



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ

**«Πρακτικές για την προσέγγιση του Φαινομένου του
Λωτού στο Δημοτικό Σχολείο: Ανάλυση του
περιβάλλοντος μάθησης - διδασκαλίας»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΒΗΤΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑΣ**

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ
στις «Επιστήμες της αγωγής: Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον
και την Τεχνολογία»

Φλώρινα, Ιανουάριος 2023

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας, την κ. Άννα Σπύρτου, η οποία είναι Καθηγήτρια στο ΠΤΔΕ και Αντιπρύτανης Διοικητικών Υποθέσεων και Φοιτητικής Μέριμνας στο Π.Δ.Μ., για τη συνεχή καθοδήγηση και την επιστημονική της υποστήριξη, καθ' όλη την διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, την ευχαριστώ για την κατανόησή της, σε όλη τη διαδρομή της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Είμαι ευγνώμων, επιπλέον, στη διδάκτωρ κ. Μαρία Χαϊτίδου, για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, με τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας και για την καθοριστική της υποστήριξη σε όλη την διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κ. Παπαδοπούλου Πηνελόπη και τον κ. Καριώτογλου Πέτρο, για την κατανόησή τους, όλο αυτό το χρονικό διάστημα μέχρι την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, τους φίλους και τις φίλες μου που ήταν συνεχώς στο πλευρό μου, με στήριζαν και με ενθάρρυναν.

Copyright © Ευαγγελία Βήτα, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Όνοματεπώνυμο: Ευαγγελία Βήτα

Ηλεκτρονική διεύθυνση: evavita22@gmail.com

Έτος εισαγωγής: 2017

Τίτλος διπλωματικής εργασίας: «Πρακτικές για την προσέγγιση του Φαινομένου του Λωτού στο Δημοτικό Σχολείο: Ανάλυση του περιβάλλοντος μάθησης - διδασκαλίας»
“Practices for approaching lotus effect in primary school: Analysis of teaching-learning environment”

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, είναι προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας, η βιβλιογραφία και οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα με παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Επισημαίνεται πως η συγκεκριμένη επιλογή βοηθά στον περιορισμό της λογοκλοπής διασφαλίζοντας έτσι το/τη συγγραφέα.

Ημερομηνία 22 -1- 2023

Η δηλούσα

Ευαγγελία Βήτα

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	8
Abstract.....	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	10
1.1 Η εκπαιδευτική και διδακτική αξία της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET).....	10
1.2 Το Φαινόμενο του Λωτού	12
1.3 Πρακτικές εφαρμογές για το φαινόμενο του λωτού σε δημοτικά σχολεία	19
1.4 Το διδακτικό-μαθησιακό περιβάλλον της διερεύνησης.....	22
1.5 Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ)	24
1.5.1 Εννοιολογική προσέγγιση της ΠΓΠ.....	24
1.5.2 Διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ	27
1.6 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών	30
1.6.1 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών και ΠΓΠ.....	30
1.6.2 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών και N-ET	33
Κεφάλαιο 2ο : Μεθοδολογία	36
2.1 Το πλαίσιο της έρευνας	36
2.1.1 Το πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών Fedia	36
2.2 Ερευνητική μεθοδολογία	37
2.2.1 Είδος της έρευνας: Μελέτη περίπτωσης.....	37
2.2.2 Σκοπός της έρευνας και Ερευνητικά Ερωτήματα.....	39
2.2.3 Μελέτες περίπτωσης	39
2.2.3.1 Προφίλ εκπαιδευτικών	40
2.2.4 Μέσα συλλογής δεδομένων και μέθοδος συλλογής δεδομένων	41
2.2.5 Παρουσίαση δεδομένων	41
2.2.6 Εργαλείο ανάλυσης δεδομένων και μέθοδος ανάλυσης δεδομένων	42
2.2.6.1 Εργαλείο ανάλυσης δεδομένων	42

2.2.6.2 Διαδικασία Ανάλυσης Δεδομένων: Ανάλυση Περιεχομένου	45
2.3 Εγκυρότητα-αξιοπιστία της έρευνας.....	47
Κεφάλαιο 3 ^ο : Αποτελέσματα	49
3.1 Αποτελέσματα Case Study-1 (CS-1)	49
3.1.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-1.....	49
3.1.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-1	51
3.2 Αποτελέσματα Case Study-2 (CS-2)	53
3.2.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-2.....	53
3.2.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-2	56
3.3 Αποτελέσματα Case Study-3 (CS-3)	58
3.3.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-3.....	58
3.3.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-3	60
3.4 Αποτελέσματα CS-1, CS-2 & CS-3 ανά όψη	62
Κεφάλαιο 4 ^ο : Συμπεράσματα – Συζήτηση.....	65
4.1 Συμπεράσματα	65
4.1.1 Συμπεράσματα για το 1 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	65
4.1.2 Συμπεράσματα για το 2 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	66
4.2 Περιορισμοί της Έρευνας και Μελλοντικές Προεκτάσεις	67
Βιβλιογραφία.....	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	75

Περίληψη

Κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας, σημαντικό ρόλο παίζουν τόσο οι πρακτικές, όσο και το περιβάλλον μάθησης-διδασκαλίας, μέσω των οποίων ο/η εκπαιδευτικός επιλέγει να εισάγει και να διδάξει ένα νέο γνωστικό αντικείμενο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιχειρήθηκε η ανάλυση των πρακτικών που ακολούθησαν τρεις εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την προσέγγιση του Φαινομένου του Λωτού (ΦΛ) στο Δημοτικό Σχολείο, κατά τη διδασκαλία τους. Οι τρεις εκπαιδευτικοί είχαν επιμορφωθεί στο γνωστικό αντικείμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένου του ΦΛ, στη ρητή διδασκαλία της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ) και των συνιστωσών της, και ενεπλάκησαν σε διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης. Έπειτα δίδαξαν στη δική τους τάξη το ΦΛ, βασισμένοι σε όσα είχαν διδαχθεί κατά την επιμόρφωση.

Ως εργαλείο ανάλυσης επιλέχθηκε το Εργαλείο Ανάλυσης Δεδομένων, το οποίο διαμορφώθηκε κατά τη διδακτορική εργασία της κα. Χαϊτίδου (2019). Με βάση το συγκεκριμένο εργαλείο ανάλυσης, στόχος ήταν να αναλυθεί το περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας που διαμόρφωσαν οι εκπαιδευτικοί για την προσέγγιση του ΦΛ, δηλαδή να αναδειχθούν οι όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Επιπλέον στόχος ήταν να αναδειχθούν και οι διερευνητικές όψεις των θεματικών πεδίων της ΠΓΠ κατά τη δράση.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι κυριαρχούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση. Όσον αφορά τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ διαπιστώνεται ότι καταγράφονται περίπου στο 1/3 από αυτές. Τέλος, υπογραμμίζεται ότι κυριαρχούν οι αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με το Πλαίσιο (γνώση των εκπαιδευτικών για τους πόρους και τους μαθητές).

Λέξεις κλειδιά: Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, ΠΓΠ κατά τη δράση, Διερεύνηση, Πρωτοβάθμιοι εκπαιδευτικοί, Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία

Abstract

During a teaching process, practices and the teaching-learning environment are crucial, as the teacher attempts to introduce a new discipline. In this study, we try to analyze the practices which were utilized by three primary school teachers, while they were approaching the Lotus Effect (LE), in their class. The three primary school teachers had been educated a) in the field of Nanoscience-Nanotechnology -included the LE-, b) in the aspects of Pedagogical Content Knowledge (PCK) and c) they were involved in an inquiry based learning environment. Consequently, they taught about the LE in their class, based on what they had been educated in.

The Data Tool Analysis, by Mrs Chaitidou Phd Thesis (2019), was the tool analysis of this study. Through this procedure, we tried to point out the aspects of PCK in action as well as the specific inquiry aspects of PCK.

The findings indicate that the interaction between the aspects -and the inquiry aspects- of PCK in action, are the most prevailing. Despite the fact that the inquiry aspects of PCK are pointed out in every Case Study, they are not the prevailing ones. In addition, the interactions, which refer to context (teacher's knowledge about material resources and the students' profile), play a crucial role.

Key words: PCK, PCK in action, inquiry, primary school teachers, Nanoscience – Nanotechnology

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Η εκπαιδευτική και διδακτική αξία της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET)

Άνθρωποι προερχόμενοι από διάφορους τομείς –μηχανικοί, επιστήμονες, φορείς εμπορίου και βιομηχανίας, κοινωνικοί επιστήμονες- επισημαίνουν την αναγκαιότητα εισαγωγής της NET στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Lin, Wu, Cho, & Chen, 2015).

Τα επιχειρήματα υπέρ της ένταξης της NET στην εκπαίδευση μπορούν να διαχωριστούν σε αυτά που αφορούν στην εκπαιδευτική αξία της NET και εκείνα που αναφέρονται στη διδακτική της αξία.

Ορισμένοι από τους παράγοντες από τους οποίους συνίσταται η εκπαιδευτική αξία της N-ET είναι:

α) η ανάγκη για εργατικό δυναμικό στους τομείς της N-ET: Μέσα στα επόμενα χρόνια πρόκειται να αυξηθούν κατά πολύ οι ανάγκες για εργατικό δυναμικό, εξειδικευμένο τους τομείς της N-ET. Από τη στιγμή που οι μαθητές των δημοτικών σχολείων μπορούν να αποτελέσουν το μελλοντικό εργατικό δυναμικό των τομέων αυτών, είναι αναγκαία η έγκαιρη επαφή τους με το συγκεκριμένο πεδίο (Πέικος, 2016).

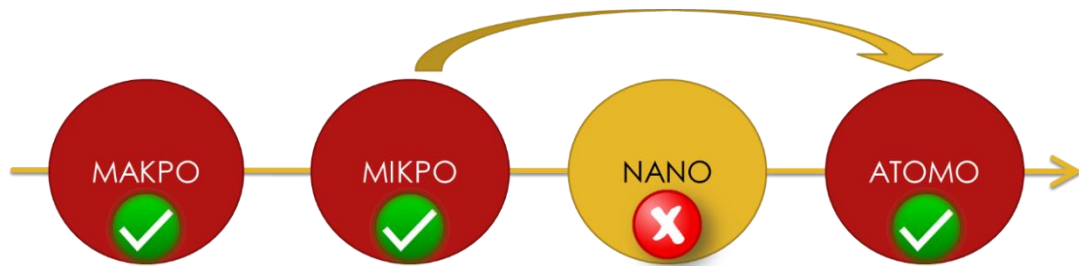
β) Το ενδιαφέρον που μπορεί να προκαλέσει το περιεχόμενο της N-ET στους μαθητές: Η διεπιστημονική προσέγγιση της N-ET, αποτελεί κίνητρο για τους μαθητές απέναντι σε αυτή. Η συγκεκριμένη προσέγγιση της N-ET εντάσσεται στο πλαίσιο Επιστήμη-Τεχνολογία-Μηχανική-Μαθηματικά (STEM- Science Technology Engineering Mathematics). Η παραπάνω προσέγγιση συνδέει την επιστήμη με τη ζωή και συνεπώς αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών προς τις επιστήμες. Επιπλέον, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το πλαίσιο του STEM, ενδείκνυται ώστε να συνδυαστούν η τέχνη και η δημιουργικότητα σε ζητήματα, στον τομέα της N-ET. (Πέικος, 2016). Τέλος, η N-ET μοιάζει να είναι ένα ιδανικό περιβάλλον για τους μαθητές, που έχει αντίκρισμα στις εμπειρίες και στα βιώματά τους, ενισχύοντας έτσι

όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον τους (Σπύρτου, Μάνου, Πέικος & Παπαδοπούλου, 2018).

