχείων. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η υπεργενίκευση του όρου «Υπολογιστική Σκέψη» και αποτυπώνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια ο πραγματικός ρόλος της στον σχεδιασμό του παιχνιδιού.

Στοιχείο Υπολογιστικής Σκέψης	Αποστολές όπου εμφανίζεται	Τρόπος ενσωμάτωσης
Αναγνώριση προτύπων / χαρακτηριστικών	1, 4, 7, 10	Οι μαθητές παρατηρούν επαναλαμβανόμενα ή χαρακτηριστικά στοιχεία ενός προβλήματος και τα συνδέουν με συγκεκριμένη περιβαλλοντική ή λειτουργική συνέπεια.
Αποδόμηση προβλήματος	1, 4, 7, 10	Ένα σύνθετο περιβάλλον προβλήματος διασπάται σε επιμέρους ζημιές/ενδείξεις, οι οποίες εξετάζονται ξεχωριστά.
Κατηγοριοποίηση / ταξινόμηση βάσει κανόνων	5, 7, 8, 11	Οι μαθητές ταξινομούν πληροφορίες, υλικά ή πρακτικές με βάση συγκεκριμένους κανόνες και χαρακτηριστικά.
Λογικός συλλογισμός και επίλυση προβλήματος	2, 3, 6, 9, 12 και τελική αναμέτρηση	Οι μαθητές συνδυάζουν στοιχεία, αξιολογούν πληροφορίες και οδηγούνται σε επιλογή ή αποκάλυψη.
Αλγοριθμική σκέψη	8, 11 και τελική αναμέτρηση	Η επίλυση βασίζεται στην εφαρμογή διαδοχικών κανόνων: αναγνώριση στοιχείου

		→ αντιστοίχιση → επιλογή → έλεγχος αποτελέσματος.
--	--	---

Πίνακας 2: Αντιστοίχιση στοιχείων Υπολογιστικής Σκέψης με τις δραστηριότητες του παιχνιδιού

Ο παρακάτω πίνακας αποτυπώνει ότι οι σχεδιαστικές επιλογές δεν είναι απαλλαγμένες από συμβιβασμούς. Η χρήση περισσότερων φυσικών και ψηφιακών στοιχείων ενισχύει τη Phygital εμπειρία, αλλά ταυτόχρονα αυξάνει την οργανωτική και τεχνική πολυπλοκότητα. Αντίστοιχα, η συνεργατική δομή ενισχύει την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, αλλά καθιστά δυσκολότερη την απομόνωση της ατομικής επίδοσης. Η αναγνώριση αυτών των trade-offs αποτελεί μέρος της κριτικής αξιολόγησης του σχεδιασμού.

Σχεδιαστική απόφαση	Αναμενόμενο όφελος	Πιθανός περιορισμός	Αιτιολόγηση
Συνδυασμός φυσικού και ψηφιακού περιβάλλοντος	Σύνδεση απτής και ψηφιακής αλληλεπίδρασης	Αυξημένη οργανωτική και τεχνική πολυπλοκότητα	Κεντρική απαίτηση της Phygital προσέγγισης
Χρήση ARTutor	Σύνδεση φυσικών καρτών με ψηφιακό περιεχόμενο	Εξάρτηση από τη σωστή αναγνώριση των markers και τη συσκευή	Λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ φυσικού και ψηφιακού περιβάλλοντος
Χρήση H5P	Ποικιλία διαδραστικών δραστηριοτήτων και άμεση ανατροφοδότηση	Εξάρτηση από σύνδεση και μετάβαση σε web περιβάλλον	Υποστήριξη διαφορετικών τύπων γρίφων
Τέσσερις ρόλοι στην ομάδα	Κατανομή συμμετοχής και ευθυνών	Απαιτείται συντονισμός μεταξύ των παικτών	Περιορισμός της μονοπώλησης της δράσης από έναν παίκτη

Χρωματική κωδικοποίηση	Ταχύτερη οργάνωση των φυσικών καρτών	Πρόσθετη εξάρτηση από την οπτική αναγνώριση	Αντιστοίχιση καρτών με τις τέσσερις ζώνες
Έντυπο καταγραφής	Εξωτερικοποίηση πληροφοριών και οργάνωση στοιχείων	Πρόσθετο φυσικό υλικό	Υποστήριξη της διαχείρισης των στοιχείων του μυστηρίου
12 διαδοχικές αποστολές	Συνεχής αφηγηματική εξέλιξη	Περιορισμένη μη γραμμικότητα	Δημιουργία ελεγχόμενης ροής του μυστηρίου
Άμεση ανατροφοδότηση	Άμεση ενημέρωση για την ορθότητα	Κίνδυνος υπερβολικής καθοδήγησης	Υποστήριξη δοκιμής και επανάληψης
Συνεργατική επίλυση	Επικοινωνία και συλλογική λήψη αποφάσεων	Δυσκολότερη ατομική αξιολόγηση	Ευθυγράμμιση με τον ομαδικό χαρακτήρα του παιχνιδιού
Mystery narrative	Συνοχή μεταξύ των αποστολών	Αυξημένη σχεδιαστική πολυπλοκότητα	Δημιουργία ενιαίου κινήτρου για την ολοκλήρωση

Πίνακας 3: Κρίσιμες σχεδιαστικές αποφάσεις, οφέλη και περιορισμοί

3.4.3 Ο Τελικός Ψηφιακός Γρίφος (Multimedia Choice) και η Αποκάλυψη

Το παιχνίδι κορυφώνεται με τη σύλληψη του Σαμποτέρ, η οποία αποτυπώνεται τεχνολογικά μέσω μιας ειδικά διαμορφωμένης άσκησης τύπου **Multimedia Choice** στο H5P. Αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τις 12 αποστολές και καταγράψουν τα 4 στοιχεία στο Έντυπο Καταγραφής, χρησιμοποιούν τη συνδυαστική τους σκέψη αποκλειστικά στον φυσικό χώρο για να αποκλείσουν τους αθώους υπόπτους.

Μόλις η ομάδα καταλήξει στον ένοχο, σκανάρει την κάρτα της "Τελικής Αναμέτρησης". Ο ψηφιακός γρίφος που εμφανίζεται προβάλλει τις εικόνες των πέντε υπόπτων, ζητώντας από

τα παιδιά να επιλέξουν τον πραγματικό σαμποτέρ. Σχεδιαστικά, επελέγη να μην παρέχεται μεμονωμένο feedback (μήνυμα) για κάθε λάθος επιλογή. Αντίθετα, αξιοποιείται ο μηχανισμός του **Γενικού Μηνύματος Ολοκλήρωσης (Overall Feedback)**. Αν οι μαθητές επιλέξουν λάθος πρόσωπο (βαθμολογία 0-99%), λαμβάνουν το μήνυμα "Λάθος σύλληψη! Ο πραγματικός ένοχος κυκλοφορεί ακόμα ελεύθερος! Ενώστε τα 4 κομμάτια του παζλ και προσπαθήστε ξανά!", αναγκάζοντάς τους να διασταυρώσουν ξανά τα στοιχεία τους στο χαρτί. Αν υποδείξουν τον σωστό ένοχο (βαθμολογία 100%), η εφαρμογή προβάλλει το θριαμβευτικό μήνυμα "ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΕΞΕΤΕΛΕΣΘΗ! Συγχαρητήρια Ντετέκτιβ! Ανακαλύψατε τον σαμποτέρ. Η Eco-Farm είναι πλέον ασφαλής, πράσινη και βιώσιμη!", πιστοποιώντας τη νίκη τους.

3.4.4 Ροή του παιχνιδιού (Gameplay loop)

Η ενορχήστρωση του φυσικού ταμπλό, του ARTutor και του H5P δημιουργεί έναν αυστηρά δομημένο, επαναληπτικό βρόχο παιχνιδιού (gameplay loop) που εξασφαλίζει τη γραμμική εξέλιξη του μυστηρίου. Η ροή βασίζεται στην επαναλαμβανόμενη εκτέλεση τεσσάρων διακριτών βημάτων:

1. **Φάση Εξερεύνησης:** Οι μαθητές εντοπίζουν τη σωστή φυσική κάρτα (target) στο ταμπλό, βάσει χρώματος και αρίθμησης.
2. **Φάση Σάρωσης (ARTutor):** Σάρωση της κάρτας, προβολή του περιβάλλοντος AR και μετάβαση στον ψηφιακό σύνδεσμο.
3. **Φάση Επίλυσης (H5P):** Η ομάδα συζητά και επιλύει τον ψηφιακό γρίφο, αξιοποιώντας την Υπολογιστική της Σκέψη.
4. **Φάση Ανταμοιβής:** Η επιτυχία πιστοποιείται και η ομάδα καταγράφει στο μπλοκάκι το στοιχείο που κέρδισε, προχωρώντας στο επόμενο βήμα.

Αυτή η δυναμική εναλλαγή μεταξύ απτότητας και ψηφιακής διαδραστικότητας διατηρεί τα κίνητρα σε υψηλά επίπεδα και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ψηφιακής απομόνωσης κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

3.5 Παρουσίαση της Εφαρμογής (Οθόνες και Στιγμιότυπα)

Η πρακτική εφαρμογή του "I_earn: Eco-Farm Rescue" συνθέτει τον φυσικό με τον ψηφιακό κόσμο σε μια ενιαία μαθησιακή εμπειρία. Στις υποενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται η

διεπαφή του παιχνιδιού και η ποικιλία των διαδραστικών μηχανισμών. (Σημείωση: Το πλήρες κείμενο των σεναρίων, των ερωτήσεων και των μηνυμάτων ανατροφοδότησης παρατίθεται αναλυτικά στο Παράρτημα Γ της παρούσας εργασίας).

3.5.1 Κεντρικό Μενού και Ρύθμιση Παιχνιδιού

Ως «Κεντρικό Μενού» στο συγκεκριμένο Phygital παιχνίδι νοείται η φυσική προετοιμασία του ταμπλό και η εισαγωγή στο σενάριο. Η διεπαφή ξεκινά με τους μαθητές να τοποθετούν τις 12 Κάρτες Αποστολών στις 4 χρωματικά κωδικοποιημένες ζώνες (Θερμοκήπιο, Στάβλος, Ανακύκλωση, Ενεργειακό Πάρκο). Η ρύθμιση του παιχνιδιού (game setup) ολοκληρώνεται με την ανάγνωση του Εναρκτήριου Γράμματος, το οποίο ορίζει τους ρόλους των παικτών (Αναγνώστης, Υπεύθυνος Σκαναρίσματος, Ψηφιακός Λύτης, Υπεύθυνος Στοιχείων) και δίνει το έναυσμα για την εκκίνηση της συσκευής (tablet).



Εικόνα 10: Η φυσική διεπαφή (ταμπλό) έτοιμη για την έναρξη του παιχνιδιού.

3.5.2 Η Εμπειρία Επαυξημένης Πραγματικότητας (ARTutor)

Η οπτική εξερεύνηση της φάρμας υλοποιείται μέσω της κάμερας της συσκευής και του ARTutor. Η σάρωση των φυσικών καρτών ενεργοποιεί ένα εντυπωσιακό ψηφιακό περιβάλλον, με επίκεντρο τη χρήση εργαλείων **360 Virtual Tour**. Οι μαθητές, περιστρέφοντας την οθόνη του tablet στον χώρο, «βυθίζονται» στα διαφορετικά περιβάλλοντα (π.χ. στο εσωτερικό του Θερμοκηπίου, στον Στάβλο ή στο Ενεργειακό Πάρκο). Εκεί, καλούνται να ανακαλύψουν διαδραστικά σημεία (hotspots) που οπτικοποιούν τις ζημιές του σαμποτέρ, όπως κομμένα

λάστιχα άρδευσης, σπασμένες ποτίστρες ή μπλοκαρισμένες ανεμογεννήτριες, συλλέγοντας κρίσιμες πληροφορίες για τη συνέχεια.



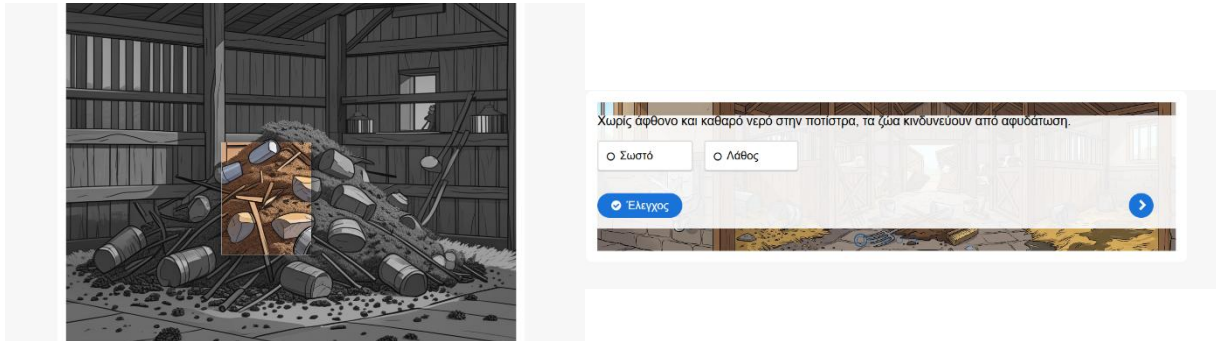
Εικόνα 11: Εξερεύνηση 360 μοιρών για τον εντοπισμό ζημιών (hotspots).

3.5.3 Διαδραστικοί Γρίφοι και Αξιολόγηση (H5P)

Η επίλυση των προβλημάτων βασίζεται στην ψηφιακή αξιολόγηση μέσω ποικίλων διαδραστικών τύπων του H5P:

- **Drag and Drop:** Στη ζώνη της Ανακύκλωσης, η διεπαφή ζητά από τους χρήστες να σύρουν απορρίμματα (π.χ. φλούδες, πλαστικά, χαρτιά) σε 4 διαφορετικούς κάδους, με τη λειτουργία "snap back" να απορρίπτει αυτόματα τις λανθασμένες επιλογές.
- **Jigsaw Puzzle:** Οι παίκτες πρέπει να σύρουν και να ενώσουν τα κομμάτια μιας σκισμένης ψηφιακής φωτογραφίας για να ανακαλύψουν ένα οπτικό στοιχείο (π.χ. λασπωμένες γαλότσες).
- **Image Juxtaposition (Σύγκριση Εικόνων):** Ένα καινοτόμο ψηφιακό εργαλείο προσομοιώνει έναν ανιχνευτή "X-Ray". Οι μαθητές σύρουν μια κάθετη μπάρα πάνω από έναν σωρό άχυρα, κάνοντας την εικόνα διάφανη, για να αποκαλύψουν κρυμμένα αντικείμενα.
- **Ερωτήσεις Διαμορφωτικής Αξιολόγησης (True/False & Multimedia Choice):** Ενσωματώνονται ερωτήσεις γνώσεων που αφορούν τις ανάγκες των ζώων ή την

ασφαλή λειτουργία των φωτοβολταϊκών, παρέχοντας άμεση, αιτιολογημένη ανατροφοδότηση μετά από κάθε κλικ.



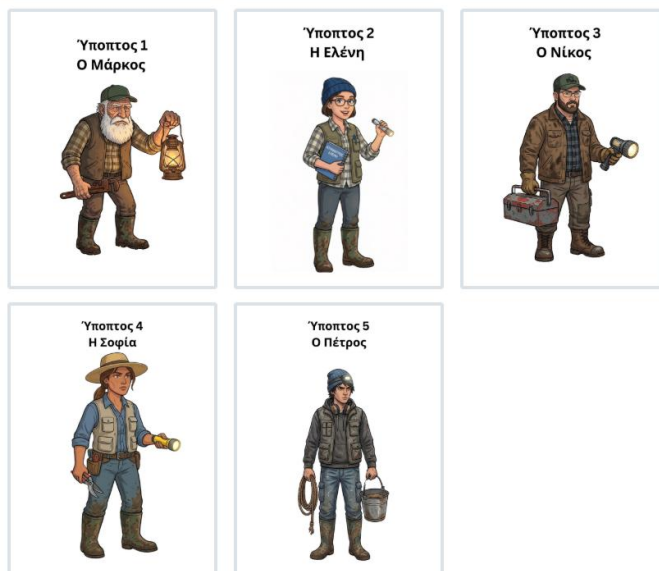
Εικόνα 12: Ενδεικτικές οθόνες διεπαφής από τους διαδραστικούς γρίφους στο H5P.

