



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Διδακτική της Βιολογίας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ζωικοί οργανισμοί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μέσα
από την οπτική του Μουσείου Ζωολογίας»

Γκάτση Ελένη

A.M: 7113122200002

Επιβλέπων Καθηγητής: Ευστράτιος Βαλάκος

Τριμελής Επιτροπή:

Ευστράτιος Βαλάκος, Καθηγητής Τμήμα Βιολογίας, ΕΚΠΑ (επιβλέπων)

Παναγιώτης Παφίλης, Καθηγητής Τμήμα Βιολογίας, ΕΚΠΑ

Μάρθα Γεωργίου, ΕΔΙΠ Τμήμα Βιολογίας, ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2025

«Δηλώνω ρητά ότι το κείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας δεν αποτελεί προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον»

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές, κ. Ευστράτιο Βαλάκο και κ. Μάρθα Γεωργίου για την βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους συναδέλφους του 7^{ου} Δημοτικού Σχολείου Καματερού για την πολύτιμη βοήθεια στη διαδικασία της συλλογής των δεδομένων και για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που είχαμε.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα το σύνολο των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα.

Περίληψη

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η διερεύνηση των συλλογισμών που αναπτύσσουν οι μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο θέμα της προσαρμογής των ζώων στο περιβάλλον τους. Ειδικότερα πρόκειται για μια έρευνα που εστιάζει στην αξιολόγηση των συλλογισμών των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή των ζώων, πριν και μετά τη συμμετοχή τους σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα στο Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών το οποίο σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Η ανάλυση βασίζεται σε ερωτηματολόγια τα οποία χορηγήθηκαν σε ομάδα μαθητών που φοιτούσαν στην τελευταία τάξη του δημοτικού σχολείου, πριν και μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα στο Μουσείο. Οι συλλογισμοί των μαθητών κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες: τον συλλογισμό με επιστημονικά στοιχεία και τον διαισθητικό συλλογισμό και τον μεικτό συλλογισμό. Σε συμφωνία με προγενέστερες έρευνες, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές πριν την επίσκεψη στο Μουσείο χρησιμοποιούσαν διαισθητικούς συλλογισμούς για να εξηγήσουν σενάρια που αφορούσαν την προσαρμογή διαφορετικών ειδών στο περιβάλλον τους. Μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα οι μαθητές αύξησαν τη χρήση επιστημονικών στοιχείων στους συλλογισμούς τους, χωρίς ωστόσο να εξαλείψουν τους διαισθητικούς συλλογισμούς. Ένα μέρος των μαθητών εξακολούθησαν να χρησιμοποιούν μεικτές συλλογιστικές και μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα. Το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή συμβάλλει στην ανάλυση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με την εξελικτική προσαρμογή των ζώων καθώς και της σημασίας της Μουσειακής εκπαίδευσης στην οικοδόμηση επιστημονικά ορθών ιδεών. Η συμβολή της έγκειται στην ενημέρωση των εκπαιδευτικών και των εργαζόμενων σε διαφορετικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την κατάλληλη καθοδήγηση των μαθητών προς περισσότερο επιστημονικούς συλλογισμούς.

Λέξεις κλειδιά: προσαρμογή, Μουσειακή εκπαίδευση, Ζωολογικό Μουσείο, εναλλακτικές ιδέες

Abstract

This thesis attempts to investigate the reasoning developed by primary school students regarding animal adaptations. In particular, this research focuses on the evaluation of students' reasoning on animal adaptations, before and after their participation in an educational program at the Zoological Museum of the University of Athens, which was designed for the needs of the present study. The analysis is based on questionnaires administered to a group of students, before and after their participation in the Museum program. The students' reasoning was classified into three categories: reasoning with scientific evidence, intuitive reasoning and mixed reasoning. Consistent with previous research, the results showed that students prior to visiting the Museum used intuitive reasoning to explain scenarios about the adaptation of different species to their environment. After participating in the program, students increased their use of scientific evidence in their reasoning, but did not eliminate intuitive reasoning. Part of the students kept using mixed reasoning even after the participation to the program. The theoretical framework presented in this study elaborates on students' alternative ideas about the evolutionary adaptation as well as on the importance of Museum education in constructing scientifically acceptable ideas. Its contribution lies in informing teachers and workers in different educational fields in guiding students towards more scientific reasoning.

Key words: animal adaptation, Museum education, Zoological Museum, alternative beliefs

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Abstract	5
Εισαγωγή	8
Α΄ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΜΟΥΣΕΙΑΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	10
1.1. Το μουσείο ως μη τυπική μορφή εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες	10
1.2. Εποικοδομισμός και Μουσειακή εκπαίδευση	12
1.3. Μαθαίνοντας για την προσαρμογή.....	15
1.4. Το Ζωολογικό Μουσείο του Πανεπιστημίου Αθηνών	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥΣ	19
2.1. Η έννοια του «περιβάλλοντος».....	19
2.2. Η έννοια της «προσαρμογής»	21
2.3. Η έννοια της προσαρμογής στη διδασκαλία της βιολογίας.....	25
2.4. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή	27
2.5. Πλαίσια ανάπτυξης εναλλακτικών ιδεών.....	31
2.5.1. Τελεολογία	32
2.5.2. Ανθρωπομορφισμός.....	34
2.5.3. Ουσιοκρατία	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	36
3.1. Βιβλιογραφική επισκόπηση	36
3.2. Διατύπωση Στόχου και Ερευνητικών Υποθέσεων	40
Β΄ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	41
4.1. Ερευνητική Στρατηγική.....	41
4.2. Περιγραφή Δείγματος	42
4.3. Εργαλείο Συλλογής Δεδομένων.....	42
4.4. Διεξαγωγή της έρευνας	43
4.4.1. Το πρόγραμμα στο Μουσείο	44
4.4.2. Εργαλείο Κωδικοποίησης.....	46
4.5. Ηθική της Έρευνας.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	50
5.1. Συλλογισμοί μαθητών πριν την επίσκεψη	50
5.2. Συλλογισμοί μαθητών μετά την επίσκεψη	55

5.3. Αλλαγές στη συλλογιστική των μαθητών.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	64
6.1. Συμπεράσματα	64
6.2. Περιορισμοί και προτάσεις για περεταίρω έρευνα	66
Βιβλιογραφικές αναφορές	68
Παραρτήματα	74
Παράρτημα Ι: Ερωτηματολόγια	74
Pre-test	74
Post -test.....	75
Παράρτημα ΙΙ: Φύλλα εργασίας μαθητών	77
Παράρτημα ΙΙΙ: Παράδειγμα πληροφοριών QR	83

Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή, οι ραγδαίες κοινωνικές αλλαγές υπαγορεύουν την αναγκαιότητα της διαμόρφωσης πολιτών ικανών να επιλέγουν και να ακολουθούν την δικιά τους προσωπική πορεία μάθησης, ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της κοινωνίας αλλά και στις προσωπικές τους ανάγκες. Με άλλα λόγια, η τυπική εκπαίδευση οφείλει να ενισχύει την δια βίου μάθηση, στο πλαίσιο της οποίας τα όρια της τυπικής με την άτυπη εκπαίδευση αμβλύνονται για να ενισχυθεί η συνεργασία φορέων όπως τα Σχολεία, τα Μουσεία, τα Κέντρα Επιστημών κλπ. (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012).

Συγκεκριμένα, τα Μουσεία αποτελούν χώρους οι οποίοι προωθούν την δια βίου μάθηση με τις ενεργητικές μεθόδους εκμάθησης που εφαρμόζουν. Η Μουσειοπαιδαγωγική, όπως άλλωστε και η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πέρασαν, από τη δεκαετία του 1960 και εξής, από την θεωρία μάθησης του συμπεριφορισμού σε αυτή του εποικοδομισμού και στη συνέχεια σε αυτή του κοινωνικοπολιτισμικού εποικοδομισμού. Οι αλλαγές αυτές αντικατοπτρίζονται τόσο στα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών Επιστημών όσο και στα Εκπαιδευτικά Προγράμματα των Μουσείων, τα οποία μετατοπίζονται από την απλή μετάδοση γνώσεων και την απλή ξενάγηση στην ανακάλυψη και οικοδόμηση της γνώσης (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012).

Υπό το πρίσμα αυτό, οι εκπαιδευτικοί, όπως άλλωστε και οι μαθητές αποκτούν ολοένα και περισσότερο ενεργό ρόλο στην οργάνωση μιας επιτυχημένης επίσκεψης σ' ένα Μουσείο. Πολλές φορές οι επισκέψεις σε Μουσεία είναι αδιάφορες ή ακόμη και δυσάρεστες για τους μαθητές. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιες εμπειρίες, οι δάσκαλοι οφείλουν να διευκολύνουν τη μάθηση στο Μουσείο με κατάλληλο σχεδιασμό και οργάνωση δραστηριοτήτων πριν, μετά αλλά και κατά τη διάρκεια της επίσκεψης.

Η επαφή μου, κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, με το Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών αποτέλεσε το έναυσμα για την επιλογή μου να ασχοληθώ με την οργάνωση και υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος για μαθητές. Η επιλογή του θέματος του εκπαιδευτικού προγράμματος ήταν οι προσαρμογές των ζώων. Πρόκειται για ένα θέμα που συνδέεται στενά με τη θεωρία

της εξέλιξης και συχνά προκαλεί πληθώρα εναλλακτικών ιδεών στους μαθητές. Πεδίο της έρευνάς μου αποτέλεσαν μαθητές Δημοτικού σχολείου της Αθήνας και σκοπός ήταν να διερευνηθούν οι ιδέες τους σχετικά με την προσαρμογή των ζώων πριν και μετά την παρακολούθηση του προγράμματος στο Μουσείο Ζωολογίας.

Στο Α' μέρος της εργασίας παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η έρευνα. Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια να αποτυπωθεί ο ρόλος του Μουσείου ως φορέας μη τυπικής εκπαίδευσης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, κάνοντας αναφορά στην σύγχρονη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης στο χώρο του Μουσείου. Επιπλέον, παρουσιάζεται το θέμα της προσαρμογής των ζώων ως προέκταση της θεωρίας της εξέλιξης και της σύνδεσής της με πληθώρα κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων. Τέλος, γίνεται σύντομη αναφορά στην ιστορία και τα εκθέματα του Ζωολογικού Μουσείου στο οποίο πραγματοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πρόγραμμα που σχεδιάστηκε. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αποσαφηνίζονται οι έννοιες του περιβάλλοντος και της προσαρμογής τόσο στο πλαίσιο της επιστήμης της βιολογίας όσο και στο πλαίσιο της διδασκαλίας. Ακολουθώς, παρουσιάζονται οι βασικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον τους καθώς και τα πλαίσια ανάπτυξης αυτών των ιδεών. Στο τρίτο κεφάλαιο, καταγράφονται σχετικές με το θέμα της εργασίας έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, ενώ παράλληλα γίνεται και μια πρώτη αναφορά στους στόχους και τις ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας έρευνας.

Στο Β' μέρος της εργασίας παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία και τα αποτελέσματα της έρευνας. Αρχικά, αναλύεται η ερευνητική στρατηγική που επιλέχθηκε και περιγράφονται τα στοιχεία των συμμετεχόντων που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας. Στο κεφάλαιο «Διεξαγωγή της έρευνας», αναλύεται το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για να κωδικοποιηθούν οι απαντήσεις των μαθητών και περιγράφεται το εκπαιδευτικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε στο Μουσείο καθώς και οι αρχές ηθικής και δεοντολογίας που ακολουθήθηκαν. Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων και μια συζήτηση επί των συγκεκριμένων αναλύσεων. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των

συμπερασμάτων, των περιορισμών της παρούσας έρευνας καθώς και κάποιων προτάσεων για περαιτέρω επέκταση της έρευνας.

Α΄ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΜΟΥΣΕΙΑΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

1.1. Το μουσείο ως μη τυπική μορφή εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες

Οι ραγδαίες αλλαγές στο κοινωνικό και εκπαιδευτικό γίνεσθαι οδήγησαν στην αναθεώρηση της άποψης ότι το σχολείο αποτελεί τον μοναδικό χώρο εκπαίδευσης για τους μαθητές. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών η μάθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και με την αξιοποίηση μη τυπικών προσεγγίσεων, οι οποίες άλλωστε είναι συμβατές με τη διαφορετική φιλοσοφία που πρεσβεύουν οι Φυσικές Επιστήμες, της ανθρώπινης, πολιτισμικής και ιστορικής διάστασης (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012; Πλακίτση, 2012).

Οι όροι «μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης» και «άτυπες μορφές εκπαίδευσης» πολλές φορές χρησιμοποιούνται ως συνώνυμοι, καθώς οι διαφορές τους είναι λεπτές. Συγκεκριμένα, η άτυπη εκπαίδευση πραγματοποιείται σε μη οργανωμένο και μη συστηματικό περιβάλλον εκτός του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος, ενώ προϋποθέτει την ατομική πρωτοβουλία και την εθελοντική συμμετοχή. Η άτυπη εκπαίδευση πραγματοποιείται μέσω του μηχανισμού της εκλαΐκευσης της επιστημονικής γνώσης. Παραδείγματα άτυπης εκπαίδευσης αποτελούν η αυθόρμητη ενασχόληση με θέματα επιστημών, η επίσκεψη σε ένα Μουσείο, η ανάγνωση ενός επιστημονικού άρθρου, η παρακολούθηση ενός σχετικού τηλεοπτικού προγράμματος κλπ. (Κολιόπουλος, 2012; Eshach, 2007).

Η διαφορά με τη μη τυπική μορφή εκπαίδευσης έγκειται στο ότι κατά τη μη τυπική εκπαίδευση υπάρχει ενεργή εμπλοκή του εκπαιδευτικού συστήματος. Ως εκ τούτου, η διάδοση της επιστημονικής γνώσης πραγματοποιείται μέσω της εκλαΐκευσης αλλά και του διδακτικού μετασχηματισμού. Στις μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης

συγκαταλέγονται οι «εξωσχολικές» δραστηριότητες, οι οποίες δύνανται να ενταχθούν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και απαιτούν την εμπλοκή του εκπαιδευτικού. Παραδείγματα αποτελούν η συμμετοχή σε επιστημονικές εκθέσεις, σε διαγωνισμούς Φυσικών Επιστημών, οι επισκέψεις σε επιστημονικά Μουσεία, η παρακολούθηση εκπομπών με επιστημονική θεματολογία κλπ. Αυτό που καθορίζει την κατάταξη μιας δραστηριότητας στις μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης είναι η συσχέτιση του εκάστοτε οργανισμού διάδοσης της επιστημονικής γνώσης με το σχολείο (Κολιόπουλος, 2012). Υπό το πρίσμα αυτό, μια απλή επίσκεψη στο μουσείο όταν πραγματοποιείται με ατομική πρωτοβουλία ή ακόμη και όταν πραγματοποιείται από το σχολείο, αποτελεί άτυπη μορφή εκπαίδευσης καθώς κυριαρχεί ο μηχανισμός της εκλαΐκευσης. Για να ισχυριστούμε ότι πρόκειται για μια δραστηριότητα μη τυπικής εκπαίδευσης θα πρέπει η επίσκεψη να βασίζεται σε ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα προκειμένου να κυριαρχήσει ο μηχανισμός του διδακτικού μετασχηματισμού της γνώσης (Hofstein & Rosenfeld, 1996; Stocklmayer κ.ά., 2010).

Τα Μουσεία αποτελούν χώρους που μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση της γνώσης μέσα από τα εκπαιδευτικά προγράμματα που παρέχουν (Jeffery-Clay, 1998; Millar & Osborne, 1998), άλλωστε πολλοί από τους στόχους των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών μπορούν να επιτευχθούν μέσω της Μουσειακής Εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, τα Αναλυτικά Προγράμματα δίνουν έμφαση στη διερεύνηση και στην οικοδόμηση της γνώσης και όχι στη συσσωρευτική μάθηση (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, 2023). Τα Μουσεία, όπως έχουν διαμορφωθεί στη σύγχρονη εποχή αποτελούν ευέλικτα μαθησιακά περιβάλλοντα στα οποία οι μαθητές μπορούν να προσεγγίσουν τη γνώση μέσω ανακαλυπτικών μεθόδων (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012).

Τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών θεωρούνται από πολλούς μαθητές δύσκολα με αποτέλεσμα να μην δείχνουν ενδιαφέρον για τα μαθήματα αυτά. Μάλιστα, και οι εκπαιδευτικοί από την πλευρά τους εκφράζουν τις ανησυχίες τους καθώς θεωρούν ότι ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας δεν συνάδει με τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Ιδιαίτερα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση η διδασκαλία προσανατολίζεται στην εκπαίδευση μιας μικρής μερίδας μαθητών, οι οποίοι θα

ακολουθήσουν σχετικές κατευθύνσεις στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Millar & Osborne, 1998).

Σε απάντηση αυτών των προβληματισμών, οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να διαδοθεί η επιστήμη μέσω εκπαιδευτικών επισκέψεων σε κέντρα Φυσικών Επιστημών αλλά και Μουσεία φαίνεται να μπορούν να συμβάλλουν στην κινητοποίηση των μαθητών αλλά και την καλύτερη κατανόηση επιστημονικών ιδεών (Braund & Reiss, 2006; Jeffery-Clay, 1998). Στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα το οποίο πραγματοποιήθηκε στο Ζωολογικό Μουσείο Αθήνας προκειμένου οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με την έννοια της προσαρμογής των ζώων στο φυσικό τους περιβάλλον, μέσω του μηχανισμού της φυσικής επιλογής.

Παρότι οι εκπαιδευτικές επισκέψεις είναι πιο ενδιαφέρουσες και διασκεδαστικές για τους μαθητές, πολλοί ερευνητές εκφράζουν ανησυχία στο γεγονός ότι μπορεί να ενισχύουν τις προϋπάρχουσες εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών (Tenenbaum κ.ά., 2015). Παρόλα αυτά, πολλές έρευνες συμφωνούν στο ότι οι εκπαιδευτικές επισκέψεις μπορούν να βοηθήσουν ακόμη και τους μικρούς μαθητές να έρθουν σε επαφή με επιστημονικές ιδέες, αναπτύσσοντας δεξιότητες διερεύνησης, παρακολουθώντας ένα καλά οργανωμένο πρόγραμμα (Evans κ.ά., 2010; Falchetti, 2012; Spiegel κ.ά., 2012).

1.2. Εποικοδομισμός και Μουσειακή εκπαίδευση

Η θεωρία μάθησης που κυριαρχεί σήμερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι ο εποικοδομισμός (Πλακίτση, 2012). Σύμφωνα με τον Phillips (1995), υπάρχουν διαφόρων ειδών εποικοδομητικές προσεγγίσεις. Κάποιες δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στις γνώσεις που κατασκευάζει το άτομο ενώ κάποιες άλλες στις γνώσεις που κατασκευάζει το άτομο στο πλαίσιο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Phillips, 1995). Η βασική αρχή της θεωρίας του εποικοδομισμού είναι ότι τα άτομα οικοδομούν τη γνώση για τον κόσμο γύρω τους με βάση τις εμπειρίες τους (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012). Είναι διαδεδομένη η άποψη ότι οι διδακτικές μέθοδοι που βασίζονται στη θεωρία του εποικοδομισμού ευνοούν την αποτελεσματική μάθηση καθώς λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών και η κατασκευή της γνώσης από τους μαθητές παρά η μετάδοσής της (Balim, 2009; Jeffery-Clay, 1998). Μία από τις μεθόδους αυτές είναι και η ανακαλυπτική μέθοδος η οποία μπορεί να

εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους προκειμένου να επιτευχθεί η μάθηση στο πλαίσιο του Μουσείου (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012).

Σύμφωνα με τον Hein (2001), για να κατανοήσουμε τη μαθησιακή διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε ένα Μουσείο θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τη θεωρία για τη γνώση αλλά και τη θεωρία για τη μάθηση που υιοθετείται. Οι θεωρίες για τη γνώση σχετίζονται με την άποψη που υιοθετούμε για τη φύση της γνώσης (Griffin, 1998). Για παράδειγμα αν υιοθετούμε την άποψη ότι η γνώση υπάρχει ανεξάρτητα από το άτομο που μαθαίνει τότε θα ακολουθήσουμε διαφορετική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με το να υιοθετούμε την άποψη ότι η γνώση οικοδομείται ατομικά με την επίδραση του κοινωνικού παράγοντα. Αντίστοιχα, η θεωρία μάθησης σχετίζεται με τις πεποιθήσεις για τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνει το άτομο. Δύο διαμετρικά αντίθετες απόψεις είναι αυτή της συσσωρευτικής μάθησης και αυτή της κατασκευής της γνώσης (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2012; Χαλκιά, 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων ή προγραμμάτων που πρόκειται να πραγματοποιηθούν σε ένα Μουσείο θα πρέπει να αναλογιστούμε τη θεωρία γνώσης που θα εφαρμοστεί για την παρουσίαση των εκθεμάτων αλλά και τη θεωρία μάθησης με βάση την οποία θα καταρτιστούν οι δραστηριότητες. Με βάση αυτές τις δύο παραμέτρους ο Hein (2001) έχει κατατάξει τα Μουσεία σε τέσσερα είδη: το Συστηματικό Μουσείο, βασιζόμενο στην παραδοσιακή διάλεξη, το Συνηθισμένο Μουσείο, βασιζόμενο στη θεωρία του συμπεριφορισμού, το Ανακαλυπτικό Μουσείο, βασιζόμενο στην ανακαλυπτική μάθηση και το Εποικοδομητικό Μουσείο βασιζόμενο στην εποικοδόμηση.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε το μοντέλο της ανακαλυπτικής μάθησης για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος στο Ζωολογικό Μουσείο Αθήνας που θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο. Η συγκεκριμένη επιλογή βασίστηκε στο γεγονός ότι το μοντέλο αυτό ακολουθεί τις μεθόδους εργασίας των ερευνητών θέτοντας τον μαθητή στο επίκεντρό της διαδικασίας ενώ ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του καθοδηγητή (Driver κ.ά., 2000). Οι μαθητές κατά την εμπλοκή τους στη διερεύνηση ορισμένων ερωτημάτων ανακαλύπτουν οι ίδιοι τη γνώση, όπως έπραξαν και άλλοι επιστήμονες στο παρελθόν (Χαλκιά, 2012).

Το ανακαλυπτικό μοντέλο στο πλαίσιο του Μουσείου μπορεί να εφαρμοστεί με τρεις τρόπους:

- i. Καθοδηγούμενη ανακάλυψη
- ii. Επίλυση προβλήματος
- iii. Αυτενέργεια του επισκέπτη

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η καθοδηγούμενη ανακάλυψη. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές συμμετέχουν σε ανακαλυπτικές δραστηριότητες στο Μουσείο με βάση οδηγίες που τους παρέχονται σε σχετικούς οδηγούς ή φύλλα εργασίας (Χαλκιά, 2012). Η καθοδηγούμενη ανακάλυψη επιλέχθηκε έναντι των δύο άλλων προσεγγίσεων, καθώς αυτού του τύπου οι δραστηριότητες μπορούν να πραγματοποιηθούν σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα ενώ ταυτόχρονα οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εξερευνήσουν το Μουσείο έχοντας ένα πλαίσιο στο οποίο μπορούν να βασιστούν για να απαντήσουν τα ερωτήματα που τίθενται (Holmes, 2011; Kreuzer & Dreesmann, 2017). Η πρόκληση που τίθεται σε αυτή την προσέγγιση σχετίζεται με το αν οι μαθητές θα αφιερώσουν χρόνο στην επεξεργασία των βημάτων που ακολούθησαν ή αν θα εκτελέσουν μηχανικά τη διαδικασία που θα τους οδηγήσει στην απάντηση του ερωτήματος (Χαλκιά, 2012). Είναι επομένως σημαντικός ο ρόλος του εκπαιδευτικού προκειμένου να αποφευχθεί η μηχανική εκτέλεση οδηγιών και να συμμετέχουν οι μαθητές στο πρόγραμμα με διερευνητική διάθεση (Dobber κ.ά., 2017).