γ) *Ο «νανογραμματισμός»:* Η ανάγκη, ώστε να αναπτυχθεί ο νανογραμματισμός (Nanoliteracy) αποτελεί τον βασικό λόγο για την εισαγωγή της N-ET στα προγράμματα σπουδών. Ο νανογραμματισμός έχει αναπτυχθεί σε μαθητές που έχουν κατακτήσει γνώσεις και δεξιότητες, διευκολύνοντάς τους στον χειρισμό ζητημάτων, στον τομέα της N-ET. Μπορούν, για παράδειγμα, να αποσαφηνίσουν τα μειονεκτήματα ή πλεονεκτήματα ενός προϊόντος νανοτεχνολογίας, σε σχέση με ένα οποιοδήποτε συμβατικό προϊόν (Σπύρτου, Μάνου, Πέικος, & Παπαδοπούλου, 2018). Υποστηρίζεται ότι σε μία άκρως τεχνολογική κοινωνία, η οικονομική εξέλιξη και η ικανότητα λήψης αποφάσεων σε ζητήματα που εμπλέκεται η ηθική, εξαρτάται από τις γνώσεις που έχει κατακτήσει η πλειοψηφία. Εάν απουσιάζει η προετοιμασία στα σχολεία, δυσκολεύει κατά πολύ η διαμόρφωση αυτών των συνθηκών (Stevens et al., 2009).

Μέχρι και σήμερα, στα αναλυτικά προγράμματα οι εξηγήσεις σχετικά με φυσικά ή χημικά φαινόμενα, ή ιδιότητες των υλικών αφορούν το πεδίο των ατόμων ή των μορίων. Δηλαδή, απαιτείται από τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου να επιτύχουν νοητικά άλματα, από τον ορατό με γυμνό μάτι μακρόκοσμο, στον ατομικό κόσμο (Σχήμα 1.1) (Μάνου, 2020). Η προσθήκη του επιπέδου της νανοκλίμακας μεταξύ του macro και του submicro δύναται να «γεφυρώσει» το χάσμα που προκύπτει (Πέικος, 2016). Παραδείγματα, όπως το παραπάνω επισημαίνουν τη διδακτική αξία της N-ET.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση του Πέικου (2016), έχουν καταγραφεί και για τα αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών ανάλογες παρατηρήσεις, με τους Wisser & Smith (2008) να αναφέρουν ότι μέσω του νανόκοσμου γίνονται κατανοητά φαινόμενα, που υπό άλλες συνθήκες θα θεωρούνταν υπερφυσικά. Επιπρόσθετα, η κλασική φυσική δε δύναται να ερμηνεύσει φαινόμενα της N-ET. Έτσι, τα μοντέλα δύναται να χρησιμοποιούνται ως εργαλεία επιστήμης για την περιγραφή και την πρόβλεψη συμπεριφορών (Wisser & Smith, 2008).



Σχήμα 1.1: Διδακτική αξία της N-ET: Χάσμα στην κατηγοριοποίηση του κόσμου με βάση τα μεγέθη (σχήμα από Πέικος, Μάνου & Σπύρτου, 2015)

Αντιπαραθέτοντας, από τη μία, τις παραδοχές ενός μοντέλου και, από την άλλη, τις συνθήκες που μπορεί να εφαρμοστεί, οι μαθητές δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να εστιάσουν στην κατανόηση και τους περιορισμούς των εννοιολογικών μοντέλων στην επιστήμη. Επιπλέον, αν ενισχυθούν οι μακροσκοπικές και επιστημολογικές κατανοήσεις για την ύλη μέσω των αναλυτικών προγραμμάτων, τότε η μοριακή-ατομική θεωρία θα είναι πιο σημαντική για αυτούς. Τέλος, υποστηρίζεται ότι η έγκαιρη εισαγωγή της διδασκαλίας για τα άτομα και τα μόρια, είναι πιθανό να συνεισφέρει στην εδραίωση των μακροσκοπικών κατανοήσεων για την ύλη (Wiser & Smith, 2008).

Τέλος, διαφαίνεται ότι προκύπτουν ζητήματα επικαιροποίησης της επιστημονικής γνώσης, τα οποία και συνεισφέρουν στην αναγκαιότητα εισαγωγής της N-ET στο δημοτικό σχολείο (Μάνου, 2020).

1.2 Το Φαινόμενο του Λωτού

Παρατηρώντας τις ξεχωριστές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών, εξάγονται συμπεράσματα για τον τρόπο που η νανοκλίμακα μπορεί να επιδράσει, ώστε οι διάφοροι ζωντανοί οργανισμοί να εκδηλώσουν συμπεριφορές, οι οποίες τους βοηθούν να επιβιώσουν στο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται. Οι επιστήμονες της νανοκλίμακας μελετούν τις συγκεκριμένες συμπεριφορές με στόχο να κατανοήσουν το πώς και γιατί οι φυσικοί οργανισμοί τις εκδηλώνουν. Ο βιομιμητισμός ορίζεται ως η επιδίωξη της κατανόησης της συμπεριφοράς των φυσικών οργανισμών, με σκοπό να προκύψουν εμπορικά προϊόντα, μιμούμενα τις παραπάνω συμπεριφορές. Είναι αναγκαίο να μελετηθεί ο τρόπος που η συγκεκριμένη δομή -στη μικρο ή στη

νανοκλίμακα- επηρεάζει ορισμένες συμπεριφορές, ώστε να κατασκευαστεί αυτή η νανοδομή και να ενσωματωθεί σε ένα προϊόν, αποσκοπώντας στην απόκτηση καινοτομικής συμπεριφοράς για αυτό (Bhushan, 2016).

Μια χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί και ο λωτός. Ο λωτός είναι ένα υδρόβιο φυτό που φύεται στην Ασία. Αναπτύσσεται σε λιμνάζοντα νερά και λασπώδη περιβάλλοντα, ωστόσο έχει την ιδιότητα να διατηρεί τα φύλλα του στεγνά και καθαρά. Για τον παραπάνω λόγο έχει καθιερωθεί ως σύμβολο αγνότητας στον Ασιατικό πολιτισμό. Όταν μια σταγόνα νερού έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του φύλλου του λωτού, διατηρεί το σφαιρικό σχήμα (Εικόνα 1.1), κυλάει και παρασέρνει μαζί σωματίδια βρωμιάς και λάσπης. Η παραπάνω ικανότητα του φυτού, να διατηρείται δηλαδή η επιφάνεια των φύλλων



Εικόνα 1.1: Σταγόνες νερού σε φύλλο λωτού¹

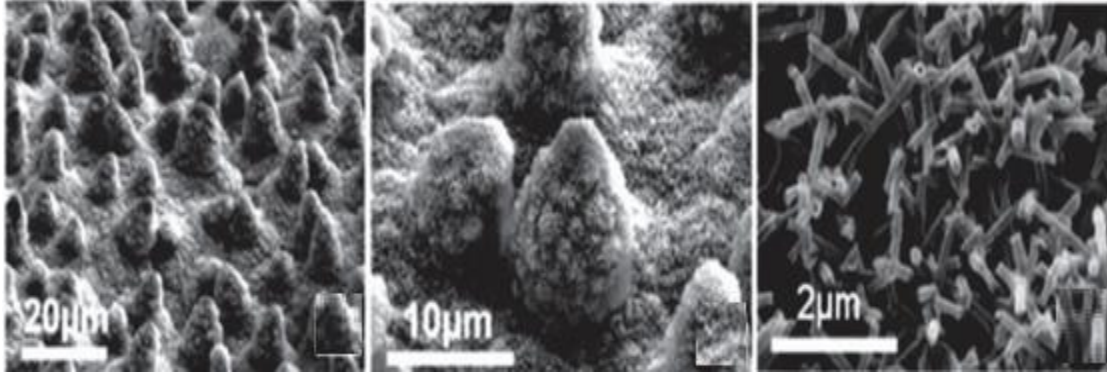
του στεγνή και καθαρή, ορίζεται ως το φαινόμενο του λωτού. Στον ελλαδικό χώρο φυτά με ανάλογη συμπεριφορά με το φύλλο του λωτού είναι το κουνουπίδι, το μπρόκολο, η βιγόνια κτλ. (Σπύρτου, Μάνου, Πέικος, & Παπαδοπούλου, 2018).

Στη βιβλιογραφική επισκόπηση του Μάνου (2020), αναφέρεται ότι η αποθητική ικανότητα του λωτού στο νερό, οφείλεται συνδυαστικά α) στη χημική σύσταση της επιφάνειας και β) στην ιδιαίτερη τοπογραφία της επιφάνειας του φύλλου, στις δύο κλίμακες, μικρο- και νάνο- κλίμακα. Σχετικά με τη χημεία της επιφάνειας, το φύλλο καλύπτεται από κερί που είναι το ίδιο υδρόφοβο. Σε περίπτωση που το κερί αφαιρεθεί μετά από πλύση, η σταγόνα χάνει από την σφαιρικότητά της και, επιπρόσθετα, το φύλλο από την ικανότητα αυτό-καθαρισμού. Ωστόσο, η χημεία της επιφάνειας δεν

¹ <http://pgtnaturegarden.org/wp-content/uploads/2011/05/Water-Drops-on-Lotus-Leaf.jpg>¹

είναι αρκετή, ώστε να δικαιολογούνται οι υψηλές τιμές της γωνίας επαφής στο φύλλο του λωτού. (Song & Zheng, 2017).