3.5.4 Συμπέρασμα Μυστηρίου και Οθόνες Νίκης

Το παιχνίδι ολοκληρώνεται ψηφιακά με τη διαδικασία αποκάλυψης του σαμποτέρ (Multimedia Choice). Η τελευταία οθόνη του H5P προβάλλει τις εικόνες των πέντε υπόπτων. Οι μαθητές, έχοντας διασταυρώσει τα στοιχεία στο φυσικό τους μπλοκάκι, επιλέγουν το πρόσωπο του ενόχου. Η τελική αξιολόγηση του συστήματος βασίζεται στο συνολικό ποσοστό επιτυχίας:

- **Σενάριο Ήττας (0% - 99%):** Εμφανίζεται το μήνυμα "Λάθος σύλληψη! Ο πραγματικός ένοχος κυκλοφορεί ακόμα ελεύθερος!", προτρέποντας για επαναξιολόγηση των στοιχείων.
- **Σενάριο Νίκης (100%):** Η οθόνη κατακλύζεται από το μήνυμα επιβράβευσης "ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΕΞΕΤΕΛΕΣΘΗ!", σηματοδοτώντας την εξιχνίαση του μυστηρίου και την επιτυχή ολοκλήρωση της μαθησιακής διαδικασίας.

Ντετέκτιβ, διασταυρώσατε τα 4 στοιχεία με επιτυχία! Ποιος από τους παρακάτω υπόπτους κρύβεται πίσω από τις καταστροφές στην Eco-Farm; Επιλέξτε την εικόνα του ενόχου:



Εικόνα 13: Η οθόνη τελικής αναμέτρησης και ταυτοποίησης του σαμποτέρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο πλαίσιο της διαφάνειας, της ακαδημαϊκής ακεραιότητας και της υπεύθυνης αξιοποίησης της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ), το παρόν κεφάλαιο περιγράφει με σαφήνεια πώς, πού και γιατί χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία ΤΝ για τη δημιουργία του ψηφιακού και φυσικού υλικού του παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue". Αναδεικνύεται παράλληλα ο καθοριστικός ρόλος του συγγραφέα στη λήψη όλων των επιστημονικών, παιδαγωγικών και δημιουργικών αποφάσεων, ακολουθώντας τη βασική αρχή Human-in-the-Loop.

4.1 Επίπεδο χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assessment Scale – AIAS)

Η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην παρούσα εργασία δεν περιορίζεται σε ένα ενιαίο επίπεδο χρήσης. Σύμφωνα με το διεθνές πλαίσιο AI Assessment Scale (AIAS) (Perkins κ.ά., 2024), η χρήση κυμαίνεται από υποστηρικτικές μορφές ιδεοθύελλας και συνεργατικής παραγωγής περιεχομένου έως την ενσωμάτωση παραγόμενου οπτικού υλικού στο τελικό παραδοτέο. Η ακριβής ταξινόμηση ανά εργαλείο και δραστηριότητα αποτυπώνεται στον Πίνακα 4.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η Τεχνητή Νοημοσύνη χρησιμοποιήθηκε ως υποστηρικτικό εργαλείο και όχι ως αυτόνομος φορέας λήψης παιδαγωγικών ή επιστημονικών αποφάσεων. Η επιλογή, επεξεργασία, αξιολόγηση και τελική ενσωμάτωση του παραγόμενου περιεχομένου πραγματοποιήθηκαν από τον συγγραφέα.

Συγκεκριμένα, η εργασία ανήκει στο Level 3 όσον αφορά τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και την παραγωγή κειμένων, καθώς τα εργαλεία ΤΝ (Gemini) λειτούργησαν συνεργατικά για τη δημιουργία ιδεών, τη σύνταξη ανατροφοδοτήσεων (feedbacks) και τη γλωσσική επιμέλεια, με τον άνθρωπο να διατηρεί τον απόλυτο έλεγχο των τελικών αποφάσεων. Παράλληλα, ως προς τη δημιουργία του πολυμεσικού υλικού (γραφικά ταμπλό, εικονογραφήσεις υπόπτων, κάρτες), η χρήση εντάσσεται στο Level 4, καθώς εργαλεία όπως το Canva AI αποτέλεσαν αναπόσπαστο μέρος της παραγωγής του τελικού οπτικού παραδοτέου. Σε κάθε περίπτωση, η παιδαγωγική εγκυρότητα και η επιλογή του υλικού αποτέλεσαν αποκλειστική ευθύνη του συγγραφέα.

4.2 Συνοπτικός Πίνακας Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης

Πριν από την αναλυτική περιγραφή, η χρήση της TN συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Στάδιο της εργασίας	Εργαλείο TN	Σκοπός χρήσης	AIAS επίπεδο	Ανθρώπινη παρέμβαση
Σχεδιασμός παιχνιδιού (Game Design)	Gemini	Brainstorming μαθησιακών αποστολών και γρίφων	Level 2	Επιλογή ιδεών και ευθυγράμμιση με τον οδηγό «Λεύκιππος».
Συγγραφή κειμένων & Ανατροφοδότησης	Gemini	Δημιουργία σεναρίου, ερωτήσεων H5P και feedback	Level 3	Έλεγχος λεξιλογίου, απλοποίηση όρων για μαθητές Δημοτικού.
Δημιουργία εικόνων (Ταμπλό, Ύποπτοι)	Canva AI (Magic Media)	Παραγωγή πρωτότυπων εικονογραφήσεων	Level 4	Σύνταξη prompts, επιλογή παραλλαγών, τελική γραφιστική επιμέλεια.
Γλωσσική επιμέλεια	Gemini	Βελτίωση ακαδημαϊκής διατύπωσης	Level 3	Έλεγχος επιστημονικής ακρίβειας και τελικές διορθώσεις παραπομπών.

Πίνακας 4: Χρήση TN

4.3 Αναλυτική Περιγραφή της Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης

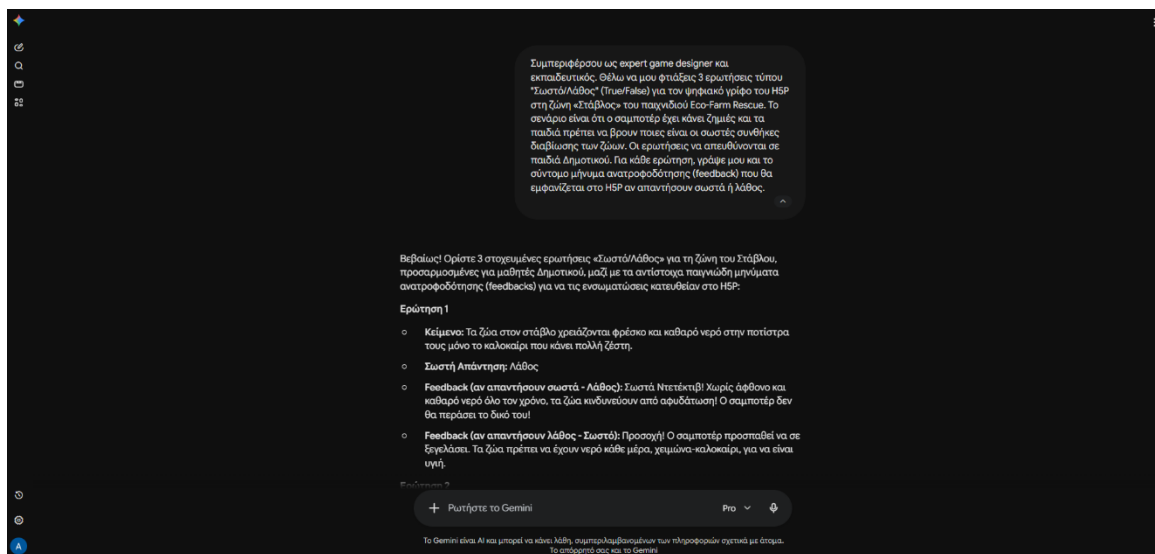
Κατά την υλοποίηση του παιχνιδιού, η Τεχνητή Νοημοσύνη αξιοποιήθηκε σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. **Παραγωγή ιδεών (Brainstorming) και Συγγραφή Κειμένων:** Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Gemini. Σκοπός ήταν η μετάφραση των εννοιών της Υπολογιστικής Σκέψης σε πρακτικούς γρίφους για το H5P και η συγγραφή του αφηγηματικού σεναρίου (Εναρκτήριο Γράμμα, ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, μηνύματα σωστού/λάθους). Το αποτέλεσμα ήταν ένα δομημένο σύνολο 12 αποστολών. Ο βαθμός ανθρώπινης παρέμβασης υπήρξε υψηλός, καθώς τα κείμενα αναθεωρήθηκαν για να ταιριάζουν στο ηλικιακό προφίλ μαθητών Πρωτοβάθμιας.
2. **Δημιουργία εικόνων:** Αξιοποιήθηκε το Canva AI (Magic Media) για την παραγωγή του οπτικού υλικού του Phygital παιχνιδιού. Ο σκοπός ήταν η δημιουργία οπτικά ελκυστικών δεικτών (markers) για το ARTutor. Το αποτέλεσμα περιελάμβανε τις εικόνες των υπόπτων, τα στοιχεία του ταμπλό και τα εικονίδια των καρτών. Η ανθρώπινη παρέμβαση επικεντρώθηκε στην παροχή αυστηρών περιγραφικών prompts (text-to-image) και στη γραφιστική σύνθεση του τελικού ταμπλό.
3. **Γλωσσική Επιμέλεια:** Χρησιμοποιήθηκε το Gemini για τη βελτίωση της ροής του θεωρητικού πλαισίου της διπλωματικής. Η ανθρώπινη παρέμβαση συνίστατο στον διαρκή έλεγχο της ακαδημαϊκής ορθότητας και στη διασταύρωση των βιβλιογραφικών πηγών.

4.4 Ενδεικτικά Prompts

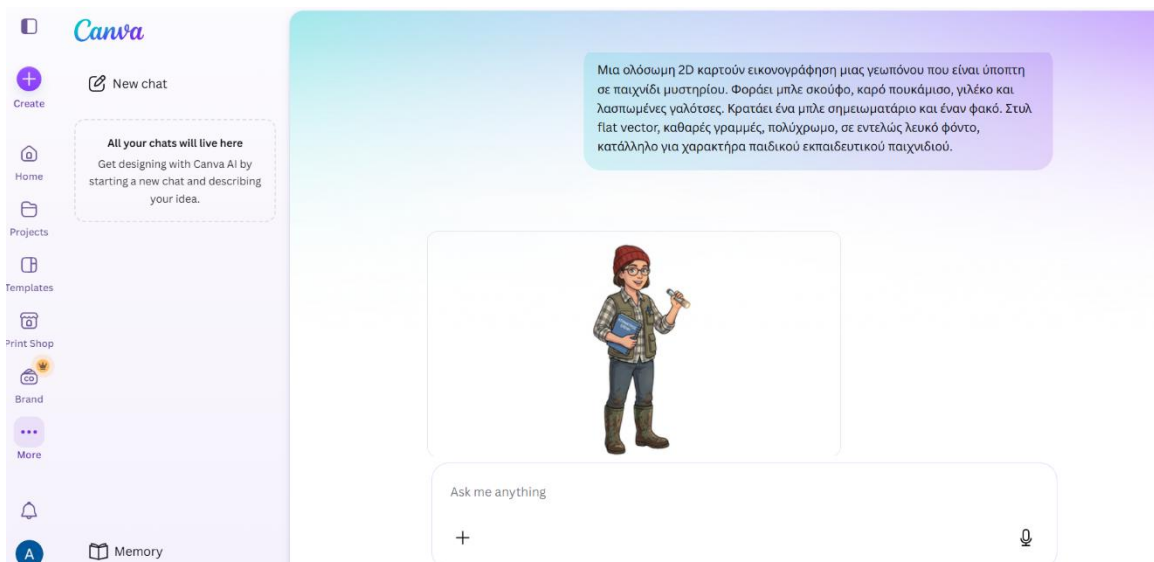
Για την τεκμηρίωση της διαδικασίας παρατίθενται αντιπροσωπευτικά ερωτήματα (prompts) που καθοδήγησαν την παραγωγή του υλικού:

Εργαλείο: Gemini **Σκοπός:** Δημιουργία εκπαιδευτικών γρίφων στο H5P. **Prompt:** "Συμπεριφέρσου ως expert game designer και εκπαιδευτικός. Θέλω να μου φτιάξεις 3 ερωτήσεις τύπου 'Σωστό/Λάθος' (True/False) για τον ψηφιακό γρίφο του H5P στη ζώνη «Στάβλος» του παιχνιδιού Eco-Farm Rescue. Οι ερωτήσεις να απευθύνονται σε παιδιά Δημοτικού. Για κάθε ερώτηση, γράψε μου και το σύντομο μήνυμα ανατροφοδότησης (feedback) που θα εμφανίζεται στο H5P αν απαντήσουν σωστά ή λάθος.



Εικόνα 14: Στιγμιότυπο συνομιλίας με το Gemini

Εργαλείο: Canva AI (Magic Media) **Σκοπός:** Δημιουργία εικονογράφησης χαρακτήρα (Υποπτος). **Prompt:** "Μια ολόσωμη 2D καρτούν εικονογράφηση μιας γεωπόνου που είναι ύποπτη σε παιχνίδι μυστηρίου. Φοράει μπλε σκούφο, καρό πουκάμισο, γιλέκο και λασπωμένες γαλότσες. Κρατάει ένα μπλε σημειωματάριο και έναν φακό. Στυλ flat vector, καθαρές γραμμές, σε εντελώς λευκό φόντο, κατάλληλο για χαρακτήρα παιδικού εκπαιδευτικού παιχνιδιού."



Εικόνα 15: Στιγμιότυπο δημιουργίας εικόνας στο Canva.

4.5 Human in the Loop

Κατά τη συνεργασία με την Τεχνητή Νοημοσύνη, εφαρμόστηκε αυστηρά η αρχή Human in the Loop (HITL). Η ΤΝ λειτούργησε αποκλειστικά ως εργαλείο υποστήριξης. Συγκεκριμένα:

- Απορρίφθηκαν προτάσεις του ΑΙ για περίπλοκους γρίφους κρυπτογραφίας, καθώς δεν εξυπηρετούσαν τους στόχους της Υπολογιστικής Σκέψης για παιδιά Δημοτικού.
- Τροποποιήθηκαν σημαντικά τα παραγόμενα κείμενα ανατροφοδότησης (feedbacks), ώστε να μειωθεί το θεωρητικό βάρος και να ενισχυθεί το στοιχείο του μυστηρίου.
- Απαιτήθηκε ενδεδειγμένος επιστημονικός έλεγχος στις οικολογικές πληροφορίες που παρείχε το μοντέλο, διασταυρώνοντάς τις με τη βιβλιογραφία του 2ου Κεφαλαίου. Όλες οι παιδαγωγικές αποφάσεις, όπως η επιλογή της χρωματικής κωδικοποίησης και η οργάνωση του Phygital περιβάλλοντος, λήφθηκαν αποκλειστικά από τον συγγραφέα.

4.6 Κριτική Αποτίμηση της Χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η εμπειρία ενσωμάτωσης εργαλείων Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (Gemini, Canva AI) κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναδεικνύει τόσο τις τεράστιες δυνατότητες όσο και τους εγγενείς περιορισμούς αυτών των συστημάτων. Η ΤΝ αποδείχθηκε εξαιρετικά χρήσιμη στα πρώιμα στάδια της ιδεοθύελλας (brainstorming) και του σχεδιασμού (prototyping). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα ήταν η ραγδαία επιτάχυνση της παραγωγής πρωτότυπου εκπαιδευτικού και οπτικού υλικού, μια διαδικασία που υπό κανονικές συνθήκες θα απαιτούσε εξειδικευμένες γνώσεις γραφιστικής και πολλαπλάσιο χρόνο.