Συνοψίζοντας, το μοντέλο της ανακαλυπτικής μάθησης βασίζεται στη θεωρία μάθησης του εποικοδομισμού και η άποψη που υιοθετεί για το τι συνιστά «γνώση» είναι η ρεαλιστική, δηλαδή ότι η γνώση υπάρχει ανεξάρτητα από το υποκείμενο (Hein, 2001). Στο πλαίσιο ανακαλυπτικών δραστηριοτήτων στο Μουσείο οι μαθητές εμπλέκονται σε παρατήρηση, εξερεύνηση και συζήτηση προκειμένου να απαντήσουν ερωτήματα που τους απασχολούν (Hein, 2001; Kreuzer & Dreesmann, 2017). Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα που σχεδιάστηκε βασίζεται στην καθοδηγούμενη ανακάλυψη καθώς τα εκθέματα του Ζωολογικού Μουσείου προσφέρονται για παρατήρηση και για έρευνα από την πλευρά των μαθητών.

1.3. Μαθαίνοντας για την προσαρμογή

Το θέμα του εκπαιδευτικού προγράμματος που σχεδιάστηκε για το Ζωολογικό Μουσείο σχετίζεται με τις προσαρμογές των ζώων μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής. Η προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον τους αποτελεί κομμάτι του ευρύτερου θέματος της εξέλιξης, επομένως δεν είναι ένα θέμα που μπορεί να προσεγγιστεί χωρίς να γίνει αναφορά σε έννοιες που σχετίζονται με την εξέλιξη (Futuyma & Kirkpatrick, 2019). Η διαμόρφωση επιστημονικά εγγράμματος μαθητών προϋποθέτει την κατανόηση της εξέλιξης καθώς πρόκειται για μια έννοια που συνδέεται με πληθώρα σύγχρονων κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων (Sá-Pinto κ.ά., 2022). Κάποια από τα ζητήματα αυτά σχετίζονται με θέματα υγείας όπως η παχυσαρκία, ο διαβήτης, οι καρδιαγγειακές παθήσεις, οι ασθένειες που σχετίζονται με παθογόνα που αντιστέκονται στα αντιβιοτικά κλπ. Κάποια άλλα αφορούν τη βιομηχανία τροφίμων και τη γεωργική παραγωγή. Στους τομείς αυτούς ανακύπτουν τα ζητήματα της μείωσης της παραγωγής εξαιτίας της αυξημένης αντοχής των παράσιτων στα φυτοφάρμακα και της αξιοποίησης της τεχνολογίας της τεχνητής επιλογής με στόχο την τροποποίηση των καρπών ώστε να είναι ανθεκτικοί σε παθογόνα και αντίξοες καιρικές συνθήκες. Με την εξέλιξη σχετίζονται και ζητήματα που αφορούν το φυσικό περιβάλλον, όπως η μείωση της βιοποικιλότητας και η εξαφάνιση των ειδών λόγω αδυναμίας προσαρμογής στο διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον (National Academy of the Sciences, 2008; Sá-Pinto κ.ά., 2022; Spiegel κ.ά., 2012).

Η εξέλιξη επιπλέον αποτελεί κεντρική και ενοποιητική έννοια στη βιολογία μέσω της οποίας μπορούν να κατανοηθούν και να εξηγηθούν πολλά ζητήματα διαφόρων πεδίων. Ο χαρακτηρισμός “ενοποιητική” αναφέρεται στο γεγονός ότι πολλά θέματα της βιολογίας όπως η γενετική, η εμβρυολογία, η βιοχημεία, η μοριακή βιολογία κλπ. έχουν ως κοινή έννοια στη βάση τους την εξέλιξη. Χωρίς την ενοποίηση μέσω της έννοιας αυτής, θα μιλούσαμε για γεγονότα που δεν έχουν σχέση μεταξύ τους και δεν θα έβγαζαν νόημα ως όλον (Dobzhansky, 1973).

Η έννοια της προσαρμογής, η οποία αποτελεί και το θέμα του εκπαιδευτικού προγράμματος που θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο, αποτελεί σημαντικό κομμάτι της θεωρίας της εξέλιξης. Αυτό γίνεται φανερό μέσα από τις δυο βασικές θέσεις που

εξέφρασε ο Δαρβίνος στο έργο του «Η καταγωγή των ειδών»: την καταγωγή μέσω τροποποίησης και τη φυσική επιλογή. Σύμφωνα με την πρώτη, όλα τα είδη προήλθαν από κοινά προγονικά είδη, μέσω της σταδιακής συσσώρευσης προσαρμογών σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Starr κ.ά., 2016). Η φυσική επιλογή είναι ο τρόπος με τον οποίο δρα η εξέλιξη, όπως την περιέγραψε ο Δαρβίνος στο βιβλίο του. Οι οργανισμοί που διαθέτουν χαρακτηριστικά που τους προσδίδουν πλεονέκτημα στην επιβίωση και την αναπαραγωγή και είναι κληρονομήσιμα, τα κληροδοτούν στους απογόνους τους με αποτέλεσμα να αυξάνεται σταδιακά η συχνότητα των χαρακτηριστικών αυτών στον πληθυσμό. Η φυσική επιλογή έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων χαρακτηριστικών σε βάθος χρόνου, καθώς οι οργανισμοί προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Gregory, 2009)

Η μελέτη της εξελικτικής βιολογίας έχει συμβάλλει στην κατανόηση πολλών πτυχών της ζωής των οργανισμών στον πλανήτη μας. Μέσω της εξέλιξης γίνεται αντιληπτό το γιατί υπάρχει τόσο μεγάλη ποικιλομορφία στη Γη και το πως όλοι οι οργανισμοί αποτελούν κομμάτι ενός εξελικτικού συνεχούς. Ακόμη, η εξέλιξη μπορεί να εξηγήσει γιατί κάποιοι οργανισμοί που είναι σχετικά διαφορετικοί, στην πραγματικότητα είναι στενά συγγενικά είδη ενώ κάποιοι άλλοι παρότι μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό έχουν πολύ πιο μακρινή συγγένεια. Μέσω αυτής μπορεί επίσης να εξηγηθεί η πορεία του ανθρώπου στη Γη, οι συγγενικές μας σχέσεις με τα άλλα είδη αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αποκτήσαμε τα χαρακτηριστικά που διαθέτουμε (Futuyma & Kirkpartick, 2019; National Academy of the Sciences, 2008).

Τα παραπάνω αποτελούν ζητήματα που κεντρίζουν μεν το ενδιαφέρον των μαθητών αλλά είναι και υπεύθυνα για την δημιουργία εναλλακτικών ιδεών όταν δεν έχει γίνει κατανοητή ή έννοια της εξέλιξης (Kampourakis & Zogza, 2008). Στην παρούσα εργασία, η έννοια αυτή θα προσεγγιστεί μέσω των προσαρμογών των ζώων όπου οι μαθητές μέσω παρατήρησης και περιήγησης στο Ζωολογικό Μουσείο Αθήνας θα καταγράψουν τις προσαρμογές πολλών ειδών και θα μελετήσουν τον τρόπο με τον οποίο αποκτήθηκαν ώστε να έρθουν σε επαφή με την έννοια της εξέλιξης.

1.4. Το Ζωολογικό Μουσείο του Πανεπιστημίου Αθηνών

Το Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών λειτουργεί εδώ και περίπου 160 χρόνια στην Αθήνα και αποτελεί το πρώτο στο είδος του στην Ελλάδα. Ιδρύθηκε το 1835, πριν την ίδρυση του Πανεπιστημίου Αθηνών, το 1837. Συγκεκριμένα, το 1835 ιδρύθηκε στην Αθήνα η Φυσιογραφική Εταιρία από λόγιους Έλληνες και Βαυαρούς οι οποίοι ζούσαν στην Ελλάδα. Η Εταιρία συνέβαλλε στη δημιουργία πολλών συλλογών με ζώα, φυτά, ορυκτά και απολιθώματα. Από την ίδρυση του Πανεπιστημίου και ύστερα, η εταιρία άρχισε να αντιμετωπίζει οικονομικές δυσχέρειες και έτσι αποφάσισε να παραδοθεί το υλικό που είχε συλλεχθεί στο Πανεπιστήμιο, προκειμένου να αξιοποιηθεί για διδακτικούς σκοπούς (*Μουσείο Ζωολογίας, χ.χ.*).

Το 1858 δημιουργήθηκε το Φυσιογραφικό Μουσείο του Πανεπιστημίου Αθηνών, όπου φιλοξενήθηκαν οι συλλογές οι οποίες αποτέλεσαν μετέπειτα κεντρικό πυρήνα του Ζωολογικού Μουσείου. Τα άτομα που στελέχωσαν το Μουσείο φρόντισαν για την συγκρότησή του, τη μελέτη των εκθεμάτων και το άνοιγμα του στο κοινό με στόχο τη μόρφωσή του. Το Μουσείο αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα της μόρφωσης της νεολαίας του νεοσύστατου Ελληνικού κράτους, σε μια εποχή όπου τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα ήταν ανύπαρκτα, ενώ παράλληλα προσέλκυσε πολλούς επισκέπτες και ερευνητές που ενδιαφέρονταν για τις συλλογές του. Στον εμπλουτισμό των εκθεμάτων συνέβαλαν πολλοί Έλληνες αλλά και ξένοι ερευνητές, ερασιτέχνες συλλέκτες και κυνηγοί άγριων ζώων οι οποίοι παρέδωσαν το υλικό τους στο μουσείο (*Μουσείο Ζωολογίας, χ.χ.*).



Εικ.1: Παλιές φωτογραφίες του Μουσείου Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών

Το Μουσείο αντιμετώπισε αρκετές δυσκολίες κατά την κατοχή αλλά και μεταπολεμικά καθώς η απουσία μέσων και χώρων αποτέλεσαν εμπόδιο στον εκσυγχρονισμό και την ανανέωσή του. Μάλιστα, κατά τη δεκαετία του 1960 έκλεισε για το κοινό προκειμένου να επισκευαστεί το κτήριο στο οποίο στεγαζόταν. Το 1965 οι συλλογές που φιλοξενούσε μεταφέρθηκαν διάσπαρτες σε διάφορους χώρους στην Πανεπιστημιούπολη. Με την δημιουργία του νέου κτηρίου του Τμήματος Βιολογίας το μουσείο εγκαταστάθηκε εκεί, όπου στεγάζεται και λειτουργεί μέχρι και σήμερα. Από το 1991 και εξής άρχισε να ανοίγει ξανά ολοένα και περισσότερο στο κοινό και να εμπλουτίζεται με συλλογές οι οποίες προέρχονταν από δωρεές διαφόρων οικογενειών (ΕΚΠΑ: Τμήμα Βιολογίας - Μουσείο Ζωολογίας, χ.χ.).



Εικ.2: Το Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών σήμερα

Είναι σημαντικό να αναφερθεί και το εκπαιδευτικό έργο του Μουσείου, καθώς σε αυτό διεξάγονται ποικίλα εκπαιδευτικά προγράμματα για μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και φοιτητές. Μέσα από αυτά τα προγράμματα, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν μεταξύ τους διάφορα είδη, να εξερευνήσουν βιολογικές διαδικασίες, να έρθουν σε επαφή με τη εξέλιξη και τη βιοποικιλότητα και να ευαισθητοποιηθούν ως προς την προστασία και

διατήρησή της. Ο αριθμός των μαθητών που επισκέπτονται το μουσείο σήμερα ξεπερνά τις 10.000 ετησίως, ενώ χαρακτηριστικός είναι και ο εκσυγχρονισμός του Μουσείου με την αξιοποίηση οπτικοακουστικών μέσων στις συλλογές του (ΕΚΠΑ: *Τμήμα Βιολογίας - Μουσείο Ζωολογίας, χ.χ.*).

Οι συλλογές του Μουσείου περιλαμβάνουν περίπου 500 μικρά και μεγάλα θηλαστικά από την Ελλάδα, την Ευρώπη αλλά και τις άλλες ηπείρους, ταριχευμένα αλλά και σκελετούς. Από τις μεγαλύτερες συλλογές είναι αυτή των πτηνών, η οποία περιλαμβάνει στο σύνολο 2500 πτηνά στα οποία εκπροσωπούνται όλα τα είδη της Ελλάδας, ενώ παράλληλα υπάρχει και συλλογή αυγών και φωλιών πτηνών. Μεγάλη είναι και η συλλογή των ερπετών, η οποία περιλαμβάνει περίπου 1000 ερπετά, αμφίβια αλλά και ιχθύες τόσο της Ελλάδας όσο και της παγκόσμιας πανίδας. Η συλλογή των ψαριών περιλαμβάνει πολλά είδη της θάλασσας αλλά και των γλυκών νερών. Όσον αφορά τα εκθέματα των ασπόνδυλων, υπάρχουν μεγάλες συλλογές εντόμων, μαλακίων, σπόγγων, κοραλλιών, καρκινοειδών κλπ. Τέλος, το Μουσείο περιλαμβάνει και αρκετά διοράματα, όπου μπορεί κανείς να παρατηρήσει τους οργανισμούς στο περιβάλλον στο οποίο ανήκουν. Από τα πιο εντυπωσιακά διοράματα είναι αυτό της Αφρικανικής Σαβάνας, το οποίο αποτελεί και δωρεά της οικογένειας Πασπαλιού. Άλλα διοράματα περιλαμβάνουν το Μεσογειακό Τοπίο, το Ερημικό Τοπίο, τις Ελληνικές Ακτές, το Πολικό Τοπίο, τις Βουνοκορφές κλπ. (ΕΚΠΑ: *Τμήμα Βιολογίας - Μουσείο Ζωολογίας, χ.χ.*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥΣ

2.1. Η έννοια του «περιβάλλοντος»

Μία από τις βασικές έννοιες της προσαρμογής μέσω φυσικής επιλογής είναι αυτή του περιβάλλοντος. Με τον όρο «περιβάλλον» εννοούμε το είδος του ενδιαιτήματος στο οποίο ζει ένας οργανισμός πχ. ένα τροπικό δάσος, μια έρημος κλπ. Το περιβάλλον του κάθε οργανισμού μας δίνει πληροφορίες τόσο για τα προβλήματα που θα αντιμετωπίσει όσο και για τις συμπεριφορές που αναπτύσσει αλλά και τη φυσιολογία του (Wingfield, 2013; Young κ.ά., 1989).

Όταν αναφερόμαστε στο περιβάλλον θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τόσο τους φυσικούς παράγοντες όσο και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών. Υπό το πρίσμα αυτό λαμβάνουμε περισσότερες πληροφορίες για τις ανάγκες του κάθε ζώου. Το περιβάλλον του κάθε είδους επηρεάζεται από την ίδια παρουσία του και μεταβάλλεται συχνά ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς του (Futuyma & Kirkpartick, 2019). Το κάθε ζώο βιώνει το περιβάλλον στο οποίο ζει με διαφορετικό τρόπο απ' ό,τι τον αντιλαμβάνεται και τον ταξινομεί ο άνθρωπος και καλείται να λάβει αποφάσεις μεταξύ πολλών πιθανών εκδοχών, οι οποίες προκαλούν μεταβολές στο περιβάλλον. Τα περιβάλλοντα μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τρεις παραμέτρους που αλληλεξαρτώνται: το περιβαλλοντικό στρες, το εύρος των διακυμάνσεων και τη διαθεσιμότητα ενέργειας ή πόρων (Willmer κ.ά., 2006).

Το περιβαλλοντικό στρες μπορεί να είναι αβιοτικό ή βιοτικό. Το αβιοτικό στρες σχετίζεται με φυσικοχημικούς παράγοντες του περιβάλλοντος που άλλοτε καθιστούν τη ζωή πιο «εύκολη» και άλλοτε πιο «δύσκολη». Το στρες αυτό εξαρτάται ουσιαστικά από την απόκλιση των τωρινών συνθηκών από τις αρχικές, δεδομένου ότι η ζωή στη γη εξελίχθηκε σε θαλάσσιο περιβάλλον που ήταν θερμικά σταθερό. Έτσι, η ζωή στο θαλασσινό νερό θεωρείται σχετικά «εύκολη» ενώ οι πολικές περιοχές, οι έρημοι, οι θερμές πηγές κλπ. θεωρούνται ακραία περιβάλλοντα. Από την άλλη, το βιοτικό στρες σχετίζεται με τον ανταγωνισμό που επικρατεί μεταξύ των οργανισμών. Για παράδειγμα στα περιβάλλοντα όπου η ζωή είναι σχετικά «εύκολη» μπορεί να υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί πληθυσμοί οι οποίοι εντείνουν τον ανταγωνισμό και την θηρευτική πίεση (Willmer κ.ά., 2006; Wingfield, 2013; Young κ.ά., 1989).

Το εύρος των διακυμάνσεων σε ένα περιβάλλον σχετίζεται με το κατά πόσο οι συνθήκες του παραμένουν σχετικά σταθερές ή υπόκεινται σε ταχείες μεταβολές. Κάποια περιβάλλοντα, όπως αυτά των θαλασσών έχουν παραμείνει σχετικά σταθερά σε όλες τις κλίμακες του χρόνου, ενώ άλλα αλλάζουν με ετήσια, μηνιαία ή ακόμη και ημερήσια περιοδικότητα. Για παράδειγμα, το μικρο-περιβάλλον πάνω και κάτω από ένα φύλλο μπορεί να αλλάζει ακόμη και μέσα σε δευτερόλεπτα εξαιτίας αλλαγών του καιρού και η αλλαγή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα πολύ μικρά ζώα που ζουν εκεί (Rosalino κ.ά., 2014; Willmer κ.ά., 2006; Wingfield, 2003).

Όσον αφορά τη διαθεσιμότητα των πόρων σε ένα περιβάλλον είναι αναμενόμενο ότι σε κάποια περιβάλλοντα οι πόροι είναι πιο εύκολα διαθέσιμοι στους ζωικούς οργανισμούς απ' ότι σε άλλα, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν εκεί. Στα περιβάλλοντα όπου οι πόροι είναι περιορισμένοι, όπως στις ερήμους ή στις πολικές περιοχές, δημιουργούνται απλές κοινότητες ζώων με χαμηλές μεταβολικές απαιτήσεις. Από την άλλη, σε περιβάλλοντα όπου η ενέργεια και οι πόροι είναι εύκολα διαθέσιμη στους οργανισμούς, αναπτύσσονται διαφορετικές και εξειδικευμένες κοινότητες ζώων. Οι αλληλεπιδράσεις των τριών παραμέτρων που αναφέρθηκαν καθορίζουν τα είδη και την βιοποικιλότητα που απαντάται σε κάθε περιβάλλον καθώς και τον τύπο της επιλογής που λειτουργεί (Willmer κ.ά., 2006; Young κ.ά., 1989).

2.2. Η έννοια της «προσαρμογής»

Η προσαρμογή αποτελεί κεντρική έννοια της εξελικτικής θεωρίας στη βιολογία, ωστόσο χρησιμοποιείται συχνά με ασάφεια και αοριστία ενώ αποτελεί επίσης αντικείμενο αντιπαράθεσης μεταξύ των επιστημόνων (Willmer κ.ά., 2006). Αντίστοιχα και στο σχολικό πλαίσιο πρόκειται για μια δύσκολη έννοια που εύκολα δημιουργεί εναλλακτικές ιδέες στους μαθητές. Αυτό συμβαίνει καθώς η σημασία της λέξης «προσαρμογή» στον καθημερινό λόγο σχετίζεται με τις αλλαγές που πρέπει να κάνει ή να υποστεί κάποιος ή κάτι για έναν συγκεκριμένο σκοπό. Ωστόσο, στον επιστημονικό λόγο η σημασία της λέξης διαφέρει, ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι ακόμη και μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας υπάρχουν διαφορετικές ερμηνείες της έννοιας της προσαρμογής (Lucas, 1971; Rector κ.ά., 2013; Willmer κ.ά., 2006).

Πολλοί επιστήμονες συμφωνούν ότι η έννοια της προσαρμογής στη βιολογία έχει δύο συνιστώσες: το προϊόν της προσαρμογής και τη διαδικασία της προσαρμογής. Ως προϊόντα της προσαρμογής χαρακτηρίζονται τα γνωρίσματα αλλά και οι συμπεριφορές των ζώων που είναι αποτελέσματα της φυσικής επιλογής. Για να χαρακτηριστεί κάποιο γνώρισμα ή συμπεριφορά προσαρμογή θα πρέπει να αυξάνει την αρμοστικότητα (fitness), δηλαδή την αναπαραγωγική ικανότητα ενός πληθυσμού που χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο γονότυπο, σε σχέση με άλλους γονότυπους του πληθυσμού (Futuyma & Kirkpatrick, 2019).

Η προσαρμογή μπορεί να οριστεί και ως μια διαδικασία η οποία, όμοια με τη φυσική επιλογή, ρυθμίζει τη συχνότητα των χαρακτηριστικών που ευνοούν την αρμοστικότητα των οργανισμών. Οι περισσότεροι ορισμοί που εξηγούν τη διαδικασία της προσαρμογής τονίζουν τη σημασία της φυσικής επιλογής και δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Παρότι η επιστημονική κοινότητα συμφωνεί εν πολλοίς με τον ορισμό της προσαρμογής ως διαδικασίας, διαφορετικές απόψεις κυριαρχούν στην προσπάθεια κατανόησης του τι αποτελεί προσαρμοστικό χαρακτηριστικό. Πολλοί θεωρούν ότι η λέξη «προσαρμογή» χρησιμοποιείται κάποιες φορές εσφαλμένα για να δηλώσει μια διαδικασία η οποία δεν είναι προϊόν της εξέλιξης αλλά αποτελεί αλλαγή στη φυσιολογία που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ζωής ενός οργανισμού και επομένως είναι αποτέλεσμα άμεσης απόκρισης σε κάποια αλλαγή του περιβάλλοντός του. Έτσι, πολλές φορές αλλαγές στη φυσιολογία συγχέονται με αλλαγές που είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Kampourakis, 2013).

Για να κατανοηθεί καλύτερα ο διαχωρισμός μεταξύ προσαρμογής (adaptation) και φυσιολογικής προσαρμογής (physiological adaptation) θα πρέπει να μελετηθεί η αιτία της εκάστοτε αλλαγής. Σύμφωνα με τον Mayr (1961) όταν η αλλαγή προκύπτει ως απάντηση σε κάποια άμεση αλλαγή στο περιβάλλον του οργανισμού, τότε πρόκειται για «φυσιολογική προσαρμογή» ενώ όταν η αλλαγή είναι αποτέλεσμα της εξελικτικής ιστορίας του οργανισμού πρόκειται για «εξελικτική προσαρμογή». Με άλλα λόγια, όταν μιλάμε για «φυσιολογική προσαρμογή» δεν εξετάζουμε την εξελικτική ιστορία του χαρακτηριστικού παρά μόνο το πως αυτό το χαρακτηριστικό εξυπηρετεί τον κάτοχό του μέσα στο περιβάλλον στο οποίο ζει.

Ο Mayr (1961) για να διαλευκάνει το διαχωρισμό έκανε λόγο για τις αιτίες της αλλαγής. Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον Mayr (1961) στην προσπάθεια να εξηγήσουμε την αιτία ενός βιολογικού χαρακτηριστικού, μας ενδιαφέρει να απαντήσουμε είτε στο γιατί υπάρχει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό («Γιατί;») είτε στο πώς λειτουργεί («Πώς;»). Ο διαχωρισμός του «Γιατί» και του «Πώς» αντιστοιχεί σε δυο διαφορετικούς τύπους αιτίων. Ο πρώτος τύπος αφορά τα απώτατα αίτια (ultimate causes), δηλαδή τις αιτίες που σχετίζονται με την εξελικτική ιστορία του

είδους και ο δεύτερος τα άμεσα αίτια (proximate causes) που σχετίζονται με τη φυσιολογία του οργανισμού (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Mayr, 1961).

Σύμφωνα με τον Kampourakis (2013), όσον αφορά το τι αποτελεί χαρακτηριστικό προσαρμογής δύο είναι οι κατηγορίες ορισμών που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία: ο ιστορικός και ο μη ιστορικός ορισμός. Σύμφωνα με τον ιστορικό ορισμό, ένα χαρακτηριστικό είναι προσαρμογή μόνο αν είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής, ανεξάρτητα από το εάν στην παρούσα φάση παρέχει κάποιο πλεονέκτημα στον κάτοχό του. Με άλλα λόγια, η επιλογή του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού για την επιτέλεση ενός ρόλου είναι απαραίτητη και επαρκής συνθήκη έτσι ώστε να αποφανθούμε για το εάν ένα χαρακτηριστικό αποτελεί προσαρμογή. Βέβαια, είναι αρκετά δύσκολο να εντοπιστεί το αν ένα χαρακτηριστικό έχει επιλεγεί επειδή ενισχύει την ικανότητα του κατόχου του ή για κάποιον διαφορετικό λόγο. Για παράδειγμα μπορεί απλά να έχει διατηρηθεί επειδή δεν βλάπτει ή να επιλέχθηκε επειδή είναι συνδεδεμένο με κάποιο άλλο ευεργετικό γνώρισμα (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Willmer κ.ά., 2006).