Εικόνα 1.2: Σταδιακές μεγεθύνσεις της επιφάνειας του φύλλου του λωτού από

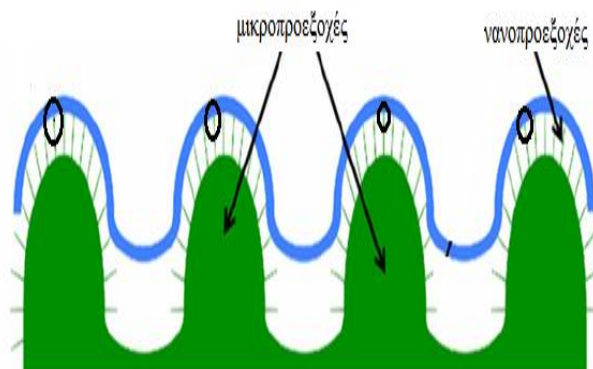


Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM). Αριστερή φωτογραφία: Οι θηλές στην επιφάνεια του φύλλου, τυχαία κατανομημένες. Κεντρική φωτογραφία. Σε μεγαλύτερη μεγέθυνση οι μικροσκοπικές θηλές όπου διακρίνονται οι επιδερμικές προεξοχές μεγέθους νανοκλίμακας πάνω στην επιφάνεια και μεταξύ των θηλών. Δεξιά φωτογραφία. Σε μεγέθυνση οι προεξοχές της νανοκλίμακας (Εικόνες από Li, Ren, & He, 2017, σ. 6).

Η τοπογραφία της επιφάνειας, αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Το φύλλο του λωτού, αν και φαίνεται λείο, παρατηρώντας το μέσω του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, παρατηρείται μια ασυνήθιστα τραχιά δομή (Εικόνα 1.2). Αρχικά, η επιφάνεια του φύλλου είναι καλυμμένη από εκατομμύρια μικροσκοπικές θηλές, άτακτα κατανομημένες, με μια μέση απόσταση μεταξύ τους περίπου στα 20μm, με ύψος περίπου 15μm και διάμετρο περίπου 5-10μm (Lee, 2014).

Επιπρόσθετα, τόσο η επιφάνεια από τις θηλές, όσο και ο χώρος μεταξύ των θηλών καλύπτεται από ακόμα μικρότερες προεξοχές τριχοειδούς σχήματος με τυχαίους προσανατολισμούς, με μέσο ύψος και διάμετρο περίπου 100-500nm και 100-300nm αντίστοιχα. Η αύξηση της τραχύτητας της επιφάνειας του φύλλου του λωτού οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην παραπάνω ιεραρχική δομή μικρο- και νανοκλίμακας. Η σταγόνα να επικάθεται στις κορυφές των υψηλότερων θηλών, εξαιτίας των διαφορών στο ύψος των μικροσκοπικών θηλών. Ο αέρας που παγιδεύεται ανάμεσα στις θηλές και ανάμεσα στις νανοπροεξοχές, ελαχιστοποιεί την επιφάνεια επαφής της σταγόνας με την επιφάνεια. Η επιφάνεια της σταγόνας έρχεται σε επαφή

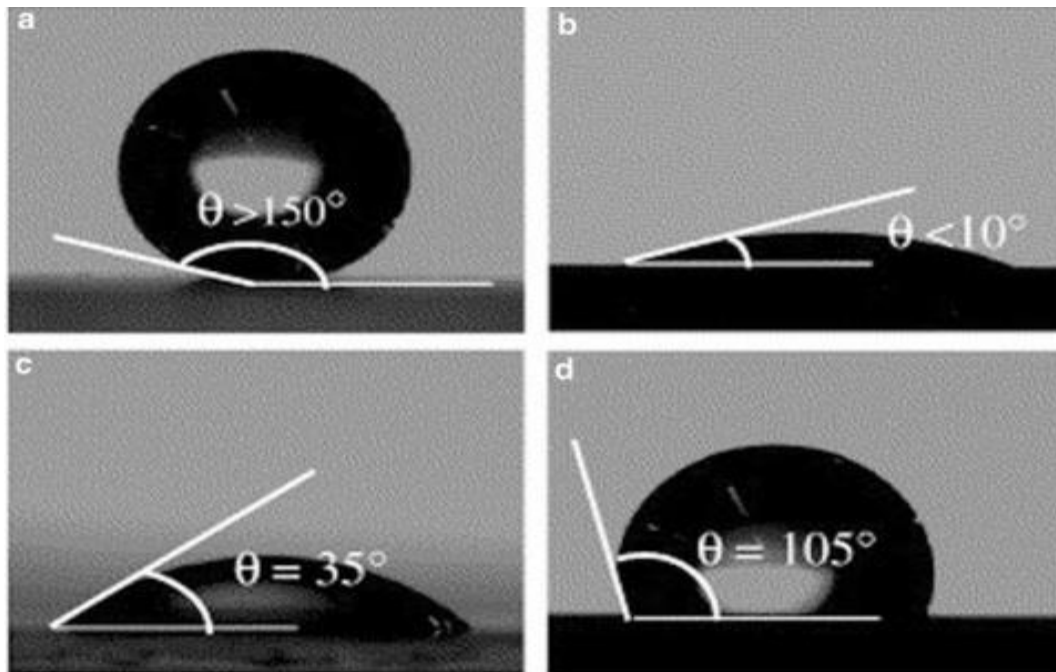
με την επιφάνεια στο φύλλο του λωτού σε ποσοστό 0,6%, με το μέρος που υπολείπεται να είναι πρακτικά στον αέρα (Σχήμα 1.2) (Lee, 2014).



Σχήμα 1.2: Σχήμα για την κατανόηση του κενού χώρου μεταξύ των νάνο- και μικρο-προεξοχών). (Επεξεργασμένο σχήμα από Hobæk, Leinan, Leinaas, & Thaulow, 2011)

Η μείωση της συνάφειας μεταξύ σταγόνας και επιφάνειας εξασφαλίζεται από τη μείωση της επιφάνειας επαφής ανάμεσα στη σταγόνα και την επιφάνεια, λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας. Το αν η σταγόνα θα παραμείνει σφαιρική ή θα απλωθεί κατά μήκος της επιφάνειας, καθορίζεται από τις δυνάμεις συνάφειας. Σε περίπτωση που η δύναμη συνάφειας που ασκείται από την επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από τις δυνάμεις συνοχής που ασκούνται μεταξύ των μορίων νερού της σταγόνας, τότε η σταγόνα θα παραμορφωθεί, θα πάψει να είναι σφαιρική και θα απλώσει στην επιφάνεια. Επιφάνειες, όπως του φύλλου του λωτού, χαρακτηρίζονται από χαμηλή δύναμη συνάφειας, επειδή η χημεία της επιφάνειάς τους και η τοπογραφία, επιτρέπουν στη σταγόνα να παραμείνει σφαιρική (Lee, 2014).

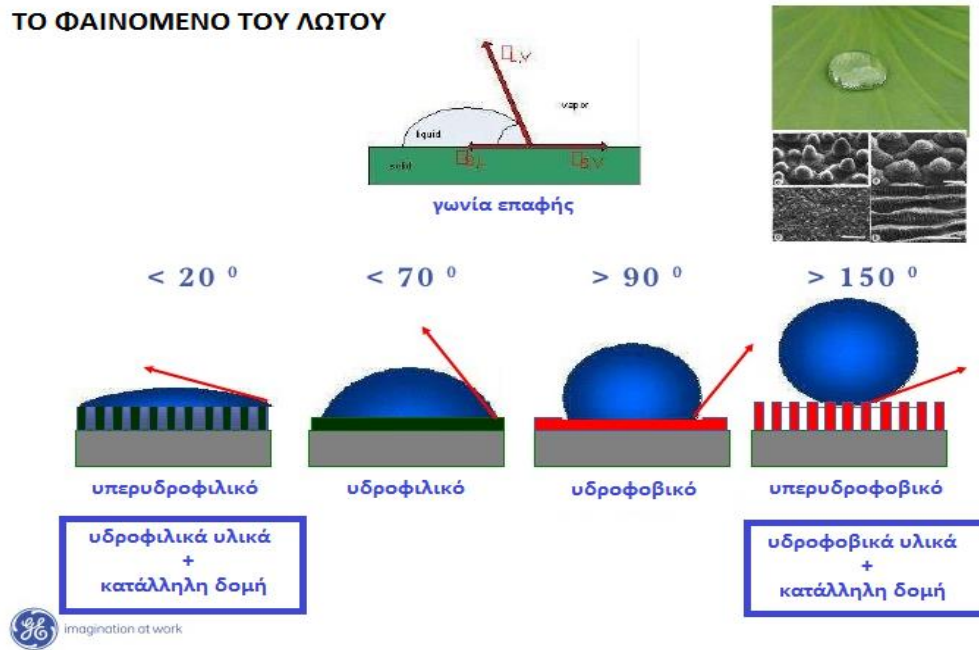
Στη βιβλιογραφία του Μάνου (2020) αναφέρεται ότι η ικανότητα του νερού να βρέχει μια επιφάνεια, εξαρτάται από τη γωνία επαφής μεταξύ της επιφάνειας και του υγρού σημείου, όπου οι τρεις φάσεις (στερεό, υγρό και αέριο) συναντώνται. Υδρόφιλη ορίζεται μια επιφάνεια με μικρή γωνία επαφής ανάμεσα στη σταγόνα και την επιφάνεια. Υδρόφοβη ορίζεται μια επιφάνεια με υψηλές τιμές ανάμεσα στη γωνία επαφής της σταγόνας και την επιφάνεια (εικόνα 1.3) (Lee, 2014).



Εικόνα 1.3 : Γωνίες επαφής μεταξύ σταγόνας και τεσσάρων διαφορετικών επιφανειών. Με βάση τις σημειωμένες τιμές της γωνίας επαφής, στην εικόνα a η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως σουπερϋδρόφοβη, στην εικόνα b σουπερϋδρόφιλη, στην εικόνα c υδρόφιλη, ενώ στην εικόνα d υδρόφοβη. Εικόνα από (Lee, 2014, σ. 57).

Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια χαρακτηρίζεται «υπερϋδρόφιλη», με τη γωνία επαφής να είναι $< 10^\circ$. Ωστόσο, για γωνίες από 10° έως 90° η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως «υδρόφιλη». Για γωνίες μεγαλύτερες από 90° εμφανίζεται απωθητική συμπεριφορά της επιφάνειας προς το νερό. Ειδικότερα, σε γωνίες μεταξύ 90° έως 150° η επιφάνεια χαρακτηρίζεται «υδρόφοβη». Για γωνίες από 150° μέχρι 180° η επιφάνεια χαρακτηρίζεται «υπερϋδρόφοβη» (Εικόνα 1.3). Για τον λωτό συγκεκριμένα, η γωνία επαφής μεταξύ σταγόνας και φύλλου είναι 164° . Κύρια αιτία για τις πολύ μικρές γωνίες που εξασφαλίζουν την κύλιση της σταγόνας είναι η ελάχιστη επιφάνεια επαφής της σταγόνας με την επιφάνεια (Bhushan, 2012) Η γωνία κύλισης στο φύλλο του λωτού, είναι περίπου 3° . Έτσι, καθώς κυλάει η σταγόνα, η γωνία επαφής προώθησης, δηλαδή η γωνία που σχηματίζει το μπροστά μέρος της σταγόνας με την επιφάνεια, είναι μεγαλύτερη από την γωνία επαφής υποχώρησης, δηλαδή τη γωνία που σχηματίζει το πίσω μέρος της σταγόνας με την επιφάνεια). Από τα παραπάνω ορίζεται η γωνία επαφής υστέρησης. Η σταγόνα

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ

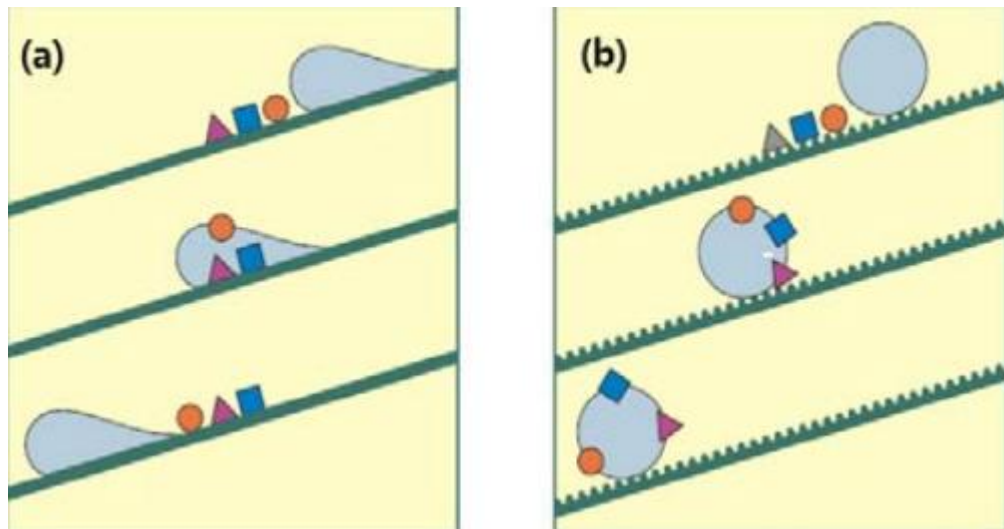


Εικόνα 1.4: Γωνία επαφής και υδροφοβικότητα²

κυλάει αντί να γλιστρήσει σε πολύ μικρές γωνίες κλίσης της επιφάνειας, εξαιτίας χαμηλών τιμών της γωνίας υστέρησης. Για την επιφάνεια του φύλλου του λωτού, η γωνία επαφής προώθησης είναι κοντά στις 160° , ενώ η γωνία επαφής υστέρησης είναι μεγαλύτερη από 150° (Εικόνα 1.4) (Quéré, 2008).

Χαρακτηριστικό των αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών αποτελεί η μικρή γωνία κλίσης, όπου σωματίδια σκόνης και βρωμιάς επικάθονται «όπως ένας φακίρης σε μία επιφάνεια με καρφιά». Ανάμεσα στην επιφάνεια επαφής μεταξύ σωματιδίου και επιφάνειας και κατά συνέπεια στις δυνάμεις συνάφειας, παρατηρείται σημαντική μείωση. Καθώς, κατά μήκος της επιφάνειας, κυλάνε σταγόνες νερού, τα διάφορα σωματίδια βρωμιάς που εντοπίζονται πάνω στην τραχιά επιφάνεια, προσκολλώνται στη σταγόνα. Με αυτόν τον τρόπο απομακρύνονται από την επιφάνεια, δηλαδή πραγματοποιείται ο αυτοκαθαρισμός της, κι έτσι το φυτό προστατεύεται από μικροοργανισμούς βλαβερούς για το φυτό, για παράδειγμα από μύκητες και βακτήρια (Σχήμα 1.3) (Bhushan, 2012).

²<http://image.slidesharecdn.com/manoge9th-100318044540-phpapp01/95/mano-manoharan-ge-nanoenabled-manufacturing-13-728.jpg?cb=1269223870>



Σχήμα 1.3: Μηχανισμός αυτοκαθαρισμού σε δύο διαφορετικές επιφάνειες: (a) υδρόφοβη και (b) υπερυδρόφοβη επιφάνεια. Στην (a) τα διάφορα σωματίδια βρωμιάς και σκόνης απλά ανακατανέμονται, καθώς η σταγόνα κυλάει ανάμεσά τους. Στη (b) επιφάνεια τα σωματίδια προσκολλώνται στην σταγόνα και απομακρύνονται από αυτή. Σχήμα από (Park, Kim, & Park, 2015).

Έχει εκδηλωθεί τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση να σχεδιαστούν επιφάνειες, μιμούμενες το φαινόμενο του λωτού που εντοπίζεται στη φύση, ώστε να μπορούν να δημιουργηθούν υλικά με νέες ιδιότητες και χαρακτηριστικά και έτσι να προκύψουν καινοτόμες εφαρμογές. Έχουν δημιουργηθεί, δηλαδή, προϊόντα για επιφάνειες που χρειάζεται να καθαρίζονται τακτικά, όπως τουαλέτες και αεροπλάνα. Επίσης, αυτό το φαινόμενο βρίσκει ευρεία εφαρμογή, μεταξύ άλλων σε οθόνες κινητών, σε επιστρώσεις ανθεκτικές στη διαβροχή, γέφυρες και άλλες μεταλλικές κατασκευές. Επιπρόσθετα, οι ιδιότητες της N-ET βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή πιο λειτουργικών και «έξυπνων» υφασμάτων, στα οποία όταν ενσωματωθούν νανοσωματίδια αργύρου, αποκτούν αντιμικροβιακές ιδιότητες (Εικόνα 1.5) (Taylor et al. 2008).

Επιπλέον, εντοπίζονται υφάσματα στον τομέα της ένδυσης, στα οποία ενσωματώνεται μια νανοεπιστρώση. Χάρη σε αυτή, τα υφάσματα χαρακτηρίζονται υδροφοβικά. Αν και η χρήση τους μέχρι σήμερα θεωρείται ασφαλής, η μακροχρόνια χρήση τους είναι άγνωστο αν μπορεί να επιφέρει ανεπιθύμητες παρενέργειες. Ήδη από το 2000 καταχωρήθηκε το εμπορικό σήμα Lotus effect (φαινόμενο λωτού), ως

επισήμανση των αυτοκαθαριζόμενων προϊόντων, βασισμένα στον λωτό (Bhushan, 2012).

1.3 Πρακτικές εφαρμογές για το φαινόμενο του λωτού σε δημοτικά σχολεία

Στην εργασία των Πέικος κ.α. (2015α) παρουσιάστηκε εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο, το οποίο αναπτύχθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013. Αποτελέσει μέρος της πιλοτικής εφαρμογής του σε 10 μαθητές της Στ' τάξης από την ευρύτερη περιοχή της Φλώρινας. Το ημερολόγιο του ερευνητή ήταν το εργαλείο για τη συλλογή δεδομένων. Η παρέμβαση περιελάμβανε μεταξύ άλλων βίντεο και εικόνες που αφορούσαν αντικείμενα και φαινόμενα του νανόκοσμου. Αποτελούνταν από 5 δίωρα διδασκαλίας εκ των οποίων το 4^ο είχε τίτλο: «Από τον νανόκοσμο της φύσης στον νανόκοσμο της τεχνολογίας». Περιλαμβάνονταν τέσσερις δραστηριότητες για το φαινόμενο του λωτού: α) Πειραματισμός με υδρόφοβα και υδρόφιλα υλικά, β) Πολυτροπική αφίσα για το φαινόμενο του λωτού, γ) Βίντεο για το φαινόμενο του λωτού και δ) Κατασκευή μοντέλου για το φαινόμενο του λωτού. Από τα αποτελέσματα διαφάνηκε πως οι δραστηριότητες για το Φαινόμενο του λωτού είχαν θετική εφαρμοσιμότητα συνολικά.

Στην έρευνα του Πέικου και των συνεργατών του (2015β) παρουσιάστηκε η ανάπτυξη και η αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς (ΔΜΣ) για τη διδασκαλία της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET) στο δημοτικό σχολείο, η οποία δομήθηκε με βάση τα αποτελέσματα προηγούμενης πιλοτικής εφαρμογής (Πέικος, Μάνου, Σπύρτου 2015α), με δείγμα 15 μαθητές της Στ' τάξης. Η ΔΜΣ περιελάμβανε 6 διδακτικά δίωρα με το 5^ο να αφορά τη διερεύνηση των μαθητών σε υδρόφοβα α) φυσικά υλικά όπως φύλλο λάχανου, β) τεχνητά, όπως υδρόφοβα υφάσματα, και γ) κατασκευή αντίστοιχων μοντέλων. Το διδακτικό-μαθησιακό περιβάλλον της ΔΜΣ ήταν διερευνητικού χαρακτήρα και συνδύαζε χειραπτικές δραστηριότητες με ΤΠΕ. Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων ήταν: α) ερωτηματολόγιο ως αρχική και τελική μέτρηση, β) ημιδομημένη συνέντευξη ως τελική μέτρηση για το περιεχόμενο και τα μοντέλα και γ) ημερολόγιο του ερευνητή για την αξιολόγηση της εφαρμογής των δραστηριοτήτων της ΔΜΣ. Τα αποτελέσματα

της μάθησης χαρακτηρίστηκαν ως θετικά και αφορούσαν μεταξύ άλλων και την περιγραφή του φαινομένου της υδροφοβικότητας.

Στη βιβλιογραφική επισκόπηση των Πείκου, Μάνου και Σπύρτου (2015α) που αφορά σε εκπαιδευτικές προτάσεις για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στην τυπική και στη μη τυπική εκπαίδευση, παρουσιάστηκαν και οι εξής δύο:

α) Το NanoAventura αναπτύχθηκε στο μουσείο φυσικών επιστημών “Exploratory Science Museum” της Βραζιλίας με σκοπό τη δημιουργία μιας διαδραστικής έκθεσης για τη νανοτεχνολογία, ιδανική για παιδιά ηλικίας 9-12. Στο εκπαιδευτικά υλικά περιλαμβάνονταν βίντεο, ηλεκτρονικά παιχνίδια, μουσική και προσομοιώσεις όπου οι μαθητές έπρεπε να «εισβάλλουν» στον «νανοσκοπικό κόσμο», αποσκοπώντας στη μάθηση και την ψυχαγωγία. Ανάμεσα στο περιεχόμενο το οποίο διαπραγματεύτηκαν ήταν και οι αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες.

β) Τα NanoDays είναι διεθνή φεστιβάλ που περιλαμβάνουν εκπαιδευτικά προγράμματα για τη νανοτεχνολογία. Με αφετηρία το 2008, έχει παρουσιαστεί σε περισσότερα από 250 μουσεία φυσικών επιστημών μέχρι και σήμερα. Τα φεστιβάλ στοχεύουν στην εμπλοκή του κόσμου σε θέματα που αφορούν το μέγεθος, τις ιδιότητες και τις νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με τη νανοκλίμακα. Μέσω χειραπτικών δραστηριοτήτων και συζητήσεων, όλα τα παιδιά -ανεξαιρέτως ηλικίας- εξερευνούν θέματα του νανόκοσμου, για παράδειγμα την υδροφοβικότητα, αλλά και τα οφέλη και τους κινδύνους που ενδέχεται να προκύπτουν από τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας (www.nisenet.org).