Ωστόσο, η χρήση των εργαλείων ανέδειξε σημαντικές αδυναμίες. Στον τομέα της παραγωγής εικόνων (text-to-image), τα μοντέλα συχνά δυσκολεύονταν να διατηρήσουν συνέπεια (consistency) στο καλλιτεχνικό στυλ μεταξύ διαφορετικών εικόνων, απαιτώντας δεκάδες επαναλήψεις (re-prompting) και απορρίψεις ακατάλληλων αποτελεσμάτων που εμφάνιζαν οπτικές παραμορφώσεις. Στον τομέα του κειμένου, παρότι το γλωσσικό μοντέλο παρήγαγε δομημένες απαντήσεις, συχνά υιοθετούσε ένα υπερβολικά "ξύλινο" ή

ακαδημαϊκό ύφος, αποτυγχάνοντας να προσεγγίσει τον φυσικό και ενθουσιώδη τόνο που απαιτείται για την επικοινωνία με παιδιά ηλικίας 9-12 ετών.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, απαιτήθηκε ουσιαστική ανθρώπινη παρέμβαση για την αναδιατύπωση του υλικού και την παιδαγωγική του προσαρμογή. Το βασικό δίδαγμα που προέκυψε από αυτή τη συνεργασία είναι ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας εξαιρετικός «επιταχυντής», αλλά δεν διαθέτει ενσυναίσθηση ούτε παιδαγωγικό ένστικτο. Η ποιότητα του τελικού παραδοτέου δεν εξασφαλίστηκε από την τεχνολογία καθαυτή, αλλά από τη συνεχή κριτική αξιολόγηση, το φιλτράρισμα και την ανθρώπινη καθοδήγηση (Human in the Loop).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στην τελική αποτίμηση του εκπαιδευτικού υβριδικού παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue" και στη συνολική ανασκόπηση του έργου. Το κεφάλαιο αναπτύσσεται σε τρεις βασικούς άξονες: Αρχικά (Ενότητα 5.1), διενεργείται μια συστηματική, αυστηρή αυτοαξιολόγηση του σχεδιασμού βάσει θεσμοθετημένης ακαδημαϊκής ρουμπρίκας (Game Design Document) και αναλύονται σε βάθος τα δυνατά σημεία, οι σχεδιαστικοί περιορισμοί και οι παιδαγωγικές προκλήσεις της εφαρμογής. Στη συνέχεια (Ενότητα 5.2), περιγράφεται αναλυτικά η προτεινόμενη μεθοδολογία για την αξιολόγηση της εμπειρίας χρήστη (UX) και της ευχρηστίας του συστήματος από τους τελικούς χρήστες, με χρήση της σταθμισμένης κλίμακας SUS (System Usability Scale). Τέλος (Ενότητα 5.3), διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και προτείνονται συγκεκριμένες προοπτικές για τον μελλοντικό εμπλουτισμό του παιχνιδιού.

5.1 Αυτοαξιολόγηση του σχεδιασμού

Η θεωρητική και σχεδιαστική αποτίμηση του εκπαιδευτικού παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue" πραγματοποιήθηκε μέσω μιας αυστηρής διαδικασίας αυτοαξιολόγησης, λαμβάνοντας υπόψη τα δομικά και δραματικά στοιχεία του Εγγράφου Σχεδιασμού Παιχνιδιού (Game Design Document - GDD), καθώς και τις προδιαγραφές του εικονογραφημένου σεναρίου (Storyboard). Στόχος της διαδικασίας αυτής δεν ήταν η άκριτη επιβεβαίωση της αρχικής σύλληψης, αλλά ο εντοπισμός των σχεδιαστικών συμβιβασμών, των περιορισμών και των σημείων που επιδέχονται βελτίωση.

5.1.1 Αξιολόγηση βάσει της Ρουμπρίκας Game Design (GDD & Storyboard)

Για την αντικειμενική αποτίμηση του σχεδιασμού αξιοποιήθηκε η θεσμοθετημένη ρουμπρίκα αξιολόγησης του GDD και του Storyboard. Η αξιολόγηση διενεργήθηκε σε δύο επίπεδα: α) την πληρότητα και σαφήνεια περιγραφής των μηχανισμών και των δραματικών στοιχείων (σε κλίμακα 1: Μη περιγραφή, 2: Ασάφειες/Μερική περιγραφή, 3: Σαφής περιγραφή) και β) την ποιοτική αποτίμηση του τελικού σχεδιαστικού αποτελέσματος (1: Weak, 2: Fair, 3: Excellent).

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η αναλυτική αυτοαξιολόγηση των Δομικών και Δραματικών Στοιχείων του παιχνιδιού.

Στοιχεία Παιχνιδιού / Μηχανισμοί	Βαθμολογία GDD (1-3)	Βαθμολογία Storyboard (1-3)	Αιτιολογία / Κριτική Παρατήρηση
1. Παίκτες (Players): Αριθμός παικτών	3	3	Πλήρης ορισμός της 4μελούς ομάδας και των διακριτών ρόλων.
2. Στόχος (Goal): Σκοπός παιχνιδιού	3	3	Σαφής διττός στόχος (διάσωση φάρμας & ταυτοποίηση σαμποτέρ).
3. Πώς να πετύχεις τον στόχο: Βήματα	3	3	Σαφής περιγραφή της αλληλουχίας των 12 αποστολών.
4. Εξοπλισμός (Equipment): Στοιχεία/Sprites	2	2	Μερική ασάφεια: Ο μεγάλος όγκος φυσικών υλικών (12 κάρτες, ταμπλό, μπλοκάκι, κάρτες υπόπτων) σε συνδυασμό με το tablet δημιουργεί κίνδυνο «συνωστισμού» στον φυσικό χώρο.
5. Σύγκρουση (Conflict): Εμπόδια	3	3	Συνεργατική σύγκρουση ενάντια στον χρόνο και τους γρίφους.
6. Αλληλεπίδραση (NUI): Συσκευές/AR	2	2	Τεχνικός περιορισμός: Η αλληλεπίδραση AR περιορίζεται στη σάρωση δεικτών (marker- based) που ανακατευθύνουν σε web σύνδεσμο H5P, χωρίς πλήρως ενσωματωμένη τρισδιάστατη διάδραση εντός του AR περιβάλλοντος.
7. Νίκη/Ήττα (Win/Lose): Καταστάσεις	3	3	Πλήρης ορισμός των σεναρίων ολοκλήρωσης στο H5P.

8. Κανόνες (Rules): Περιορισμοί	3	3	Αυστηροί κανόνες προκαθορισμένης γραμμικής αλληλουχίας.
9. Πρόκληση (Challenge): Δυσκολία γρίφων	2	2	Διακύμανση δυσκολίας: Η κλιμάκωση της δυσκολίας δεν είναι απόλυτα ομαλή για το ευρύ ηλικιακό φάσμα (Δ' έως ΣΤ' Δημοτικού), καθώς ορισμένοι γρίφοι 360° απαιτούν αυξημένη καθοδήγηση.
10. Παιγνιώδη Χαρακτηριστικά: Gamification	3	3	Ισχυρή ενσωμάτωση πόντων, εμβλημάτων και συστήματος βοηθειών.
11. Ιστορία: Αφηγηματική εξέλιξη	3	3	Συνοχή σεναρίου με εναρκτήριο γράμμα και κορύφωση στο φινάλε.
12. Αντικείμενα (Sprites): Χαρακτήρες	3	3	Πλήρης εικονογράφηση των 5 υπόπτων και των στοιχείων.
13. Συμπεριφορές Αντικειμένων: Διάδραση	3	2	Περιορισμός Storyboard: Δυσκολία πλήρους οπτικοποίησης της δυναμικής συμπεριφοράς των hotspots του H5P στο στατικό storyboard.

Πίνακας 5: Αξιολόγηση Πληρότητας Δομικών και Δραματικών Στοιχείων (GDD & Storyboard)

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 6 παρατίθεται η συνολική ποιοτική αποτίμηση του σχεδιασμού βάσει των 9 Κριτηρίων της ρουμπρίκας, αναδεικνύοντας τα σημεία υπεροχής αλλά και τις σχεδιαστικές ατέλειες.

Κριτήρια Αξιολόγησης (GDD & Storyboard)	Βαθμολογία (1-3)	Αιτιολογημένη Κριτική Αποτίμηση
1. Βασική ιδέα Παιχνιδιού	3	Εξαιρετικά σαφής ορισμός του εκπαιδευτικού σκοπού και των επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων.
2. Ανάλυση Παιχνιδιού	3	Αναλύθηκαν διεξοδικά όλα τα δομικά και δραματικά πεδία στο τεύχος σχεδιασμού.
3. Περιγραφή target group	2	Fair: Αν και το target group ορίζεται ως μαθητές Δημοτικού, παρουσιάζεται σχετική ασάφεια ως προς τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των γνωστικών αναγκών της Δ' και της ΣΤ' τάξης.
4. Σκοπός/Στόχος Παιχνιδιού	3	Απόλυτα σαφής διαχωρισμός μεταξύ του μαθησιακού σκοπού και του παιγνιώδους στόχου νίκης.
5. Πολυμεσικό υλικό	2	Fair: Αν και το πολυμεσικό υλικό (360°, ήχοι, graphics) περιγράφεται επαρκώς, η τεχνολογική διασύνδεση ARTutor και H5P ενέχει μια μικρή υστέρηση (latency) κατά τη μετάβαση, που επηρεάζει τη ροή.
6. Λογική ροή	3	Το Storyboard και το GDD αποτυπώνουν με σαφήνεια την αρχή, τη μέση και το τέλος του gameplay loop.
7. Οθόνες απλές και ξεκάθαρες	3	Οι διεπαφές του H5P σχεδιάστηκαν με γνώμονα τη λιτότητα και την αποφυγή οπτικής φόρτωσης.
8. Ξεκάθαρο Τέλος Παιχνιδιού	3	Πλήρως οριοθετημένο φινάλε με διαφοροποιημένη ανατροφοδότηση (overall feedback) για νίκη ή ήττα.

9. Μικρές ατέλειες	2	Fair: Εντοπίζονται μικρές ασυνέπειες στην οπτική αισθητική μεταξύ των 3D μοντέλων του ARTutor και των 2D flat vector εικονογραφήσεων του Canva.
--------------------	---	--

Πίνακας 6: Ποιοτική Αξιολόγηση Κριτηρίων Σχεδιασμού (GDD & Storyboard)

5.1.2 Δυνατά σημεία, περιορισμοί και παιδαγωγικές προκλήσεις της εφαρμογής

Η κριτική ανάλυση του σχεδιασμού αποκαλύπτει μια σειρά από ουσιαστικά **δυνατά σημεία**, αλλά παράλληλα αναδεικνύει σημαντικές **παιδαγωγικές και τεχνικές προκλήσεις**:

Δυνατά Σημεία (Strengths):

1. **Αποτελεσματική Υβριδοποίηση (Phygital Balance):** Η εφαρμογή επιτυγχάνει μια ισορροπημένη σύγκλιση φυσικού και ψηφιακού κόσμου. Το επιτραπέζιο ταμπλό λειτουργεί ως «κοινωνικός καταλύτης», υποχρεώνοντας τους μαθητές να επικοινωνούν δια ζώσης, ενώ η τεχνολογία AR και το H5P προσφέρουν τη δυναμική ανατροφοδότηση που λείπει από τα παραδοσιακά επιτραπέζια.
2. **Σύνδεση Υπολογιστικής Σκέψης και Περιβαλλοντικής Ηθικής:** Το παιχνίδι αποφεύγει τη στείρα αποστήθιση οικολογικών ορισμών. Μέσα από μηχανισμούς αποσύνθεσης προβλημάτων, αναγνώρισης μοτίβων και λογικής υπό συνθήκη, οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων βιωσιμότητας.
3. **Ενσωμάτωση Μηχανισμών Γνωστικής Αποφόρτισης:** Η εισαγωγή του φυσικού «Εντύπου Καταγραφής» (μπλοκάκι σημειώσεων) αποτελεί σημαντικό σχεδιαστικό πλεονέκτημα (cognitive offloading), καθώς επιτρέπει στους μαθητές να εξωτερικεύουν τη μνήμη τους και να εστιάζουν στη συνδυαστική λογική για τον αποκλεισμό των υπόπτων.

Περιορισμοί και Παιδαγωγικές Προκλήσεις (Limitations & Challenges):

1. **Το Φαινόμενο της Διασπασμένης Προσοχής (Split-Attention Effect):** Ο ταυτόχρονος χειρισμός του φυσικού ταμπλό, των 12 καρτών, του tablet και του φυσικού σημειωματάριου ενέχει τον κίνδυνο να προκαλέσει αυξημένο εξωγενές γνωστικό φορτίο (extraneous cognitive load). Οι μαθητές καλούνται να μετατοπίζουν

συνεχώς την προσοχή τους μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού πεδίου, γεγονός που σε μικρότερες ηλικίες (Δ' Δημοτικού) μπορεί να διασπάσει τη συγκέντρωση.

2. **Τεχνολογική Εξάρτηση και Τεχνικές Ασυνέπειες:** Η ομαλή εκτέλεση του παιχνιδιού βασίζεται στην απρόσκοπτη λειτουργία δύο διαφορετικών ψηφιακών πλατφορμών (ARTutor και H5P). Τυχόν καθυστερήσεις στη σύνδεση στο διαδίκτυο, κακός φωτισμός στην τάξη που παρεμποδίζει τη σάρωση των δεικτών (markers) ή τεχνική υστέρηση (latency) κατά τη μετάβαση από το AR περιβάλλον στον browser, μπορούν να διακόψουν την αίσθηση «ροής» (flow state) των παικτών.
3. **Ετερογένεια Γνωστικού Υποβάθρου:** Ο σχεδιασμός των γρίφων παρουσιάζει πρόκληση ως προς τη διαβάθμιση της δυσκολίας. Γρίφοι που βασίζονται σε Virtual Tours 360° ενδέχεται να φανούν υπερβολικά σύνθετοι για μαθητές με περιορισμένο ψηφιακό γραμματισμό, ενώ αντίστοιχα ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής μπορεί να φανούν απλοϊκές για μεγαλύτερους μαθητές (ΣΤ' Δημοτικού), απαιτώντας από τον εκπαιδευτικό να λειτουργεί ως διαρκής συντονιστής.
4. **Αισθητική Ασυμβατότητα Γραφικών:** Η παράλληλη αξιοποίηση διαφορετικών εργαλείων παραγωγής γραφικών (Canva AI, τρισδιάστατα μοντέλα ARTutor) οδήγησε σε μια ελαφρά αισθητική ετερογένεια μεταξύ 2D vector στοιχείων και 3D αντικειμένων, η οποία μετριάζει την απόλυτη οπτική βύθιση (immersion) στο σενάριο.

Η αναγνώριση των παραπάνω περιορισμών αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της σχεδιαστικής αξιολόγησης. Ειδικότερα, η απουσία εμπειρικής εφαρμογής σε πραγματικό σχολικό περιβάλλον δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την πραγματική μαθησιακή αποτελεσματικότητα, την εμπειρία των μαθητών ή τη μεταβολή των περιβαλλοντικών τους στάσεων. Ως εκ τούτου, τα θετικά χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται στην παρούσα εργασία θα πρέπει να ερμηνεύονται ως σχεδιαστικές δυνατότητες του συστήματος και όχι ως εμπειρικά επιβεβαιωμένα αποτελέσματα.

5.2 Μεθοδολογία Αξιολόγησης Εμπειρίας Χρήστη και Ευχρηστίας

Πέρα από τη θεωρητική αυτοαξιολόγηση του σχεδιασμού, η ολοκληρωμένη αποτίμηση ενός υβριδικού (Phygital) εκπαιδευτικού παιχνιδιού απαιτεί τη διερεύνηση της εμπειρίας χρήστη (User Experience - UX) και της ευχρηστίας (usability) από την πλευρά των τελικών χρηστών (μαθητών και εκπαιδευτικών). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, προτείνεται ένα δομημένο μεθοδολογικό πλαίσιο αξιολόγησης, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε μελλοντική φάση δοκιμής του παιχνιδιού σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης.

5.2.1 Προτεινόμενη αξιοποίηση της Κλίμακας Αξιολόγησης Συστήματος (System Usability Scale – SUS)

Δεδομένου ότι στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν πραγματοποιήθηκε εφαρμογή του παιχνιδιού σε πραγματικό δείγμα μαθητών ή εκπαιδευτικών, η αξιολόγηση της ευχρηστίας δεν αποτελεί εμπειρικό αποτέλεσμα της παρούσας έρευνας. Αντίθετα, προτείνεται ένα μελλοντικό πρωτόκολλο αξιολόγησης με τη χρήση της System Usability Scale (SUS).

Η SUS αποτελεί σύντομη κλίμακα αξιολόγησης της αντιλαμβανόμενης ευχρηστίας ενός συστήματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά την ολοκλήρωση μιας πραγματικής συνεδρίας παιχνιδιού. Στην περίπτωση του «I_earn: Eco-Farm Rescue», η αξιολόγηση θα μπορούσε να εστιάσει στην ευχρηστία των βασικών ψηφιακών λειτουργιών, δηλαδή στη διαδικασία σάρωσης των καρτών μέσω ARTutor, στη μετάβαση προς το περιβάλλον H5P και στον χειρισμό των διαδραστικών δραστηριοτήτων.

Σε μελλοντική εφαρμογή, το ερωτηματολόγιο θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε επικυρωμένη μορφή, χωρίς αυθαίρετη τροποποίηση των διατυπώσεων των ερωτήσεων. Η χορήγησή του θα πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού, ώστε οι συμμετέχοντες να έχουν προηγουμένως αλληλεπιδράσει με το σύνολο της Phygital εμπειρίας.