Οι δυσκολίες αυτές συντέλεσαν στη διατύπωση του μη ιστορικού ορισμού, σύμφωνα με τον οποίο ένα χαρακτηριστικό είναι προσαρμογή αν επί του παρόντος προσδίδει πλεονέκτημα στους κατόχους του, το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης και αναπαραγωγής τους σε σχέση με αντίστοιχα χαρακτηριστικά, και εξαιτίας αυτού θα επικρατήσει με την πάροδο των χρόνων μέσω της φυσικής επιλογής. Δηλαδή, η αναγκαία και επαρκής συνθήκη για να αποφανθούμε για το αν ένα χαρακτηριστικό αποτελεί προσαρμογή ή όχι, σε αυτή την περίπτωση είναι η συμβολή του χαρακτηριστικού στην επιβίωση και την αναπαραγωγική επιτυχία του κατόχου του στην παρούσα φάση, ανεξάρτητα από το αν οι πρόγονοι του επιλέχθηκαν χάρη σε αυτό. Σε αυτή την περίπτωση η έμφαση δίνεται στην τωρινή συμβολή του χαρακτηριστικού, χωρίς να ενδιαφέρει η παρελθοντική του και το αν επικράτησε μέσω φυσικής επιλογής ή όχι (Kampourakis, 2013).

Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η διαφορά των δύο ορισμών ο Kampourakis (2013) δίνει το παράδειγμα του λευκού χρώματος της πολικής αρκούδας. Σύμφωνα με τον ιστορικό ορισμό, πρόκειται για προσαρμογή μόνο στην περίπτωση που έχει υπάρξει επιλογή του χρώματος αυτού, επειδή για παράδειγμα διευκόλυνε την κάλυψη των

αρκούδων στο χιονισμένο περιβάλλον και συνεπώς τους έδωσε πλεονέκτημα στην επιβίωση τους (κυνηγούσαν χωρίς να γίνονται αντιληπτές από το θήραμά τους) και κατ' επέκταση στην αναπαραγωγή τους. Το αν το λευκό χρώμα συνεχίζει να τους δίνει πλεονέκτημα ή αν θα συνεχίσει στο μέλλον δεν μας ενδιαφέρει.

Σύμφωνα με τον μη ιστορικό ορισμό, το λευκό χρώμα μπορεί να θεωρηθεί προσαρμογή αν επί του παρόντος δίνει πλεονέκτημα επιβίωσης και αναπαραγωγής στις λευκές αρκούδες έναντι των αρκούδων με διαφορετικό χρώμα στο ίδιο περιβάλλον, χωρίς να μας ενδιαφέρει το πώς επικράτησε το συγκεκριμένο χρώμα στον πληθυσμό. Συνεπώς το λευκό χρώμα σύμφωνα με τον ορισμό αυτό θα επιλεγεί τελικά, αφού προσδίδει πλεονέκτημα στις λευκές αρκούδες. Η διαφορά μεταξύ των δύο έγκειται στο αν υπήρχε επιλογή στο παρελθόν ή αν υπάρχει τώρα και γίνεται πληρέστερα κατανοητή με το παράδειγμα που ακολουθεί.

Ο απόγονος δυο καφέ αρκούδων σε ένα χιονισμένο περιβάλλον μπορεί να γεννηθεί λευκός, λόγω κάποιας μεταλλαγής στο γονίδιο που είναι υπεύθυνο για το χρώμα. Ο απόγονος αυτός στο χιονισμένο περιβάλλον στο οποίο ζει έχει πλεονέκτημα επιβίωσης και αναπαραγωγής. Σύμφωνα με τον μη ιστορικό ορισμό το λευκό του χρώμα αποτελεί προσαρμογή, ενώ σύμφωνα με τον ιστορικό ορισμό όχι.

Όταν και αν το λευκό χρώμα που είχε αρχικά ο απόγονος των καφέ αρκούδων, επιλεγεί και κληρονομηθεί από τους απογόνους του, τότε θα αποτελεί προσαρμογή σύμφωνα με τον ιστορικό ορισμό. Αν υποθέσουμε ότι αυτό θα συμβεί και παράλληλα προκύψει μια αλλαγή στο περιβάλλον, όπου το χιόνι θα μειωθεί και θα κυριαρχούν σκούρα χρώματα, τότε το λευκό χρώμα παύει να δίνει πλεονέκτημα στους κατόχους του. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τον μη ιστορικό ορισμό, δεν αποτελεί πλέον προσαρμογή, ενώ σύμφωνα με τον ιστορικό ορισμό εξακολουθεί να αποτελεί προσαρμογή καθώς διαδόθηκε στον πληθυσμό μέσω φυσικής επιλογής, ακόμη και αν στην παρούσα φάση έχει πάψει να δίνει πλεονέκτημα.

Σύμφωνα με τους Goud και Vrba (1982) οι δυο ορισμοί περιλαμβάνουν στην ουσία δύο διαφορετικές έννοιες: την προσαρμογή και την εξαρμογή. Ο ιστορικός ορισμός, όπως προαναφέρθηκε αφορά τα χαρακτηριστικά που διαδόθηκαν στον πληθυσμό μέσω φυσικής επιλογής. Από την άλλη, ο μη ιστορικός ορισμός ουσιαστικά αφορά τα

χαρακτηριστικά που καλούνται «εξαρμογές», δηλαδή αυτά που επιλέχθηκαν εξαιτίας κάπου λόγου που δεν είναι πια προφανής ή εντελώς τυχαία και αργότερα έγιναν προσαρμοστικά (Gould & Vrba, 1982; Willmer κ.ά., 2006)

Το αν ένα χαρακτηριστικό αποτελεί προσαρμογή ή όχι είναι αρκετά δύσκολο να βρεθεί και συνήθως προσεγγίζεται με τρεις τρόπους: με συσχέτιση ενός χαρακτήρα (character) και ενός περιβάλλοντος, με σύγκριση των αλληλομόρφων μέσα σε ένα είδος και με παρατήρηση των επιπτώσεων που θα επιφέρει η αλλαγή ενός χαρακτήρα ή μιας συμπεριφοράς. Πολλές φορές ο εντοπισμός της προσαρμογής είναι έμμεσος και δεν οδηγεί σε απόλυτα συμπεράσματα (Willmer κ.ά., 2006).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και για το σκοπό της παρούσας εργασίας, ο όρος «προσαρμογή» ορίζεται ως οποιοδήποτε χαρακτηριστικό ενός οργανισμού, το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης του και την δημιουργία απογόνων στο περιβάλλον στο οποίο ζει και έχει εγκαθιδρυθεί στον πληθυσμό μέσω της φυσικής επιλογής (Lucas, 1971).

Μελετώντας τις διαφορετικές απόψεις για τον ορισμό της έννοιας της προσαρμογής, οι οποίες κατά βάση άπτονται της φιλοσοφίας της βιολογίας, γεννιέται εύλογα το ερώτημα του πώς μπορεί να προσεγγίσει ο εκπαιδευτικός που ασχολείται με τη διδακτική της βιολογίας την έννοια αυτή. Το ερώτημα αυτό επιχειρείται να απαντηθεί στα επόμενα κεφάλαια ύστερα από ανάλυση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση της έννοιας της προσαρμογής, οι οποίες εντοπίζονται στην ανθρωπομορφική σκέψη και τις τελεολογικές αλλά και ουσιοκρατικές εξηγήσεις.

2.3. Η έννοια της προσαρμογής στη διδασκαλία της βιολογίας

Προκειμένου να επιλυθούν οι εννοιολογικές δυσκολίες κατά τη διδασκαλία, ο Robertson (2019) υποστηρίζει ότι οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αναφέρονται στις μη εξελικτικές προσαρμογές ως «φυσιολογικές αντιδράσεις» (physiological responses), τονίζοντας τη διαφορά μεταξύ μακροχρόνιας αλλαγής λόγω φυσικής επιλογής και φυσιολογικής αντίδρασης. Τονίζει ότι ο όρος «προσαρμογή» θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο στο πλαίσιο της εξέλιξης.

Είναι σημαντικό οι μαθητές να κατανοήσουν ότι δεν είναι όλες οι διαφορές στη φυσιολογία των οργανισμών προσαρμοστικές και ότι δεν υπάρχει κάποιος σκοπός

πίσω από την εξέλιξη των γνωρισμάτων αλλά διαμορφώνονται τυχαία και επιλέγονται αυτά που ενισχύουν την επιβίωση και αναπαραγωγική ικανότητα του οργανισμού (Bishop & Anderson, 1990; Robertson, 2019; Willmer κ.ά., 2006).

Επιπλέον, όσον αφορά το σχολικό πλαίσιο πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι το θέμα της προσαρμογής των ζώων μέσω φυσικής επιλογής είναι δύσκολο να κατανοηθεί από τους μαθητές. Η δυσκολία αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι πολλοί βιολόγοι θεωρούν ότι η φυσική επιλογή είναι μια διαδικασία η οποία ακολουθεί το μοτίβο της λογικής σε βαθμό που όταν κατακτηθούν οι βασικές αρχές της είναι εύκολο να κατανοηθεί και ο τρόπος προσαρμογής μέσω του μηχανισμού της (Gregory, 2009). Ωστόσο, έρευνα των Bishop και Anderson (1990) έδειξε ότι ο μηχανισμός της φυσικής επιλογής είναι πολύ πιο δύσκολο να κατακτηθεί απ' όσο θεωρούν οι βιολόγοι.

Η φυσική επιλογή είναι μια διαδικασία η οποία σχετίζεται με τις αλλαγές στη συχνότητα και τη διάδοση ορισμένων χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό. Η προσαρμογή μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής είναι ο κύριος μηχανισμός της εξέλιξης (Futuyma & Kirkpartick, 2019).

Η διαδικασία της φυσικής επιλογής πραγματοποιείται σε οργανισμούς και προκαλεί την προσαρμογή ολόκληρων πληθυσμών. Οι οργανισμοί ενός πληθυσμού παρουσιάζουν ποικιλομορφία σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό (πχ στο μέγεθος, το χρώμα κλπ). Η ποικιλομορφία αυτή οδηγεί σε διαφορές στην επιβίωση και την αναπαραγωγή τους καθώς ο κάθε οργανισμός αγωνίζεται να ανταποκριθεί στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Οι οργανισμοί που διαθέτουν χαρακτηριστικά τα οποία τους δίνουν πλεονέκτημα στην επιβίωση και την αναπαραγωγή είναι πιο πιθανό να κληροδοτήσουν τα χαρακτηριστικά αυτά στους απογόνους τους. Επομένως, τα ευνοϊκά αυτά χαρακτηριστικά θα είναι περισσότερα στις επόμενες γενιές σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των οργανισμών τα οποία δεν τους δίνουν πλεονέκτημα επιβίωσης και αναπαραγωγής. Σε διάρκεια πολλών γενεών, η επιβίωση και αναπαραγωγή ορισμένων οργανισμών του πληθυσμού έναντι άλλων θα οδηγήσει στην κατοχή των ευνοϊκών χαρακτηριστικών από τους περισσότερους οργανισμούς του πληθυσμού, κάνοντάς τους περισσότερο προσαρμοσμένους στο περιβάλλον τους (Futuyma & Kirkpartick, 2019; Gregory, 2009).

Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι για να γίνει κατανοητή η έννοια της προσαρμογής θα πρέπει οι μαθητές να διδαχθούν τη φυσική επιλογή. Έρευνες υποστηρίζουν ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές του δημοτικού είναι ικανοί να μάθουν εξελικτικές έννοιες όπως αυτή της προσαρμογής και δεν θα πρέπει να διδάσκονται μόνο στην δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση (Cristine H. Legare κ.ά., 2013; Shtulman κ.ά., 2016; Yip, 2009). Μάλιστα, οι Shtulman κ.α (2016) υποστηρίζουν ότι στόχος της εκπαίδευσης δεν θα πρέπει να είναι απλά να αντικαταστήσουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών με τις επιστημονικά αποδεκτές, αλλά και να τους δείξουν πως να μπορούν να διακρίνουν μεταξύ του διαισθητικού τρόπου σκέψης και του επιστημονικού.

2.4. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή

Οι μαθητές στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα κατασκευάζουν στο μυαλό τους ιδέες οι οποίες όμως απέχουν από τις επιστημονικά αποδεκτές έννοιες. Οι ιδέες αυτές, οι οποίες δεν είναι αυθαίρετες κατασκευές αλλά δημιουργούνται με βάση τις προσωπικές εμπειρίες των μαθητών και έχουν νόημα για τους ίδιους, ονομάζονται «εναλλακτικές ιδέες» (Χαλκιά, 2012).

Όσον αφορά την έννοια της προσαρμογής των ζώων, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών είναι πολλές και πηγάζουν από τα εξής ερμηνευτικά σχήματα: τον ανθρωπομορφικό και τελεολογικό τρόπο σκέψης καθώς επίσης και την ουσιοκρατία, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο (Coley & Tanner, 2012; Kelemen, 2012).

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με το θέμα της προσαρμογής των οργανισμών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που εξετάστηκε, οι ιδέες αυτές αφορούν μαθητές όλων των ηλικιών από την πρωτοβάθμια μέχρι και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Γίνεται επομένως φανερό ότι όταν οι εναλλακτικές ιδέες δεν επιλυθούν συνεχίζουν να υφίστανται και σε μεγαλύτερες ηλικίες.

- **Οι οργανισμοί προσαρμόζονται επειδή χρειάζεται να το κάνουν**

Μια από τις συχνότερες εναλλακτικές ιδέες που εντοπίζεται σε σχετικές έρευνες στη βιβλιογραφία είναι η ερμηνεία της προσαρμογής ως ανάγκης για την επιβίωση του οργανισμού. Οι μαθητές τείνουν να εξηγούν την προσαρμογή των οργανισμών ως

αναγκαία για την επιβίωση του, εννοώντας ότι ο οργανισμός συνειδητοποιεί ότι δεν θα μπορέσει να ζήσει αν δεν διαθέτει το χαρακτηριστικό αυτό. Για παράδειγμα, σύμφωνα με την άποψη αυτή, οι πολικές αρκούδες διαθέτουν πυκνή γούνα καθώς τη χρειάζονται προκειμένου να επιβιώνουν στις ακραίες θερμοκρασίες που κυριαρχούν στο περιβάλλον στο οποίο ζουν (Coley & Tanner, 2012; Cristine H. Legare κ.ά., 2013; Kampourakis κ.ά., 2012; Kampourakis & Zogza, 2008; Özay Köse & Keskin, 2015; Shtulman κ.ά., 2016). Στην πραγματικότητα ωστόσο, η φυσική επιλογή είναι ο μηχανισμός που οδηγεί στην προσαρμογή των οργανισμών, ευνοώντας τους οργανισμούς του πληθυσμού που διαθέτουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που τους δίνουν πλεονέκτημα στην επιβίωση και αναπαραγωγή (Gregory, 2009).

- **Οι οργανισμοί διαθέτουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για να επιτελούν κάποιες λειτουργίες**

Η ιδέα αυτή σχετίζεται στενά με την προηγούμενη καθώς και εδώ οι μαθητές φαίνεται να ερμηνεύουν τη λειτουργία του προσαρμοστικού χαρακτηριστικού ως αναγκαία για την επιτέλεση μιας λειτουργίας, υιοθετώντας έναν τελεολογικό τρόπο σκέψης (Coley & Tanner, 2012; Kelemen, 2012). Στην πραγματικότητα, η εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών στους πληθυσμούς προκύπτει είτε ως τυχαία μετάλλαξη είτε ως αποτέλεσμα μετανάστευσης διαφορετικών οργανισμών στον πληθυσμό, οι οποίοι φέρνουν νέα αλληλόμορφα στον πληθυσμό. Η διαδικασία αυτή δεν είναι σκόπιμη ούτε πραγματοποιείται προκειμένου να αυξηθεί η αρμοστικότητα του οργανισμού στο περιβάλλον του (Gregory, 2009).

- **Η προσαρμογή αφορά ξεχωριστά άτομα του είδους**

Η εναλλακτική ιδέα ότι η προσαρμογή αφορά ξεχωριστά άτομα του είδους είναι μια πολύ συχνή ιδέα στους μαθητές του δημοτικού η οποία ωστόσο φαίνεται να μειώνεται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Özay Köse & Keskin, 2015; Yates & Marek, 2014). Η ιδέα αυτή ενδεχομένως συνδέεται με μη ιστορικούς ορισμούς της προσαρμογής, όπως παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, και αφορούν φυσιολογικές προσαρμογές των οργανισμών και αντιδράσεις τους που προκύπτουν ως άμεση απάντηση σε κάποιο περιβαλλοντικό ερέθισμα (Robertson, 2019). Όπως

είναι γνωστό, η προσαρμογή δεν αφορά μεμονωμένα άτομα του είδους αλλά ολόκληρους πληθυσμούς και συμβαίνει σε βάθος χρόνου (Gregory, 2009).

- **Η χρήση των χαρακτηριστικών επιφέρει βελτίωση, ενώ η μη-χρήση απώλεια**

Πρόκειται για μια συχνή εναλλακτική ιδέα των μαθητών, η οποία φανερώνει το λαμαρκικό τρόπο σκέψης τους. Σύμφωνα με την ιδέα αυτή, οι μαθητές θεωρούν ότι το κατά πόσο χρησιμοποιεί ή όχι ένας οργανισμός κάποιο χαρακτηριστικό του μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση ή την απώλεια αυτού (Kampourakis & Zogza, 2008; Nehm & Reilly, 2007). Στην πραγματικότητα, η παρουσία ή απουσία κάποιων χαρακτηριστικών στον πληθυσμό δεν σχετίζεται με τη συχνότητα χρήσης τους, αλλά με το κατά πόσο το χαρακτηριστικό αυτό δίνει στον οργανισμό αναπαραγωγικό πλεονέκτημα και πλεονέκτημα επιβίωσης (Gregory, 2009).

- **Οι οργανισμοί επιθυμούν και προσπαθούν να προσαρμοστούν**

Σύμφωνα με την εναλλακτική αυτή ιδέα οι μαθητές θεωρούν ότι οι ίδιοι οι οργανισμοί έχουν την επιθυμία να προσαρμοστούν στο περιβάλλον τους (Cunningham & Wescott, 2009). Η έρευνα των Keskin & Kose (2015) έδειξε ότι και οι φοιτητές παιδαγωγικών σχολών συμφωνούν με αυτή την ιδέα σε μεγάλο ποσοστό. Πρόκειται για μια ιδέα που φανερώνει τον ανθρωπομορφικό τρόπο σκέψης, αποδίδοντας ανθρώπινα χαρακτηριστικά όπως η επιθυμία και η προσπάθεια σε βαθμό που οι υπόλοιποι οργανισμοί δεν θα μπορούσαν να διαθέτουν. Οι μη – ανθρώπινοι οργανισμοί δεν θα μπορούσαν να διαθέτουν επίπεδο σκέψης σε βαθμό που να τους επιτρέπει να προγραμματίσουν και να ελέγξουν τον γονότυπο και το φαινότυπό του (Cristine H. Legare κ.ά., 2013; Kelemen, 2012).

- **Οι προσαρμογές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ζωής του οργανισμού κληρονομούνται από τους απογόνους του**

Σύμφωνα με την αυτή την εναλλακτική ιδέα οι προσαρμογές των οργανισμών γίνονται αντιληπτές ως βιολογικές ή γενετικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ζωής του οργανισμού (soft inheritance). Αυτή η ιδέα υποδεικνύει τη σκέψη ότι οι οργανισμοί αποκτούν ορισμένα χαρακτηριστικά προκειμένου να εξυπηρετήσουν κάποιες ανάγκες τους και στη συνέχεια οι απόγονοί τους

κληρονομούν τα χαρακτηριστικά αυτά (Kelemen, 2012). Αυτή η ιδέα ουσιαστικά δεν λαμβάνει υπόψη την ποικιλότητα που υπάρχει σε έναν πληθυσμό καθώς υποστηρίζει ότι σε όλα τα άτομα του πληθυσμού δημιουργείται η ανάγκη για προσαρμογή και τα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά τους στη συνέχεια τα κληρονομούν οι απόγονοί τους (Kelemen, 2012). Στην πραγματικότητα αλλαγές στη φυσιολογία του οργανισμού που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ζωής του ως απάντηση αλλαγών του περιβάλλοντος δεν κληρονομούνται από τους απογόνους καθώς αφορούν σωματικά κύτταρα και όχι τους γαμέτες (Gregory, 2009). Η προσαρμογή θα πρέπει να γίνεται αντιληπτή ως μια σταδιακή και σωρευτική διαδικασία που σχετίζεται με την επιβίωση, αναπαραγωγή και κληρονομικότητα των οργανισμών και επηρεάζει πληθυσμούς σε βάθος πολλών γενεών (Kelemen, 2012).

- **Αλλαγές στο περιβάλλον προκαλούν την προσαρμογή**

Ο ρόλος του περιβάλλοντος αποτελεί πηγή εναλλακτικών ιδεών των μαθητών όσον αφορά τις προσαρμογές των ζώων. Πρόκειται για την άποψη ότι το ίδιο το περιβάλλον καθορίζει ποια καινούρια χαρακτηριστικά θα εμφανιστούν σε έναν πληθυσμό (Cunningham & Wescott, 2009). Η άποψη ότι η προσαρμογή προκύπτει ως απάντηση στην περιβαλλοντική αλλαγή είναι κοινή τόσο σε μαθητές όσο και σε φοιτητές παιδαγωγικών που θα κληθούν στη συνέχεια να διδάξουν το θέμα αυτό (Coley & Tanner, 2012; Cunningham & Wescott, 2009; Yates & Marek, 2014). Στην πραγματικότητα, το περιβάλλον δε προκαλεί ούτε εκκινεί την προσαρμογή. Το ότι υπάρχει γενετική ποικιλότητα σε έναν πληθυσμό σημαίνει ότι υπάρχουν οργανισμοί με διαφορετικό βαθμό προσαρμοστικότητας. Επομένως, όταν συμβεί κάποια περιβαλλοντική αλλαγή οι οργανισμοί που πριν είχαν χαμηλό βαθμό προσαρμοστικότητας, μετά την αλλαγή μπορεί να βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση, όσον αφορά την επιβίωση και την αναπαραγωγή, έναντι άλλων. Έτσι, αναμένεται να αυξηθεί η συχνότητα των χαρακτηριστικών τους στον πληθυσμό σε βάθος χρόνου, στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες. Συνεπώς, η προσαρμογή στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον συμβαίνει όταν υπάρχουν στον πληθυσμό αλληλόμορφα που κωδικοποιούν για χαρακτηριστικά που ευνοούν τον οργανισμό σε επίπεδο επιβίωσης και αναπαραγωγής ή η παρουσιάζονται αντίστοιχα τυχαίες μεταλλάξεις (Gregory, 2009).

- **Οι δυνατοί οργανισμοί είναι αυτοί που επιβιώνουν έναντι των αδύναμων στη φύση**

Κάποιοι μαθητές παρερμηνεύουν τη φράση «επιβίωση του ισχυρού» (“survival of the fittest”), που είχε χρησιμοποιηθεί από τον Δαρβίνο για να περιγράψει τη φυσική επιλογή. Στο πλαίσιο που την χρησιμοποίησε ο Δαρβίνος η λέξη «ισχυρός» (“fittest”) σήμαινε αυτός που είναι καλύτερα προσαρμοσμένος σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και όχι ο «δυνατότερος», όπως συχνά ερμηνεύεται από τους μαθητές (Cunningham & Wescott, 2009; Gregory, 2009). Η «αρμοστικότητα», όπως ονομάζεται στην εξελικτική βιολογία σχετίζεται με την ικανότητα ενός οργανισμού να αφήσει πίσω του απογόνους, πράγμα που παραβλέπεται όταν χρησιμοποιείται η φράση “survival of the fittest” καθώς δίνεται έμφαση στην επιβίωση αλλά και στον ίδιο τον οργανισμό και όχι στα χαρακτηριστικά του και τα γονίδια που είναι υπεύθυνα γι’ αυτά (Gregory, 2009).