Στη βιβλιογραφική επισκόπηση του Μάνου και των συνεργατών του (2015) γίνεται αναφορά στο παρακάτω πρόγραμμα εκπαίδευσης: Η Lin et al. (2015) σχεδίασαν σε μαθητές δημοτικού ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη N-ET στην Ταϊβάν. Αυτό περιελάμβανε τις εξής θεματικές ενότητες: α) «νανοφαινόμενα στον φυσικό κόσμο», β) «νανοϋλικά και φαινόμενα κλίμακας», γ) «ορισμοί, χαρακτηριστικά και εφαρμογές της νανοτεχνολογίας». Εστιάζοντας στην πρώτη θεματική ενότητα, το περιεχόμενο αφορούσε την αναγνώριση νανοφαινομένων, όπως το φαινόμενο του λωτού, το ιριδίζον χρώμα των φτερών συγκεκριμένων ειδών πεταλούδας και σχετικές

εφαρμογές. Επιπρόσθετα, οι μαθητές κλήθηκαν να αντιληφθούν επιστημολογικές όψεις, για παράδειγμα τη φύση της ερευνητικής μεθόδου στο τομέα της Νανοτεχνολογίας.

Στην εργασία των Τζίμα και Πέικου (2017) παρουσιάστηκαν ορισμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης, για το «φαινόμενο του λωτού» στην Α/θμια εκπαίδευση. Οι δραστηριότητες μεταξύ άλλων περιελάμβαναν: α) μοντελοποίηση β) πειραματισμό με εφαρμογές της νανοτεχνολογίας όπως υπερυδροφοβα υφάσματα και υλικά της καθημερινότητας γ) χρήση ΤΠΕ δ) δημιουργία αφίσας και ε) έκθεση μοντέλων σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Την κοινότητα μάθησης αποτελούσαν μια προπτυχιακή φοιτήτρια, ερευνητές της ΔΦΕ και έξι μαθητές της Ε΄ τάξης ενός ημιαστικού σχολείου στη Φλώρινα. Η διάρκεια υλοποίησης ήταν επτά δίωρα μαθήματα. Εργαλείο συλλογής των δεδομένων αποτέλεσαν οι γραπτές σημειώσεις που κρατούσε η φοιτήτρια κατά την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές. Στο πρώτο δίωρο μεταξύ άλλων έγινε προβολή βίντεο σχετικά με φυσικές και τεχνητές υπερυδροφοβες επιφάνειες και αποφασίστηκε από κοινού η κατασκευή μοντέλου υπερυδροφοβης μπλούζας. Στα επόμενα τέσσερα δίωρα βρισκόταν σε εξέλιξη η κατασκευή του μοντέλου μέσα από αναθεωρήσεις και επαναδιαπραγματεύσεις για την απεικόνισή του. Στο έβδομο και τελευταίο δίωρο, οι μαθητές ασκήθηκαν στην δεξιότητα παρουσίασης των εκθεμάτων τους. Συμπερασματικά, οι διερευνητικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο σχολικό περιβάλλον και η παρουσίαση σε ευρύ ακροατήριο, προκάλεσαν το ενδιαφέρον τους, και συνέβαλαν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης, παρατήρησης, επικοινωνίας και συνεργασίας.

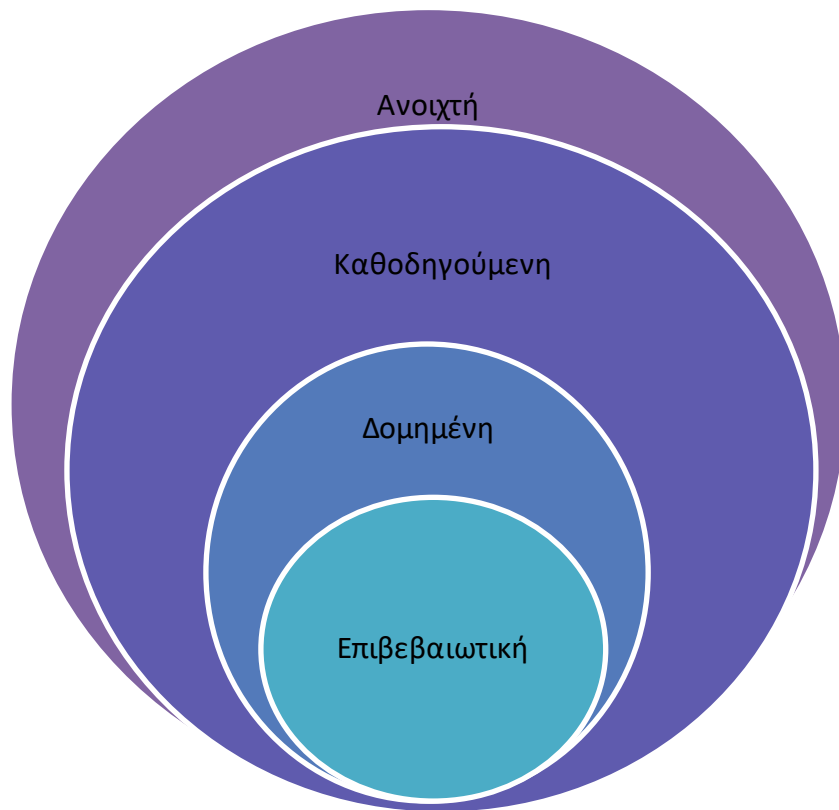
Στην εργασία των Πέικου, Σπύρτου και Μάνου (2017) παρουσιάζεται η εφαρμογή μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για Ν-ΕΤ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Σε προηγούμενη εργασία είχε περιγραφεί η πιλοτική εφαρμογή και αξιολόγηση της ΔΜΑ (Πέικος κ.α. 2015β), ωστόσο στην παρούσα στόχος ήταν η εφαρμογή και αξιολόγηση της κανονικής ΔΜΑ. Δείγμα αποτέλεσαν 22 μαθητές της Στ΄ τάξης. Σε έξι δίωρα διδασκαλίας συμπεριλήφθηκαν δραστηριότητες που διαπραγματεύονταν θεματικές του Νάνο, όπως το φαινόμενο της υπερυδροφοβικότητας και δραστηριότητες για το φαινόμενο του λωτού. Στόχος ήταν οι

μαθητές να περιγράφουν και να χρησιμοποιούν επιστημονική ορολογία, όπως νανοεξογκώματα και υδροφοβικότητα. Ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων αποτέλεσε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι «παρόλο που οι αρχικές ιδέες και γνώσεις των μαθητών για το περιεχόμενο της N-ET ήταν πρώιμες και περιορισμένες, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ οι περισσότεροι από αυτούς βελτίωσαν τον νανογραμματισμό τους».

1.4 Το διδακτικό-μαθησιακό περιβάλλον της διερεύνησης

Η διερεύνηση ορίζεται ως ο τρόπος που εργάζονται οι επιστήμονες. Συμπεριλαμβάνονται και οι δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές, από τις επιστημονικές έννοιες, μέχρι και τις επιστημονικές διαδικασίες (NRC, 2000). Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) διαμορφώνεται σε δύο κατηγορίες: α) τη διερεύνηση ως μέσο (inquiry as means) που αφορά τη διδακτική προσέγγιση και στους μαθητές αναπτύσσεται κατανόηση για ένα περιεχόμενο των ΦΕ και β) στη διερεύνηση ως σκοπό (inquiry as ends), όπου ως τελικό σκοπός της διδασκαλίας πιθανόν να ορίζεται η ίδια και οι μαθητές μαθαίνουν να εμπλέκονται στη διαδικασία διερεύνησης στο περιεχόμενο των ΦΕ. Επιπρόσθετα, όσον αφορά τη φύση της επιστήμης και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης, εμφανίζουν αναπτυγμένη επιστημολογική κατανόηση. Τέλος, οι μαθητές ασκούνται σε επιστημονικές δεξιότητες, για παράδειγμα στην κατασκευή μοντέλων και την ανάπτυξη ερμηνειών (Abd-El-Khalick et al., 2004).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση του Πέικου (2016) καταγράφονται διάφορες μορφές διερεύνησης. Ο βαθμός κατά τον οποίο ο δάσκαλος παρέχει τις πληροφορίες στους μαθητές, είναι το στοιχείο που διαφοροποιεί τις μορφές της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Science Education in Europe (Forsthuber, Motiejunaite & Coutinho, 2011), όπου αναφέρονται οι εξής τέσσερις διερευνητικές προσεγγίσεις: α) επιβεβαιωτική διερεύνηση β) δομημένη διερεύνηση γ) καθοδηγούμενη διερεύνηση και δ) ανοιχτή διερεύνηση. Διαπιστώνεται μεταξύ των προσεγγίσεων αυτών ότι η επιβεβαιωτική διερεύνηση συνάδει με την παραδοσιακή διδασκαλία, ενώ στην ανοιχτή διερεύνηση οι μαθητές θέτουν οι ίδιοι ερωτήματα, διαλέγουν την μέθοδο διερεύνησης και, τέλος, προτείνουν λύσεις (Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4: Μορφές διερεύνησης

Ο βαθμό καθοδήγησης του μαθητή από τον εκπαιδευτικό κατά τη διερεύνηση, αποτελεί σημαντικό ζήτημα. Σύμφωνα με το NRC (2000), ο βαθμός καθοδήγησης ορίζεται από τα μαθησιακά αποτελέσματα στα οποία αποσκοπεί η διδασκαλία. Αν, για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός στοχεύει στη μάθηση εννοιών για ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο των ΦΕ, τότε πιο κατάλληλη ορίζεται η καθοδηγούμενη διερεύνηση. Όμως, αν ως στόχος της διδασκαλίας τίθεται η γνωστική ανάπτυξη και οι επιστημονικοί συλλογισμοί, ενδείκνυται μια πιο ανοιχτή μορφή διερεύνησης. Αξίζει να σημειωθεί πως οι μαθητές κατά τη διάρκεια της σχολικής τους ζωής, είναι απαραίτητο να έχουν ευκαιρίες εμπλοκής στους τύπους διερεύνησης στα μαθήματα των ΦΕ (Πέικος, 2016).

Σήμερα, στη διδασκαλία των ΦΕ, προωθούνται οι διερευνητικές προσεγγίσεις. Η δημόσια κατανόηση της επιστήμης, είναι το καινοτομικό σημείο των αναλυτικών προγραμμάτων. Στόχος είναι να αποκτήσουν οι μαθητές επίγνωση της διαδικασίας

κατασκευής και εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης. Τα μοντέλα ενισχύουν την επίτευξη του παραπάνω στόχου, καθώς μια από τις βασικές διαδικασίες της επιστήμης είναι η κατασκευή μοντέλων (Πείκος, 2016).

1.5 Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ)

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κυριότερα σημεία που αφορούν στην εννοιολογική προσέγγιση της ΠΓΠ και βασικά στοιχεία διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ, εξ ολοκλήρου σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση της διδακτορικής διατριβής της Χαϊτίδου (2019).