Η SUS θα παρέχει πληροφορίες αποκλειστικά για την αντιλαμβανόμενη ευχρηστία και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο μαθησιακής αποτελεσματικότητας, περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, συνεργασίας ή ανάπτυξης Υπολογιστικής Σκέψης. Για

τη διερεύνηση των συγκεκριμένων μεταβλητών απαιτούνται διαφορετικά, εμπειρικά σχεδιασμένα εργαλεία αξιολόγησης.

Η μελλοντική εφαρμογή του SUS θα μπορούσε να επιτρέψει τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων στη σάρωση των φυσικών καρτών, στη μετάβαση μεταξύ ARTutor και H5P, στην πλοήγηση και στον χειρισμό των διαδραστικών γρίφων. Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν στη συνέχεια να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διεπαφής και της συνολικής εμπειρίας χρήσης.

Επομένως, η SUS στην παρούσα εργασία αποτελεί πρόταση μελλοντικής αξιολόγησης και όχι εργαλείο μέσω του οποίου προέκυψαν εμπειρικά αποτελέσματα.

5.2.2 Συνολική αποτίμηση και όρια της αξιολόγησης

Η αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας είναι κατά κύριο λόγο σχεδιαστική και θεωρητική. Η χρήση της ρουμπρίκας GDD και Storyboard επέτρεψε τη συστηματική εξέταση της πληρότητας, της σαφήνειας, της ροής και των βασικών μηχανισμών του παιχνιδιού, ενώ παράλληλα κατέστη δυνατός ο εντοπισμός συγκεκριμένων περιορισμών, όπως η τεχνική εξάρτηση από τις ψηφιακές πλατφόρμες, η διακύμανση της δυσκολίας και η ανάγκη συντονισμού μεταξύ φυσικού και ψηφιακού υλικού.

Ωστόσο, η συγκεκριμένη διαδικασία δεν μπορεί να υποκαταστήσει την εμπειρική αξιολόγηση με πραγματικούς χρήστες. Δεν μπορούν, επομένως, να εξαχθούν από την παρούσα εργασία αιτιώδη συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του παιχνιδιού στη μαθησιακή επίδοση, στην παρακίνηση, στην περιβαλλοντική στάση ή στην ανάπτυξη Υπολογιστικής Σκέψης.

Η μελλοντική εφαρμογή του παιχνιδιού σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης, σε συνδυασμό με αξιολόγηση της ευχρηστίας και κατάλληλα εργαλεία μέτρησης μαθησιακών αποτελεσμάτων, αποτελεί το επόμενο βήμα για την εμπειρική επιβεβαίωση των σχεδιαστικών υποθέσεων της εργασίας.

5.3 Τελικά Συμπεράσματα και Προτάσεις Εμπλουτισμού

Η παρούσα διπλωματική εργασία οδήγησε στον σχεδιασμό και την πρακτική υλοποίηση του «I_earn: Eco-Farm Rescue», ενός υβριδικού (Phygital) εκπαιδευτικού παιχνιδιού απόδρασης και μυστηρίου με θεματικό άξονα την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Η υλοποίηση συνδυάζει ένα φυσικό επιτραπέζιο περιβάλλον με ψηφιακές δραστηριότητες, αξιοποιώντας την πλατφόρμα ARTutor για τη σύνδεση των φυσικών καρτών με ψηφιακό περιεχόμενο και το H5P για την ανάπτυξη διαδραστικών γρίφων και μηχανισμών ανατροφοδότησης.

Η σχεδιαστική προσέγγιση οργανώθηκε γύρω από τέσσερις θεματικές ζώνες και δώδεκα διαδοχικές αποστολές. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν εξερεύνηση 360°, ερωτήσεις, jigsaw puzzle, image juxtaposition, drag and drop, find the hotspot και τελική αναμέτρηση. Η ποικιλία αυτή επιτρέπει την εναλλαγή διαφορετικών μορφών αλληλεπίδρασης και συνδέει το περιβαλλοντικό περιεχόμενο με το αφηγηματικό πλαίσιο του μυστηρίου.

Η σχεδιαστική αποτίμηση μέσω της ρουμπρίκας GDD και Storyboard ανέδειξε σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η σαφής δομή του παιχνιδιού, η διακριτή αφηγηματική εξέλιξη, η ύπαρξη σαφούς στόχου και η σύνδεση φυσικών και ψηφιακών στοιχείων. Παράλληλα, ανέδειξε περιορισμούς που αφορούν την τεχνική εξάρτηση από τις ψηφιακές πλατφόρμες, την κλιμάκωση της δυσκολίας, το ενδεχόμενο αυξημένου γνωστικού φορτίου και τη διαφορά μεταξύ των γραφικών στοιχείων του φυσικού και του ψηφιακού περιβάλλοντος.

Η σημαντικότερη συμβολή της εργασίας εντοπίζεται, συνεπώς, όχι στην εμπειρική απόδειξη συγκεκριμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων, αλλά στη συστηματική σχεδίαση και υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου Phygital εκπαιδευτικού παιχνιδιού και στην τεκμηρίωση των σχεδιαστικών επιλογών που το συγκροτούν.

Η απουσία εφαρμογής σε πραγματικό δείγμα μαθητών αποτελεί σαφή περιορισμό της παρούσας εργασίας. Ως εκ τούτου, οι πιθανές επιδράσεις του παιχνιδιού στην παρακίνηση, στη συνεργασία, στην περιβαλλοντική στάση και στην Υπολογιστική Σκέψη δεν αντιμετωπίζονται ως εμπειρικά επιβεβαιωμένα αποτελέσματα, αλλά ως σχεδιαστικές επιδιώξεις που απαιτούν μελλοντική διερεύνηση.

Μελλοντική εμπειρική αξιολόγηση θα μπορούσε να εξετάσει χωριστά την ευχρηστία, την εμπειρία χρήσης, τη μαθησιακή επίδοση, την παρακίνηση, τη συνεργασία και τις περιβαλλοντικές στάσεις, παρέχοντας μια πληρέστερη εικόνα της εκπαιδευτικής αξίας του παιχνιδιού.

5.3.1 Στρατηγικό Όραμα: Η Πλατφόρμα L_EARN ως Οικοσύστημα

Το "I_earn: Eco-Farm Rescue" δεν αποτελεί μια μεμονωμένη λύση, αλλά την πρώτη εφαρμογή ενός ευρύτερου στρατηγικού οράματος. Το L_EARN σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργήσει ως μια **κεντρική πλατφόρμα-ομπρέλα (Platform-as-a-Service/Ecosystem)**, η οποία θα φιλοξενεί πολλαπλά σενάρια απόδρασης και μυστηρίου. Η δομή του είναι σπονδυλωτή (modular), επιτρέποντας στον εκπαιδευτικό να επιλέγει σενάρια ανάλογα με το γνωστικό αντικείμενο:

- **Πολυθεματική Προσέγγιση:** Η πλατφόρμα μπορεί να επεκταθεί για να καλύψει σενάρια Φυσικής (π.χ. ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), Ιστορίας (π.χ. περιήγηση σε αρχαιολογικούς χώρους μέσω AR), ή ακόμη και Γλώσσας (π.χ. γρίφοι βασισμένοι σε κείμενα λογοτεχνίας).
- **Τυποποίηση Μεθοδολογίας:** Το L_EARN προτείνει ένα ενιαίο μεθοδολογικό πρότυπο για τον σχεδιασμό Phygital δραστηριοτήτων, το οποίο καθιστά εύκολη την παραγωγή νέου υλικού χωρίς να απαιτείται από τον εκπαιδευτικό η εκ νέου εκμάθηση τεχνολογικών εργαλείων.

5.3.2 Προτάσεις για τον Μελλοντικό Εμπλουτισμό του Έργου

Με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση της πλατφόρμας και της μαθησιακής εμπειρίας, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική υλοποίηση:

1. **Δημιουργία Ψηφιακού Οικοσυστήματος (Native Mobile Application):** Πέρα από την υβριδική έκδοχή, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μιας αμιγώς ψηφιακής έκδοσης (native application) για φορητές συσκευές. Η έκδοση αυτή θα λειτουργεί ως "εξομοιωτής" του ταμπλό για περιβάλλοντα όπου η χρήση φυσικού υλικού δεν είναι εφικτή, διευρύνοντας έτσι τη συμπερίληψη (inclusivity) και την προσβασιμότητα για μαθητές σε απομακρυσμένες περιοχές ή σχολεία με περιορισμένους πόρους.

2. **Διαδραστικότητα Πολλαπλών Συσκευών (Multi-device Interaction):** Μελλοντικός στόχος είναι η υποστήριξη της ταυτόχρονης σύνδεσης πολλαπλών tablets σε μία συνεδρία. Αυτό θα επιτρέπει την εισαγωγή "ασύμμετρων ρόλων", όπου κάθε μαθητής λαμβάνει διαφορετικά δεδομένα ή στοιχεία στην οθόνη του, καθιστώντας τη συνεργασία για τη νίκη όχι απλώς επιθυμητή, αλλά τεχνικά αναγκαία.
3. **Ενσωμάτωση Προηγμένης Τεχνητής Νοημοσύνης για Adaptive Learning:** Ενσωμάτωση μηχανισμών προσαρμοστικής μάθησης, όπου οι γρίφοι θα προσαρμόζονται δυναμικά στη γνωστική ικανότητα και τον ρυθμό μάθησης κάθε μαθητή. Με τη χρήση αλγορίθμων ΤΝ, η δυσκολία των προκλήσεων θα μεταβάλλεται σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας ότι κανένας μαθητής δεν θα νιώθει απογοήτευση ή υπερβολική άνεση (flow zone).
4. **Ανοικτή Κοινότητα Εκπαιδευτικών (Community-driven Content):** Το τελικό όραμα είναι η δημιουργία ενός "Marketplace" ή ενός "Open Educational Resource (OER) Repository", όπου εκπαιδευτικοί από όλη την Ελλάδα θα μπορούν να αναρτούν τα δικά τους σενάρια L_EARN, χρησιμοποιώντας το πρότυπο που αναπτύχθηκε στη διπλωματική αυτή. Η συνδημιουργία και ο διαμοιρασμός γνώσης θα μετατρέψουν το έργο σε ένα ζωντανό, εξελισσόμενο εκπαιδευτικό κεφάλαιο.

5.3.3 Συνολική Εκτίμηση και Επιστημονική Συνεισφορά

Η ολοκλήρωση του «I_earn: Eco-Farm Rescue» ανέδειξε τη δυνατότητα συνδυασμού παιδαγωγικού σχεδιασμού, σχεδιασμού παιχνιδιών και ψηφιακής τεχνολογίας σε ένα ενιαίο Phygital εκπαιδευτικό περιβάλλον. Η εργασία δεν περιορίστηκε στη θεωρητική εξέταση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, της Υπολογιστικής Σκέψης και της παιγνιώδους μάθησης, αλλά προχώρησε στην ανάπτυξη ενός λειτουργικού πρωτοτύπου και στην τεκμηρίωση των επιμέρους σχεδιαστικών και τεχνολογικών επιλογών.

Η επιστημονική και σχεδιαστική συνεισφορά της εργασίας μπορεί να συνοψιστεί σε τρεις βασικούς άξονες:

1. Σύνδεση φυσικού και ψηφιακού περιβάλλοντος:
Η εργασία παρουσιάζει έναν συγκεκριμένο τρόπο ενορχήστρωσης φυσικών στοιχείων —

ταμπλό, κάρτες, έντυπο καταγραφής— με ψηφιακές λειτουργίες ARTutor και H5P. Η σύνδεση αυτή επιτρέπει την εναλλαγή μεταξύ φυσικής και ψηφιακής αλληλεπίδρασης μέσα στον ίδιο κύκλο παιχνιδιού.

2. Ενσωμάτωση περιβαλλοντικού περιεχομένου σε αφηγηματική δομή: Οι περιβαλλοντικές έννοιες ενσωματώνονται στις τέσσερις θεματικές ζώνες του παιχνιδιού και μετατρέπονται σε προβλήματα που οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν, να ταξινομήσουν, να συζητήσουν και να επιλύσουν. Η αφήγηση του σαμποτέρ λειτουργεί ως κοινό πλαίσιο που συνδέει τις επιμέρους δραστηριότητες.

3. Διαφανής αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης: Η χρήση των εργαλείων Generative AI τεκμηριώνεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο και συνοδεύεται από καταγραφή prompts και περιγραφή της ανθρώπινης παρέμβασης. Η TN χρησιμοποιήθηκε ως υποστηρικτικό εργαλείο για ιδεοθύελλα, παραγωγή προσχεδίων, οπτικό σχεδιασμό και γλωσσική επιμέλεια, ενώ οι τελικές παιδαγωγικές και σχεδιαστικές αποφάσεις παρέμειναν στον συγγραφέα.

Συνολικά, η εργασία προτείνει ένα συγκεκριμένο και λειτουργικό παράδειγμα Phygital εκπαιδευτικού παιχνιδιού και παράλληλα αναγνωρίζει με σαφήνεια τα όρια της υφιστάμενης αξιολόγησης. Η εμπειρική διερεύνηση της εκπαιδευτικής του αποτελεσματικότητας αποτελεί το φυσικό επόμενο στάδιο της ερευνητικής πορείας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