2.5. Πλαίσια ανάπτυξης εναλλακτικών ιδεών

Οι δυσκολίες που εντοπίζονται στην κατανόηση της προσαρμογής των οργανισμών μέσω φυσικής επιλογής δεν είναι αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας ή της ασάφειας των εμπλεκόμενων εννοιών αλλά της ανάμειξής τους με μη επιστημονικούς τρόπους σκέψης (Coley & Tanner, 2012). Οι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με τον τομέα της γνωστικής ψυχολογίας αναφέρονται σε νοητικές κατασκευές (cognitive construals) ή νοητικά σχήματα (schemata) για να ορίσουν τον άτυπο και διαισθητικό τρόπο σκέψης για τα φυσικά φαινόμενα. Πρόκειται για δυναμικές δομές οι οποίες μεταβάλλονται όσο οι μαθητές έρχονται σε επαφή με διάφορα ερεθίσματα του φυσικού κόσμου (Coley & Tanner, 2012). Σχηματίζονται στα πρώτα στάδια της παιδικής ηλικίας στην προσπάθεια κατανόησης των φυσικών φαινομένων και του κόσμου που μας περιβάλλει και τείνουν να εμμένουν μέχρι να αντικατασταθούν από πιο αξιόπιστες πληροφορίες που μπορούν να εξηγήσουν το φαινόμενο (Gregory, 2009).

Συνέπεια των εσφαλμένων νοητικών κατασκευών είναι η δημιουργία εναλλακτικών ιδεών (Coley & Tanner, 2012). Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών συμφωνούν ότι τα μη επιστημονικά νοητικά σχήματα εμποδίζουν την κατανόηση της φυσικής επιλογής,

της προσαρμογής και της εξέλιξης. Τρία είναι τα νοητικά σχήματα τα οποία έχουν ερευνηθεί εκτενώς και στα οποία συνήθως εντάσσονται περισσότερες από μια εναλλακτικές ιδέες. Αυτά είναι ο τελεολογικός, ο ανθρωπομορφικός και ο ουσιοκρατικός τρόπος σκέψης (Cristine H. Legare κ.ά., 2013; Kelemen, 2012; Shtulman κ.ά., 2016; Sinatra κ.ά., 2008).

Εκτός από τον διαισθητικό τρόπο σκέψης, μια ακόμη πηγή ιδεών για τα φυσικά φαινόμενα προέρχεται από τη θρησκεία. Ο δημιουργισμός είναι η θρησκευτική πίστη πως το σύμπαν και η ζωή δημιουργήθηκαν εκ του μηδενός από μια θεϊκή οντότητα (Verhey, 2005). Η πεποίθηση αυτή έρχεται σε σύγκρουση με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης σχετικά με τη δημιουργία του κόσμου. Στο πλαίσιο της εξέλιξης και της προσαρμογής των ζώων οι κύριες εναλλακτικές ιδέες που εντάσσονται σε αυτό το νοητικό σχήμα είναι οι απόψεις που αποδίδουν τα χαρακτηριστικά των ζώων και την ύπαρξή τους σε κάποια θεϊκή οντότητα (Evans κ.ά., 2010).

Ο διαισθητικός τρόπος σκέψης ωστόσο παραμένει η πιο διάχυτη πηγή επιρροής και δημιουργίας εναλλακτικών ιδεών (Evans, 2001; Hatano & Inagaki, 2012). Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά η τελεολογία, ο ανθρωπομορφισμός και η ουσιοκρατία καθώς και οι εναλλακτικές ιδέες που εντάσσονται σε αυτά τα διαισθητικά νοητικά σχήματα.

2.5.1. Τελεολογία

Ο τελεολογικός τρόπος σκέψης σχετίζεται με την εσφαλμένη τάση απόδοσης σκοπού κατά την ερμηνεία διαφόρων φυσικών φαινομένων. Πρόκειται για έναν κοινό διαισθητικό τρόπο σκέψης που κυριαρχεί τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες. Σύμφωνα με την Kelemen (2012), ο τελεολογικός τρόπος σκέψης είναι μια διαδεδομένη νοητική κατασκευή που είναι χρήσιμη στο να κατανοούμε διάφορες πτυχές του κόσμου γύρω μας, ωστόσο αποκτά προβληματικές διαστάσεις στον τομέα της βιολογίας.

Οι μαθητές όλων των ηλικιών συχνά εξηγούν βιολογικά χαρακτηριστικά ή διαδικασίες αναφερόμενοι στο σκοπό ή τη λειτουργία τους (Coley & Tanner, 2012). Όσον αφορά το θέμα της προσαρμογής των ζώων, οι αναφορές των μαθητών στη

λειτουργία των χαρακτηριστικών των οργανισμών υποδεικνύει σύγχυση και εσφαλμένες αιτιώδεις παραδοχές για τη λειτουργία του μηχανισμού της φυσικής επιλογής. Επιπλέον, και η ερμηνεία της προσαρμογής ως επιθυμία ή ως ανάγκη του οργανισμού εντάσσεται στο τελεολογικό πλαίσιο σκέψης (Coley & Tanner, 2012; Kampourakis κ.ά., 2012; Kelemen, 2012).

Οι εναλλακτικές ιδέες που εντάσσονται σε αυτό το πλαίσιο είναι ποικίλες και σχετίζονται με τη λειτουργία των χαρακτηριστικών του οργανισμού αλλά και τις ανάγκες του. Συγκεκριμένα πρόκειται για ιδέες που υποδηλώνουν ότι η λειτουργία του χαρακτηριστικού είναι ο μοναδικός παράγοντας που χρειάζεται για να εξηγήσει την ύπαρξη του (πχ. οι καμηλοπαρδάλεις έχουν ψηλό λαιμό για να φτάνουν την τροφή τους στα ψηλά δέντρα), αλλά και για ιδέες που εστιάζουν στην ανάπτυξη ενός χαρακτηριστικού με σκοπό να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του οργανισμού (πχ οι καμηλοπαρδάλεις έχουν ψηλό λαιμό επειδή τους ήταν απαραίτητος για να φτάνουν την τροφή τους στα ψηλά δέντρα) (Kelemen, 2012).

Στον τελεολογικό τρόπο σκέψης εντάσσονται και οι ιδέες που βασίζονται στις προσπάθειες του οργανισμού ο οποίος δρα με κάποιον συγκεκριμένο σκοπό (πχ. οι καμηλοπαρδάλεις απέκτησαν ψηλούς λαιμούς καθώς στην προσπάθεια τους να φτάσουν τα ψηλά κλαδιά που αποτελούσαν την τροφή τους τέντωναν το λαιμό τους). Η ιδέα αυτή υπονοεί ότι μέσω παρατεταμένης προσπάθειας μπορεί ο οργανισμός να μεταβληθεί προκειμένου να αποκτήσει ένα χαρακτηριστικό που θα τον βοηθήσει να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του (Kelemen, 2012).

Οι ιδέες που σχετίζονται με τη λογική της ανάγκης των οργανισμών να προσαρμοστούν και να εξελιχθούν ασχέτως από την αιτιολόγηση που υιοθετούν ενέχουν ορισμένα εσφαλμένα επακόλουθα. Πρώτον, υπονοείται ότι η προσαρμογή περιλαμβάνει βιολογικές ή γενετικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ζωής ενός οργανισμού. Δεύτερον, τα χαρακτηριστικά που αποκτώνται μέσω της διαδικασίας αυτή γίνονται αντιληπτά ως κληρονομήσιμα από τις επόμενες γενιές (soft inheritance). Με άλλα λόγια, τα ζώα αποκτούν τα χαρακτηριστικά που τους είναι απαραίτητα καθώς τα έχουν ανάγκη και στη συνέχεια όλοι οι απόγονοί τους κληρονομούν αυτά τα χαρακτηριστικά. Τα δύο αυτά επακόλουθα του τελεολογικού τρόπου σκέψης δεν λαμβάνουν υπόψη την γενετική ποικιλότητα που υπάρχει σε ένα

πληθυσμό, ενώ παράλληλα θέτουν εμπόδια στην ερμηνεία της αλλαγής ως μιας σωρευτικής διαδικασίας, επιλεκτικής επιβίωσης, αναπαραγωγής και κληρονομικότητας (Kelemen, 2012; Shtulman κ.ά., 2016).

Ο τελεολογικός τρόπος σκέψης σχετίζεται στενά με τον ανθρωπομορφικό τρόπο σκέψης, την απόδοση δηλαδή ανθρώπινων χαρακτηριστικών σε μη ανθρώπινους οργανισμούς. Για παράδειγμα, η εσφαλμένη ιδέα «οι οργανισμοί προσαρμόζονται για να επιβιώσουν» ενέχει τελεολογικό και ανθρωπομορφικό χαρακτήρα. Η ιδέα αυτή υπονοεί ότι οι οργανισμοί επιλέγουν να προσαρμοστούν (ανθρωπομορφισμός) με σκοπό την επιβίωσή τους (τελεολογία). Σε παρόμοιες ιδέες είναι φανερό ότι προκειμένου να απαντηθεί το «γιατί;», δεν δίνεται η δέουσα σημασία στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η προσαρμογή.

Συνοψίζοντας, ο τελεολογικός τρόπος σκέψης υποκρύπτει πολλές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή μέσω φυσικής επιλογής και κατά συνέπεια παρεμποδίζει την κατανόηση των επιστημονικά αποδεκτών διαδικασιών (Coley & Tanner, 2012).

2.5.2. Ανθρωπομορφισμός

Όπως προαναφέρθηκε ο ανθρωπομορφικός τρόπος σκέψης σχετίζεται με την απόδοση ανθρώπινης συνείδησης σε μη ανθρώπινες οντότητες. Οι εναλλακτικές ιδέες που σχετίζονται με τον ανθρωπομορφισμό μπορεί να είναι είτε εσωτερικές (να αποδίδουν τις προσαρμογές στην συνειδητή πρόθεση των οργανισμών) ή εξωτερικές (να αποδίδουν τις προσαρμογές στην συνειδητή επιλογή της φύσης) (Gregory, 2009).

Ο εσωτερικός ανθρωπομορφισμός συνδέεται με την παρανόηση ότι ο κάθε οργανισμός ξεχωριστά εξελίσσεται και προσαρμόζεται ως απάντηση σε περιβαλλοντικές προκλήσεις που μπορεί να εμφανιστούν. Οι μαθητές που υιοθετούν αυτό τον τρόπο σκέψης τείνουν να θεωρούν την προσαρμοστική εξέλιξη ως επιθυμία των οργανισμών παρά ως απότοκο του μηχανισμού της φυσικής επιλογής (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009).

Παρόμοια, ο εξωτερικός ανθρωπομορφισμός σχετίζεται με την παρανόηση ότι η Φύση έχει ενεργό ρόλο στην προσαρμογή των ζώων, με την έννοια ότι είναι αυτή που

αποφασίζει για τα χαρακτηριστικά τους. Πολλές φορές η φυσική επιλογή εξηγείται ως μια διαδικασία η οποία «επιλέγει» μεταξύ «επιθυμητών» χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα οι μαθητές να πιστεύουν ότι το ίδιο το περιβάλλον είναι αυτό που καθορίζει τις προσαρμογές των οργανισμών (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009). Ο ίδιος ο Δαρβίνος έχοντας επίγνωση των παρερμηνειών που μπορεί να επιφέρει ο ανθρωπομορφικός τρόπος σκέψης, έγραψε ότι ίσως η χρήση του όρου “Φυσική Επιλογή” να είναι λανθασμένη καθώς υπονοείται συνειδητή επιλογή. Ωστόσο όπως ανέφερε, η εξοικείωση με το μηχανισμό της φυσικής επιλογής αναμένεται να άρει τις παρανοήσεις αυτές (Gregory, 2009).

Η χρήση ανθρωπομορφικής και τελεολογικής γλώσσας κατά την εξήγηση φαινομένων της εξελικτικής βιολογίας έχει προκαλέσει αντιδράσεις μεταξύ των ερευνητών. Πολλοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν ότι ο ανθρωπομορφισμός αλλά και η τελεολογία είναι δύσκολο να εξαλειφθούν στο σχολικό πλαίσιο, όταν οι εκπαιδευτικοί εξηγούν διαδικασίες όπως η φυσική επιλογή και η προσαρμογή (Tamir & Zohar, 1991; Yip, 2009). Μάλιστα, κάποιοι υποστηρίζουν ότι η τελεολογία και ο ανθρωπομορφισμός μπορεί να φανούν και χρήσιμα κατά τη διδασκαλία, καθώς οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με αυτού του είδους τη γλώσσα και μπορούν εύκολα να την καταλάβουν (González Galli & Meinardi, 2011; Tamir & Zohar, 1991). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μπορεί μεν η χρήση αυτού του είδους της γλώσσας να είναι χρήσιμη στη διδασκαλία, ωστόσο είναι προβληματική στη διδασκαλία του θέματος της προσαρμογής και της φυσικής επιλογής, καθώς δημιουργεί ποικίλες εναλλακτικές ιδέες (Kampourakis & Zogza, 2008).

2.5.3. Ουσιοκρατία

Ο ουσιοκρατικός τρόπος σκέψης είναι ένας μη επιστημονικός και διαισθητικός τρόπος σκέψης ο οποίος χαρακτηρίζει τα παιδιά ήδη από την ηλικία των τεσσάρων ετών (Shtulman, 2006). Πρόκειται για την αντίληψη ότι όλοι οι οργανισμοί έχουν μια αμετάβλητη ουσία η οποία καθορίζει τα χαρακτηριστικά που είναι παρόντα στον πληθυσμό. Σύμφωνα με την ουσιοκρατία, οι οργανισμοί που ανήκουν στο ίδιο είδος διαθέτουν μια κοινή ουσία, ενώ οποιαδήποτε ποικιλομορφία αντιμετωπίζεται ως

παρέκκλιση από τον κοινό τύπο ή ουσία που χαρακτηρίζει το είδος (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009; Shtulman, 2006).

Σύμφωνα με τον Shtulman (2006), η ουσιοκρατία είναι χαρακτηριστική τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες και αποτελεί εμπόδιο για την κατανόηση της διαδικασίας της φυσικής επιλογής. Συγκεκριμένα, η εσφαλμένη παραδοχή ότι οι οργανισμοί του ίδιου είδους αποτελούνται από μια κοινή ουσία οδηγεί σε μια «μετασχηματιστική» αντίληψη της προσαρμογής, όπου ολόκληρος ο πληθυσμός μετασχηματίζεται προκειμένου να προσαρμοστεί (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009).

Επομένως, μια κοινή ουσιοκρατική εναλλακτική ιδέα σε σχέση με την προσαρμογή είναι ότι ένα ολόκληρο είδος μπορεί να προσαρμοστεί την ίδια στιγμή ως απάντηση σε μια περιβαλλοντική αλλαγή. Η ιδέα αυτή έρχεται σε σύγκρουση με την επιστημονική άποψη ότι οι μεταβολές στην επιβίωση και αναπαραγωγή μεταξύ οργανισμών με διαφορετικά χαρακτηριστικά σε έναν πληθυσμό οδηγεί σε αλλαγές στη συχνότητα και τελικά στην επικράτηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στον πληθυσμό (Coley & Tanner, 2012; Futuyma & Kirkpatrick, 2019; Gregory, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1. Βιβλιογραφική επισκόπηση

Το ζήτημα της κατανόησης εξελικτικών εννοιών αλλά και γενικότερα εννοιών της βιολογίας μέσα από επισκέψεις και προγράμματα μουσείων έχει αποτελέσει αντικείμενο ερευνών στην Ελλάδα, κυρίως όμως στο εξωτερικό (Evans κ.ά., 2010; Falchetti, 2012; Gata κ.ά., 2023; Sá-Pinto κ.ά., 2022; Spiegel κ.ά., 2012; Tenenbaum κ.ά., 2015). Τα ευρήματα των ερευνών αυτών φανερώνουν ότι τα Μουσεία αποτελούν εκπαιδευτικά πλαίσια που μπορούν να προωθήσουν το ενδιαφέρον και την κατανόηση εννοιών της βιολογίας.

Οι Evans κ.ά. (2010) κατατάσσουν την συλλογιστική πορεία που ακολουθούν οι επισκέπτες των μουσείων για να εξηγήσουν έννοιες της εξέλιξης και της προσαρμογής σε τρεις κατηγορίες: με επιστημονικά στοιχεία (informed naturalistic),

δισαιθητική (novice naturalistic) και δημιουργιστική (creationist). Η πρώτη κατηγορία, αφορά συλλογιστικές που περιλαμβάνουν κάποια επιστημονικά στοιχεία αλλά και κάποια δισαιθητικά. Βρίσκονται δηλαδή κοντά στην επιστημονικά αποδεκτή άποψη αλλά εμπεριέχουν και στοιχεία που χρησιμοποιούνται από την δισαιθητική συλλογιστική. Η δισαιθητική συλλογιστική είναι αυτή που περιέχει στοιχεία τελεολογίας, ανθρωπομορφισμού και ουσιοκρατίας, όπως εξηγήθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Η συλλογιστική αυτή είναι χαρακτηριστική στα παιδιά και δημιουργεί εναλλακτικές ιδέες. Τέλος, η δημιουργιστική συλλογιστική είναι αυτή που περιέχει στοιχεία θρησκευτικού περιεχομένου για την εξήγηση βιολογικών διαδικασιών και θεωριών.

Στην έρευνά τους οι Evans κ.ά. (2010), ανέλυσαν τη συλλογιστική των τακτικών επισκεπτών των τριών Μουσείων Φυσικής Ιστορίας του Midwest σε θέματα εξελικτικής βιολογίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το μεγαλύτερο μέρος των επισκεπτών χρησιμοποιούσε μεικτές συλλογιστικές, δηλαδή περιείχαν στοιχεία από όλες τις κατηγορίες που περιεγραφήκαν παραπάνω. Μάλιστα, οι ερευνητές συμπέραναν ότι το είδος συλλογισμού που επικρατούσε εξαρτάται και από το είδος του οργανισμού για το οποίο καλούνταν οι επισκέπτες να επιχειρηματολογήσουν. Οι ερωτήσεις που αφορούσαν τα πουλιά και τα θηλαστικά ήγειραν συλλογισμούς με επιστημονικά στοιχεία ενώ οι ερωτήσεις που αφορούσαν τα ασπόνδυλα και γενικά τα μικρά είδη ήγειραν δισαιθητικούς συλλογισμούς. Όσον αφορά τις ερωτήσεις που σχετίζονταν με την ανθρώπινη εξέλιξη, οι επισκέπτες χρησιμοποιούσαν δημιουργιστικές συλλογιστικές (Evans, 2001; Evans κ.ά., 2010).

Πολλές έρευνες που μελετούν την εννοιολογική αλλαγή ως αποτέλεσμα της επίσκεψης σε ένα Μουσείο ή της παρακολούθησης ενός προγράμματος ακολουθούν την παραπάνω κατηγοριοποίηση για να εντοπίσουν αλλαγές στη συλλογιστική των υποκειμένων της έρευνας πριν και μετά την επίσκεψη. Οι Spiegel κ.ά. (2012) μελέτησαν την επίδραση που μπορεί να έχει μια επίσκεψη στην έκθεση «Explore Evolution» του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Midwest, στην εννοιολογική αλλαγή νεαρών ενηλίκων και παιδιών. Η έκθεση εστίαζε σε επτά σύγχρονες έρευνες σχετικές με την εξέλιξη διαφόρων ειδών συνδέοντας τις μεταξύ τους δίνοντας έμφαση στο πλαίσιο VIST. Πρόκειται για ένα εννοιολογικό πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει τις

βασικές αρχές της εξέλιξης: ποικιλομορφία (variation), κληρονομικότητα (inheritance), επιλογή (selection), χρόνος (time) και βοηθά τον επισκέπτη να κατανοήσει ότι οι αρχές αυτές αφορούν όλους τους οργανισμούς που μελετήθηκαν. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν νοητικό οργανωτή που βοηθά τους επισκέπτες να γενικεύουν τις εξελικτικές αυτές έννοιες σε όλα τα είδη στη φύση.

Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι επισκέπτες αύξησαν τη χρήση της επιχειρηματολογίας με επιστημονικά στοιχεία και μείωσαν τις διαισθητικές εξηγήσεις για τις εξελικτικές διαδικασίες που συμβαίνουν στους οργανισμούς. Ωστόσο, οι επισκέπτες εξακολούθησαν να χρησιμοποιούν μεικτές συλλογιστικές ενώ κυρίως οι ενήλικες ήταν αυτοί που μείωσαν τις διαισθητικές τους εξηγήσεις. Η διαφορά της έρευνας αυτής σε σχέση με την έρευνα των Evans κ.ά. (2010) ήταν ότι στην έρευνα αυτή οι επισκέπτες βελτίωσαν την ικανότητά τους να γενικεύουν τις εξελικτικές διαδικασίες σε όλους τους οργανισμούς της έκθεσης. Αυτό αποδόθηκε στην αξιοποίηση του πλαισίου VIST, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως εκπαιδευτικό εργαλείο και από το Μουσείο Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια (Spiegel κ.ά., 2012).

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και η έρευνα των Tenenbaum κ.ά. (2014), η οποία ήταν εστιασμένη μόνο σε μαθητές. Οι μαθητές παρακολούθησαν ένα πρόγραμμα στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Λονδίνου το οποίο σχετίζονταν με τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου. Το πρόγραμμα ενσωμάτωνε στοιχεία ιστορίας της επιστήμης καθώς οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τη θεωρία της εξέλιξης μέσα από τις αντικρουόμενες απόψεις φιλοσόφων και επιστημόνων της εποχής που είχε προκαλέσει το έργο του Δαρβίνου για την καταγωγή των ειδών. Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα του Μουσείου αύξησαν τη χρήση επιχειρηματολογίας με επιστημονικά στοιχεία και μείωσαν τον διαισθητικό συλλογισμό σε σχέση με εκείνους που δεν συμμετείχαν στο πρόγραμμα. Επιπλέον, όμοια με την έρευνα των Spiegel κ.ά. (2012), οι μαθητές χρησιμοποιούσαν μεικτούς συλλογισμούς τόσο πριν όσο και μετά την επίσκεψη.

Σε μαθητές διαφόρων βαθμίδων ήταν εστιασμένη και η έρευνα της Falchetti (2012), η οποία εξέτασε την εννοιολογική αλλαγή μετά από τη συμμετοχή τους σε ένα πρόγραμμα του Ζωολογικού Μουσείου της Ρώμης σχετικό με την εξέλιξη και τις

προσαρμογές των ζώων. Το πρόγραμμα που παρακολούθησαν οι μαθητές με τίτλο «Darwin 2009» είχε στόχο τόσο την εξοικείωση των μαθητών με την έννοια της εξέλιξης και την εννοιολογική αλλαγή όσο και την ενίσχυση του ενδιαφέροντος και της κινητοποίησης τους. Για τους σκοπούς αυτούς το πρόγραμμα οργανώθηκε με βάση τέσσερις νοητικούς οργανωτές: την αλλαγή, την αλληλεπίδραση των οργανισμών με το περιβάλλον τους, την ποικιλομορφία μεταξύ των ειδών και την ποικιλομορφία μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους. Η έρευνα έδειξε ότι πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στη σκέψη των μαθητών, οι οποίοι μετά την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα φάνηκε να κατανοούν καλύτερα την έννοια της εξέλιξης. Αλλαγές εντοπίστηκαν και στη συμπεριφορά τους καθώς ενισχύθηκε το ενδιαφέρον τους (Falchetti, 2012).

Ενθαρρυντικά ήταν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Gata κ.ά (2023) σχετικά με τη χρησιμότητα των μουσειακών προγραμμάτων στην εξοικείωση των μαθητών με την έννοια της εξελικτικής προσαρμογής. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι παρακολούθησαν εκπαιδευτικό πρόγραμμα σχετικά με τις προσαρμογές των πουλιών στο Ζωολογικό Μουσείο του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε από τους ίδιους τους ερευνητές και εστίασε στις προσαρμογές των πουλιών που σχετίζονται με την ικανότητα πτήσης, την όραση, την ανατομία των ποδιών και του ράμφους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές κατανόησαν τις έννοιες της δομής και λειτουργίας των χαρακτηριστικών και τις συνέδεσαν με την επιβίωση των οργανισμών που μελετήθηκαν. Ωστόσο, εντοπίστηκε δυσκολία στην σύνδεση της προσαρμογής με διάφορες προκλήσεις του περιβάλλοντός τους (Gata κ.ά., 2023).