1.5.1 Εννοιολογική προσέγγιση της ΠΓΠ

Στην εκπαιδευτική έρευνα, και πιο συγκεκριμένα στην προετοιμασία των μελλοντικών εκπαιδευτικών, διακρίνεται μια ασυνέχεια μεταξύ της γνώσης τους που αφορά το επιστημονικό περιεχόμενο και της γενικής παιδαγωγικής γνώσης (το πώς να διδάσκει κανείς ανεξαρτήτως περιεχομένου). Μια απόπειρα «γεφύρωσης» αυτής της ασυνέχειας ήταν η εισαγωγή του όρου Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) από τον Shulman (1987). Ο συνδυασμός του Περιεχομένου με την Παιδαγωγική συνοψίζεται με τον όρο Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, έτσι ώστε ένα συγκεκριμένο θέμα ή πρόβλημα του Περιεχομένου που πρόκειται να διδαχθεί, να μετασχηματίζεται με βάση τις ικανότητες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών (Shulman 1987).

Στον χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών έχουν αναφερθεί ποικίλοι ορισμοί για την έννοια της ΠΓΠ. Ενδεικτικά, οι Baxter & Lederman (1999) αναφέρουν την ΠΓΠ ως «μια τόσο εσωτερική όσο και εξωτερική κατασκευή, μιας και εμπερικλείει για έναν εκπαιδευτικό το «τι γνωρίζει, τι κάνει, καθώς και τη λογική των πράξεών του». Αρκετά χρόνια αργότερα, οι Otto & Everett (2013) ορίζουν την έννοια της ΠΓΠ ως «το αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης τριών τύπων γνώσης: α) παιδαγωγικής γνώσης (διδακτικές στρατηγικές), β) γνώσης περιεχομένου (π.χ., μαθησιακούς στόχους), και γ) γνώσης πλαισίου (δηλαδή την περιγραφή της τάξης και του σχολικού περιβάλλοντος)».

Επιπρόσθετα, υποστηρίζεται από τους Baxter & Lederman (1999) ότι η ΠΓΠ ΦΕ, αφορά -εκτός από τη γνώση που κατέχει ένας εκπαιδευτικός- και τις δεξιότητες που κατακτά μέσω της εμπειρίας του στην τάξη, «οι οποίες και θα τον βοηθήσουν να επικοινωνήσει τη γνώση αυτή στους μαθητές του». Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται σε «δεξιότητες διδασκαλίας» (teaching skills), για παράδειγμα οι «δεξιότητες διαχείρισης τάξης» (classroom management) ή οι «δεξιότητες μεταφοράς γνώσης» (knowledge transmission skills), όπως αποσαφηνίζονται από τον Geddis (1993).

Ανεξάρτητα από αυτές τις δεξιότητες, αξίζει «οι εκπαιδευτικοί να αποκτήσουν τη δεξιότητα να ερευνούν το πώς αλληλεπιδρά η γνώση της παιδαγωγικής με τη γνώση συγκεκριμένου περιεχομένου, ώστε το τελευταίο να μετασχηματιστεί για να γίνει κατανοητό από συγκεκριμένους μαθητές». Τέλος, μέσω της ΠΓΠ αναγνωρίζεται η σημαντικότητα του μετασχηματισμού του περιεχομένου σαν διαδικασία, αλλά του αναστοχασμού για τον τρόπο επίτευξής του (Geddis, 1993).

Στη Σύνοδο για την ΠΓΠ³ εικοσιτέσσερις ερευνητές από επτά χώρες, εισήγαγαν την έννοια της PCK & S (Pedagogical Content Knowledge and Skills), επισημαίνοντας έτσι την αξία των δεξιοτήτων ενός εκπαιδευτικού. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της διάστασης των δεξιοτήτων «γεφυρώνεται η διαφορά ανάμεσα στο τι γνωρίζει ένας εκπαιδευτικός και στο τι είναι ικανός να κάνει, δηλαδή τις δεξιότητες της διδασκαλίας (skills of teaching)». Συνεπώς, «η γνώση του περιεχομένου αποτελεί μεν αναγκαία συνθήκη, χωρίς δε να ορίζεται ως ικανή για τη διδασκαλία. Επιπρόσθετα, το γεγονός πως ένας εκπαιδευτικός αναγνωρίζει/γνωρίζει μια διδακτική στρατηγική, δεν σημαίνει πως έχει και τη δεξιότητα να την εφαρμόσει αποτελεσματικά μέσα στην τάξη» (Gess-Newsome, 2015).

Σε ότι αφορά τα συστατικά των Μοντέλων της ΠΓΠ των ΦΕ από τη βιβλιογραφική επισκόπηση της Χαϊτίδου (2019), αναγνωρίστηκαν 9 διακριτά συστατικά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

³ PCK Summit, 20 -26 October 2012, Colorado Springs, Colorado, USA <http://pcksummit.bsces.org/>

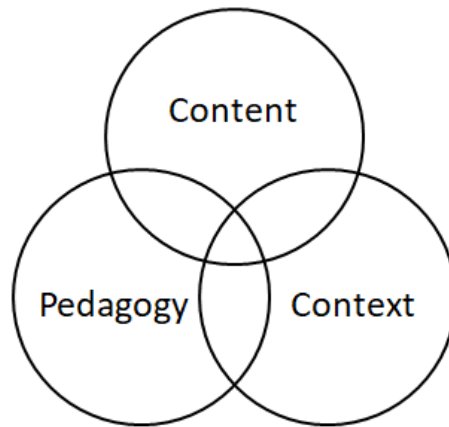
α/α	Συστατικό
1	Γνώση για τους μαθητές
2	Γνώση Διδακτικών Στρατηγικών
3	Γνώση Πλαισίου
4	Γνώση Περιεχομένου
5	Γνώση Αναλυτικού Προγράμματος
6	Παιδαγωγική Γνώση
7	Γνώσεις και απόψεις για τον προσανατολισμό της διδασκαλίας ΦΕ
8	Γνώση για τα στοιχεία και τους τρόπους αξιολόγησης
9	Αυτοαποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού

Πίνακας 1.1: Τα συστατικά της ΠΓΠ των ΦΕ (πίνακας από διδακτορική διατριβή της Χαϊτίδου, 2019)

Κατά καιρούς έγιναν πολλές απόπειρες μοντελοποίησης της έννοιας της ΠΓΠ, με βασικό στοιχείο την περιγραφή των συστατικών που την αποτελούν (Park & Oliver, 2008a). Από τις απόπειρες για στις ΦΕ, χαρακτηριστική είναι αυτή των Otto & Everett (2013). Με τη χρήση ενός διαγράμματος τύπου Venn (Σχήμα 1.5), αποπειράθηκαν να εισάγουν την έννοια της ΠΓΠ σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο διάγραμμα «διακρίνονται τρεις κύκλοι, όπου κάθε κύκλος αντιπροσωπεύει μια σφαίρα γνώσης: Παιδαγωγική, Πλαισίου και Περιεχομένου. Η ΠΓΠ είναι το αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης των τριών σφαιρών γνώσης. Επίσης, αναπαριστώνται και οι αλληλεπιδράσεις των σφαιρών γνώσης ανά δύο (Παιδαγωγική/Περιεχόμενο, Παιδαγωγική/Πλαίσιο και Πλαίσιο/Περιεχόμενο)» (Χαϊτίδου, 2019).

Πιο συγκεκριμένα, η Παιδαγωγική σχετίζεται με τη γνώση των διδακτικών στρατηγικών, το Πλαίσιο με την περιγραφή της τάξης και του σχολείου και το Περιεχόμενο με τους μαθησιακούς στόχους. Η αλληλεπίδραση «Παιδαγωγική/Πλαίσιο» αφορά τη γνώση του εκπαιδευτικού για τους απαιτούμενους πόρους των δραστηριοτήτων, η αλληλεπίδραση «Παιδαγωγική/Περιεχόμενο» τις μεθόδους επίτευξης ειδικών μαθησιακών αποτελεσμάτων και η αλληλεπίδραση «Περιεχόμενο/Πλαίσιο» τη γνώση του εκπαιδευτικού για το μαθησιακό προφίλ των μαθητών για ένα περιεχόμενο.

Επιπρόσθετα, στην ΠΓΠ ενσωματώνονται και τα τρία συστατικά. (Otto & Everett, 2013).



Σχήμα 1.5: Το μοντέλο ΠΓΠ κατά Otto & Everett (2013) (Χαϊτίδου, 2019)

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι «η ΠΓΠ είναι μια γνώση που αναπτύσσεται στους εκπαιδευτικούς με την εμπειρία και αφορά στη διδασκαλία μιας συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας με έναν συγκεκριμένο τρόπο, με στόχο να βοηθήσει τη μάθηση συγκεκριμένων μαθητών και αναπτύσσεται μέσω του αναστοχασμού μετά ή κατά τη δράση» (Χαϊτίδου, 2019).

1.5.2 Διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ

Σύμφωνα με τους Παραενρίδου et al. (2017), οι εκπαιδευτικοί δεν εμπλέκουν ικανοποιητικά στοιχεία διερεύνησης κατά τη διδασκαλία τους. Η έλλειψη γνώσης σχετικά με τη διερεύνηση, οι δασκαλοκεντρικές αντιλήψεις και η έλλειψη δεξιοτήτων για τη διεξαγωγή διερευνητικού τύπου διδασκαλίας τους απομακρύνουν από τέτοιου είδους πρακτικές. Συνεπώς, αποτελεί επιτακτική ανάγκη οι εκπαιδευτικού να στοχεύσουν στην κατανόηση της διερεύνησης ως μέθοδο διδασκαλίας και επιπλέον να είναι ικανοί να αξιολογούν οι ίδιοι τις δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές χρήζουν βοήθειας (π.χ. στην αναζήτηση πληροφοριών, στην αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων, στη μοντελοποίηση) (Παραενρίδου et al., 2017).

Παρακάτω, αναφέρονται τα κυριότερα σημεία από έρευνες σχετικές με τη διερεύνηση και την ΠΓΠ:

α) Η έρευνα των Alake-Tuenter et al. (2012) αφορούσε στη δημιουργία ενός προφίλ επαγγελματικών δεξιοτήτων, απαραίτητων για τις διερευνητικού τύπου διδασκαλίες στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση των Κάτω Χωρών. Προχώρησαν σε βιβλιογραφική επισκόπηση από την οποία δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες: α) γνώση περιεχομένου, β) ΠΓΠ και γ) στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στην επαγγελματική ανάπτυξη. Σε καθεμιά από αυτές ταξινομήθηκαν στοιχεία των δεξιοτήτων, απαραίτητα για μια διερευνητικού τύπου διδασκαλία. Αναφορικά για την ΠΓΠ, η ομάδα δεξιοτήτων για μια αποτελεσματική διδασκαλία των ΦΕ περιλαμβάνει στοιχεία, όπως η προετοιμασία του μαθήματος και η επιλογή των υλικών.