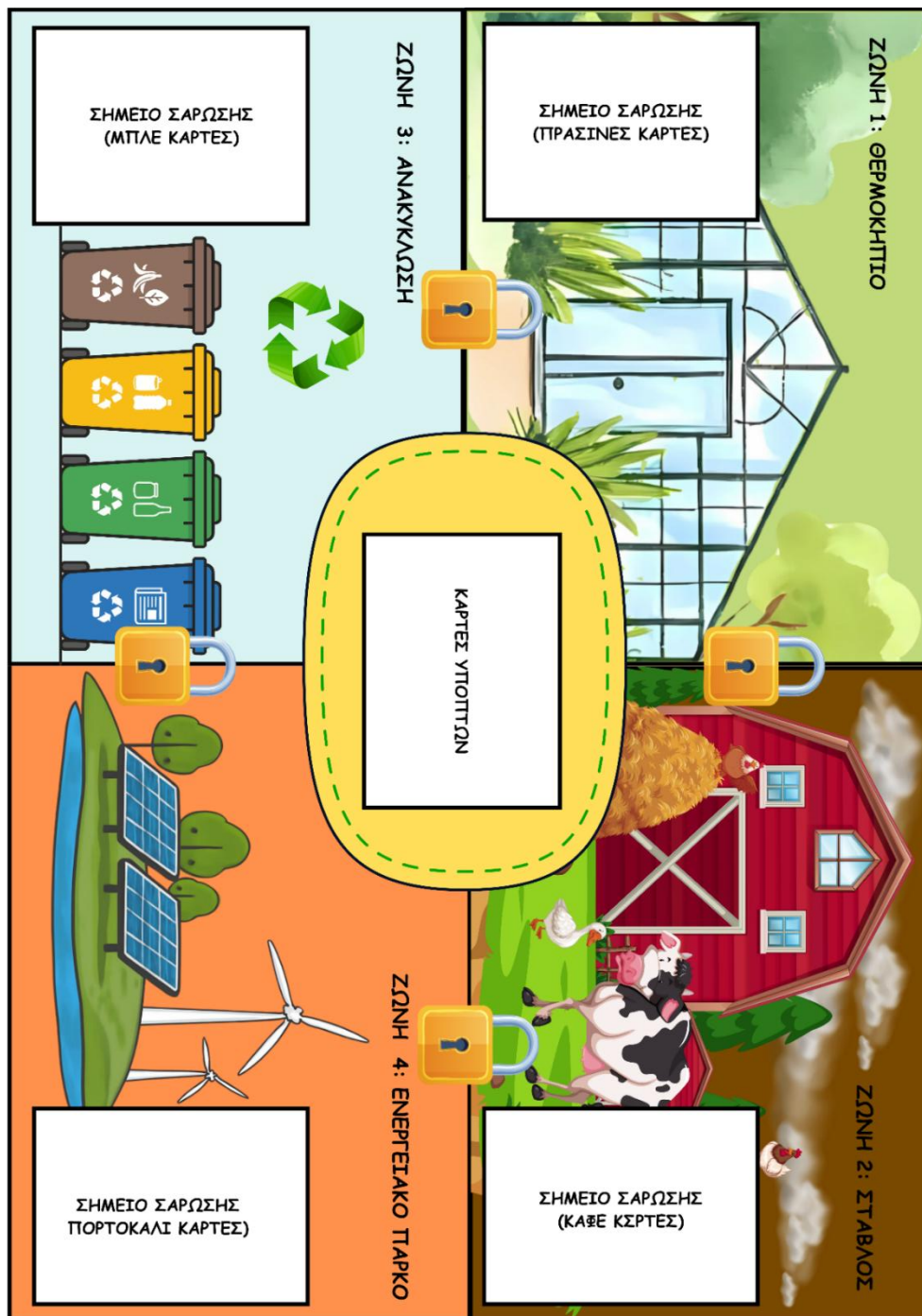
- Abdullah, N., Baskaran, V. L., Mustafa, Z., Ali, S. R., & Zaini, S. H. (2022). Augmented Reality: The Effect in Students' Achievement, Satisfaction and Interest in Science Education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(5). <https://ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/5292>
- Amanatidis, N. (2022). Augmented Reality in Education and Educational Games-Implementation and Evaluation: A Focused Literature Review. *Computers and Children*, 1(1), em002. <https://doi.org/10.29333/cac/11925>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11(2), 28. <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
- Buchner, J., Rüter, M., & Kerres, M. (2022). Learning with a digital escape room game: Before or after instruction? *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 17(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s41039-022-00187-x>
- Cheng, Y.-P., Lai, C.-F., Chen, Y.-T., Wang, W.-S., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2023). Enhancing student's computational thinking skills with student-generated questions strategy in a game-based learning platform. *Computers & Education*, 200, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104794>
- Demirkiran, M. C., & Tansu Hocaanin, F. (2021). An investigation on primary school students' dispositions towards programming with game-based learning. *Education and Information Technologies*, 26(4), 3871–3892. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10430-5>
- Dolenc Orbančić, N., & Kovač, N. (2021). Environmental awareness, attitudes, and behaviour of preservice preschool and primary school teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), 373–388. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.373>
- Drljević, N., Botički, I., & Wong, L.-H. (2022). Investigating the different facets of student engagement during augmented reality use in primary school. *British Journal of Educational Technology*, 53(5), 1361–1388. <https://doi.org/10.1111/bjet.13197>
- Fotaris, P., & Mastoras, T. (2022). Room2Educ8: A Framework for Creating Educational Escape Rooms Based on Design Thinking Principles. *Education Sciences*, 12(11), 768. <https://doi.org/10.3390/educsci12110768>
- Hooshyar, D., Pedaste, M., Yang, Y., Malva, L., Hwang, G.-J., Wang, M., Lim, H., & Delev, D. (2021). From Gaming to Computational Thinking: An Adaptive Educational Computer Game-Based Learning Approach. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 383–409. <https://doi.org/10.1177/0735633120965919>
- Hsu, C.-L., & Chen, M.-C. (2021). Advocating recycling and encouraging environmentally friendly habits through gamification: An empirical investigation. *Technology in Society*, 66, 101621. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101621>
- Jacob, T., & Centofanti, S. (2024). Effectiveness of H5P in improving student learning outcomes in an online tertiary education setting. *Journal of Computing in Higher Education*, 36(2), 469–485. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09361-6>
- Janakiraman, S., Watson, S. L., Watson, W. R., & Newby, T. (2021). Effectiveness of digital games in producing environmentally friendly attitudes and behaviors: A mixed methods study. *Computers & Education*, 160, 104043. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104043>

- Jayamaha, P. L. (2024). Exploring Mixed Reality Board Games as an Innovative Educational Tool for Teaching History in Primary Schools. *International Journal of Technology in Education and Science*, 8(1), 20–40. <https://doi.org/10.46328/ijtes.519>
- Lei, H., Chiu, M. M., Wang, D., Wang, C., & Xie, T. (2022). Effects of Game-Based Learning on Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), 1373–1398. <https://doi.org/10.1177/07356331211064543>
- López-Pernas, S., Saqr, M., Gordillo, A., & Barra, E. (2023). A learning analytics perspective on educational escape rooms. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 6509–6525. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2041045>
- Makri, A., Vlachopoulos, D., & Martina, R. A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(8), 4587. <https://doi.org/10.3390/su13084587>
- Miglino, O., Ferdinando, A. D., Fuccio, R. D., Rega, A., & Ricci, C. (2014). Bridging Digital and Physical Educational Games Using RFID/NFC Technologies. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 10(3). <https://doi.org/10.20368/1971-8829/959>
- Osman, N., Zaki, N. A. A., Wook, T. S. M. T., Yatim, M. H. M., Husain, N. M., & Jamil, N. (2026). Phygital in games: A systematic review of trends, characteristics, the user experience, technologies, and tools. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.11591/ijere.v15i1.35062>
- Perkins, M., Furze, L., Roe, J., & MacVaugh, J. (2024). The Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A Framework for Ethical Integration of Generative AI in Educational Assessment. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 21(06). <https://doi.org/10.53761/q3azde36>
- Priyakanth, R., Abburi, R., & Praveena, M. (2021). Design and Impact of Interactive Video Content for the Improvement of Student Engagement and Learning. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(0), 518. <https://doi.org/10.16920/jeet/2021/v34i0/157204>
- Ricoy, M.-C., & Sánchez-Martínez, C. (2022). Raising Ecological Awareness and Digital Literacy in Primary School Children through Gamification. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1149. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031149>
- Sinnayah, P., Salcedo, A., & Rekhari, S. (2021). Reimagining physiology education with interactive content developed in H5P. *Advances in Physiology Education*, 45(1), 71–76. <https://doi.org/10.1152/advan.00021.2020>
- Veldkamp, A., Rebecca Niese, J., Heuvelmans, M., Knippels, M.-C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2022). You escaped! How did you learn during gameplay? *British Journal of Educational Technology*, 53(5), 1430–1458. <https://doi.org/10.1111/bjet.13194>
- Vesterinen, M., & Ratinen, I. (2024). Sustainability competences in primary school education – a systematic literature review. *Environmental Education Research*, 30(1), 56–67. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2170984>
- Vidergor, H. E. (2021). Effects of digital escape room on gameful experience, collaboration, and motivation of elementary school students. *Computers & Education*, 166, 104156. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104156>
- Wang, H.-J., Chen, S.-W., & Shih, J.-L. (2023). Develop and Analysis of Educational Board Game on Cultural Cognition. *International Conference on Computers in Education*. <https://doi.org/10.58459/icce.2023.1400>

- Wang, K., Tekler, Z. D., Cheah, L., Herremans, D., & Blessing, L. (2021). Evaluating the Effectiveness of an Augmented Reality Game Promoting Environmental Action. *Sustainability*, 13(24), 13912. <https://doi.org/10.3390/su132413912>
- Yang, B., Wu, N., Tong, Z., & Sun, Y. (2022). Narrative-Based Environmental Education Improves Environmental Awareness and Environmental Attitudes in Children Aged 6–8. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6483. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116483>
- Yousef, A. M. F. (2021). Augmented reality assisted learning achievement, motivation, and creativity for children of low-grade in primary school. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 966–977. <https://doi.org/10.1111/jcal.12536>
- Zhang, P., Li, J., & Cai, S. (2025). Timing matters: Effects of augmented reality game on students' learning achievement, satisfaction and acceptance. *British Journal of Educational Technology*, 56(3), 1273–1293. <https://doi.org/10.1111/bjet.13524>
- Zheng, Y., Zhang, J., Li, Y., Wu, X., Ding, R., Luo, X., Liu, P., & Huang, J. (2024). Effects of digital game-based learning on students' digital etiquette literacy, learning motivations, and engagement. *Heliyon*, 10(1), e23490. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23490>

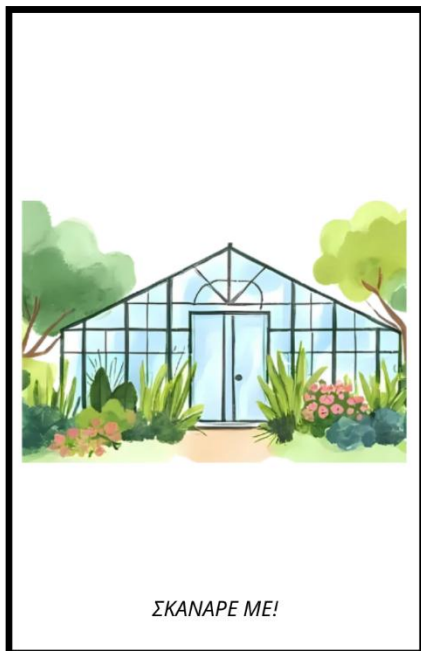
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΟ ΤΑΜΠΛΟ (HIGH RESOLUTION)



Εικόνα Α1: Επιτραπέζιο Ταμπλό

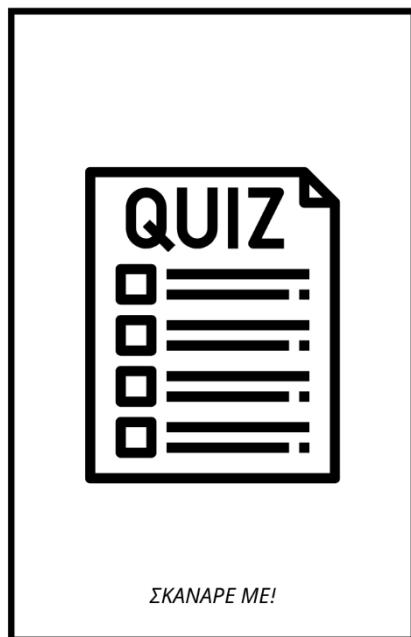
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ & ΚΑΡΤΕΣ (CARDS & GRAPHICS)



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 1 ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Καταστροφή!
Κάποιος πείραξε το σύστημα του
θερμοκηπίου.
Τα σπάνια φυτά μας δεν έχουν νερό
και φως!

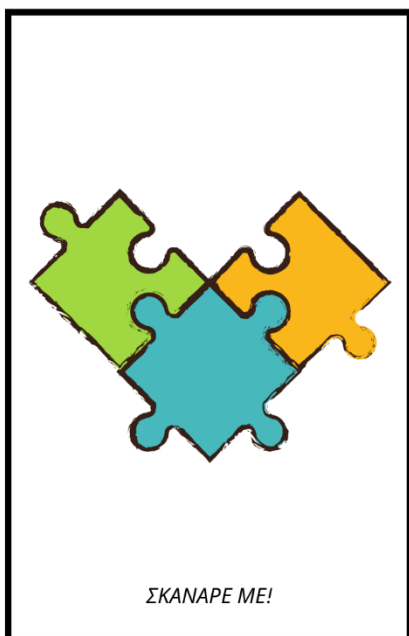
Σκάνανε αυτή την κάρτα για να βρεις τις 5 ζημιές
του σαμποτέρ !



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 2 ΤΟ ΤΕΣΤ ΤΟΥ ΝΤΕΤΕΚΤΙΒ

Κατάλαβες όμως γιατί αυτές οι ζημιές
είναι τόσο καταστροφικές για τα
φυτά;

Σκάνανε αυτή την κάρτα και λύσε το κουίζ στην
οθόνη !



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 3 ΤΟ ΣΚΙΣΜΕΝΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Ο σαμποτέρ άφησε πίσω του κάτι πολύ σημαντικό, αλλά η φωτογραφία είναι σκισμένη σε κομμάτια.

Σκάνανε αυτή την κάρτα, λύσε το ψηφιακό παζλ στην οθόνη και ανακάλυψε το 1ο στοιχείο για τον ύποπτο! Έπειτα προχώρησε στην Αποστολή 4 !

Εικόνα Β1: Σετ καρτών Ζώνης 1



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 4 Η ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΕΓΚΛΗΜΑΤΟΣ

Καταστροφή! Ο σαμποτέρ χτύπησε ξανά, αυτή τη φορά στον στάβλο. Τα ζώα της φάρμας κινδυνεύουν, καθώς δεν καλύπτονται πλέον οι βασικές τους ανάγκες!

Σκάνανε την κάρτα, βρες τις 5 ζημιές και διάβασε προσεκτικά τι προκάλεσαν.



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 5 ΣΩΣΤΟ Η ΛΑΘΟΣ;

Ωρα να αποδείξετε τι θυμάστε από τον στάβλο! Γνωρίζετε πραγματικά ποιες είναι οι βασικές ανάγκες των ζώων; Προσοχή, ένα λάθος μπορεί να τους κοστίσει ακριβά!

Σκάνανε αυτή την κάρτα, απάντησε σωστά στις 5 ερωτήσεις και ξεκλείδωσε την επόμενη αποστολή!

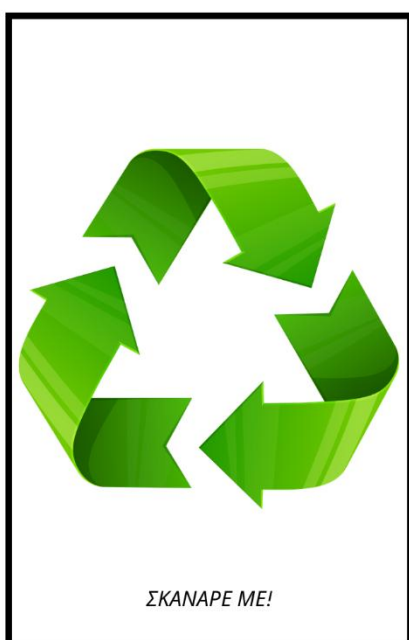


ΑΠΟΣΤΟΛΗ 6 Ο ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ X-RAY

Η έρευνα στον στάβλο ολοκληρώθηκε! Πριν φύγετε, ο ψηφιακός ανιχνευτής σας εντοπίζει κάτι ύποπτο θαμμένο κάτω από έναν σωρό με άχυρα. Τι να έκρυψε άραγε εκεί ο σαμποτέρ;!

Σκάνανε αυτή την κάρτα και σύρε την μπάρα του X-Ray για να δεις κάτω από τα άχυρα. Το αντικείμενο που θα αποκαλυφθεί είναι το 2ο Στοιχείο. Σημείωσέ το στο μπλοκάκι σου και προχώρησε στην Αποστολή 7!

Εικόνα Β2: Σετ Καρτών Ζώνης 2



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 7 ΤΟ ΜΥΣΤΗΡΙΟ ΤΩΝ 4 ΚΑΔΩΝ

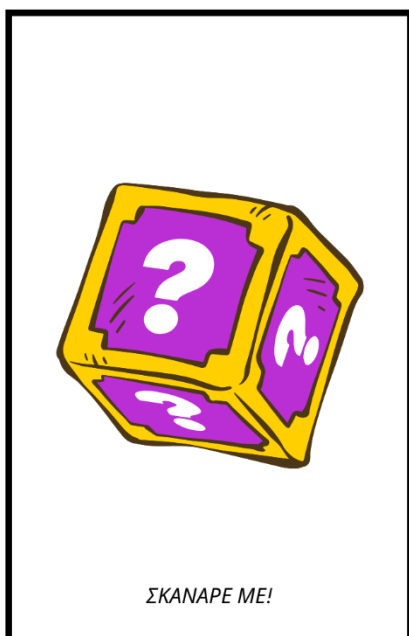
Ο σαμποτέρ αναποδογύρισε τους κάδους! Όλα τα σκουπίδια είναι τώρα ανακατεμένα στο έδαφος και κινδυνεύουν να μολύνουν τη φάρμα.

Σκάνανε την κάρτα και εντόπισε τις ζημιές!

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 8 Ο ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

Πρέπει να καθαρίσουμε γρήγορα! Βοήθησε να βάλουμε το κάθε υλικό (πλαστικό, γυαλί, χαρτί, οργανικά υλικά) στον σωστό κάδο ανακύκλωσης πριν φυσήξει ο αέρας.

Σκάνανε την κάρτα για να ξεκινήσεις την αποστολή της ανακύκλωσης!

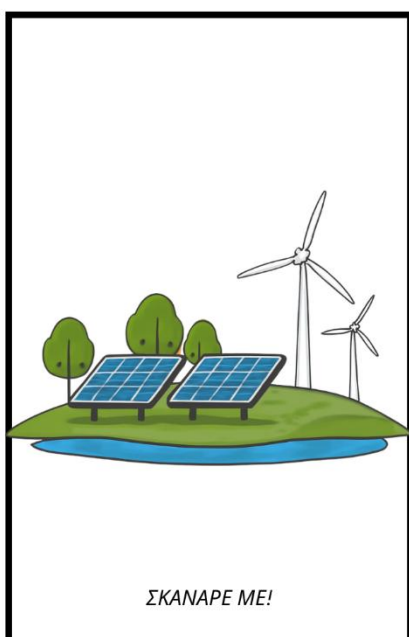


ΑΠΟΣΤΟΛΗ 9 Ο ΓΡΙΦΟΣ

Η αποθήκη είναι πια καθαρή, αλλά το μυστήριο συνεχίζεται. Μέσα σε ένα παλιό συρτάρι βρήκες ένα σημείωμα με τον παρακάτω γρίφο. Τι περιγράφει;

Σκάνανε την κάρτα για να λύσεις τον γρίφο και να κερδίσεις το ΣΤΟΙΧΕΙΟ 3!