Οι παραπάνω έρευνες συνέβαλλαν στην ανάδειξη των Μουσείων Φυσικής Ιστορίας ως χώρων εκπαίδευσης, ενώ παράλληλα ανέδειξαν τη χρησιμότητα των εκπαιδευτικών προγραμμάτων και τη συμβολή τους στην εννοιολογική αλλαγή και την κατανόηση εξελικτικών εννοιών. Ωστόσο, οι έρευνες που εστιάζουν καθαρά σε μαθητικούς πληθυσμούς και μελετούν αλλαγές στο συλλογισμό των μαθητών είναι λιγοστές (Falchetti, 2012; Tenenbaum κ.ά., 2015) ενώ στην Ελλάδα δεν έχουν πραγματοποιηθεί παρόμοιες έρευνες. Στο κενό αυτό της βιβλιογραφίας φιλοδοξεί να συμβάλει η παρούσα εργασία, εστιάζοντας στην εννοιολογική μάθηση των μαθητών,

τη μάθηση δηλαδή μέσα από συσχετίσεις και γενικεύσεις, που πραγματοποιείται στο χώρο του Μουσείου ως αποτέλεσμα της συμμετοχής σε εκπαιδευτικό πρόγραμμα με θέμα τις προσαρμογές των ζώων.

3.2. Διατύπωση Στόχου και Ερευνητικών Υποθέσεων

Η κατανόηση της εξέλιξης αποτελεί βασικό στοιχείο του επιστημονικού γραμματισμού καθώς συναντάται σε πληθώρα ερευνών και επιστημονικών ανακαλύψεων που επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή (National Academy of the Sciences, 2008; Sá-Pinto κ.ά., 2022). Παρόλα αυτά, στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και στα σχολικά εγχειρίδια η έννοια της εξέλιξης προσεγγίζεται στην τελευταία τάξη του Γυμνασίου, με πολλές ανεπάρκειες, ενώ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση η έννοια της εξέλιξης δεν αναφέρεται καθόλου. Στα εγχειρίδια των τελευταίων τάξεων του δημοτικού γίνεται αναφορά στις προσαρμογές των οργανισμών χωρίς να δοθεί ορισμός της έννοιας της προσαρμογής και χωρίς καμία σύνδεση με το πλαίσιο της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής. Αυτές οι παραλείψεις οδηγούν στη δημιουργία εναλλακτικών ιδεών καθώς οι μαθητές δεν διαχωρίζουν την εξελικτική προσαρμογή από την έννοια της προσαρμογής που χρησιμοποιείται στον καθημερινό λόγο (Prinou κ.ά., 2011). Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο της μουσειακής εκπαίδευσης συμφωνούν ότι οι εκπαιδευτικές επισκέψεις σε Μουσεία Φυσικής Ιστορίας μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικείωση των μαθητών με τις βασικές έννοιες της εξέλιξης (Evans κ.ά., 2010; Falchetti, 2012; Spiegel κ.ά., 2012; Tenenbaum κ.ά., 2015).

Με δεδομένες τις ανεπάρκειες τόσο των σχολικών εγχειριδίων όσο και των εκπαιδευτικών σε θέματα εξελικτικής βιολογίας (Prinou κ.ά., 2011) και με βάση τις έρευνες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, κρίνεται αναγκαίο να ερευνηθεί περεταίρω και στη χώρα μας η επίδραση της συμμετοχής των μαθητών σε ένα μουσειοπαιδαγωγικό πρόγραμμα, στην εννοιολογική τους σκέψη. Υπό το πρίσμα αυτό, επιχειρήθηκε ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση ενός προγράμματος στο Ζωολογικό Μουσείο του Πανεπιστημίου Αθηνών με θέμα την προσαρμογή των ζώων. Στόχος του προγράμματος ήταν οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με τις έννοιες της ποικιλότητας, της κληρονομικότητας, της επιλογής και του χρόνου, οι οποίες

αποτελούν βασικές έννοιες της εξέλιξης και ταυτόχρονα παρέχουν στους μαθητές ένα εννοιολογικό πλαίσιο (VIST framework) για να μπορέσουν να γενικεύσουν τις έννοιες αυτές σε όλους τους οργανισμούς και να κατανοήσουν την έννοια της προσαρμογής μέσω φυσικής επιλογής.

Έτσι, μετά τη συμμετοχή στο πρόγραμμα αναμένουμε οι μαθητές να αυξήσουν τη χρήση επιστημονικών στοιχείων στους συλλογισμούς τους (Υπόθεση 1). Επιπλέον, αναμένουμε οι μαθητές να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν μεικτές συλλογιστικές στις επιχειρηματολογίες τους ακόμη και μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα (Υπόθεση 2).

Β' ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1. Ερευνητική Στρατηγική

Προκειμένου να διερευνηθούν οι παραπάνω υποθέσεις, πραγματοποιήθηκε έρευνα αξιολόγησης. Σύμφωνα με τον Babbie (2013) η έρευνα αξιολόγησης αναφέρεται περισσότερο στον σκοπό της έρευνας παρά στην ερευνητική στρατηγική που πρόκειται να ακολουθηθεί. Το ερώτημα που διατυπώνεται σε μελέτες τέτοιου είδους είναι εάν έχει πετύχει τους στόχους της η υπό μελέτη παρέμβαση. Συνήθως το ερευνητικό σχέδιο περιλαμβάνει δύο ομάδες, μια πειραματική ομάδα, η οποία εκτίθεται στην παρέμβαση και μια ομάδα ελέγχου η οποία δεν εκτίθεται (Bryman, 2012b). Επιπλέον, ο σχεδιασμός περιλαμβάνει και τη χορήγηση ερωτηματολογίων πριν και μετά την παρέμβαση (pre- και post- tests) (Babbie, 2013).

Στην παρούσα έρευνα δεν ήταν εφικτή η αξιοποίηση ομάδας ελέγχου αλλά ούτε και ο τυχαίος καταμερισμός των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα που σχηματίστηκε. Για το λόγο αυτό η μελέτη αυτή προσλαμβάνει χαρακτήρα οιονεί πειράματος. Τα οιονεί πειράματα διαθέτουν στοιχεία του κλασικού πειραματικού σχεδιασμού, ωστόσο διαφέρουν στο γεγονός ότι δεν πληρούν όλα τα κριτήρια

εσωτερικής εγκυρότητας και αυτό γιατί παρά την ύπαρξη πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου, δεν πραγματοποιείται τυχαία επιλογή των συμμετεχόντων. Επομένως, η ερευνητική στρατηγική για την παρούσα μελέτη θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και προ-πειραματική (pre-experimental) καθώς ο σχεδιασμός βασίζεται στην αξιολόγηση – πριν και μετά – μίας πειραματικής ομάδας (one-group pretest – posttest) (Campbell & Stanley, 2011)

4.2. Περιγραφή Δείγματος

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν συνολικά 24 μαθητές (11 αγόρια και 13 κορίτσια) που φοιτούσαν στην ΣΤ΄ Δημοτικού κατά την εφαρμογή του προγράμματος. Το δείγμα αυτό προήλθε από το περιβάλλον στο οποίο είχε εύκολη πρόσβαση η ερευνήτρια, η οποία είχε εργαστεί στο παρελθόν στο συγκεκριμένο δημοτικό σχολείο. Πρόκειται επομένως για δειγματοληψία ευκολίας (convenience sampling), δηλαδή το δείγμα επιλέχθηκε χωρίς πιθανότητα πράγμα που καθιστά ανέφικτη τη γενίκευση των συμπερασμάτων στο γενικό πληθυσμό καθώς δεν έχει εξασφαλιστεί αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος (Bryman, 2012a).

4.3. Εργαλείο Συλλογής Δεδομένων

Για την αξιολόγηση των ιδεών των μαθητών πριν τη συμμετοχή στο πρόγραμμα, σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο (pre-test) ανοιχτών ερωτήσεων. Το ερωτηματολόγιο αυτό συμπληρώθηκε πριν το πρόγραμμα στο Μουσείο και περιλάμβανε δύο ανοιχτές ερωτήσεις. Η πρώτη αφορούσε δύο είδη λεοπάρδαλης προσαρμοσμένων σε διαφορετικό περιβάλλον, και οι μαθητές καλούνταν να εξηγήσουν που οφείλονται κάποιες από τις διαφορές στη φυσιολογία των δυο ζώων. Η δεύτερη ερώτηση αφορούσε το παράδειγμα των σπίνων του Δαρβίνου, προσαρμοσμένο στην ηλικία των μαθητών. Οι μαθητές καλούνταν να εξηγήσουν την αλλαγή στα ράμφη των σπίνων μετά την ξηρασία που έπληξε το νησί στο οποίο ζούσαν και την καταστροφή μέρους των φυτών που αποτελούσαν την τροφή τους. (Παράρτημα Ι). Τα ζώα που επιλέχθηκαν (λεοπάρδαλη, σπίνος) είναι είδη που

βρίσκονται στο Μουσείο και περιλαμβάνονται στις συλλογές που επρόκειτο να παρατηρήσουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια του προγράμματος.

Το δεύτερο ερωτηματολόγιο (post – test) που σχεδιάστηκε, βασίστηκε στο πρώτο και στις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές σε αυτό (Παράρτημα Ι). Περιλάμβανε τα ίδια σενάρια, ωστόσο είχαν χαρακτήρα κλειστού αλλά και ανοιχτού τύπου καθώς δίνονταν επιλογές στις οποίες περιλαμβανόταν η σωστή απάντηση και στη συνέχεια ζητούνταν από τους μαθητές να αιτιολογήσουν την απάντησή τους εξηγώντας την σκέψη τους. Η επιλογή αυτού του τύπου ερωτήσεων προτιμήθηκε για λόγους συντομίας αλλά και για λόγους περιορισμού της αντιγραφής των απαντήσεων πολλαπλής επιλογής από διπλανούς μαθητές. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε αμέσως μετά την επίσκεψη, στο Μουσείο για να εξασφαλιστεί ότι θα συμπληρωθεί από όλους τους μαθητές οι οποίοι συμμετείχαν.

4.4. Διεξαγωγή της έρευνας

Η μελέτη ξεκίνησε με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου (pre-test) πριν την επίσκεψη στο Μουσείο. Για το σκοπό αυτό η ερευνήτρια επισκέφθηκε το σχολείο των μαθητών δύο ημέρες πριν την πραγματοποίηση της επίσκεψης προκειμένου να συμπληρωθούν τα ερωτηματολόγια από τους μαθητές. Μόνο η ερευνήτρια ήταν παρούσα στο τμήμα των μαθητών κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Επιστημάνθηκε στους μαθητές ότι το ερωτηματολόγιο σχετίζεται με την επίσκεψη που θα πραγματοποιηθεί, ότι δεν αποτελεί κάποιου είδους αξιολόγηση σε κάποιο μάθημα και ότι θα τηρηθεί η ανωνυμία τους. Χρειάστηκαν συνολικά 40 λεπτά για να εξηγηθούν οι ερωτήσεις στους μαθητές και για να συμπληρωθεί το ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια η ερευνήτρια αναφέρθηκε στο Μουσείο που πρόκειται να επισκεφθούν και συγκεκριμένα στο πρόγραμμα που θα παρακολουθήσουν και στον τρόπο εργασίας τους στο Μουσείο.

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος οι μαθητές συμπλήρωσαν το δεύτερο ερωτηματολόγιο (post-test), στο χώρο του Μουσείου. Συνολικά χρειάστηκαν 20 λεπτά για τη συμπλήρωσή του. Κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης στο χώρο

βρίσκονταν και ο εκπαιδευτικός των μαθητών, χωρίς να συμμετέχει στη διαδικασία και να βοηθά τους μαθητές.

4.4.1. Το πρόγραμμα στο Μουσείο

Ένας από τους στόχους του προγράμματος που σχεδιάστηκε ήταν οι μαθητές να προβληματιστούν, να διερευνήσουν και να εξάγουν συμπεράσματα μέσα από την παρατήρηση και τη συλλογή πληροφοριών για τα εκθέματα. Όσον αφορά το γνωστικό κομμάτι στόχος ήταν οι μαθητές να γνωρίσουν την έννοια της προσαρμογής μέσα από τους πυλώνες στους οποίους θεμελιώνεται η θεωρία της εξέλιξης. Πιο αναλυτικά, να συμπεράνουν πρώτον ότι υπάρχει ποικιλομορφία με πολλούς τρόπους (συχνά ανεπαίσθητους), δεύτερον ότι η ποικιλία αυτή είναι κληρονομήσιμη (οι απόγονοι μοιάζουν στους γονείς), τρίτον ότι υπάρχει επιλογή καθώς η επιβίωση ευνοεί τα άτομα που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στο περιβάλλον τους και τέταρτον ότι σε γενικές γραμμές οι αλλαγές σε έναν πληθυσμό (εξέλιξη) γίνονται αντιληπτές σε βάθος πολλών διαδοχικών γενεών.

Οι μαθητές ήρθαν σε μια πρώτη επαφή με τις παραπάνω έννοιες κατά τη διάρκεια του προγράμματος, ωστόσο τα ερωτηματολόγια που σχεδιάστηκαν ήταν εστιασμένα στην αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να συνδέσουν τα χαρακτηριστικά των οργανισμών με το περιβάλλον τους αλλά και την αναγνώριση της λειτουργίας των χαρακτηριστικών αυτών στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Επιπλέον, αξιολογήθηκε και η κατανόηση της διαφορικής επιβίωσης των οργανισμών που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τους και τις περιβαλλοντικές πιέσεις που μπορεί να υφίστανται. Επιλέχθηκε η αξιολόγηση των συγκεκριμένων πτυχών της προσαρμογής προκειμένου το πρόγραμμα να είναι εύληπτο από μαθητές της τελευταίας τάξης του δημοτικού, δεδομένου ότι δεν έχουν έρθει ακόμη σε επαφή με τις έννοιες αυτές στο σχολικό πλαίσιο.

Η διεξαγωγή του προγράμματος πραγματοποιήθηκε στις αρχές Νοεμβρίου 2024 στο Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και είχε διάρκεια δύο ώρες. Για τις ανάγκες του προγράμματος κατασκευάστηκαν από την ερευνήτρια κώδικες ταχείας

απόκρισης (QR Codes) με πληροφορίες για τις προθήκες των αιλουροειδών και των πτηνών καθώς και του πολικού και ερημικού διοράματος. Σε κάποια QR Codes, εκτός από πληροφορίες σε μορφή κειμένου, συμπεριλήφθηκαν και βίντεο μικρής διάρκειας, (Παράρτημα ΙΙΙ). Επιπλέον κατασκευάστηκαν φύλλα εργασίας προκειμένου να καταγράφουν οι μαθητές τις σημειώσεις τους (Παράρτημα ΙΙ).

Οι μαθητές πριν την είσοδό τους στο Μουσείο χωρίστηκαν τέσσερις ομάδες των έξι ατόμων. Η κάθε ομάδα ξεκίνησε την εξερεύνηση από διαφορετική προθήκη στο Μουσείο. Οι ομάδες ακολούθησαν διαφορετικές διαδρομές στις προθήκες που μελέτησαν. Σε κάθε ομάδα δόθηκε από ένα φύλλο εργασίας πάνω σε πίνακα σημειώσεων για να μπορούν να σημειώνουν και ένα τάμπλετ ή κινητό για να σκανάρουν τα QR codes. Στις προθήκες των αιλουροειδών οι μαθητές κλήθηκαν να εντοπίσουν τα αιλουροειδή που αναφέρονταν στο φύλλο εργασίας και να καταγράψουν διάφορες προσαρμογές τους, με βάση τις παρατηρήσεις τους αλλά και τις πληροφορίες των QR codes. Στις προθήκες των πουλιών οι μαθητές κλήθηκαν να εντοπίσουν τα πουλιά που καταγράφονταν στο φύλλο εργασίας τους και να καταγράψουν το σχήμα του ράμφους τους και την τροφή τους. Επειδή η συλλογή των πουλιών είναι από τις μεγαλύτερες στο Μουσείο, οι μαθητές περιορίστηκαν στις προθήκες με τα πουλιά της Ελλάδας. Στο ερημικό και πολιτικό διόραμα οι μαθητές κλήθηκαν να συλλέξουν πληροφορίες και να καταγράψουν τις προσαρμογές που έχουν αναπτύξει οι οργανισμοί που ζουν σε αυτά τα δύο ακραία περιβάλλοντα. Πριν ξεκινήσει η αυτόνομη εργασία των μαθητών, τους εξηγήθηκε ο τρόπος εργασίας τους μέσα στο Μουσείο ενώ παράλληλα συζητήθηκε ο ορισμός της προσαρμογής των ζώων και τι σημαίνει επιβίωση ενός οργανισμού στο περιβάλλον του.

Κατά την αυτόνομη εργασία των μαθητών ρόλος της ερευνήτριας ήταν να καθοδηγεί τους μαθητές και να διευκολύνει τη διαδικασία. Παρόντες ήταν και δύο εκπαιδευτικοί συνοδοί των μαθητών οι οποίοι βρίσκονταν κοντά στις ομάδες των μαθητών και διευκόλυναν το συντονισμό τους. Όταν οι ομάδες ολοκλήρωσαν τη μελέτη συζητήθηκαν με την ερευνήτρια τα ευρήματά τους. Ακολούθησε ο διαμοιρασμός και η συμπλήρωση του post – test, που διήρκεσε περίπου δέκα λεπτά. Κατά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου οι εκπαιδευτικοί συνοδοί ήταν παρόντες αλλά δεν συμμετείχαν στη διαδικασία.

4.4.2. Εργαλείο Κωδικοποίησης

Για την η ανάλυση του περιεχομένου των ερωτηματολογίων οι απαντήσεις των μαθητών αρχικά καταγράφηκαν σε excel και στη συνέχεια κωδικοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες με βάση το είδος του συλλογισμού που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές. Οι κατηγορίες των συλλογισμών που αναδείχθηκαν ήταν δύο: συλλογισμός με επιστημονικά στοιχεία και διαισθητικός συλλογισμός. Στη συνέχεια για κάθε κατηγορία αναδείχθηκαν θέματα με βάση τις λέξεις και εκφράσεις που είχαν χρησιμοποιήσει οι μαθητές για να απαντήσουν. Επιπλέον, σε όλα τα θέματα δόθηκε ένας λειτουργικός ορισμός καθώς και ένα παράδειγμα από τις απαντήσεις των μαθητών που ανταποκρίνεται στο θέμα αυτό.

Συλλογισμός με επιστημονικά στοιχεία

Στην κατηγορία του συλλογισμού με επιστημονικά στοιχεία εντάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών που περιλάμβαναν στοιχεία που φανερώνουν μερική κατανόηση της προσαρμογής των οργανισμών στο περιβάλλον τους. Ένα από τα θέματα της κατηγορίας αυτής είναι η *επιλογή*. Στο θέμα αυτό εντάχθηκαν οι απαντήσεις που φάνε-ρωναν κατανόηση της ιδέας ότι κάποιες προσαρμογές οδηγούν σε επιβίωση και ανα-παραγωγική επιτυχία με την πάροδο του χρόνου.

Οι απαντήσεις που εστίαζαν στην παράθεση φυσιολογικών χαρακτηριστικών και εξη-γούσαν το ρόλο των χαρακτηριστικών αυτών στην επιβίωση των οργανισμών εντά-χθηκαν στο θέμα της *λειτουργίας χαρακτηριστικών*. Με άλλα λόγια, οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτό το θέμα συσχετίζαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της φυσιολογίας του οργανισμού με τη λειτουργία τους και τη συμβολή τους στην επιβίωση του ζώου.

Επιπλέον, από τις απαντήσεις των μαθητών αναδύθηκαν και τα θέματα της *περιβαλ-λοντικής αλληλεπίδρασης* και *περιβαλλοντικής πίεσης*. Στο πρώτο εντάχθηκαν οι απα-ντήσεις που περιέγραφαν πως οι οργανισμοί, με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που διαθέτουν, αλληλεπιδρούν και επηρεάζονται από το περιβάλλον στο οποίο ζουν. Από την άλλη, το θέμα της περιβαλλοντικής πίεσης σχετίζεται με εξωτερικούς παρά-γοντες που ανέφεραν οι μαθητές όπως για παράδειγμα οι κλιματικές αλλαγές που ο-δηγούν σε εξελικτικές αλλαγές των ζώων.

Τέλος, υπήρχαν απαντήσεις οι οποίες ανέφεραν μόνο το αποτέλεσμα της επιβίωσης (επιβίωση ή θάνατος) εξαιτίας ενός περιβαλλοντικού παράγοντα, όπως η διαθεσιμότητα τροφής, χωρίς καμία λεπτομερή εξήγηση των υποκείμενων προσαρμοστικών χαρακτηριστικών, της φυσικής επιλογής ή των περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων. Οι απαντήσεις αυτές, που ήταν ουσιαστικά ελλιπείς ως προς την εξήγηση που έδιναν εντάχθηκαν στο θέμα *αποτέλεσμα επιβίωσης*.

Πίνακας 1: Θέματα συλλογισμού με επιστημονικά στοιχεία

Θέμα	Ορισμός	Παράδειγμα
Επιλογή	Αναφορά σε προσαρμοστικά χαρακτηριστικά που οδηγούν στην διαφορική επιβίωση των οργανισμών.	«Μετά την ξηρασία οι σπίνι με μεγάλα ράμφη είχαν πλεονέκτημα στο περιβάλλον του νησιού καθώς μπορούσαν να τραφούν με τους μεγάλους σπόρους που απέμειναν»
Λειτουργία χαρακτηριστικών	Αναφορά στη λειτουργία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, της φυσιολογίας του οργανισμού, που συμβάλλουν στην επιβίωσή του	«Το χρώμα την βοηθά να καμουφλάρεται στην φύση, η ουρά την βοηθά στο σκαρφάλωμα και η γούνα την προστατεύει από το κρύο»
Περιβαλλοντική αλληλεπίδραση	Αναφορά στην αλληλεπίδραση του οργανισμού με το περιβάλλον του μέσω συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του.	«Όταν εξαφανίστηκαν οι μικροί σπόροι, οι σπίνι με μικρά ράμφη άρχισαν να εξαφανίζονται διότι δεν μπορούσαν να καταναλώσουν το νέο μεγάλο σπόρο (...)»
Περιβαλλοντική πίεση	Αναφορά σε περιβαλλοντικές πιέσεις ως αιτία της αλλαγής στη φυσιολογία του οργανισμού.	«Επειδή εξαιτίας της ξηρασίας δεν υπήρχαν μικροί σπόροι, οι σπίνι με μικρό ράμφος δεν είχαν αρκετά μεγάλο ράμφος για να φάνε τους μεγάλους σπόρους οπότε πέθαναν. Έτσι έμειναν οι σπίνι με μεγάλο ράμφος.»

Αποτέλεσμα επιβίωσης	Αναφορά στην επιβίωση ή το θάνατο ενός οργανισμού εξαιτίας ενός περιβαλλοντικού παράγοντα.	«(Οι σπίνοι) Δεν είχαν τροφή και πέθαναν»
-----------------------------	--	---

Διαισθητική συλλογιστική

Στην κατηγορία της διαισθητικής συλλογιστικής εντάχθηκαν οι απαντήσεις που δεν αξιοποιούσαν επιστημονικά στοιχεία. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν αρχικά οι τελεολογικές εξηγήσεις που αναφέρονταν σε *ανάγκη* προσαρμογής του οργανισμού για να επιβιώσει. Οι απαντήσεις που σχετίζονταν με ανάγκη για προσαρμογή διαχωρίστηκαν από εκείνες που ανέφεραν *σκοπιμότητα* με την έννοια της συνειδητής προσπάθειας για αλλαγή των χαρακτηριστικών προκειμένου να επιβιώσουν στο περιβάλλον τους και εντάχθηκαν στα αντίστοιχα θέματα.

Εκτός από την ανάγκη για αλλαγή και τη συνειδητή προσπάθεια για αλλαγή, σε κάποιες περιπτώσεις η αλλαγή έγινε αντιληπτή ως *φυσιολογική ανάπτυξη* στο σώμα του οργανισμού, χωρίς αναφορά σε σκοπό ή συνειδητή προσπάθεια.

Στο θέμα της *στατικής προσαρμογής* εντάχθηκαν οι απαντήσεις που μαρτυρούσαν μια στατική αντίληψη της προσαρμογής η οποία αποδίδεται στο περιβάλλον στο οποίο ζει, χωρίς αναφορά σε περιβαλλοντική αλλαγή ή άλλη εξελικτική διαδικασία. Η στατική προσαρμογή αποδίδεται επίσης σε απαντήσεις που μπορεί να αναφέρονται στα χαρακτηριστικά του οργανισμού υπονοώντας ότι υπάρχουν γιατί ήταν πάντα έτσι χωρίς βαθύτερη κατανόηση του γιατί ή του πώς αποκτήθηκαν.