β) Οι Papevripidou et al. (2017) αναγνώρισαν -μέσω της έρευνας των εκπαιδευτικών υλικών που χρησιμοποίησαν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί (σχέδια μαθήματος, υλικά, φύλλα εργασίας) - τις εξής πέντε διαστάσεις της ΠΓΠ για τη διερευνητική διδασκαλία και μάθηση: α) ο προσανατολισμός του σχεδιασμού της διδασκαλίας (π.χ. σχεδιασμός διδασκαλίας με βάση τη μεταφορά ή τη διερεύνηση), β) ο βαθμός και ο τύπος αναδόμησης του Αναλυτικού Προγράμματος (π.χ. εμπλουτισμός Αναλυτικού Προγράμματος με δραστηριότητες διερεύνησης, γ) ο τύπος των δραστηριοτήτων διερεύνησης (π.χ. καθοδηγούμενες ή ανοιχτού τύπου διερευνητικές δραστηριότητες), δ) ο κυκλικός σχεδιασμός της διερευνητικής διδασκαλίας (π.χ. γραμμικά σχεδιασμένη διδασκαλία ή αναστοχασμός μαθητών σχετικά με το τι έχουν κάνει), ε) αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών (αξιολόγηση μέσω κλειστού τύπου ερωτήσεων ή μέσω δραστηριοτήτων).

γ) Σε σχετική έρευνα των Park et al. (2011) αναδείχθηκε ότι δύο συστατικά της ΠΓΠ -η γνώση για τους μαθητές και η γνώση των διδακτικών στρατηγικών- σχετίζονται με την υλοποίηση διδασκαλίας διερευνητικής προσέγγισης. Επιπλέον, διαπίστωσαν πως υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες ένας εκπαιδευτικός να εφαρμόσει διερευνητικού τύπου διδασκαλία όταν επικεντρώνεται στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές του για ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο και εστιάζει στις διδακτικές στρατηγικές για την αντιμετώπισή τους.

δ) Ο Nuangchalem (2012), αναφέρει ότι η μάθηση βασισμένη στην διερεύνηση πρέπει να ενσωματωθεί στην προετοιμασία των εκπαιδευτικών, και επιπλέον τόνισε ότι «η ανάπτυξη της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών θα μπορούσε να υποστηριχθεί από την ενασχόλησή τους με εκπαιδευτικά θέματα όπως η φύση της επιστήμης και το Αναλυτικό Πρόγραμμα των θετικών επιστημών».

Συνεπώς, η γνώση των διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ για τη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου περιεχομένου αποτελεί προϋπόθεση για την εφαρμογή διερευνητικής διδασκαλίας από τους εκπαιδευτικούς (Papaenripidou et al., 2017) και οι εκπαιδευτικοί που αναστοχάζονται, αλλά και ενημερώνονται από προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης διερευνητικής κατεύθυνσης, αυξάνουν τις πιθανότητες για εφαρμογή της διερεύνησης κατά τη διδασκαλία (Χαϊτίδου, 2019).

Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι η ενσωμάτωση της ρητή εισαγωγή της ΠΓΠ στα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών θα ενισχύσει αφενώς την ανάπτυξή της και αφετέρου την επαγγελματική τους εξέλιξη (Wallace & Loughran, 2012). Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η ρητή εισαγωγή της ΠΓΠ να αφορά τη διδασκαλία των διακριτών συστατικών της, όπως και των αλληλεπιδράσεών τους (Abell et al., 2009). Αυτό είναι πιθανόν να συμβεί μέσω ενός μοντέλου (Μοντέλο Ενσωμάτωσης) με το οποίο τα διακριτά συστατικά μπορούν να διδαχθούν είτε ξεχωριστά, είτε στις αλληλεπιδράσεις τους, και, με την εμπειρία και τον αναστοχασμό, να ενδυναμώνεται η ανάπτυξη και η ενσωμάτωσή τους (Gess-Newsome, 1999).

Κατά συνέπεια, η ΠΓΠ μπορεί να αναγνωριστεί ως ένα πολύτιμο σύνολο γνώσεων στα προγράμματα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών με σκοπό της ανάδειξη της επαγγελματικής τους γνώσης, αλλά και να επηρεάσει την εξέλιξη της πρακτικής τους (Wallace & Loughran, 2012). Επομένως, η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών ενισχύεται από τη ρητή διδασκαλία της ΠΓΠ στο πλαίσιο προγραμμάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, καθώς, και από την παρουσίαση παραδειγμάτων διδασκαλίας διερευνητικού τύπου στο σχολικό περιβάλλον (Park et al., 2011).

1.6 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών

Η Δημητριάδου (2016) αναφέρεται στη διαρκή μεταβολή των κοινωνικών και όχι μόνο δεδομένων στον σύγχρονο κόσμο που δημιουργεί την ανάγκη για συνεχείς αλλαγές. Από αυτό προκύπτουν διαρκώς νέες μαθησιακές ανάγκες. Ανάμεσα στις αλλαγές και τις προτεραιότητες που θέτονται για να καλυφθούν οι αυτές οι ανάγκες, είναι η ενίσχυση των αποτελεσμάτων της σχολικής μάθησης και πιο συγκεκριμένα, οι δεξιότητες που συνδέονται με τα επαγγέλματα, αλλά και η εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Στο πλαίσιο αυτό, δηλαδή, αλλάζουν και οι επαγγελματικές απαιτήσεις από τον εκπαιδευτικό και ο ίδιος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του μετασχηματισμού στη διαμόρφωση της εκπαίδευσης. Έτσι, μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις που χρειάζεται να πληροί είναι «η κατοχή ενός σώματος συστηματικής γνώσης» και η ανάπτυξη ειδικών δεξιοτήτων για τον μετασχηματισμό της γνώσης αυτής σε σχολική γνώση. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός δύναται να ορίσει ένα προσωπικό πλαίσιο, ώστε να ορίζει κάθε όψη της εκπαιδευτικής του παρουσίας. Υπό την έννοια αυτή, η επαγγελματική ανάπτυξη του εκπαιδευτικού σχετίζεται με την ενδυνάμωση της επαγγελματικής του ταυτότητας (Μάνου, 2020).

1.6.1 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών και ΠΓΠ

Η εναρμόνιση της θεωρίας με την πράξη, έτσι ώστε να αναπτύσσει την επαγγελματική τους επάρκεια ορίζεται ως ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί μοιάζει να έχουν άφθονη εμπειρία ως μαθητευόμενοι, όμως ελάχιστη εμπειρία στη διαχείριση δραστηριοτήτων εντός της τάξης. Κατά συνέπεια, αυτό οδηγεί σε μη ρεαλιστικές προσδοκίες κατά τον σχεδιασμό μιας διδασκαλίας για το τι μπορούν να κάνουν όσον ως προς το περιεχόμενο του μαθήματος, την οργάνωση και τον χρόνο. Επιπλέον, ασχολούνται, ως επί το πλείστον, με θέματα διαχείρισης και ελέγχου της τάξης. Επομένως, είναι απαραίτητο η πρακτική εμπειρία να ενισχύεται θεωρητικά από την ανάλυση περιπτώσεων που θα περιλαμβάνουν ρεαλιστικά, παισιωμένα παραδείγματα, βασισμένα στην έρευνα για εκπαιδευτικά ζητήματα. (De Jong & Van Der Valk, 2007).

Επιπλέον, το σύνολο των μελετών που αφορούν στη γνώση για τη διδασκαλία αναπόφευκτα εμπλέκουν και την έννοια της ΠΓΠ, η οποία αναπτύσσεται μέσα από μια διαδρομή εδραιωμένη στην πρακτική της τάξης (Χαϊτίδου, 2019), με τον Καριώτογλου (2006) να αναφέρει χαρακτηριστικά: «Η ΠΓΠ αναπτύσσεται σε έμπειρους εκπαιδευτικούς μέσα από μια κυκλική διαδικασία κατανόησης, κριτικής θεώρησης των ιδεών ή του κειμένου που θα διδαχθεί, μετασχηματισμό του περιεχομένου, όπως κατανοείται από τον εκπαιδευτικό, διδασκαλίας και αξιολόγησης των μαθητευόμενων, αναστοχασμού πάνω στην εμπειρία τους με στόχο μια νέα κατανόηση».

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση της Χαϊτίδου (2019), η ΠΓΠ μπορεί να διδαχθεί με αποδέκτες αρχάριους εκπαιδευτικούς και να είναι ο πιο κομβικός παράγοντας διάρθρωσης ενός προγράμματος επαγγελματικής ανάπτυξης. Σχετικά με αυτό, οι εποικοδομητικές αντιλήψεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση ΦΕ, αποδεικνύονται πολύτιμοι σταθμοί στην ανασυγκρότηση των προγραμμάτων εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Αξίζει να επισημανθεί, επιπλέον, ότι η ΠΓΠ έχει αξιοποιηθεί από αρκετούς εκπαιδευτές εκπαιδευτικών ΦΕ ως πλαίσιο σχεδιασμού των προγραμμάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών.

Στον ελληνικό χώρο, εφαρμόστηκε μια πρόταση για την ανάπτυξη της ΠΓΠ στις ΦΕ σε συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο, δηλαδή στα ρευστά και στην πίεση, σε φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Καριώτογλου, 2006). Η πρόταση αυτή αποτελεί μια απόπειρα «σύνθεσης των σημαντικότερων βιβλιογραφικών προτάσεων» και στηρίζεται σε τέσσερις αρχές «μη γραμμικά συνδεδεμένες», οι οποίες αποτελούν ένα «δυναμικό δίκτυο αλληλεπιδράσεων». Η πρώτη αρχή αφορά στο «διδασκτικό μετασχηματισμό» του περιεχομένου, δηλαδή, μετατροπή της επιστημονικής γνώσης σε γνώση κατάλληλη για να διδαχθεί, κυρίως με απλοποίηση του επιστημονικού προτύπου. Η δεύτερη αρχή αναφέρεται στη «διδασκτική αξιοποίηση» των ιδεών των μαθητευόμενων, μετά την ταξινόμηση και μοντελοποίηση, ενώ η τρίτη αρχή σχετίζεται με την επιλογή του πεδίου εφαρμογών -πειραμάτων και φαινομένων- και «σχετίζεται ισοδύναμα» με τις δύο προηγούμενες. Τέλος, η τέταρτη αρχή αφορά στο συνδυασμό «κατάλληλων διδασκτικών μοντέλων» για την υλοποίηση της διδασκαλίας. Σύμφωνα με τον Καριώτογλου (2006), ο μη γραμμικός σχεδιασμός των τεσσάρων αρχών «είναι σε συμφωνία με την

επικοινωνιακή προσέγγιση». Η εφαρμογή της παραπάνω πρότασης γίνεται με τον συνδυασμό των κατάλληλων διδακτικών μεθόδων μέσα από ένα σύνολο που περιλαμβάνει την «πολλαπλή γνωστική ενίσχυση» των διαισθητικών ιδεών των μαθητευομένων που βρίσκονται κοντά στις επιστημονικές και τη «γνωστική σύγκρουση» για όσες ιδέες αποκλίνουν σημαντικά από τις επιστημονικές. Η «καθοδηγούμενη ομαδοσυνεργατική διδασκαλία» σχετίζεται με γνωστικές περιοχές που δεν περιλαμβάνουν εννοιολογικές δυσκολίες, αλλά προσφέρονται για άσκηση των μαθητευομένων στις πειραματικές διαδικασίες των φυσικών επιστημών, όπως η παρατήρηση, η καταγραφή των παρατηρήσεων και η ταξινόμηση (Χαϊτίδου, 2019).