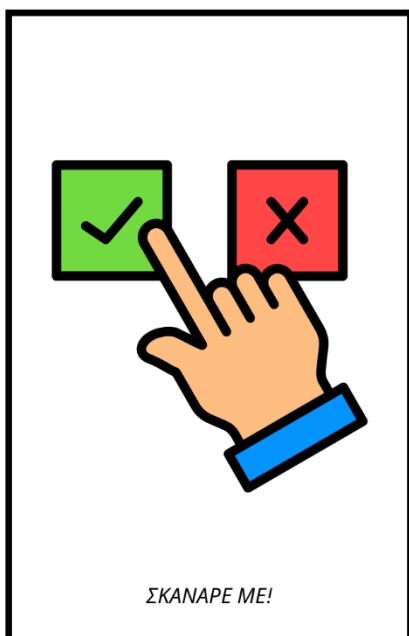
Εικόνα Β3: Σετ Καρτών Ζώνης 3



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 10 ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΣ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΑΡΚΟ

Ο σαμποτέρ πέρασε από το Ενεργειακό Πάρκο της φάρμας και προκάλεσε 5 σοβαρές ζημιές! Πρέπει να καταγράψουμε αμέσως ποια σημεία έχουν πληγεί, πριν η φάρμα ξεμείνει από ενέργεια.

Σκάνανε την κάρτα, περιηγήσου στον χώρο σε 360 μοίρες και βρες τα 5 σημεία!

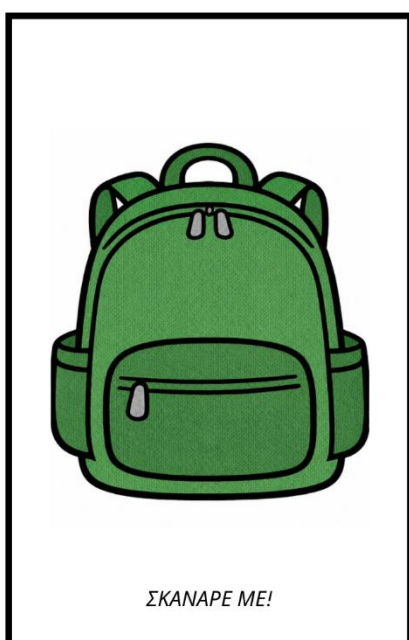


ΑΠΟΣΤΟΛΗ 11 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ: ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ

Ντετέκτιβ, τώρα που εντοπίσαμε τις ζημιές, ήρθε η ώρα να δώσουμε τις σωστές οδηγίες! Ο σαμποτέρ προσπάθησε να μας μπερδέψει, αλλά εμείς ξέρουμε πώς λειτουργεί μια σωστή πράσινη φάρμα.

Κοίταξε προσεκτικά τις φωτογραφίες και επίλεξε για κάθε σημείο τη ΣΩΣΤΗ και ΑΣΦΑΛΗ λειτουργία.

Σκάνανε την κάρτα και ολοκλήρωσε το κουίζ των 5 ερωτήσεων για να αποκαταστήσεις την ενέργεια!



ΑΠΟΣΤΟΛΗ 12 ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΙΧΝΟΣ!

Ντετέκτιβ, τα καταφέραμε! Καθώς οι τεχνικοί διόρθωναν τις ζημιές στο Ενεργειακό Πάρκο, ο σαμποτέρ πανικοβλήθηκε. Τον είδαμε να τρέχει μακριά, αλλά πάνω στη βιασύνη του, του έπεσε το σακίδιό του!

Το σακίδιο είναι ανοιχτό. Πρέπει να το ερευνήσουμε προσεκτικά. Ένα από τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα είναι η απόλυτη απόδειξη για το ποιος προκάλεσε τη ζημιά στην ανεμογεννήτρια.

Σκάνανε την κάρτα, ψάξε το σακίδιο και κάνε κλικ στο αντικείμενο που αποτελεί το 4ο και τελευταίο μας στοιχείο!

Εικόνα Β4: Σετ Καρτών Ζώνης 4

Ύποπτος 1 Ο Μάρκος



ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΥΠΟΠΤΟΥ

Είναι ο επιστάτης της Φάρμας. Υπεύθυνος για τις βάρδιες, τις επιδιορθώσεις και τη γενική συντήρηση. Γνωρίζει κάθε γωνιά της φάρμας.

Ύποπτος 2 Η Ελένη



ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΥΠΟΠΤΟΥ

Είναι η Κτηνίατρος της Φάρμας. Επισκέπτεται συχνά τη φάρμα για να ελέγξει την υγεία των ζώων, κυρίως στον στάβλο.

Υπόπτος 3 Ο Νίκος



ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΥΠΟΠΤΟΥ

Είναι ο οδηγός τρακτέρ της Φάρμας.
Μεταφέρει τις ζωοτροφές, οργώνει
τα χωράφια και χειρίζεται τα βαριά
μηχανήματα.

Υπόπτος 4 Η Σοφία



ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΥΠΟΠΤΟΥ

Είναι η γεωπόνος της Φάρμας.
Φροντίζει τα φυτά, το θερμοκήπιο,
τους σπόρους και τα οπωροφόρα
δέντρα.

**Ύποπτος 5
Ο Πέτρος**



**ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ
ΥΠΟΠΤΟΥ**

Είναι ο βοηθός της φάρμας.
Υπεύθυνος για την αποθήκη, τις
ζωοτροφές και τις βαριές,
χειρωνακτικές δουλειές του στάβλου.



ΣΚΑΝΑΡΕ ΜΕ!

**ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΑΜΕΤΡΗΣΗ
Η ΑΠΟΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ
ΣΑΜΠΟΤΕΡ**

Ντετέκτιβ, τα καταφέρατε!
Λύσατε και τις 12 αποστολές και
κρατάτε στα χέρια σας τα 4
πολύτιμα στοιχεία.
Ποιος προσπάθησε να καταστρέψει
την Eco-Farm;
Είστε έτοιμοι να κάνετε την τελική
σας σύλληψη;

Σκανάρετε την κάρτα όταν είστε 100%
σίγουροι, για να υποδείξετε τον ένοχο στο
σύστημα!

Εικόνα Β5: Σετ Καρτών Υπόπτων

ΕΠΕΙΓΟΝ ΜΗΝΥΜΑ: Η ECO-FARM ΕΚΠΕΜΠΕΙ SOS!

Αγαπητή Ομάδα Κορυφαίων Επιθεωρητών, Η πρότυπη οικολογική μας φάρμα κινδυνεύει! Ένας μυστηριώδης Σαμποτέρ προσπαθεί να καταστρέψει τη βιοποικιλότητα και την ισορροπία μας. Έχει κόψει το νερό, έχει αναστατώσει τα ζώα και έχει αφήσει παντού παγίδες. Αν δεν τον σταματήσετε άμεσα, η ζημιά στο περιβάλλον θα είναι μη αναστρέψιμη!

ΒΗΜΑ 1ο: Η ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΑΜΠΛΟ

Πριν ξεκινήσετε την έρευνα, πρέπει να οργανώσετε τον χώρο σας. Έχετε στα χέρια σας τις Κάρτες του Παιχνιδιού. Τοποθετήστε τις 12 Κάρτες Αποστολών γρήγορα πάνω στο ταμπλό, ταιριάζοντας τα χρώματά τους με τις 4 Ζώνες της φάρμας:

-  Οι Πράσινες κάρτες: Στο Θερμοκήπιο
-  Οι Καφέ κάρτες: Στον Στάβλο
-  Οι Μπλε κάρτες: Στην Ανακύκλωση
-  Οι Πορτοκαλί κάρτες: Στο Ενεργειακό Πάρκο
-  Οι Λευκές κάρτες: Είναι οι Υποπτοι και η "Τελική Αναμέτρηση"! Τοποθετήστε τες στο κέντρο του ταμπλό,

ΒΗΜΑ 2ο: Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΣΑΣ

Για να σώσετε τη φάρμα, πρέπει να λύσετε και τις 12 Αποστολές με τη σειρά. Η διαδικασία σε κάθε βήμα είναι απλή:

1. **ΒΡΕΙΤΕ** τη σωστή φυσική κάρτα πάνω στο ταμπλό.
2. **ΣΚΑΝΑΡΕΤΕ** την κάρτα με την κάμερα του tablet (μέσω του ARTutor) για να αποκαλύψετε το κρυφό πρόβλημα.
3. **ΛΥΣΤΕ** τον ψηφιακό γρίφο που θα εμφανιστεί στην οθόνη σας.
4. **ΣΥΛΛΕΞΤΕ** τα στοιχεία! Κάθε φορά που ολοκληρώνετε μια ζώνη, θα κερδίζετε ένα από τα 4 πολύτιμα Αποδεικτικά Στοιχεία που άφησε πίσω του ο ένοχος.
5. **ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΑΜΕΤΡΗΣΗ:** Μόλις μαζέψετε και τα 4 στοιχεία, πάρτε τις Λευκές κάρτες στα χέρια σας. Διασταυρώστε τα στοιχεία, αποκλείστε τους αθώους και μόλις είστε σίγουροι, σκανάρετε την κάρτα της "Τελικής Αναμέτρησης" για να συλλάβετε τον Σαμποτέρ!

ΟΙ ΡΟΛΟΙ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

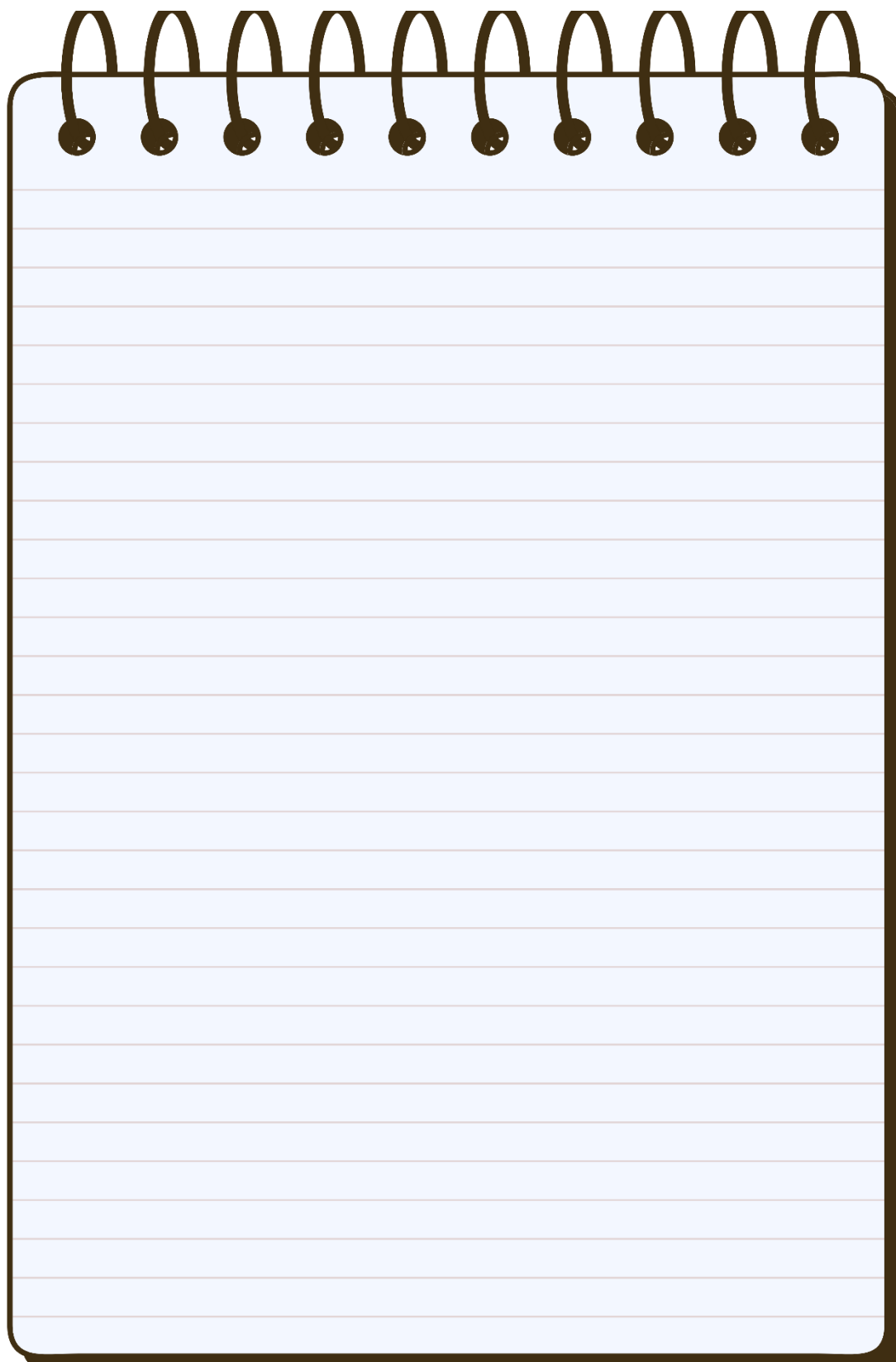
Για να κινηθείτε γρήγορα, μοιράστε αμέσως τους παρακάτω 4 ρόλους:

-  **Ο Αναγνώστης:** Είναι η "φωνή" της ομάδας! Διαβάζει δυνατά και καθαρά κάθε φυσική κάρτα που βρίσκετε.
-  **Ο Υπεύθυνος Σκαναρίσματος:** Είναι ο χειριστής της τεχνολογίας! Κρατάει σταθερό το tablet και σκανάρει τις κάρτες τη σωστή στιγμή.
-  **Ο Ψηφιακός Λύτης:** Αναλαμβάνει τη δράση! Κάνει "κλικ", μετακινεί αντικείμενα και λύνει τους γρίφους στην οθόνη με τη βοήθεια όλων.
-  **Ο Υπεύθυνος Στοιχείων:** Είναι ο εγκέφαλος! Συγκεντρώνει τα 4 Στοιχεία και τις Λευκές κάρτες των υπόπτων, ετοιμάζοντας την τελική λύση.

Η αντίστροφη μέτρηση ξεκινάει ΤΩΡΑ! Βρείτε αμέσως την κάρτα ΑΠΟΣΤΟΛΗ 1 στη ζώνη του Θερμοκηπίου και καλή επιτυχία!

Ο Ιδιοκτήτης της Φάρμας

Εικόνα Β6: Γράμμα Εκκίνησης



Εικόνα Β7: Μπλοκάκι Σημειώσεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ, ΓΡΙΦΟΙ ΚΑΙ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ (H5P)

Στο παρόν παράρτημα παρατίθεται αναλυτικά το ψηφιακό σενάριο, τα κείμενα των γρίφων και τα παιδαγωγικά μηνύματα ανατροφοδότησης (feedbacks) που ενσωματώθηκαν στο λογισμικό H5P, κατανεμημένα στις 4 ζώνες του παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue".

ΖΩΝΗ 1: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ (Πράσινες Κάρτες)

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 1: Έρευνα στο Θερμοκήπιο (360 Virtual Tour)

- Περιγραφή Σκηνής: Ντετέκτιβ, μόλις μπήκατε στο κεντρικό θερμοκήπιο, αλλά... κάτι δεν πάει καλά! Ο σαμποτέρ έχει χτυπήσει εδώ. Γυρίστε την εικόνα γύρω-γύρω, ερευνήστε προσεκτικά τον χώρο και εντοπίστε τις 5 καταστροφικές ζημιές που άφησε πίσω του. Πατήστε πάνω στα σημεία για να καταγράψετε τα στοιχεία!
- Hotspot 1: Το λάστιχο στάγδην άρδευσης είναι κομμένο! Το πολύτιμο νερό χύνεται άσκοπα στο πάτωμα. Χωρίς αυτό, τα φυτά δεν θα ποτιστούν σωστά στις ρίζες τους και θα διψάσουν.
- Hotspot 2: Κάποιος έσπασε τα τζάμια της οροφής! Η βασική μόνωση χάθηκε. Ο παγωμένος αέρας μπαίνει πλέον ανεμπόδιστος μέσα στο θερμοκήπιο και τα ευαίσθητα φυτά κινδυνεύουν να παγώσουν και να ξεραθούν.
- Hotspot 3: Αναποδογυρισμένες γλάστρες με χυμένο χώμα! Οι ρίζες των φυτών έμειναν εντελώς εκτεθειμένες στον αέρα. Αν στεγνώσουν, δεν θα μπορούν να τραβήξουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και το φυτό θα πεθάνει.
- Hotspot 4: Ο σαμποτέρ έκρυψε τις ακτίνες του ήλιου με κατάμαυρα πανιά! Χωρίς φως, σταματάει εντελώς η ζωτική διαδικασία της φωτοσύνθεσης και τα φυτά δεν μπορούν πια να φτιάξουν τη δική τους τροφή.
- Hotspot 5: Ο μεγάλος ανεμιστήρας εξαιρισμού μπλοκαρίστηκε με ένα χοντρό κούτσουρο! Χωρίς φρέσκο αέρα να ανανεώνει τον χώρο, η υγρασία θα ανέβει δραματικά και θα αναπτυχθούν επικίνδυνες ασθένειες και μύκητες.