Τέλος, υπήρχαν απαντήσεις που αφορούσαν απλή απαρίθμηση προσαρμογών χωρίς επιπλέον επεξήγηση. Οι απαντήσεις αυτές εντάχθηκαν στο θέμα της *απαρίθμησης προσαρμογών*.

Πίνακας 2: Θέματα διαισθητικού συλλογισμού

Θέμα	Ορισμός	Παράδειγμα
Σκοπιμότητα	Αναφορά σε αλλαγή ενός χαρακτηριστικού με την έννοια της συνειδητής προσπάθειας από τον οργανισμό.	«...η γούνα της λεοπάρδαλης του χιονιού άλλαξε χρώμα και έγινε πιο πυκνή»

Ανάγκη	Αναφορά σε αλλαγή της φυσιολογίας του οργανισμού προκειμένου να εξυπηρετηθεί κάποιος σκοπός που σχετίζεται με την επιβίωσή του.	«Οι σπίντοι μεγάλωσαν το ράμφος τους για να μπορούν να φάνε τους μεγάλους σπόρους»
Στατική προσαρμογή	Αναφορά στο περιβάλλον του οργανισμού ως εξήγηση των χαρακτηριστικών της φυσιολογίας του	«Επειδή ζουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα και η θερμοκρασία είναι διαφορετική...»
Απαρίθμηση προσαρμογών	Απλή αναφορά σε χαρακτηριστικά του οργανισμού, χωρίς επεξήγηση	«Ζουν στα βουνά, έχουν πιο μακριά ουρά, άλλη γούνα και άλλο χρώμα»
Φυσιολογική ανάπτυξη	Αναφορά σε αλλαγή ενός χαρακτηριστικού της φυσιολογίας του οργανισμού λόγω ανάπτυξης.	«Πιστεύω μεγάλωσαν τα ράμφη τους επειδή έφαγαν πολύ φαγητό»

Καθένα από τα δύο μοτίβα συλλογισμού αποτελούνταν από ξεχωριστά θέματα, με τον αριθμό των θεμάτων να διαφέρει ανά μοτίβο. Η απάντηση κάθε μαθητή σε μια ερώτηση για καθέναν από τους δύο οργανισμούς μπορεί να αναφέρεται σε ένα θέμα από ένα ή περισσότερα από τα δύο συλλογιστικά μοτίβα. Για κάθε απάντηση, κάθε θέμα κωδικοποιήθηκε είτε ως παρόν (1) είτε ως απόν (0). Επιπλέον, σε κάθε απάντηση ήταν πιθανό να υπάρχουν περισσότερα του ενός θέματα.

4.5. Ηθική της Έρευνας

Συχνά η κοινωνική έρευνα αποτελεί «εισβολή» στην προσωπική ζωή του ατόμου, καθώς ζητείται από τους συμμετέχοντες να αποκαλύψουν προσωπικές τους πληροφορίες. Σε κάθε έρευνα λοιπόν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κανόνες ηθικής και δεοντολογίας που θα πρέπει να τηρηθούν από τον ερευνητή (Babbie, 2013, σ. 32). Στην παρούσα έρευνα εξασφαλίστηκε η εθελοντική συμμετοχή των μαθητών, οι οποίοι αφού ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας και την ταυτότητα της ερευνήτριας, έδωσαν γραπτώς τη συγκατάθεσή τους προκειμένου να συμμετέχουν. Ο

εκπαιδευτικός του τμήματος που συνόδευε και τους μαθητές στην επίσκεψη στο Μουσείο ήταν επίσης ενήμερος για το πρόγραμμα και τη διαδικασία της έρευνας. Επιπλέον, η έρευνα βασίστηκε στις αρχές της διασφάλισης της ανωνυμίας και της εχεμύθειας των προσωπικών δεδομένων των συμμετεχόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Συλλογισμοί μαθητών πριν την επίσκεψη

Πριν την επίσκεψη στο Μουσείο και αφού οι μαθητές είχαν συμπληρώσει το πρώτο ερωτηματολόγιο, ρωτήθηκαν αν διαθέτουν πρότερες γνώσεις σχετικά με την προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον τους. Οι μαθητές στο σύνολό τους απάντησαν ότι δεν είχαν προηγούμενη γνώση, ούτε είχαν κάνει σχετικό μάθημα στο σχολείο.

Στην πλειοψηφία τους χρησιμοποίησαν διαισθητικούς συλλογισμούς για να απαντήσουν στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Η χρήση διαισθητικών συλλογισμών που σχετίζονται με τις εναλλακτικές ιδέες που παρουσιάζουν οι μαθητές στο θέμα της προσαρμογής εντοπίστηκαν σε 32 απαντήσεις ενώ 2 μόνο απαντήσεις έκαναν αναφορά σε επιστημονικά στοιχεία σχετικά με την προσαρμογή. Μεικτές συλλογιστικές με επιστημονικά στοιχεία αλλά και διαισθητικούς συλλογισμούς εντοπίστηκαν σε 14 απαντήσεις. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συχνότητες των ειδών συλλογισμού που σημειώθηκαν στο σύνολο των απαντήσεων και οι συχνότητες των ειδών συλλογισμού ανά ερώτηση.

Πίνακας 3: Συχνότητες ειδών συλλογισμού πριν την επίσκεψη

Pre – test

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Σύνολο
Διαισθητικός	13	19	32
Μεικτός	11	3	14
Με επιστημονικά στοιχεία	0	2	2
n/a	0	0	0

Σύνολο	24	24	48
% επί του συνόλου			
Διαισθητικός	54,2%	79,2%	66,7%
Μεικτός	45,8%	12,5%	29,2%
Με επιστημονικά στοιχεία	-	8,3%	4,2%
n/a	-	-	-

Στην πρώτη ερώτηση, στην οποία οι μαθητές κλήθηκαν να εξηγήσουν τις διαφορές δύο ειδών λεοπάρδαλης με βάση το περιβάλλον στο οποίο ζουν, καμία απάντηση δεν εντάχθηκε στο συλλογισμό με επιστημονικά στοιχεία. Μεικτές συλλογιστικές εντοπίστηκαν σε 11 απαντήσεις και η πλειοψηφία των απαντήσεων χρησιμοποιούσαν διαισθητικά στοιχεία. Αντίστοιχα, στην δεύτερη ερώτηση, στο παράδειγμα των σπίνων, 19 μαθητές χρησιμοποίησαν διαισθητικές συλλογιστικές ενώ 3 μαθητές ενέταξαν και επιστημονικά στοιχεία στους διαισθητικούς συλλογισμούς τους. Οι μαθητές που δεν εμφάνιζαν διαισθητικούς συλλογισμούς και απάντησαν χρησιμοποιώντας επιστημονικά στοιχεία ήταν 2. Πιο αναλυτικά, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συχνότητες των θεμάτων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στους συλλογισμούς τους.

Πίνακας 4: Συχνότητες θεμάτων ανά ερώτηση

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Σύνολο
Στατική προσαρμογή	20	5	25
Ανάγκη	12	9	21
Περιβαλλοντική αλληλεπίδραση*	10	2	12
Λειτουργία χαρακτηριστικού*	11	0	11
Σκοπιμότητα	4	5	9
Φυσιολογική ανάπτυξη	0	7	7
Επιλογή*	0	4	4
Απαρίθμηση προσαρμογών	2	0	2
Περιβαλλοντική πίεση*	0	2	2
Αποτέλεσμα επιβίωσης	0	2	2

*Θέματα του συλλογισμού με επιστ. στοιχεία

Όσον αφορά την πρώτη ερώτηση, οι διαισθητικές απαντήσεις στην πλειοψηφία τους αφορούσαν την αντίληψη ότι τα χαρακτηριστικά των δύο ειδών λεοπάρδαλης είναι

συγκεκριμένα και ήταν πάντα έτσι λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο ζουν. Για παράδειγμα αναφέρουν: *«Οφείλεται στο διαφορετικό περιβάλλον. Η γκρι λεοπάρδαλη ζει σε κρύα μέρη ενώ η κλασσική λεοπάρδαλη ζει σε πιο ξηρούς τόπους»*, *«Οφείλεται στο ότι ζουν σε διαφορετικά μέρη με διαφορετική θερμοκρασία»* και *«Πιστεύω ότι οι διαφορές αυτές οφείλονται στο περιβάλλον που βρίσκονται αυτά τα δύο είδη. Η κανονική λεοπάρδαλη βρίσκεται στη σαβάνα και η λεοπάρδαλη του χιονιού σε βραχώδη ορεινά μέρη»*. Οι απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτό το θέμα έκαναν αναφορά σε κάποιον περιβαλλοντικό παράγοντα του βióτοπου του κάθε είδους προκειμένου να εξηγήσουν τις διαφορές τους.

Το επόμενο σε συχνότητα θέμα του διαισθητικού συλλογισμού στην ίδια ερώτηση ήταν η αναφορά στην ανάγκη των ζώων να διαθέτουν αυτά τα χαρακτηριστικά με σκοπό την επιβίωση, με 12 αναφορές στο σύνολο των απαντήσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εξής απάντηση: *«Η λεοπάρδαλη του χιονιού έχει περισσότερη γούνα επειδή τη χρειάζεται στα ορεινά εδάφη στα οποία ζει»*, όπου ο μαθητής αναφέρεται στην ανάγκη για το χαρακτηριστικό της γούνας. Διαφορετικός μαθητής αναφέρει: *«Γιατί ζουν σε διαφορετικό περιβάλλον και είναι διαφορετικοί για να μπορέσουν να επιβιώσουν»*, αποδίδει δηλαδή τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των δυο ειδών λεοπάρδαλης στην ανάγκη τους για επιβίωση στο περιβάλλον στο οποίο ζουν.

Τα αμέσως επόμενα σε συχνότητα θέματα που εντοπίστηκαν στις απαντήσεις με διαισθητικό συλλογισμό είναι η σκοπιμότητα, δηλαδή η εξυπηρέτηση από πρόθεση των οργανισμών κάποιου σκοπού χάρη στα χαρακτηριστικά τους, και η απαρίθμηση προσαρμογών, σε 4 και 2 συλλογισμούς αντίστοιχα. Ενδεικτικά, όσον αφορά τη σκοπιμότητα μαθητές ανέφεραν: *«Επειδή ζει σε διαφορετικό περιβάλλον, η γούνα της λεοπάρδαλης του χιονιού άλλαξε χρώμα και έγινε πιο πυκνή»* και *«Αυτό οφείλεται στο περιβάλλον που ζουν. Στα χιόνια η λεοπάρδαλη αλλάζει το χρώμα της και τη γούνα της για να μπορέσει να ζήσει»*. Οι απαντήσεις αυτές υπονοούν συνειδητή προσπάθεια αλλαγής των χαρακτηριστικών της λεοπάρδαλης με σκοπό την επιβίωση. Τέλος, δύο απαντήσεις αρκέστηκαν σε απαρίθμηση των χαρακτηριστικών των ζώων όπως ήταν γραμμένα στην εκφώνηση της ερώτησης, χωρίς περεταίρω εξήγηση, όπως για παράδειγμα: *«Οι λεοπαρδάλεις του χιονιού έχουν πιο χοντρή γούνα και μακριά ουρά»*.

Όσον αφορά την κατηγορία της μεικτής συλλογιστικής, οι περισσότερες απαντήσεις αναφέρονταν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της λεοπάρδαλης τα οποία έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες και τη βοηθούν να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον στο οποίο ζει για κάποιο σκοπό. Για παράδειγμα μαθητής ανέφερε: *«Πιστεύω ότι είναι διαφορετική επειδή ζει στο χιόνι και έχει πιο πυκνή γούνα ώστε να μπορεί να ζήσει στο κρύο. Επίσης έχουν διαφορετικό χρώμα για να κρύβονται»*. Οι περισσότερες απαντήσεις μικτής συλλογιστικής συσχέτιζαν ορθά κάποιο από τα χαρακτηριστικά του ζώου με τη λειτουργία τους ενώ επίσης αναφέρονταν και στην αλληλεπίδραση του οργανισμού με το περιβάλλον του στην προσπάθεια να εξηγήσουν τις λειτουργίες των χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο, οι απαντήσεις τους συνδύαζαν και διαισθητικά στοιχεία όπως την ανάγκη για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά καθώς και την στατική αντίληψη της προσαρμογής. Διαφορετικός μαθητής αναφέρει: *«Το διαφορετικό χρώμα το χρειάζεται για καμουφλάζ η κάθε μια στο περιβάλλον στο οποίο ζει και την πυκνή γούνα τη χρειάζεται για να αντέχει τη θερμοκρασία αυτή που ζει στα βουνά»*. Όπως και στην προηγούμενη απάντηση έτσι και σε αυτή οι μαθητές παρότι αναφέρονται στα χαρακτηριστικά όπως το χρώμα και τη γούνα και στις λειτουργίες τους στο περιβάλλον του ζώου, οι απαντήσεις τους φανερώνουν μια στατική αντίληψη της προσαρμογής η οποία συμβαίνει για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του ζώου. Διαφαίνεται δηλαδή ότι τα χαρακτηριστικά που αναφέρουν για τη λεοπάρδαλη του χιονιού ήταν πάντα έτσι επειδή ζει σε βιότοπους με χαμηλή θερμοκρασία. Δεν υπάρχει περεταίρω εξήγηση για το πώς αποκτήθηκαν ή σύγκριση με αυτά της κοινής λεοπάρδαλης.

Στην δεύτερη ερώτηση, όπου οι μαθητές κλήθηκαν να εξηγήσουν την αλλαγή στα ράμφη των σπίνων μετά την επίδραση μιας ξηρασίας, τα συχνότερα θέματα διαισθητικού συλλογισμού που εντοπίστηκαν ήταν η ανάγκη, με 9 απαντήσεις στο σύνολο η οποία σε 5 απαντήσεις με το θέμα της σκοπιμότητας. Ενδεικτικά οι μαθητές ανέφεραν: *«Τα ράμφη των σπίνων εξελίχθηκαν σε μεγάλα για να μπορούν να πιάσουν τους μεγάλους σπόρους που είχαν μείνει»* και *«Τα ράμφη τους μεγάλωσαν γιατί έπρεπε να τρώνε μεγαλύτερη τροφή και άρα έπρεπε να αυξήσουν τα ράμφη τους»*. Στις απαντήσεις αυτές οι μαθητές ερμηνεύουν την αλλαγή στο ράμφος στην ανάγκη τους

να τραφούν και υποθέτουν ότι σπίνι ενώ αρχικά είχαν μικρό ράμφος στη συνέχεια το άλλαξαν συνειδητά με σκοπό να τραφούν.

Το δεύτερο σε συχνότητα θέμα που αναδύθηκε στους διαισθητικούς συλλογισμούς ήταν αυτό της φυσιολογικής ανάπτυξης του ράμφους είτε λόγω τροφής είτε λόγω χρόνου. Δηλαδή οι μαθητές ανέφεραν: *«(...) Με τα χρόνια όσο έτρωγαν τους μεγαλύτερους σπόρους το ράμφος τους μεγάλωσε», «Οι σπίνι μετά την ξηρασία έτρωγαν μόνο μεγάλους σπόρους και έτσι αναπτύσσονταν καλύτερα. Γι' αυτό μεγάλωναν τα ράμφη»* και *«Έφαγαν και μεγάλωσαν, όπως και οι άνθρωποι που περνάνε τα χρόνια και όσο τρώς μεγαλώνεις»*. Παρατηρούμε ότι οι μαθητές εδώ αναφέρουν αλλαγή στη φυσιολογία του ράμφους χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την εξειδίκευση του μικρού ράμφους στο να ανοίγει μικρούς σπόρους και αντίστοιχα του μεγάλου να ανοίγει μεγάλους.

Οι απαντήσεις που ανέφεραν περιβαλλοντικές συνθήκες χωρίς να αναλύουν την απάντησή τους εντάχθηκαν στο θέμα της στατικής προσαρμογής καθώς υποθέτουμε ότι δεν αντιλαμβάνονται τη δυναμική φύση της προσαρμογής δεδομένου ότι δεν αναλύουν την επίδραση του περιβάλλοντος στο χαρακτηριστικό που εξετάζεται. Παραδείγματα τέτοιων απαντήσεων αποτελούν τα εξής: *«Αυτό έγινε γιατί υπήρχε διαφορά καιρού»* και *«Λόγω της ξηρασίας, της θερμοκρασίας»*. Τέλος, το θέμα του αποτελέσματος επιβίωσης αποδόθηκε σε απαντήσεις που αναφέρονταν στην επιβίωση ή όχι του οργανισμού χωρίς να αναλύουν περεταίρω τη σκέψη τους. Για παράδειγμα μαθητής ανέφερε: *«Επειδή η ξηρασία εξαφάνισε τους μικρούς σπίνους»*.

Ο μεικτός συλλογισμός εντοπίστηκε σε τρεις απαντήσεις που αφορούσαν την δεύτερη ερώτηση και το παράδειγμα των σπίνων. Οι μαθητές που χρησιμοποίησαν μεικτό συλλογισμό παρότι δεν ξέφυγαν από την αιτιολόγηση της απάντησής τους με βάση τη χρησιμότητα ή την ανάγκη, κατάφεραν να εντάξουν στις απαντήσεις τους τις έννοιες της επιλογής και της περιβαλλοντικής αλληλεπίδρασης. Για παράδειγμα, μαθητής ανέφερε: *«Εγώ πιστεύω ότι όσα πουλιά δεν τρώγανε, πέθαιναν ενώ όσα έτρωγαν, πολλαπλασιάστηκαν»*. Παρότι δεν γίνεται αναφορά στο ράμφος ως προσαρμογή που αφορά ολόκληρο τον πληθυσμό των σπίνων και στην έννοια της κληρονόμησης του χαρακτηριστικού από τις επόμενες γενιές, η απάντηση υποδεικνύει κατανόηση του βασικού μηχανισμού της φυσικής επιλογής. Γίνεται διαχωρισμός των σπίνων που

επιβίωσαν και αυτών που δεν επιβίωσαν με βάση την ικανότητά τους να βρουν τροφή.

Στον συλλογισμό με επιστημονικά στοιχεία, εντάχθηκαν δύο απαντήσεις οι οποίες αφορούσαν την επίπτωση του περιβάλλοντος στην διαθεσιμότητα της τροφής και κατ' επέκταση στην επιβίωση των σπίνων. Συγκεκριμένα οι μαθητές απάντησαν: «*Το νησί δεν είχε μικρά φυτά μετά την ξηρασία και οι σπίνοι με τα μικρά ράμφη δεν μπορούσαν να φάνε*» και «*Επειδή εξαιτίας της ξηρασίας δεν υπήρχαν μικροί σπόροι, οι σπίνοι με μικρό ράμφος δεν είχαν αρκετά μεγάλο ράμφος για να φάνε τους μεγάλους σπόρους οπότε πέθαναν. Έτσι έμειναν οι σπίνοι με μεγάλο ράμφος.*». Παρατηρούμε ότι οι απαντήσεις αυτές υποδεικνύουν κατανόηση του μηχανισμού της φυσικής επιλογής και συγκεκριμένα την επίπτωση της περιβαλλοντικής πίεσης στην διαφορική επιβίωση ενός είδους. Οι μαθητές στις απαντήσεις αυτές δεν εισήγαγαν λανθασμένες αντιλήψεις όπως τη σκόπιμη αλλαγή στη φυσιολογία ή την ανάγκη για προσαρμογή, επομένως εντάχθηκαν στον συλλογισμό με επιστημονικά στοιχεία.

5.2.Συλλογισμοί μαθητών μετά την επίσκεψη

Μετά την επίσκεψη στο Μουσείο και τη συμμετοχή των μαθητών στο πρόγραμμα που σχεδιάστηκε, συμπληρώθηκε το δεύτερο ερωτηματολόγιο από τους μαθητές. Το ερωτηματολόγιο αυτό διέθετε τα ίδια σενάρια με το προηγούμενο, ωστόσο περιλάμβανε τρεις επιλογές από τις οποίες οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν τη σωστή και στη συνέχεια να εξηγήσουν την απάντησή τους.

Στην πρώτη ερώτηση που αφορούσε τις διαφορές των δύο ειδών λεοπάρδαλης η πλειοψηφία των μαθητών επέλεξε τη σωστή απάντηση η οποία ήταν η επιλογή Α, σύμφωνα με την οποία τα χαρακτηριστικά που διαθέτουν οι λεοπαρδάλεις του χιονιού τους δίνουν πλεονέκτημα επιβίωσης στο ορεινό και βραχώδες περιβάλλον στο οποίο ζουν. Την επιλογή Γ έδωσαν 7 μαθητές, υποστηρίζοντας ότι οι λεοπαρδάλεις

χρειάζονται τα χαρακτηριστικά αυτά για να επιβιώσουν στο περιβάλλον τους και 1 μαθητής επέλεξε το Β, υποστηρίζοντας ότι οι λεοπαρδάλεις του χιονιού επέλεξαν να αλλάξουν το χρώμα, την ουρά και την γούνα τους για να επιβιώσουν στο βραχώδες περιβάλλον στο οποίο ζουν.

Αντίστοιχα στην δεύτερη ερώτηση, στο παράδειγμα των σπίνων, 21 μαθητές έδωσαν τη σωστή επιλογή, το Γ. Συγκεκριμένα, υποστήριξαν ότι μετά την ξηρασία οι σπίνι με μεγάλα ράμφη είχαν πλεονέκτημα στο περιβάλλον του νησιού καθώς μπορούσαν να τραφούν με τους μεγάλους σπόρους που απέμεναν. Την επιλογή Β έδωσαν 2 μαθητές, υποστηρίζοντας ότι οι σπίνι με μικρό ράμφος έφαγαν τους μικρούς σπόρους και το ράμφος τους μεγάλωσε. Κανένας μαθητής δεν έδωσε την επιλογή Α, ότι δηλαδή οι σπίνι αναγκάστηκαν να μεγαλώσουν τα ράμφη τους για να τραφούν με τους μεγάλους σπόρους που ήταν διαθέσιμοι στο νησί. Ένας μαθητής δεν έδωσε καμία απάντηση στη δεύτερη ερώτηση.

Συμπερασματικά, στην πρώτη ερώτηση η εναλλακτική ιδέα που κυριάρχησε μεταξύ των μαθητών που έδωσαν λανθασμένη απάντηση ήταν αυτή της ανάγκης για επιβίωση μέσω των χαρακτηριστικών που διαθέτει ο οργανισμός. Από την άλλη, στην δεύτερη ερώτηση οι δύο μαθητές που έδωσαν λάθος απάντηση υποστήριξαν την εναλλακτική ιδέα της φυσιολογικής ανάπτυξης, δηλαδή της ανάπτυξης του ράμφους των σπίνων χάρη στην πρόσληψη τροφής. Κανένας μαθητής δεν υποστήριξε την εναλλακτική ιδέα της Α επιλογής, η οποία ήταν η σκοπιμότητα, η συνειδητή δηλαδή επιλογή των σπίνων να μεγαλώσουν τα ράμφη τους. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά οι συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών για κάθε ερώτηση.

Πίνακας 5: Απαντήσεις μαθητών στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2
α	15	0
β	1	2
γ	7	21
-	0	1
Σύνολο	23	24
α	65,2%	-
β	4,3%	8,3%
γ	30,4%	87,5%
-	-	4,2%

Συνολικά, στην πρώτη ερώτηση η πλειοψηφία των μαθητών επιδόθηκε σε μεικτές συλλογιστικές. Οι διαισθητικές συλλογιστικές εντοπίστηκαν σε 9 απαντήσεις ενώ 3 μαθητές απάντησαν χρησιμοποιώντας επιστημονικά στοιχεία. Στην δεύτερη ερώτηση 11 μαθητές χρησιμοποίησαν διαισθητικούς συλλογισμούς, 4 μαθητές χρησιμοποίησαν μεικτούς και 8 μαθητές απάντησαν χρησιμοποιώντας επιστημονικά στοιχεία. Ένας μαθητής δεν απάντησε στην δεύτερη ερώτηση.

Πίνακας 7: Συχνότητες ειδών συλλογισμού μετά την επίσκεψη

Post – test

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Σύνολο
Διαισθητικός	9	11	20
Μεικτός	12	4	16
Με επιστημονικά στοιχεία	3	8	11
δ/α	0	1	1
Σύνολο	24	24	48

Διαισθητικός	37,5%	45,8%	41,7%
Μεικτός	50,0%	16,7%	33,3%
Με επιστημονικά στοιχεία	12,5%	33,3%	22,9%
δ/α	-	4,2%	2,1%

Στο δεύτερο σκέλος του ερωτηματολογίου οι μαθητές κλήθηκαν να εξηγήσουν περαιτέρω τις απαντήσεις τους. Στο κομμάτι αυτό φάνηκε ότι παρότι κάποιοι μαθητές είχαν επιλέξει τη σωστή απάντηση, χρησιμοποίησαν εναλλακτικές ιδέες για να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους. Στην κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών δόθηκε έμφαση στις εξηγήσεις ανοιχτής απάντησης και για το λόγο αυτό οι απαντήσεις που ήταν σωστές ως προς το σκέλος της πολλαπλής επιλογής αλλά χρησιμοποιούσαν διαισθητικούς συλλογισμούς ως προς το σκέλος της ανοιχτής απάντησης, δεν εντάχθηκαν στην κατηγορία του μεικτού συλλογισμού αλλά σε αυτή του διαισθητικού. Για τον ίδιο λόγο, στον μεικτό συλλογισμό εντάχθηκαν οι μαθητές που στις ανοιχτές απαντήσεις χρησιμοποιούσαν τόσο διαισθητικά όσο και επιστημονικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα, για την πρώτη ερώτηση, 2 εξηγήσεις εντάχθηκαν στην κατηγορία του διαισθητικού συλλογισμού παρότι είχαν δώσει την Α επιλογή στο σκέλος της

πολλαπλής επιλογής. Ο πρώτος μαθητής ανέφερε: *«οι ανάγκες επιβίωσης του ζώου προσάρμοσαν το χρώμα του για να μπορεί να παραμένει "αόρατο" από θηρευτές και θηράματα με το γκρι χρώμα των βράχων, η γούνα το βοηθάει να αντιμετωπίζει το κρύο, τις χαμηλές θερμοκρασίες, η ουρά του είναι μακριά για να του δίνει ισορροπία στο σκαρφάλωμα και στο γρήγορο τρέξιμο»*. Η εξήγηση αυτή υπονοεί συνειδητή αλλαγή των χαρακτηριστικών του ζώου προκειμένου να επιβιώσει στο περιβάλλον του και εντάσσεται στο θέμα της σκοπιμότητας. Ο δεύτερος μαθητής ανέφερε: *«Πιστεύω ότι τα χαρακτηριστικά αυτά τα έχουν οι λεοπαρδάλεις του χιονιού για να επιβιώνουν πιο εύκολα στο συγκεκριμένο περιβάλλον»*. Η απάντηση αυτή εντάχθηκε στο θέμα της στατικής προσαρμογής καθώς ο μαθητής αντιλαμβάνεται τα χαρακτηριστικά αυτά ως σταθερά προκειμένου να εξυπηρετηθεί ο σκοπός της επιβίωσης. Επιπλέον, αρκείται στην επανάληψη της απάντησης που κύκλωσε στο προηγούμενο βήμα, χωρίς να αναφέρεται στη σύνδεση των χαρακτηριστικών αυτών με το περιβάλλον του ζώου.

Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε και στη δεύτερη ερώτηση, σε μεγαλύτερο βαθμό καθώς 9 από τους μαθητές που είχαν δώσει τη σωστή επιλογή Γ, χρησιμοποίησαν διαισθητικούς συλλογισμούς στις εξηγήσεις τους. Συγκεκριμένα, το θέμα που κυριάρχησε στους διαισθητικούς συλλογισμούς ήταν το αποτέλεσμα επιβίωσης. Οι μαθητές δηλαδή ανέφεραν ότι οι σπίνι *«δεν είχαν τροφή και πέθαναν»* ή *«πολλοί από αυτούς τους σπίνους πέθαναν και έμειναν οι σπίνι με τα μεγάλα ράμφη»*. Οι εξηγήσεις ήταν ελλιπείς και περιορίστηκαν στην αναφορά της επιβίωσης ή όχι του οργανισμού, χωρίς να αναλύσουν τη σκέψη τους και χωρίς αναφορά στις περιβαλλοντικές συνθήκες που οδήγησαν στην διαφορική επιβίωση του είδους. Άλλα θέματα που αναδύθηκαν στους διαισθητικούς συλλογισμούς των απαντήσεων των μαθητών αυτών ήταν η ανάγκη και η σκοπιμότητα. Συγκεκριμένα, οι μαθητές ανέφεραν: *«το ράμφος τους μίκρυνε και οι σπίνι με μεγάλα ράμφη εξαφανίστηκαν»* και *«η προσαρμογή αυτή τους βοήθησε να μπορούν να σπάνε τους μεγάλους σπόρους γιατί πλέον δεν υπήρχαν μικροί»*. Οι απαντήσεις αυτές υπονοούν σκοπιμότητα της προσαρμογής και συνειδητή αλλαγή του μεγέθους του ράμφους με σκοπό την πρόσληψη τροφής. Τέλος, ένας μαθητής ανέφερε: *«μάλλον εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής»*, απάντηση που εντάχθηκε στο θέμα της στατικής προσαρμογής καθώς αναφέρεται απλά στις καιρικές συνθήκες χωρίς καμία εξήγηση. Στον παρακάτω

πίνακα παρουσιάζονται τα θέματα των διαισθητικών συλλογισμών που αναδύθηκαν από τις εξηγήσεις των μαθητών οι οποίοι είχαν δώσει τη σωστή επιλογή στις δύο ερωτήσεις αντίστοιχα.

Πίνακας 6: Αρ. σωστών απαντήσεων με διαισθητικό συλλογισμό ανά ερώτηση

	Ερώτηση 1-α	Ερώτηση 2-γ
Διαισθητικός	2	9

Πίνακας 7: Θέματα που εμφανίζονται στις σωστές απαντήσεις με διαισθητικό συλλογισμό ανα ερώτηση

	Ερώτηση 1-α	Ερώτηση 2-γ
Αποτέλεσμα επιβίωσης	0	6
Σκοπιμότητα	1	2
Στατική προσαρμογή	1	1
Ανάγκη	0	1

Όσον αφορά τις μεικτές συλλογιστικές, για την πρώτη ερώτηση, και οι 12 απαντήσεις έλαβαν τους κωδικούς της περιβαλλοντικής αλληλεπίδρασης, της λειτουργίας του χαρακτηριστικού και της ανάγκης. Δηλαδή, οι μαθητές ναι μεν συνέδεσαν σωστά τα χαρακτηριστικά με τις λειτουργίες τους αλλά και με το περιβάλλον στο οποίο ζει η λεοπαρδαλή του χιονιού, δεν ξέφυγαν ωστόσο από την έννοια της ανάγκης των χαρακτηριστικών αυτών για επιβίωση. Ενδεικτικά ανέφεραν: «Οι λεοπαρδάλεις του χιονιού έχουν γκρι χρώμα για να μπορούν να κρύβονται από τους θηρευτές. Έχουν πιο πυκνή γούνα επειδή ζουν σε ορεινό περιβάλλον και πρέπει να προστατεύονται από το κρύο. Τέλος, έχουν πιο μακριά ουρά για να μπορούν να σκαρφαλώνουν δέντρα πιο εύκολα αλλά και για να έχουν ισορροπία όταν κυνηγούν» και «το χρώμα το έχουν για να μπορούν να καμουφλάρουν, την ουρά για να σκαρφαλώνουν και την γούνα για να μην κρυώνουν στα βουνά». Στην κατηγορία της μεικτής συλλογιστικής εντάχθηκαν και απαντήσεις οι οποίες διέθεταν τα προαναφερθέντα θέματα, ωστόσο δεν εξηγούσαν όλα τα χαρακτηριστικά που τους ζητήθηκε στην εκφώνηση. Όπως για παράδειγμα: «για να μην μπορούν να τις δουν, δηλαδή να είναι αόρατα στους εχθρούς ή στα θηράματα».

Οι διαφορές των απαντήσεων της μεικτής συλλογιστικής από αυτών με επιστημονικά στοιχεία ήταν μικρές. Οι απαντήσεις που εντάχθηκαν στην κατηγορία της συλλογιστικής με επιστημονικά στοιχεία είχαν δώσει τη σωστή επιλογή στην ερώτηση και στην εξήγησή τους συνέδεαν το χαρακτηριστικό με τη λειτουργία του καθώς και με το περιβάλλον του οργανισμού, χωρίς να αναφέρουν ανάγκη ή σκοπό. Δηλαδή ανέφεραν: «*Το χρώμα την βοηθά να καμουφλάρεται στην φύση, η ουρά την βοηθά στο σκαρφάλωμα και η γούνα την προστατεύει από το κρύο*». Εξήγησαν δηλαδή τα πλεονεκτήματα που της παρέχει το κάθε χαρακτηριστικό χωρίς να χρησιμοποιούν εκφράσεις που να δηλώνουν σκοπό, σκοπιμότητα ή ανάγκη. Στον πίνακα 8 φαίνονται αναλυτικά οι συχνότητες των θεμάτων που εντοπίστηκαν σε κάθε απάντηση.

Πίνακας 8: Συχνότητες θεμάτων ανά ερώτηση μετά την επίσκεψη

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Σύνολο
Περιβαλλοντική αλληλεπίδραση*	15	8	22
Λειτουργία χαρακτηριστικού*	15	3	18
Ανάγκη	17	1	18
Αποτέλεσμα επιβίωσης	0	9	9
Σκοπιμότητα	4	3	7
Επιλογή*	0	8	7
Περιβαλλοντική πίεση*	0	7	7
Στατική προσαρμογή	1	1	2
Φυσιολογική ανάπτυξη	0	1	1

*Θέματα του συλλογισμού με επιστ. στοιχεία

Στην δεύτερη ερώτηση, μεικτή συλλογιστική εντοπίστηκε σε 4 απαντήσεις όπου οι μαθητές αναγνώρισαν μεν την ξηρασία ως την περιβαλλοντική πίεση που οδήγησε σε αλλαγή μέσω της αλληλεπίδρασης των σπίνων με το περιβάλλον τους, ωστόσο δεν ανέλυσαν την απάντησή τους και περιορίστηκαν στην επανάληψη της απάντησης πολλαπλής επιλογής, όπως: «*η αλλαγή αυτή σχετίζεται μετά την ξηρασία που οι σπίνι είχαν μεγάλα ράμφη και είχαν πλεονέκτημα στο περιβάλλον του νησιού καθώς μπορούσαν να τραφούν με μεγάλους σπόρους*». Διαφορετικός μαθητής κατάφερε μεν να αντιληφθεί την περιβαλλοντική πίεση, αναφέρθηκε ωστόσο στην επιβίωση ή όχι των σπίνων χωρίς περεταίρω ανάλυση: «*Λόγω της ξηρασίας δεν υπήρχαν άλλοι μικροί σπόροι και οι σπίνι με μικρά ράμφη αναγκαστικά πέθαναν*». Ακόμη, άλλος μαθητής αναγνωρίζει μεν την επιλογή εξαιτίας των επιπτώσεων στην τροφή, αναφέρεται

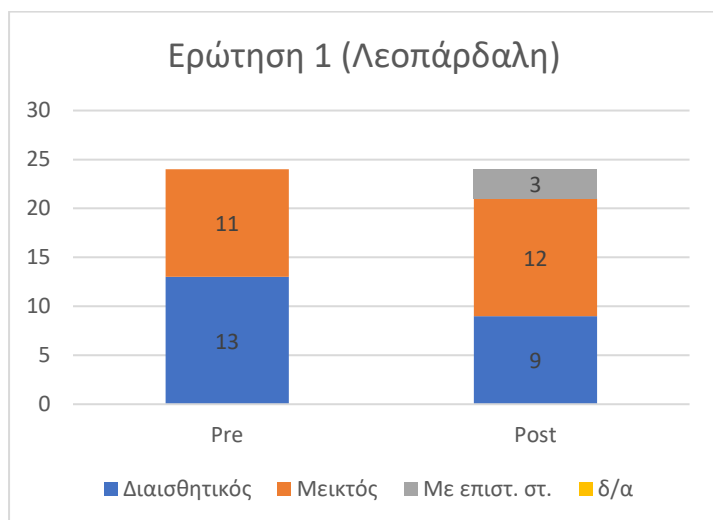
ωστόσο στο αποτέλεσμα της επιβίωσης ή όχι χωρίς να εξηγεί επαρκώς την αλληλεπίδραση των σπίνων με το περιβάλλον τους: *«Όσο υπήρχαν οι μικροί σπίνοι έτρωγαν τους μικρούς σπόρους τώρα που πέθαναν οι μικροί οι μεγάλοι υπήρχαν στο νησί».*

Όσον αφορά τους συλλογισμούς με επιστημονικά στοιχεία, στις 8 απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία κυριάρχησαν τα θέματα της περιβαλλοντικής αλληλεπίδρασης, της περιβαλλοντικής πίεσης, της επιλογής και τέλος της λειτουργίας του χαρακτηριστικού. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν ολοκληρωμένες απαντήσεις και σε όλες τις περιπτώσεις συνδύαζαν περισσότερα του ενός θέματα επιστημονικού συλλογισμού. Για παράδειγμα μαθητής αναφέρει: *«Στο νησί υπήρχαν δυο είδη σπίνων ένα με μεγάλο ράμφος και ένα με μικρό. Για τροφή είχαν φυτά με μεγάλους και μικρούς σπόρους. Μετά την ξηρασία τα φυτά με τους μικρούς σπόρους χάθηκαν και οι σπίνοι με το μικρό ράμφος πέθαναν γιατί δεν είχαν τροφή».* Ο μαθητής αναγνωρίζει την περιβαλλοντική πίεση (ξηρασία) που οδήγησε σε αλλαγές στην τροφή των σπίνων και κατ' επέκταση στον τρόπο αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον, με αποτέλεσμα την επιλογή, δηλαδή την επιβίωση μόνο όσων μπορούσαν να ανταποκριθούν στις νέες συνθήκες.

Τα αντίστοιχα θέματα τα συναντάμε και στις εξής απαντήσεις: *«όσο υπήρχαν φυτά που έκαναν μικρούς σπόρους και οι σπίνοι με μικρά ράμφη και οι σπίνοι με μεγάλα ράμφη μπορούσαν να επιβιώσουν. Μετά την ξηρασία τα φυτά που έκαναν μικρούς σπόρους εξαφανίστηκαν, οπότε εξαφανίστηκαν και οι σπίνοι που είχαν μικρά ράμφη επειδή δεν μπορούσαν να φάνε τους μεγαλύτερους σπόρους. Γι' αυτό οι επιστήμονες βρήκαν περισσότερους σπίνους με μεγάλα ράμφη μετά την ξηρασία»* και *«Όταν εξαφανίστηκαν οι μικροί σπόροι, οι σπίνοι με μικρά ράμφη άρχισαν να εξαφανίζονται διότι δεν μπορούσαν να καταναλώσουν το νέο μεγάλο σπόρο. Οπότε οι σπίνοι με μεγάλα ράμφη είχαν πλεονέκτημα στο περιβάλλον του νησιού και μπορούσαν να φάνε τους μεγάλους σπόρους. Γι' αυτό υπήρχαν πολύ περισσότεροι σπίνοι με μεγάλα ράμφη».* Οι απαντήσεις αυτές συνδυάζουν και το θέμα της λειτουργίας του χαρακτηριστικού καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι οι σπίνοι με μεγάλο ράμφος μπορούν να ανοίξουν τους μεγάλους σπόρους ενώ αυτοί με μικρό μπορούν να ανοίξουν τους μικρούς.

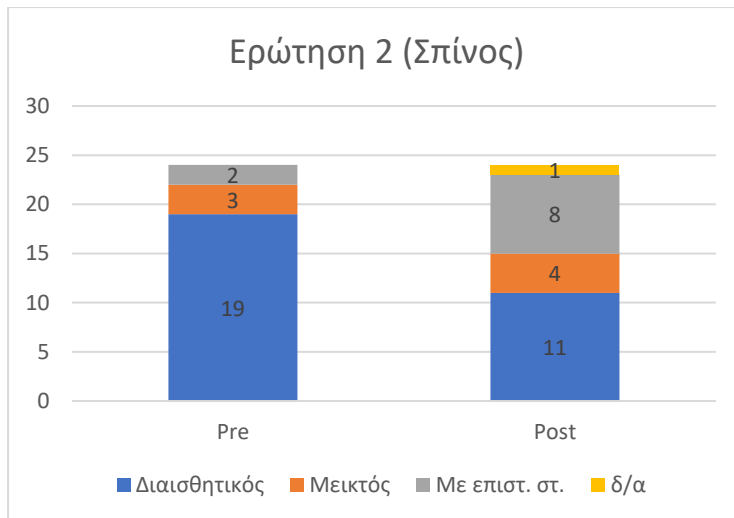
5.3. Αλλαγές στη συλλογιστική των μαθητών

Όσον αφορά την πρώτη ερώτηση, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 1*, πριν την επίσκεψη κανένας μαθητής δεν έδωσε απάντηση που να περιλαμβάνει αποκλειστικά επιστημονικά στοιχεία. Έντεκα μαθητές ενέταξαν επιστημονικά στοιχεία στις απαντήσεις τους, συνδυάζαν ωστόσο και διαισθητικά στοιχεία όπως αυτά της ανάγκης και της σκοπιμότητας των χαρακτηριστικών της λεοπάρδαλης. Μετά την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, οι μεικτοί συλλογισμοί αυξήθηκαν κατά μια μονάδα και οι διαισθητικοί συλλογισμοί μειώθηκαν κατά τέσσερις μονάδες, ενώ προέκυψαν και τρεις μαθητές που απάντησαν χωρίς να συμπεριλάβουν διαισθητικά στοιχεία στις απαντήσεις τους.



Σχήμα 1: Είδη συλλογισμού πριν και μετά την επίσκεψη ερ.1

Στην δεύτερη ερώτηση, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 2*, οι μαθητές στην πλειοψηφία τους δεν χρησιμοποίησαν επιστημονικά στοιχεία στους συλλογισμούς τους. Πέντε μαθητές χρησιμοποίησαν επιστημονικά στοιχεία, τρεις εκ των οποίων χρησιμοποίησαν ταυτόχρονα και διαισθητικά στοιχεία. Μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, οι διαισθητικοί συλλογισμοί μειώθηκαν κατά οκτώ μονάδες, οι μεικτοί συλλογισμοί αυξήθηκαν κατά μία μονάδα και οι συλλογισμοί με επιστημονικά στοιχεία αυξήθηκαν κατά έξι μονάδες.

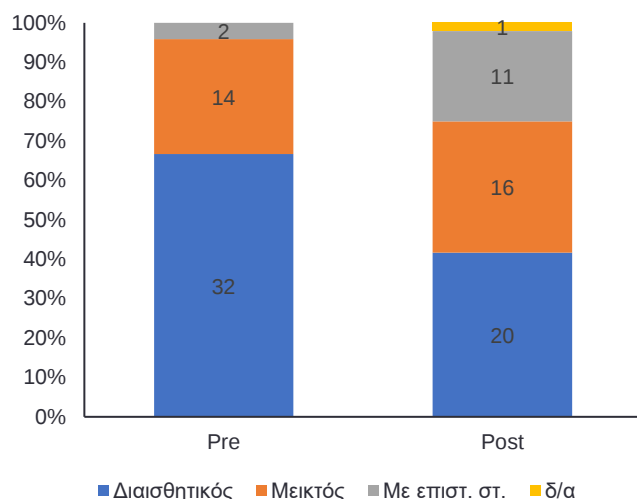


Σχήμα 2: Είδη συλλογισμού πριν και μετά την επίσκεψη ερ.2

Παρατηρούμε ότι στην πρώτη ερώτηση, η μείωση των διαισθητικών συλλογισμών και η ταυτόχρονη αύξηση των συλλογισμών με επιστημονικά στοιχεία είναι μικρότερη από αυτή της δεύτερης ερώτησης. Στην πρώτη ερώτηση, η πλειοψηφία των μαθητών κατάφερε τόσο πριν όσο και μετά την επίσκεψη να συνδέσει τα χαρακτηριστικά των δυο ειδών λεοπάρδαλης με τις λειτουργίες τους στα περιβάλλοντα στα οποία ζουν. Διαφάνηκε ότι οι απαντήσεις πριν την επίσκεψη ήταν λιγότερο αναλυτικές και δεν περιλάμβαναν όλα τα χαρακτηριστικά για τα οποία κλήθηκαν να επιχειρηματολογήσουν. Μετά την επίσκεψη οι απαντήσεις των μαθητών ήταν πιο ολοκληρωμένες καθώς στην πλειοψηφία τους επιχειρηματολογούσαν για όλα τα χαρακτηριστικά για τα οποία είχαν ερωτηθεί στην εκφώνηση. Παρ' όλα αυτά οι απαντήσεις τους εξακολουθούσαν να υπονοούν σκοπό με την έννοια της ανάγκης των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών με σκοπό την επιβίωση, γι' αυτό και οι περισσότερες ανήκουν στον μεικτό συλλογισμό.

Όσον αφορά το παράδειγμα των σπίνων και του μεγέθους του ράμφους τους μετά την ξηρασία, οι αλλαγές πριν και μετά την επίσκεψη είναι μεγαλύτερες. Οι μαθητές πριν την επίσκεψη απείχαν περισσότερο από την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση σε σχέση με την πρώτη ερώτηση γι' αυτό και οι μεικτοί συλλογισμοί είναι πολύ λιγότεροι στην περίπτωση της δεύτερης ερώτησης. Στην ερώτηση αυτή αναδείχθηκαν πολλές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, με τις κυριότερες να περιλαμβάνουν, όπως και στην πρώτη ερώτηση την ανάγκη του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού με σκοπό

την επιβίωση. Στην ερώτηση αυτή, μετά την επίσκεψη οι μαθητές κατάφεραν να μειώσουν τις αναφορές που έκαναν στην ανάγκη για επιβίωση και αναφέρθηκαν ορθά στην περιβαλλοντική πίεση που άσκησε η ξηρασία στους σπίνους και στο αποτέλεσμα αυτής που ήταν η επιβίωση μόνον όσων διέθεταν ράμφος που τους επέτρεπε να τραφούν ακόμη και μετά την ξηρασία.



Σχήμα 3: Είδη συλλογισμού πριν και μετά την επίσκεψη συνολικά

Συνολικά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3, οι μαθητές μείωσαν τους διαισθητικούς συλλογισμούς τους ενώ παράλληλα αύξησαν τη χρήση επιστημονικών στοιχείων σε αυτούς. Η δεύτερη ερώτηση ήταν αυτή που συνέβαλλε περισσότερο στην αύξηση των επιστημονικών στοιχείων αλλά και τη μείωση των διαισθητικών συλλογισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1. Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή επιχείρησε να διερευνήσει αν η συμμετοχή των μαθητών σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα στο Μουσείο Ζωολογίας, επιδρά στις συλλογιστικές που αναπτύσσουν οι μαθητές για να εξηγήσουν έννοιες σχετικές με την εξελικτική

προσαρμογή των ζώων. Επιβεβαιώνοντας την πρώτη μας υπόθεση, οι μαθητές αύξησαν τη χρήση επιστημονικών στοιχείων στους συλλογισμούς τους μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, μειώνοντας ταυτόχρονα τις διαισθητικές συλλογιστικές. Ακόμη, όπως επιβεβαιώθηκε από την δεύτερη υπόθεση, και σε συμφωνία με προηγούμενες έρευνες (Evans, 2001; Spiegel κ.ά., 2012; Tenenbaum κ.ά., 2015), οι μαθητές εξακολούθησαν να χρησιμοποιούν μεικτές συλλογιστικές ακόμη και μετά την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα.

Η αύξηση της χρήσης συλλογιστικών με επιστημονικά στοιχεία που ακολούθησε του προγράμματος καταδεικνύει τη χρησιμότητα της μη τυπικής εκπαίδευσης και συγκεκριμένα της μάθησης στο Μουσείο. Παρότι παλιότερες έρευνες (Bishop & Anderson, 1990; Brumby, 1979; Greene, 1990) δείχνουν ότι ακόμη και φοιτητές τμημάτων Βιολογίας αντιστέκονται στην εννοιολογική αλλαγή και διαθέτουν ποικίλες εναλλακτικές ιδέες σχετικά με έννοιες της εξέλιξης, στη μελέτη αυτή διαπιστώθηκαν μαθησιακά οφέλη. Ο αριθμός των μαθητών που τελικά βελτίωσε τις γνώσεις του και χρησιμοποίησε επιστημονικά στοιχεία στους συλλογισμούς του, ήταν μικρός. Ωστόσο, αν λάβουμε υπόψη μας ότι το δείγμα αποτελούνταν από ηλικιακά μικρούς μαθητές και ότι η εξέλιξη και η προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον τους εξετάζεται στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, διαπιστώνουμε ότι το πρόγραμμα που παρακολούθησαν στο Μουσείο είχε σημαντικό αντίκτυπο.