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 2: Το Τεστ του Ντετέκτιβ (Question Set)

- Ερώτηση 1: Τι κινδυνεύουν να πάθουν τα φυτά επειδή ο σαμποτέρ έκοψε το λάστιχο άρδευσης; (Σωστό: Δεν θα ποτιστούν σωστά στις ρίζες τους και θα διψάσουν).
 - *Feedback* Σωστού: Μπράβο, Ντετέκτιβ! Το νερό πρέπει να πηγαίνει κατευθείαν στη ρίζα. Χωρίς αυτό, τα φυτά θα ξεραθούν!
 - *Feedback* Λάθους: Λάθος! Το νερό χύνεται στον διάδρομο, μακριά από τις γλάστρες. Τα φυτά διψάνε, δεν πνίγονται!
- Ερώτηση 2: Γιατί είναι καταστροφικό που έσπασαν τα τζάμια της οροφής; (Σωστό: Ο παγωμένος αέρας μπαίνει μέσα και τα ευαίσθητα φυτά θα παγώσουν).
 - *Feedback* Σωστού: Ακριβώς! Η δουλειά του θερμοκηπίου είναι να κρατάει τη ζέστη. Τώρα τα φυτά κρυώνουν!
 - *Feedback* Λάθους: Για σκέψου το ξανά! Τα τζάμια είναι διαφανή ούτως ή άλλως. Το πρόβλημα είναι ο παγωμένος αέρας που μπαίνει από την τρύπα!
- Ερώτηση 3: Ποιο είναι το μεγάλο πρόβλημα με τις αναποδογυρισμένες γλάστρες; (Σωστό: Οι ρίζες μένουν εκτεθειμένες στον αέρα, δεν παίρνουν θρεπτικά συστατικά και ξεραίνονται).
 - *Feedback* Σωστού: Εξαιρετική παρατήρηση! Οι ρίζες είναι το "στόμα" του φυτού. Χωρίς χώμα, δεν μπορούν να τραφούν.
 - *Feedback* Λάθους: Λάθος προτεραιότητα! Μπορεί να έγινε λερωμένο, αλλά το πραγματικό δράμα είναι ότι τα φυτά θα πεθάνουν.
- Ερώτηση 4: Τι σημαντικό σταματάει να συμβαίνει όταν τα μαύρα πανιά κρύβουν εντελώς τον ήλιο; (Σωστό: Σταματάει η φωτοσύνθεση και τα φυτά δεν μπορούν να φτιάξουν την τροφή τους).
 - *Feedback* Σωστού: Τέλεια απάντηση! Φως = Ενέργεια. Χωρίς φως, η "κουζίνα" του φυτού κλείνει!
 - *Feedback* Λάθους: Λάθος! Η φωτοσύνθεση γίνεται την ημέρα με το φως του ήλιου, το οποίο ο σαμποτέρ έκρυψε τελείως!

- Ερώτηση 5: Γιατί πρέπει οπωσδήποτε να ξεμπλοκάρουμε τον ανεμιστήρα εξαερισμού; (Σωστό: Για να ανανεώνεται ο αέρας, αλλιώς η υπερβολική υγρασία θα φέρει επικίνδυνους μύκητες).
 - *Feedback Σωστού:* Πολύ σωστά, Ντετέκτιβ! Ο καθαρός αέρας διώχνει την υγρασία και προστατεύει τα φυτά από τους μύκητες.
 - *Feedback Λάθους:* Λάθος! Ο ανεμιστήρας ρυθμίζει το κλίμα στο θερμοκήπιο, δεν είναι σκιάχτρο!
- Γενική Ανατροφοδότηση (Overall): (100%): ΑΡΙΣΤΑ! Προχώρησε αμέσως στην Αποστολή 3 και σκάνανε την κάρτα για να δεις τι άφησε πίσω του ο σαμποτέρ! (<100%): Κάτι σου ξέφυγε, Ντετέκτιβ! Πρέπει να απαντήσεις σωστά σε ΟΛΕΣ τις ερωτήσεις για να περάσεις το τεστ. Προσπάθησε ξανά!

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 3: Το Σκισμένο Στοιχείο (Jigsaw Puzzle)

- Περιγραφή: Ο σαμποτέρ, πάνω στη βιασύνη του να ξεφύγει, άφησε πίσω του ένα σκισμένο αποδεικτικό στοιχείο (μια φωτογραφία). Οι μαθητές καλούνται να σύρουν και να ενώσουν σωστά τα κομμάτια του ψηφιακού παζλ στην οθόνη τους.
- Αποκάλυψη Στοιχείου: Μόλις το παζλ ολοκληρωθεί στο 100%, αποκαλύπτεται οπτικά στους μαθητές το 1ο Στοιχείο για την ταυτότητα του υπόπτου: ένα ζευγάρι λασπωμένες γαλότσες.

ΖΩΝΗ 2: ΣΤΑΒΛΟΣ (Καφέ Κάρτες)

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 4: Η Σκηνή του Εγκλήματος & Οι Ανάγκες των Ζώων (360 Virtual Tour)

- Περιγραφή Σκηνής: Προσοχή Ντετέκτιβ! Βρίσκεστε μέσα στον στάβλο της φάρμας. Ο σαμποτέρ χτύπησε εδώ και προκάλεσε 5 σοβαρές ζημιές που θέτουν σε κίνδυνο τις βασικές ανάγκες των ζώων.
- Hotspot 1 (Νερό): Σπασμένη Ποτίστρα. Ο σαμποτέρ έσπασε τον σωλήνα και η ποτίστρα άδειασε. Χωρίς άφθονο και καθαρό ΝΕΡΟ, τα ζώα κινδυνεύουν από αφυδάτωση!

- Hotspot 2 (Τροφή): Αναποδογυρισμένη Ταΐστρα. Το φαγητό πετάχτηκε στις λάσπες! Τα ζώα χρειάζονται τη σωστή ΤΡΟΦΗ καθημερινά για να έχουν ενέργεια και να μεγαλώνουν σωστά.
- Hotspot 3 (Ασφάλεια): Παραβιασμένη Πόρτα. Η πόρτα είναι σπασμένη και μπάζει κρύο αέρα. Ο στάβλος πρέπει να προσφέρει ΑΣΦΑΛΕΙΑ και προστασία από τις κακές καιρικές συνθήκες.
- Hotspot 4 (Καθαριότητα): Σκόρπια Εργαλεία. Ο δράστης πέταξε τα εργαλεία καθαρισμού. Η ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑ του στάβλου είναι απαραίτητη για να μην αναπτυχθούν μικρόβια και αρρωστήσουν τα ζώα.
- Hotspot 5 (Ξεκούραση): Βρεγμένα Άχυρα. Έριξε νερό εκεί που κοιμούνται τα ζώα. Χρειάζονται ένα στεγνό και ζεστό μέρος (στρωμνή) για άνετη ΞΕΚΟΥΡΑΣΗ και ύπνο!

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 5: Σωστό ή Λάθος; (Question Set)

- Ερώτηση 1: Χωρίς άφθονο και καθαρό νερό στην ποτίστρα, τα ζώα κινδυνεύουν από αφυδάτωση. (Σωστό).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Πολύ σωστά, Ντετέκτιβ! Το καθαρό νερό είναι η πιο βασική ανάγκη επιβίωσης για τα ζώα. / Προσοχή! Το νερό είναι απολύτως απαραίτητο, αλλιώς τα ζώα θα κινδυνεύσουν από σοβαρή αφυδάτωση.
- Ερώτηση 2: Τα ζώα δεν χρειάζονται φαγητό κάθε μέρα για να έχουν ενέργεια. (Λάθος).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Ακριβώς! Όπως κι εμείς, έτσι και τα ζώα χρειάζονται την καθημερινή τους τροφή για να έχουν ενέργεια. / Λάθος! Τα ζώα χρειάζονται οπωσδήποτε φαγητό κάθε μέρα για να αναπτυχθούν σωστά και να έχουν ενέργεια.
- Ερώτηση 3: Μια σπασμένη πόρτα που μπάζει κρύο δεν επηρεάζει καθόλου την ασφάλεια των ζώων. (Λάθος).

- *Feedback Σωστού/Λάθους:* Σωστά! Ο στάβλος πρέπει να προσφέρει ασφάλεια και να τα προστατεύει από το κρύο. / Μην ξεχνάς τι είδες στον στάβλο! Μια σπασμένη πόρτα αφήνει τα ζώα εκτεθειμένα στο κρύο και σε κινδύνους.
- Ερώτηση 4: Η καθαριότητα του στάβλου είναι απαραίτητη για να μην αναπτυχθούν μικρόβια και αρρωστήσουν τα ζώα. (Σωστό).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Άριστα! Ο καθαρός χώρος τα κρατάει υγιή και μακριά από επικίνδυνα μικρόβια. / Ξανασκέψου το! Οι βρωμιές και τα σκουπίδια αναπτύσσουν μικρόβια που μπορεί να αρρωστήσουν τα ζώα.
- Ερώτηση 5: Τα βρεγμένα άχυρα είναι το τέλειο μέρος για να κοιμηθεί και να ξεκουραστεί ένα ζώο. (Λάθος).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Πολύ σωστά! Τα ζώα χρειάζονται στεγνά, ζεστά και καθαρά άχυρα για να μπορέσουν να κοιμηθούν. / Λάθος! Κανένα ζώο δεν μπορεί να ξεκουραστεί άνετα και να κοιμηθεί πάνω σε βρεγμένα, παγωμένα άχυρα.
- Γενική Ανατροφοδότηση (Overall): (100%): ΑΡΙΣΤΑ! Έχεις τρομερή μνήμη! Προχώρησε αμέσως στην επόμενη Αποστολή για να κερδίσεις το 2ο Στοιχείο! (<100%): Κάποια ανάγκη των ζώων σου ξέφυγε, Ντετέκτιβ! Θυμήσου καλά τι είδες μέσα στον στάβλο και προσπάθησε ξανά.

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 6: Ο Ανιχνευτής X-Ray (Image Juxtaposition)

- Περιγραφή: Βλέπουν έναν σωρό από άχυρα και, σέρνοντας την κάθετη μπάρα (slider) δεξιά και αριστερά, η εξωτερική εικόνα "σβήνει" και αποκαλύπτεται το τι κρύβεται κάτω από τα άχυρα: το 2ο Στοιχείο που άφησε πίσω του ο σαμποτέρ.
- Αποκάλυψη Στοιχείου: Αποκαλύπτεται πεταμένος ένας ΦΑΚΟΣ.

ΖΩΝΗ 3: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (Μπλε Κάρτες)

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 7: 360 Virtual Tour

- Περιγραφή Σκηνής: Ο σαμποτέρ έκανε άνω-κάτω την ανακύκλωση της φάρμας. Εντοπίστε τους 4 κάδους και πατήστε πάνω τους για να καταγράψετε τα λάθη στα σκουπίδια.
- Hotspot 1 (Μπλε Κάδος): Ο μπλε κάδος προορίζεται αποκλειστικά για καθαρές ανακυκλώσιμες συσκευασίες. Τα υπολείμματα τροφών (φρούτα, λαχανικά) που βλέπεις εδώ, λερώνουν τα ανακυκλώσιμα υλικά. Αυτά τα οργανικά απορρίμματα έπρεπε να βρίσκονται στον καφέ κάδο!
- Hotspot 2 (Κίτρινος Κάδος): Ο κίτρινος κάδος χρησιμοποιείται συνήθως για την ανακύκλωση χαρτιού. Τα οργανικά υπολείμματα, τα καλαμπόκια και τα βρώμικα μπουκάλια που πετάχτηκαν εδώ αποτελούν λάθος διαλογή.
- Hotspot 3 (Πράσινος Κάδος): Ο πράσινος κάδος προορίζεται για τα κοινά (σύμμεικτα) σκουπίδια. Οι παλιές οθόνες, τα πληκτρολόγια και οι ηλεκτρονικές πλακέτες ανήκουν στα ηλεκτρονικά απόβλητα (ΑΗΗΕ).
- Hotspot 4 (Καφέ Κάδος): Στον καφέ κάδο τοποθετούμε αποκλειστικά βιοαπόβλητα. Τα πλαστικά μπουκάλια, τα κύπελλα του καφέ, οι εφημερίδες και τα παλιά παπούτσια που ρίχτηκαν εδώ δεν διασπώνται στο περιβάλλον.

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 8: Ο Διαχωρισμός (Drag and Drop)

- Περιγραφή: Σύρε το κάθε υλικό στον σωστό κάδο ανακύκλωσης!
- Καφέ Κάδος (Οργανικά): Σωστά: Φλούδα μπανάνας, Τσόφλια αυγών, Υπολείμματα λαχανικών / φρούτων. Ανατροφοδότηση: Τέλεια! Γέμισες τον καφέ κάδο με τα σωστά οργανικά υλικά και το κομπόστ μας σώθηκε!
- Κίτρινος Κάδος (Χαρτί): Σωστά: Εφημερίδα, Χαρτοκιβώτιο, Περιοδικό. Ανατροφοδότηση: Εξαιρετικά! Όλα τα χάρτινα υλικά σώθηκαν, θα γίνουν νέο χαρτί!
- Πράσινος Κάδος (Κοινά Σκουπίδια): Σωστά: Λερωμένο κουτί πίτσας, Χρησιμοποιημένη χαρτοπετσέτα, Παλιά οδοντόβουρτσα. Ανατροφοδότηση: Τέλεια! Ξεχώρισες σωστά τα κοινά σκουπίδια, κράτησες τα ανακυκλώσιμα ασφαλή!

- Μπλε Κάδος (Ανακυκλώσιμες Συσκευασίες): Σωστά: Πλαστικό μπουκάλι νερού, Κουτάκι αλουμινίου, Πλαστικό κεσεδάκι από γιαούρτι. Ανατροφοδότηση: Συγχαρητήρια! Ξεχώρισες τέλεια τις ανακυκλώσιμες συσκευασίες!

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 9: Ο Γρίφος του 3ου Στοιχείου (Guess the Answer)

- Περιγραφή/Γρίφος: Μέσα στο παλιό συρτάρι βρήκες ένα σημείωμα με έναν γρίφο. «Με βάζεις στο κεφάλι σου για να είσαι ζεστά τον χειμώνα. Συχνά έχω μια φούντα στην κορυφή και πλέκομαι με βελόνες και μαλλί. Τι είμαι;»
- Αποκάλυψη Στοιχείου: Ο Μάλλινος Σκούφος! Σωστά! Αυτό είναι το 3ο στοιχείο της ιστορίας μας.

ΖΩΝΗ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΑΡΚΟ (Πορτοκαλί Κάρτες)

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 10: Συναγερμός στο Ενεργειακό Πάρκο (360 Virtual Tour)

- Περιγραφή Σκηνης: Περιηγήσου στον χώρο και εντόπισε τις 5 ζημιές που προκάλεσε ο σαμποτέρ στο Ενεργειακό Πάρκο!
- Hotspot 1: Ένα μεγάλο πανί έχει ριχτεί πάνω στο φωτοβολταϊκό πάνελ! Καταγράφηκε αδυναμία συλλογής ηλιακής ενέργειας.
- Hotspot 2: Τα φτερά της ανεμογεννήτριας είναι δεμένα με χοντρά σχοινιά και δεν γυρίζουν! Καταγράφηκε αδυναμία παραγωγής αιολικής ενέργειας.
- Hotspot 3: Οι προβολείς του πάρκου είναι αναμμένοι μέρα μεσημέρι! Καταγράφηκε μεγάλη σπατάλη ρεύματος.
- Hotspot 4: Η πόρτα από τον σταθμό αποθήκευσης ενέργειας είναι ορθάνοιχτη και τα καλώδια εκτεθειμένα! Καταγράφηκε κίνδυνος βραχυκυκλώματος.
- Hotspot 5: Το καλώδιο του σταθμού φόρτισης είναι πεταμένο κάτω στο νερό! Καταγράφηκε άσκοπη απώλεια ενέργειας και κίνδυνος ατυχήματος.

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 11: Η Σωστή Λειτουργία του Πάρκου (Multimedia Choice)

- Ερώτηση 1: Πώς πρέπει να είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ για να λειτουργούν σωστά; (Σωστό: Καθαρά πάνελ στον ήλιο).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Μπράβο! Τα φωτοβολταϊκά πάνελ πρέπει να είναι πεντακάθαρα και εκτεθειμένα στον ήλιο! / Προσοχή! Το πανί εμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου. Αν μείνει εκεί, το πάρκο δεν θα μπορεί να παράγει καθόλου ρεύμα.
- Ερώτηση 2: Πώς πρέπει να είναι τα φτερά της ανεμογεννήτριας; (Σωστό: Ελεύθερα φτερά να γυρίζουν).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Τέλεια! Τα φτερά της ανεμογεννήτριας πρέπει να γυρίζουν ελεύθερα με τον αέρα! / Ωχ όχι! Με τα σχοινιά δεμένα, τα φτερά είναι μπλοκαρισμένα.
- Ερώτηση 3: Πώς πρέπει να είναι οι προβολείς κατά τη διάρκεια της ημέρας; (Σωστό: Σβηστοί προβολείς).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Πολύ σωστά! Την ημέρα έχουμε άπλετο φυσικό φως, οπότε οι προβολείς πρέπει να είναι σβηστοί. / Λάθος! Οι αναμμένοι προβολείς μέρα μεσημέρι είναι τεράστια και άσκοπη σπατάλη ενέργειας.
- Ερώτηση 4: Πώς πρέπει να αφήνουμε τον πίνακα ελέγχου και τις μπαταρίες; (Σωστό: Κλειδωμένη πόρτα).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Ακριβώς! Ο πίνακας ελέγχου και οι μπαταρίες πρέπει να είναι πάντα κλειδωμένα. / Μεγάλος κίνδυνος! Μια ανοιχτή πόρτα με εκτεθειμένα καλώδια μπορεί να προκαλέσει σοβαρό βραχυκύκλωμα ή ατύχημα.
- Ερώτηση 5: Πού πρέπει να βρίσκεται το καλώδιο του σταθμού φόρτισης όταν δεν χρησιμοποιείται; (Σωστό: Τακτοποιημένο καλώδιο στη θέση του).
 - *Feedback Σωστού/Λάθους:* Άριστα! Το καλώδιο πρέπει να είναι τυλιγμένο στη θέση του! / Προσοχή! Το ρεύμα και το νερό είναι πολύ επικίνδυνος συνδυασμός.

- Γενική Ανατροφοδότηση (Overall): (100%): Σπουδαία δουλειά! Η φάρμα παράγει ξανά καθαρή ενέργεια. Τρέξε στην Τελευταία Αποστολή για να βρεις το 4ο στοιχείο! (<100%): Προσοχή! Κάποιες εικόνες δείχνουν ακόμα ζημιές. Δοκίμασε ξανά!

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 12: Το Σακίδιο του Σαμποτέρ (Find the Hotspot)

- Περιγραφή: Ψάξε τα αντικείμενα του σαμποτέρ! Ποιο από αυτά τα αντικείμενα χρησιμοποίησε για να δέσει τα φτερά της ανεμογεννήτριας και να σταματήσει την αιολική ενέργεια;
- Αποκάλυψη Στοιχείου: (Σωστό σημείο: Το Σκοινί). *Feedback*: ΣΥΓΧΑΡΗΤΗΡΙΑ ΝΤΕΤΕΚΤΙΒ! Συγκεντρώσατε και τα 4 στοιχεία!

ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΑΜΕΤΡΗΣΗ: Η ΑΠΟΚΑΛΥΨΗ (Multimedia Choice)

- Περιγραφή Γρίφου: Ντετέκτιβ, διασταυρώσατε τα 4 στοιχεία με επιτυχία! Ποιος από τους παρακάτω υπόπτους κρύβεται πίσω από τις καταστροφές στην Eco-Farm; Επιλέξτε την εικόνα του ενόχου.
- Ανατροφοδότηση Λανθασμένης Επιλογής (0-99%): Λάθος σύλληψη! Ο πραγματικός ένοχος κυκλοφορεί ακόμα ελεύθερος! Ενώστε τα 4 κομμάτια του παζλ και προσπαθήστε ξανά!
- Ανατροφοδότηση Σωστής Επιλογής (100%): ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΕΞΕΤΕΛΕΣΘΗ! Συγχαρητήρια Ντετέκτιβ! Ανακαλύψατε τον σαμποτέρ. Η Eco-Farm είναι πλέον ασφαλής, πράσινη και βιώσιμη!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (PROMPTS LOGGING)

Στο παρόν παράρτημα παρατίθεται ένας πίνακας με τα σημαντικότερα prompts που χρησιμοποιήθηκαν στο Gemini και στο Canva, τεκμηριώνοντας τη διαφανή χρήση των εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης και διασφαλίζοντας την ακαδημαϊκή ακεραιότητα της εργασίας.

Ημερομηνία/Στάδιο	Εργαλείο	Prompt	Αποτέλεσμα
-------------------	----------	--------	------------

Στάδιο Ιδεοθύελλας (Brainstorming) & Game Design	Gemini	"Σχεδιάζω ένα Phygital εκπαιδευτικό επιτραπέζιο παιχνίδι μυστηρίου για μαθητές Δημοτικού με θέμα την προστασία του περιβάλλοντος. Δώσε μου 3 ιδέες για τον κεντρικό στόχο του παιχνιδιού και τα βασικά υλικά που θα χρειαστούν."	Το μοντέλο παρήγαγε γενικές ιδέες. Επέλεξα την ιδέα της "Οικολογικής Φάρμας", συνέθεσα τον μηχανισμό του σαμποτέρ και προσαρμοσα τα υλικά για λειτουργία με το ARTutor.
Συγγραφή Ψηφιακού Σεναρίου (H5P)	Gemini	"Γράψε μου 5 ερωτήσεις Σωστό/Λάθος για τις ανάγκες των ζώων σε έναν στάβλο. Για κάθε απάντηση, δώσε μου το κατάλληλο παιδαγωγικό μήνυμα ανατροφοδότησης (feedback) κατάλληλο για μαθητές 10-12 ετών."	Δημιουργήθηκε το αρχικό προσχέδιο (draft) των κειμένων. Επεξεργάστηκα γλωσσικά τα μηνύματα, πρόσθεσα στοιχεία χιούμορ και τα ενσωμάτωσα στο χειροκίνητο περιβάλλον του Lumi/H5P.

Οπτικός Σχεδιασμός – Ταμπλό	Canva Magic Studio	"A flat vector illustration of an eco-farm top-down view, with a greenhouse, a stable, recycling bins, and wind turbines. Colorful, clean design, suitable for a kids board game background."	Το σύστημα παρήγαγε την αρχική εικονογράφηση του τοπίου. Παρένεβη σχεδιαστικά, προσθέτοντας τις λειτουργικές ζώνες, τα μονοπάτια, τα σημεία σάρωσης (AR markers) και την τυπογραφία.
Οπτικός Σχεδιασμός – Χαρακτήρες	Canva Magic Studio	"A 2d flat vector illustration of a suspicious-looking farmer wearing a hat and holding a tool, cartoon style, solid white background."	Δημιουργήθηκαν τα αρχικά πορτρέτα των υπόπτων. Αφαίρεσα τα φόντα (background removal), ομογενοποίησα τις χρωματικές παλέτες και πρόσθεσα τα περιγράμματα για να δημιουργήσω τις κάρτες του παιχνιδιού.
Δόμηση Ακαδημαϊκού Κειμένου & Αξιολόγηση	Gemini	"Λειτουργήσε ως ακαδημαϊκός βοηθός. Βοήθησέ με να οργανώσω την	Το εργαλείο βοήθησε στη δόμηση της ενότητας 5.1.

		αυτοαξιολόγηση του σχεδιασμού (GDD) του παιχνιδιού σε μορφή παραγράφων, βασισμένος στην παρακάτω ρουμπρίκα αξιολόγησης."	Εισήγαγα την κριτική αποτίμηση, τα δυνατά σημεία και τις αδυναμίες του συστήματος, διασφαλίζοντας την επιστημονική εγκυρότητα του τελικού κειμένου.
--	--	--	---

Πίνακας Δ1: Ημερολόγιο Prompts

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ & ΒΙΝΤΕΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Στο παρόν παράρτημα παρατίθενται οι ενεργοί σύνδεσμοι (links) και οι κωδικοί ταχείας απόκρισης (QR codes) για την άμεση πρόσβαση στο ψηφιακό υλικό του παιχνιδιού "I_earn: Eco-Farm Rescue", καθώς και στο σχετικό βίντεο επίδειξης.

1. Το παιχνίδι στο ARTutor

Μέσω του παρακάτω συνδέσμου μπορείτε να μεταβείτε στο περιβάλλον του ARTutor για να δείτε τα αντικείμενα Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) και τη διασύνδεσή τους με τις φυσικές κάρτες του παιχνιδιού.

- **Σύνδεσμος (Link):**

<https://artutor.cs.duth.gr/artutor/file/Text/3/a5ce9e1787e9ef34.pdf>

- **QR Code:**



Εικόνα Ε1: QR Code

2. Το παιχνίδι στο H5P

Οι παρακάτω σύνδεσμοι οδηγούν στο διαδραστικό περιβάλλον του H5P, όπου φιλοξενούνται οι ψηφιακοί γρίφοι, τα 360 Virtual Tours και οι μηχανισμοί ανατροφοδότησης.

Σύνδεσμοι (Links):

Αποστολή 1:
https://app.lumi.education/run/Mvb4Hz
Αποστολή 2:
https://app.lumi.education/run/cpZmm8
Αποστολή 3:
https://app.lumi.education/run/tcrG_k
Αποστολή 4:
https://app.lumi.education/run/2fTgtK
Αποστολή 5:
https://app.lumi.education/run/2TfTCI
Αποστολή 6:
https://app.lumi.education/run/5iY6Oo
Αποστολή 7:
https://app.lumi.education/run/xZUouW

Αποστολή 8:
https://app.lumi.education/run/gryfxG
Αποστολή 9:
https://app.lumi.education/run/K5e2Lt
Αποστολή 10:
https://app.lumi.education/run/awfJBW
Αποστολή 11:
https://app.lumi.education/run/KL9R55
Αποστολή 12:
https://app.lumi.education/run/D4BAIt
Τελική Αναμέτρηση:
https://app.lumi.education/run/oYE87R

Πίνακας Ε1: Υπερ-σύνδεσμοι Αποστολών

3. Βίντεο Επίδειξης (Gameplay Video)

Στο παρακάτω σύντομο βίντεο παρουσιάζεται ενδεικτικά ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το φυσικό ταμπλό, πώς σαρώνουν τις κάρτες αποστολών και πώς επιλύουν τους γρίφους στο ψηφιακό περιβάλλον.

- Σύνδεσμος (Link):

<https://youtu.be/N89EwdesXjY>

Κείμενο αφήγησης σκηνών

A/A	Οπτικό Μέρος (Δράση Σκηνής)	Κείμενο Αφήγησης (Voiceover)
1	Εισαγωγή	Καλώς ήρθατε στο I_earn: Eco-Farm Rescue! Ένα Phygital παιχνίδι μυστηρίου, ειδικά σχεδιασμένο για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.
2	Το Γράμμα	Το μυστήριο ξεκινά με ένα γράμμα που ζητά τη βοήθεια των μαθητών.

3	Οι 4 Ρόλοι της Ομάδας	Η ομάδα οργανώνεται άμεσα, αναλαμβάνοντας τέσσερις κρίσιμους ρόλους για την έρευνα: Τον αναγνώστη, τον υπεύθυνο σκαναρίσματος των καρτών, τον ψηφιακό λύτη των γρίφων και τον υπεύθυνο καταγραφής των στοιχείων.
4	Σκανάρισμα QR Code	Η δράση ξεκινά μέσω της ειδικής εφαρμογής ARTutor που είναι ήδη εγκατεστημένη στο κινητό. Οι παίκτες σκανάρουν τον κωδικό QR για να κατεβάσουν το ψηφιακό βιβλίο, ενώνοντας έτσι τον φυσικό με τον ψηφιακό κόσμο σε μία καινοτόμα Phygital εμπειρία.
5	Ταμπλό & Κάρτες	Το κεντρικό ταμπλό μετατρέπεται σε ένα διαδραστικό πεδίο έρευνας, καθώς οι μαθητές τοποθετούν τις κάρτες των αποστολών τους.
6	Οι 5 Υπόπτοι	Ο στόχος της ομάδας είναι να ανακαλύψουν ποιος από τους πέντε υπόπτους, είναι ο σαμποτέρ που απειλεί την οικολογική φάρμα!
7	Αποστολή 1 (360° Θερμοκήπιο)	Η έρευνα ξεκινά στο Θερμοκήπιο. Στην πρώτη αποστολή, οι ντετέκτιβ εξερευνούν τον χώρο σε τριακόσιες εξήντα μοίρες για να εντοπίσουν τις ζημιές που άφησε πίσω του ο σαμποτέρ.
8	Αποστολή 2 (Κουίζ)	Στη δεύτερη αποστολή, αξιολογούν τις γνώσεις τους γύρω από την ανάπτυξη των φυτών, απαντώντας σε στοχευμένες ερωτήσεις.
9	Αποστολή 3 (Παζλ / Jigsaw)	Στην τρίτη αποστολή, επιστρατεύουν τη χωρική τους αντίληψη, ανασυνθέτοντας ψηφιακά ένα σκισμένο στοιχείο. Έτσι, βρίσκουν το πρώτο στοιχείο του υπόπτου.
10	Αποστολή 4 (Hotspot Στάβλος)	Περνάμε στον Στάβλο. Η τέταρτη αποστολή καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν προσεκτικά τον χώρο για να εντοπίσουν κρυμμένα ίχνη.
11	Αποστολή 5 (Σωστό/Λάθος)	Στην πέμπτη αποστολή, καταρρίπτουν μύθους σχετικά με τη φροντίδα των ζώων, μέσα από δοκιμασίες Σωστού ή Λάθους.

12	Αποστολή 6 (X-Ray)	Η έκτη αποστολή κορυφώνεται με τον ανιχνευτή ακτίνων Χ! Σαρώνοντας τα άχυρα, αποκαλύπτουν το δεύτερο κρυφό στοιχείο του υπόπτου.
13	Αποστολή 7 (360° Κάδοι)	Η έρευνα συνεχίζεται στη Ζώνη Ανακύκλωσης. Στην έβδομη αποστολή, ερευνούν τον χώρο για να εντοπίσουν περιβαλλοντικά σφάλματα.
14	Αποστολή 8 (Drag & Drop)	Στην όγδοη αποστολή, η κυκλική οικονομία γίνεται πράξη, διαχωρίζοντας σωστά τα απορρίμματα, με το σύστημα να παρέχει άμεση ανατροφοδότηση.
15	Αποστολή 9 (Γρίφος Λογικής)	Στην ένατη αποστολή, οι μαθητές αποκρυπτογραφούν έναν γρίφο λογικής, ο οποίος ξεκλειδώνει το τρίτο σημαντικό στοιχείο του μυστηρίου.
16	Αποστολή 10 (360° Πάρκο)	Τελευταίος σταθμός, το Ενεργειακό Πάρκο. Στη δέκατη αποστολή, περιηγούνται ανάμεσα στις ζημιές που προκάλεσε ο σαμποτέρ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
17	Αποστολή 11 (Multimedia Choice)	Στην ενδέκατη αποστολή, οι μαθητές λύνουν πολυμεσικά κουίζ, ταυτίζοντας εικόνες με τις σωστές ενεργειακές πρακτικές.
18	Αποστολή 12 (Σακίδιο / Hotspot)	Στη δωδέκατη και τελευταία αποστολή, ψάχνουν το σακίδιο του δράστη. Με ένα κλικ, το τελευταίο πειστήριο είναι δικό τους!
19	Τελική Αναμέτρηση	Με όλα τα στοιχεία διαθέσιμα, η ομάδα φτάνει στην τελική αναμέτρηση. Εκεί αποκαλύπτουν τον σαμποτέρ της οικολογικής φάρμας και κερδίζουν το παιχνίδι!

Πίνακας Ε2: Κείμενο αφήγησης βίντεο παρουσίασης