Τα μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως τα Μουσεία, μπορούν να αυξήσουν το ενδιαφέρον των επισκεπτών για την επιστήμη, διευκολύνοντας την κατανόηση της επιστημονικής γνώσης μέσω του μηχανισμού του διδακτικού μετασχηματισμού (Κολιόπουλος, 2012). Στην παρούσα μελέτη, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να εξερευνήσουν τα εκθέματα του Μουσείου λειτουργώντας τόσο σε αυτόνομες ομάδες όσο και ως σύνολο καθοδηγούμενοι από την ερευνήτρια. Μπήκαν στη διαδικασία να συλλέξουν οι ίδιοι δεδομένα μέσα από τις παρατηρήσεις αλλά και τις πληροφορίες που αντλούσαν από τους κώδικες ταχείας απόκρισης (QR codes). Επιπλέον, είχαν την ευκαιρία να εμπλακούν σε ομαδική συζήτηση και να προβληματιστούν σχετικά με τη διαδικασία της εξελικτικής προσαρμογής. Τα Μουσεία είναι χώροι που μπορούν να διευκολύνουν τη μάθηση μέσα από τα μοναδικά εκθέματα που διαθέτουν. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η συμμετοχή σε μουσειοπαιδαγωγικά προγράμματα, όπου οι

μαθητές μπορούν να αλληλεπιδράσουν με εκθέματα, τα οποία δεν θα μπορούσαν να είναι διαθέσιμα στην σχολική τάξη (Price & Hein, 1991).

Παρά την αύξηση συλλογιστικών με επιστημονικά στοιχεία μετά το πρόγραμμα, τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι μεγάλο μέρος των μαθητών συνέχισε να βασίζεται σε διαισθητικές αντιλήψεις. Σύμφωνα με τους Evans κ.ά. (2010), η αύξηση της κατανόησης και των επιστημονικών συλλογιστικών φαίνεται να είναι σταδιακή και προσθετική. Επιπλέον, τα παιδιά φαίνεται ότι διαθέτουν συχνά αποσπασματικές γνώσεις σχετικά με την εξελικτική προσαρμογή. Πολλές φορές αυτό συμβαίνει καθώς κατά τη διαδικασία ενσωμάτωσης των επιστημονικά αποδεκτών ιδεών κατασκευάζονται συνθετικά μείγματα συλλογισμών που δίνουν την εντύπωση κατακερματισμένων πεποιθήσεων. Στην πραγματικότητα όμως, πραγματοποιείται μια κατανόηση των εννοιών της εξέλιξης μέσω μιας αργής διαδικασίας αναθεώρησης και ταυτόχρονης μάθησης (Evans κ.ά., 2010). Συμπερασματικά, καταδεικνύεται η σημασία της διδασκαλίας των εννοιών της εξελικτικής προσαρμογής τόσο σε τυπικά όσο και σε άτυπα περιβάλλοντα μάθησης.

6.2. Περιορισμοί και προτάσεις για περεταίρω έρευνα

Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού προγράμματος που σχεδιάστηκε πραγματοποιήθηκε σε ένα περιορισμένο δείγμα είκοσι τεσσάρων μαθητών που φοιτούσαν στην Στ' δημοτικού. Για το λόγο αυτό τα ευρήματα της μελέτης δεν θα μπορούσαν να γενικευθούν στον μαθητικό πληθυσμό. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των ερωτηματολογίων και ιδιαίτερα του post – test μπορεί να δημιουργήσει δυσκολίες στην ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών. Αυτό γιατί κάποιοι μαθητές παρότι έδωσαν σωστές απαντήσεις πολλαπλής επιλογής, οι εξηγήσεις τους φανέρωναν επιφανειακή κατανόηση των εννοιών που εξετάζονταν. Για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων επιλέχθηκε να δοθεί έμφαση στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Γενικά, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η κωδικοποίηση των ανοιχτών απαντήσεων επαφίεται στην κρίση του ερευνητή γι' αυτό και ενέχει μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητας. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα εστίασε σε επιλεγμένες έννοιες της εξελικτικής

προσαρμογής, όπως η επιλογή, οι περιβαλλοντικές συνθήκες / αλλαγές και η συσχέτιση των χαρακτηριστικών των οργανισμών με τη λειτουργία τους. Άλλες σημαντικές έννοιες όπως η κληρονομηση και η ποικιλότητα και ο χρόνος δεν εξετάστηκαν εκτενώς.

Δεδομένων των παραπάνω περιορισμών, προτείνεται η διεξαγωγή της έρευνας αυτής σε μεγαλύτερο και λιγότερο ομοιόμορφο δείγμα, με τη συμπερίληψη μαθητικών πληθυσμών διαφόρων σχολείων και περιοχών. Επιπλέον, προτείνεται η πραγματοποίηση διαχρονικής μελέτης, για να διερευνηθεί το αν οι παρατηρούμενες αλλαγές στους συλλογισμούς των μαθητών είναι μακροπρόθεσμες ή βραχυπρόθεσμες. Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών, η ενσωμάτωση συνεντεύξεων ή ομάδων εστίασης θα μπορούσε να βοηθήσει στην απόκτηση βαθύτερων γνώσεων σχετικά με τους συλλογισμούς των μαθητών και στην αποσαφήνιση των διαφορούμενων απαντήσεων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- ΕΚΠΑ: Τμήμα Βιολογίας—Μουσείο Ζωολογίας. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 22 Φεβρουάριος 2024, από <http://www.biol.uoa.gr/moyseia-kipoi/moyseio-zwologias.html>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. (2023). *Πρόγραμμα Σπουδών για το Μάθημα Φυσικά στις Ε' και ΣΤ' τάξεις Δημοτικού*. <https://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική Μεθοδολογία Έρευνας, Εφαρμογές στην Ψυχολογία και στην Εκπαίδευση*. ΣΕΑΒ.
- Κόκκοτας, Π., & Πήλιουρας, Π. (2012). Το Μουσείο ως χώρος εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές. Στο *Μουσειοπαιδαγωγική και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Θεωρία και Πράξη* (Πατάκης).
- Κολιόπουλος, Δ. (2012). Επιστημονική Καλλιέργεια και μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση της σχέσης επιστημονικών Μουσείων και σχολείου στις ελληνικές συνθήκες. Στο *Μουσειοπαιδαγωγική και εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Θεωρία και Πράξη* (Πατάκης).
- Μουσείο Ζωολογίας. (χ.χ.). Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών. Ανακτήθηκε 22 Φεβρουάριος 2024, από https://www.uoa.gr/to_panepistimio/moyseia/moyseio_zoologias/
- Πλακίτση, Κ. (2012). Σχέσεις και αλληλεπιδράσεις της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες με τη Μουσειοπαιδαγωγική. Στο *Μουσειοπαιδαγωγική και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Θεωρία και Πράξη* (Πατάκης).
- Babbie, E. (2013). *The practice of social research* (13th). Cengage Learning.
- Balim, A. G. (2009). The Effects of Discovery Learning on Students' Success and Inquiry Learning Skills. *Eurasian Journal of Educational Research*.
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990a). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990b). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373–1388. <https://doi.org/10.1080/09500690500498419>
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13(2), 119–122. <https://doi.org/10.1080/00219266.1979.9654240>
- Bryman, A. (2012). *Social Research Methods* (4η). Oxford University Press.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2011a). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Wadsworth.

- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2011b). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Wadsworth.
- Chalikias, M., Lalou, P., & Manolesou, A. (2015). *Μεθοδολογία έρευνας και εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICS*. Hellenic Academic Libraries Link. <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5075?locale=en>
- Coley, J. D., & Tanner, K. D. (2012). Common Origins of Diverse Misconceptions: Cognitive Principles and the Development of Biology Thinking. *CBE—Life Sciences Education*, 11(3), 209–215. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-06-0074>
- Cristine H. Legare, Jonathan D. Lane, & E. Margaret Evans. (2013). Anthropomorphizing Science: How Does It Affect the Development of Evolutionary Concepts? *Merrill-Palmer Quarterly*, 59(2), 168. <https://doi.org/10.13110/merrpalmquar1982.59.2.0168>
- Cunningham, D. L., & Wescott, D. J. (2009). Still More “Fancy” and “Myth” than “Fact” in Students’ Conceptions of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 505–517. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0123-6>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129. <https://doi.org/10.2307/4444260>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood - Robinson, V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών* (Μ. Χατζή, Μτφ.). Τυπωθήτω - Γιώργος Δαρδανός.
- Eshach, H. (2007). Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171–190. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9027-1>
- Evans, E. M. (2000). The Emergence of Beliefs About the Origins of Species in School-Age Children. *Merrill-Palmer Quarterly*, 46(2), 221–254.
- Evans, E. M. (2001). Cognitive and Contextual Factors in the Emergence of Diverse Belief Systems: Creation versus Evolution. *Cognitive Psychology*, 42(3), 217–266. <https://doi.org/10.1006/cogp.2001.0749>
- Evans, E. M., Spiegel, A. N., Gram, W., Frazier, B. N., Tare, M., Thompson, S., & Diamond, J. (2010). A conceptual guide to natural history museum visitors’ understanding of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 326–353. <https://doi.org/10.1002/tea.20337>
- Falchetti, E. M. (2012). Biological Evolution on Display: An Approach to Evolutionary Issues Through a Museum. *Evolution: Education and Outreach*, 5(1), 104–122. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0396-z>
- Futuyama, D., & Kirkpartick, M. (2019). *Εξέλιξη*. Utopia.

- Gata, D., Valakos, E., & Georgiou, M. (2023). Engaging and assessing students via a museum educational program. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(10), em2334. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13574>
- González Galli, L. M., & Meinardi, E. N. (2011). The Role of Teleological Thinking in Learning the Darwinian Model of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 145–152. <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0272-7>
- Gould, S. J., & Vrba, E. S. (1982). Exaptation—A Missing Term in the Science of Form. *Paleobiology*, 8(1), 4–15. <https://doi.org/10.1017/S0094837300004310>
- Greene, E. D. (1990). The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(9), 875–885. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270907>
- Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156–175. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>
- Griffin, J. (1998). Learning science through practical experiences in museums. *International Journal of Science Education*, 20(6), 655–663. <https://doi.org/10.1080/0950069980200604>
- Hatano, G., & Inagaki, K. (2012). *Young children's naive thinking about biological world*. Psychology Press.
- Hein, G. E. (2001). *The Challenge and Significance of Constructivism*.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996, Ιανουάριος 1). *Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning* (world) [Research-article]. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057269608560085>
- Holmes, J. A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. *Learning Environments Research*, 14(3), 263–277. <https://doi.org/10.1007/s10984-011-9094-y>
- Jeffery-Clay, K. R. (1998). Constructivism in Museums: How Museums Create Meaningful Learning Environments. *Journal of Museum Education*, 23(1), 3–7. <https://doi.org/10.1080/10598650.1998.11510362>
- Kampourakis, K. (2013). Teaching About Adaptation: Why Evolutionary History Matters. *Science & Education*, 22(2), 173–188. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9363-2>
- Kampourakis, K., Palaiokrassa, E., Papadopoulou, M., Pavlidi, V., & Argyropoulou, M. (2012). Children's Intuitive Teleology: Shifting the Focus of Evolution Education Research. *Evolution: Education and Outreach*, 5(2), 279–291. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0393-2>
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27–47. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9075-9>

- Kelemen, D. (1999). Function, goals and intention: Children's teleological reasoning about objects. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(12), 461–468. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01402-3](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01402-3)
- Kelemen, D. (2012). Teleological Minds: How Natural Intuitions about Agency and Purpose Influence Learning about Evolution. Στο K. S. Rosengren, S. K. Brem, E. M. Evans, & G. M. Sinatra (Επιμ.), *Evolution Challenges* (1η έκδ., σσ. 66–92). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199730421.003.0004>
- Kreuzer, P., & Dreesmann, D. (2017). Museum behind the scenes—an inquiry-based learning unit with biological collections in the classroom. *Journal of Biological Education*, 51(3), 261–272. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1217906>
- Lucas, A. M. (1971). The Teaching of “Adaptation”. *Journal of Biological Education*, 5(2), 86–90. <https://doi.org/10.1080/00219266.1971.11665455>
- Mayr, E. (1961). Cause and Effect in Biology: Kinds of causes, predictability, and teleology are viewed by a practicing biologist. *Science*, 134(3489), 1501–1506. <https://doi.org/10.1126/science.134.3489.1501>
- Millar, R., & Osborne, J. (Επιμ.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. King's College, School of Education.
- National Academy of the Sciences. (2008). *Science, evolution and creationism*. (National Academies Press: Institute of Medicine).
- Nehm, R. H., & Reilly, L. (2007). Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience*, 57(3), 263–272. <https://doi.org/10.1641/B570311>
- Özay Köse, E., & Keskin, B. (2015). Understanding Adaptation and Natural Selection: Common Misconceptions. *International Journal of Academic Research in Education*, 1(2). <https://doi.org/10.17985/ijare.53146>
- Phillips, D. C. (1995). The Good, the Bad, and the Ugly: The Many Faces of Constructivism. *Educational Researcher*, 24(7), 5–12. <https://doi.org/10.3102/0013189X024007005>
- Price, S., & Hein, G. E. (1991). More than a field trip: Science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13(5), 505–519. <https://doi.org/10.1080/0950069910130502>
- Prinou, L., Halkia, L., & Skordoulis, C. (2011). The Inability of Primary School to Introduce Children to the Theory of Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 275–285. <https://doi.org/10.1007/s12052-011-0323-8>
- Rector, M. A., Nehm, R. H., & Pearl, D. (2013). Learning the Language of Evolution: Lexical Ambiguity and Word Meaning in Student Explanations. *Research in Science Education*, 43(3), 1107–1133. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9296-z>
- Robertson, S. I. (2019). *Grade 12 students' understanding of adaptation, before and after learning about natural selection*. University of the Witwatersrand.

- Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου* (Κ. Μιχαλοπούλου, Επιμ.; Β. Νταλάκου & Κ. Βασιλικού, Μτφ.). Gutenberg.
- Rosalino, L. M., Verdade, L. M., & Lyra-Jorge, M. C. (2014). Adaptation and Evolution in Changing Environments. Στο L. M. Verdade, M. C. Lyra-Jorge, & C. I. Piña (Επιμ.), *Applied Ecology and Human Dimensions in Biological Conservation* (σσ. 53–71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54751-5_4
- Sá-Pinto, X., Zeidler, D. L., Beniermann, A., Børsen, T., Georgiou, M., Jeffries, A., Pessoa, P., & Sousa, B. (2022). *Learning Evolution Through Socioscientific Issues*. <https://doi.org/10.48528/4SJC-KJ23>
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52(2), 170–194. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.10.001>
- Shtulman, A., Neal, C., & Lindquist, G. (2016). Children’s Ability to Learn Evolutionary Explanations for Biological Adaptation. *Early Education and Development*, 27(8), 1222–1236. <https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1154418>
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing Minds? Implications of Conceptual Change for Teaching and Learning about Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 189–195. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0037-8>
- Spiegel, A. N., Evans, E. M., Frazier, B., Hazel, A., Tare, M., Gram, W., & Diamond, J. (2012). Changing Museum Visitors’ Conceptions of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 5(1), 43–61. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0399-9>
- Starr, C., Evers, C., & Starr, L. (2016). *Βιολογία Βασικές Έννοιες και Αρχές*. Utopia.
- Stockmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/03057260903562284>
- Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75(1), 57–67. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750106>
- Tenenbaum, H. R., To, C., Wormald, D., & Pegram, E. (2015). Changes and Stability in Reasoning After a Field Trip to a Natural History Museum. *Science Education*, 99(6), 1073–1091. <https://doi.org/10.1002/sce.21184>
- Verhey, S. D. (2005). The Effect of Engaging Prior Learning on Student Attitudes toward Creationism and Evolution. *BioScience*, 55(11), 996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0996:TEOEPL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0996:TEOEPL]2.0.CO;2)
- Willmer, P., Stone, G., & Johnston, I. (2006). *Περιβαλλοντική Φυσιολογία των Ζώων: τ. Πρώτος Τόμος*. αει.
- Wingfield, J. C. (2003). Control of behavioural strategies for capricious environments. *Animal Behaviour*, 66(5), 807–816. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2298>

- Wingfield, J. C. (2013). Ecological processes and the ecology of stress: The impacts of abiotic environmental factors. *Functional Ecology*, 27(1), 37–44. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12039>
- Yip, C.-W. (2009). Causal and teleological explanations in biology. *Journal of Biological Education*, 43(4), 149–151. <https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656174>
- Young, B. A., Walker, B., Dixon, A. E., & Walker, V. A. (1989). Physiological Adaptation to the Environment. *Journal of Animal Science*, 67(9), 2426–2432. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6792426x>

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι: Ερωτηματολόγια

Pre-test

1. Η λεοπάρδαλη είναι ένα αιλουροειδές που ζει στις σαβάνες της Αφρικής. Ένα είδος λεοπάρδαλης, η λεοπάρδαλη του χιονιού ζει σε βραχώδη ορεινά εδάφη με μεγάλο υψόμετρο. Η λεοπάρδαλη αυτή έχει γκρίζο χρώμα και η ουρά της είναι πολύ μακρύτερη από αυτή της κοινής λεοπάρδαλης ενώ παράλληλα διαθέτει πυκνή γούνα. Που πιστεύεις ότι οφείλονται αυτές οι διαφορές στο χρώμα, την ουρά και τη γούνα;

2. Οι επιστήμονες μέτρησαν τα ράμφη ενός είδους σπίνου σε ένα απομακρυσμένο νησί. Διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους σπίνους είχαν μικρά ράμφη. Το επόμενο έτος, μια ξηρασία εξαφάνισε τα περισσότερα από τα φυτά που παρήγαγαν μικρούς σπόρους, αλλά τα φυτά που έκαναν μεγάλους σπόρους παρέμειναν. Κάποια χρόνια αργότερα, όταν οι επιστήμονες μέτρησαν ξανά τα ράμφη των σπίνων, βρήκαν περισσότερους σπίνους με μεγάλα ράμφη. Πώς θα εξηγούσες αυτές τις παρατηρήσεις;

Post -test

- 1. Η λεοπάρδαλη του χιονιού έχει γκρι χρώμα, πιο μακριά ουρά και πιο πυκνή γούνα σε σχέση με την κοινή λεοπάρδαλη. Που οφείλονται οι διαφορές αυτές;**

A) Τα χαρακτηριστικά αυτά δίνουν πλεονέκτημα επιβίωσης στις λεοπαρδάλεις του χιονιού στο ορεινό και βραχώδες περιβάλλον στο οποίο ζουν.

B) Οι λεοπαρδάλεις του χιονιού επέλεξαν να αλλάξουν το χρώμα, την ουρά και την γούνα τους για να επιβιώσουν στο βραχώδες περιβάλλον στο οποίο ζουν.

Γ) Οι λεοπαρδάλεις του χιονιού έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά επειδή τα χρειάζονται για να επιβιώσουν στο βραχώδες περιβάλλον στο οποίο ζουν.

- ο Γιατί οι λεοπαρδάλεις του χιονιού έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά (χρώμα, ουρά, γούνα); Εξήγησε την απάντησή σου με βάση όσα έμαθες για τις προσαρμογές των ζώων.

.....
.....

- 2. Οι επιστήμονες μέτρησαν τα ράμφη των σπίνων σε ένα νησί. Διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι είχαν μικρά ράμφη. Το επόμενο έτος, μια ξηρασία εξαφάνισε τα περισσότερα από τα φυτά που παρήγαγαν μικρούς σπόρους, αλλά τα φυτά που έκαναν μεγάλους σπόρους παρέμειναν. Κάποια χρόνια αργότερα, όταν οι επιστήμονες μέτρησαν ξανά τα ράμφη των σπίνων, βρήκαν περισσότερους σπίνους με μεγάλα ράμφη. Γιατί συνέβη αυτό;**

A) Οι σπίνι αναγκάστηκαν να μεγαλώσουν τα ράμφη τους για να τραφούν με τους μεγάλους σπόρους που ήταν διαθέσιμοι στο νησί.

B) Οι σπίνι με μικρό ράμφος έφαγαν τους μικρούς σπόρους και το ράμφος τους μεγάλωσε.

Γ) Μετά την ξηρασία οι σπίντοι με μεγάλα ράμφη είχαν πλεονέκτημα στο περιβάλλον του νησιού καθώς μπορούσαν να τραφούν με τους μεγάλους σπόρους που απέμειναν.

- ο Εξήγησε πώς η αλλαγή αυτή σχετίζεται με την προσαρμογή των σπίντων στο περιβάλλον τους.

.....

.....

.....

Παράρτημα II: Φύλλα εργασίας μαθητών



Πτηνά

Τα ράμφη των πουλιών παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Συμπλήρωσε στον παρακάτω πίνακα τη μορφή του ράμφους και την τροφή του κάθε πουλιού. Το ράμφος μπορεί να είναι:

- Κωνικό
- Γαμψό
- Ίσιο (κοντό)
- Ίσιο (μακρύ)

Είδος	Μορφή ράμφους	Τροφή
Πουλιά πόλεων και χωριών (32)		
Καλόγερος		
Κότσυφας		
Ψαρόνι		
Βραχοκίρκινεζο		
Πουλιά του κάμπου (33)		
Αμπελουργός		
Βασιλαετός		
Καρδερίνα		
Κιστική		
Πουλιά του δάσους (34)		
Κούκος		
Πύρρουλας		
Σπίνος		
Πουλιά των βουνών (29)		
Όρνιο		
Χιονόστρουθος		
Χρυσαιτός		
Πουλιά της θάλασσας (25-26-27)		
Θαλασσοκόρακας		
Λαμπροβούτι		
Πουλιά των υγρότοπων (35-36-37)		
Νυχτοκόρακας		
Πορφυροτσικνιάς		
Αλκυόνη		

Κατέγραψε τα συμπεράσματά σου σχετικά με το σχήμα του ράμφους και την τροφή:

Σχήμα ράμφους	Τροφή
Ίσιο (μακρύ)	
Ίσιο (κοντό)	
Γαμψό	
Κωνικό	



Αιλουροειδή

Εύρεση Τροφής

Είδος	Προσαρμογές στη συμπεριφορά	Προσαρμογές στη φυσιολογία	Ενδιαίτημα
Λιοντάρι			
Λεοπάρδαλη			
Τίγρης			
Αμερικανικός Λύγκας			

Αγριόγατα			
Όσελοτ			
Γάτα της ζούγκλας			
Γάτα			

1. Ποιες ομοιότητες και ποιες διαφορές παρατηρείς στην οικογένεια των αιλουροειδών;

2. Συνδέονται τα χαρακτηριστικά τους με το περιβάλλον τους;



Ερημικό Τοπίο

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός ερημικού οικοσυστήματος; Ποιες προκλήσεις έχουν να αντιμετωπίσουν τα ζώα που ζουν σε ένα τέτοιο περιβάλλον;

Τι είδους ζώα συναντάμε σε ένα ερημικό οικοσύστημα; Παρατήρησε τα είδη που ζουν στο ερημικό οικοσύστημα και κατέγραψε τις προσαρμογές που διαθέτουν για να επιβιώνουν στις καιρικές συνθήκες του οικοσυστήματος αυτού.

Είδη	Προσαρμογές
Πηδητικός Λαγός	
Σάυρα Βάρανος	
Αφρικανική Οχιά	
Ύρακας των βράχων	
Αφρικανικός ασβός	
Νοτιοαφρικανικός σκίουρος	
Ασπροπάρης	



Πολικό Τοπίο

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός πολικού οικοσυστήματος; Ποιες προκλήσεις έχουν να αντιμετωπίσουν τα ζώα που ζουν σε ένα τέτοιο περιβάλλον;

Τι είδους ζώα συναντάμε σε ένα πολικό τοπίο; Κατέγραψε τα είδη που παρατηρείς στον παρακάτω πίνακα καθώς επίσης και τις προσαρμογές που διαθέτουν για να επιβιώνει στις καιρικές συνθήκες ενός πολικού τοπίου.

Είδη	Προσαρμογές
Πολική αρκούδα	
Φώκια	
Θαλάσσιος Ίππος	
Θαλάσσιο Λιοντάρι	

Αιλουροειδή