Οι Van Driel & Berry (2012), αναφέρουν την ανάπτυξη της ΠΓΠ ως ένα πολύπλοκο εγχείρημα λόγω της μοναδικότητάς της σε σχέση με το περιεχόμενο, το πλαίσιο και τον εκπαιδευτικό. Κατά συνέπεια, τα εκπαιδευτικά προγράμματα με στόχο την ανάπτυξή της θα πρέπει να οργανώνονται, έτσι ώστε να μπορεί ο εκπαιδευτικός να μαθαίνει νέες διδακτικές στρατηγικές και για ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο, Παρ' όλα αυτά οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία καλούνται να αποφασίσουν σε ελάχιστο χρόνο και οι πράξεις τους καθοδηγούνται υποσυνείδητα. Συνεπώς με δυσκολία εξηγούν τι κάνουν ή τι ξέρουν και έτσι καθιστούν τη διερεύνηση της ΠΓΠ μια δύσκολη διαδικασία που μελετάται κυρίως με τεχνικές ποιοτικής φύσεως (συνεντεύξεις και βιντεοσκοπήσεις) (Gess-Newsome, 2015).

Επισημαίνεται ότι η γνώση ενός εκπαιδευτικού για την διδασκαλία ενός συγκεκριμένου περιεχομένου, συνεπάγεται αναπτυγμένη ΠΓΠ για το συγκεκριμένο περιεχόμενο. Έτσι, «όψεις της ΠΓΠ για ένα κλασικό περιεχόμενο, όπως είναι οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών για την πλεύση/βύθιση, δε μοιάζει να είναι αρκετές για τη διδασκαλία ενός καινοτομικού περιεχομένου, όπως το περιεχόμενο της Νανοτεχνολογίας). Κατά συνέπεια, ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών που τους εισάγει σε καινούργιες τεχνικές διδασκαλίας αναφορικά με ένα καινούργιο περιεχόμενο, είναι πιθανό να καταλήξει στην ανάπτυξη της ΠΓΠ, αλλά και στην πιο εύκολη διερεύνησή της. Πιο συγκεκριμένα, για την διερεύνηση της ΠΓΠ μπορούν να δομηθούν λειτουργικά μοντέλα που θα συμβάλλουν στην ανάλυση των δεδομένων από ποικίλες πηγές, για παράδειγμα οι συνεντεύξεις και τα ερωτηματολόγια (Χαϊτίδου, 2019).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η ΠΓΠ συγκαταλέγεται στις απαραίτητες γνώσεις για τους εκπαιδευτικούς και η ρητή εισαγωγή της είναι αναγκαίο συστατικό των προγραμμάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, σε προπτυχιακό επίπεδο, μέχρι και σε επίπεδο προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης. Προτείνεται να περιλαμβάνεται η ρητή διδασκαλία των συστατικών της ΠΓΠ και να εξελίσσεται στο πλαίσιο συγκεκριμένου περιεχομένου των ΦΕ και της διερευνητικής διδασκαλίας-μάθησης. Οι εκπαιδευτικοί, σε ένα πλαίσιο ρητής εισαγωγής των αλληλεπιδράσεων των συστατικών, μπορούν να κατανοήσουν την ενσωμάτωση των συστατικών και να αξιολογήσουν την σημασία τους. Ατό μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα μέσω ενός μοντέλου της ΠΓΠ που εντάσσεται επιστημολογικά στα Μοντέλα Ενσωμάτωσης, στα μοντέλα δηλαδή όπου η ΠΓΠ εκφράζει τη γνώση του εκπαιδευτικού ως τομή τριών πεδίων γνώσης: της Γνώσης Περιεχομένου, της Παιδαγωγικής Γνώσης και της Γνώσης Πλαισίου. (Χαϊτίδου, 2019).

1.6.2 Εκπαίδευση εκπαιδευτικών και N-ET

Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται ενδεικτικά προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης και εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στον τομέα της N-ET, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση του Μάνου (2020).

Μία από τις πρώτες προσπάθειες εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στη N-ET έλαβε χώρα στη Ταϊβάν. Συμμετείχαν σε αυτό 193 εκπαιδευτικοί από όλο το φάσμα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, διαφόρων ειδικοτήτων. Στόχος του προγράμματος ήταν τόσο οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί να εγείρουν τις αμφιβολίες τους στο να μάθουν για τη N-ET, όσο και να αναπτύξουν τρόπους ώστε να συνεχίζουν να μαθαίνουν οι ίδιοι για το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Αξίζει να σημειωθεί ότι μετά την επιμόρφωση, οι εκπαιδευτικοί μετασχημάτισαν οι ίδιοι την επιστημονική γνώση της N-ET σε σχολική γνώση, παράγοντας οι ίδιοι εκπαιδευτικό υλικό, φύλλα εργασίας, πειραματικές δραστηριότητες και μοντέλα με σκοπό να τα εφαρμόσουν στους μαθητές τους.

Στις ΗΠΑ το 2006, συμμετείχαν 13 εκπαιδευτικοί ΦΕ β/θμιας εκπαίδευσης σε ένα διαδικτυακό πρόγραμμα επιμόρφωσης, διάρκειας οκτώ συναντήσεων. Το περιεχόμενο του προγράμματος αποτελούταν από 8 ενότητες που περιλάμβαναν θεματικές όπως ορισμούς της N-ET και τη διεπιστημονική της φύση (1^η θεματική περιοχή), αντικείμενα της νανοκλίμακας (2^η θεματική περιοχή), ιδιότητες των υλικών της νανοκλίμακας (3^η θεματική περιοχή), όργανα εξερεύνησης του νανόκοσμου (4^η θεματική περιοχή), σύνθεση των νανοϋλικών (5^η θεματική περιοχή), εφαρμογές της N-ET στο περιβάλλον και στην ιατρική (6^η θεματική περιοχή), νανοϋλικά στη φύση και βιομίμηση (7^η θεματική περιοχή) και κοινωνικές επιπτώσεις της N-ET (8^η θεματική περιοχή). Ανάμεσα στους στόχους ήταν να σχεδιάσουν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί διδακτικές παρεμβάσεις για τους μαθητές τους, σχετικές με το περιεχόμενο της N-ET.

Από το Εθνικό Κέντρο Διδασκαλίας και Μάθησης-NCLT (National Centre for Learning and Teaching) των Η.Π.Α. σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα επαγγελματικής εκπαίδευσης, αποσκοπώντας να βοηθήσει τους 24 εκπαιδευτικούς ΦΕ, β/θμιας εκπαίδευσης, να ενσωματώσουν τη N-ET στο σχολικό Πρόγραμμα Σπουδών. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα δόθηκε έμφαση στο επιστημονικό περιεχόμενο και στη διερεύνηση, στον αναστοχασμό, στην συνεργατικότητα μεταξύ των συμμετεχόντων και στη συνεχή υποστήριξη. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε μια από τις φάσεις του προγράμματος, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν οι ίδιοι ενότητες με περιεχόμενο N-ET στους δικούς τους μαθητές.

Στην Φινλανδία έλαβε χώρα ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης διάρκειας 28 ωρών, όπου συμμετείχαν 29 εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το πρόγραμμα περιλάμβανε παρακολούθηση διαλέξεων και επίσκεψη σε ερευνητικά εργαστήρια και εταιρείες ιατρικής που χρησιμοποιούσαν Νανοτεχνολογία για την ανάπτυξη διαγνωστικών τεστ. Στόχος ήταν η διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών περί της εισαγωγής της N-ET στη β/θμια εκπαίδευση.

Στον ελλαδικό χώρο, στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος IRRESISTIBLE σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών στο πλαίσιο μίας κοινότητας μάθησης. Η συγκεκριμένη αποτελούταν

από πέντε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς (α/θμιας και β/θμιας εκπαίδευσης) τέσσερις ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ, δύο ερευνητές από το επιστημονικό πεδίο της Ν-ΕΤ και τρεις ειδικούς στην επικοινωνία της επιστήμης. Οι συμμετέχοντες διαπραγματεύονταν ορισμένες από τις ιδιότητες και τις εφαρμογές της Ν-ΕΤ, όπως ο αυτοκαθαρισμός. Μέρος του προγράμματος αποτελούσε και ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μιας διδακτικής ενότητας της Ν-ΕΤ στους δικούς τους μαθητές.

Στην Ινδονησία, 33 φοιτητές του τμήματος της Εκπαίδευσης της Χημείας συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης Ν-ΕΤ. Στόχος ήταν οι συμμετέχοντες να αποκτήσουν γνώση αναφορικά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των νανοϋλικών. Οι συναντήσεις ήταν οκτώ και οι διδακτικές ενότητες μεταξύ άλλων, ενίσχυαν τη μάθηση μέσω της διερεύνησης. Οι συμμετέχοντες κατέκτησαν αρκετούς από τους γνωστικούς στόχους. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η επίτευξη των στόχων αποδόθηκε στη διερευνητική προσέγγιση, αφού χρησιμοποιήθηκαν πολυάριθμες πηγές για την οικοδόμηση της γνώσης και δόθηκε έμφαση στη συνεργασία και στον αναστοχασμό καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος

Κεφάλαιο 2ο : Μεθοδολογία

2.1 Το πλαίσιο της έρευνας

Η παρούσα μελέτη βασίστηκε στο πρόγραμμα δια βίου μάθησης Fedia που πραγματοποιήθηκε από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Το παραπάνω πρόγραμμα αφορούσε σε εκπαιδευτικές καινοτομίες στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία, συμπεριλαμβανομένης και της Νανοτεχνολογίας-Νανοεπιστήμης. Αποτελούνταν από θεωρητικό και πρακτικό μέρος. Μια από τις υποενότητες του πρακτικού μέρους ήταν και η εφαρμογή διδασκαλιών μέσα στις τάξεις των συμμετεχόντων.

Στο πλαίσιο αυτό, σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει της πρακτικές που εφάρμοσαν οι 3 από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς του προγράμματος Fedia στις δικές τους τάξεις, δηλαδή να αναλύσει το περιβάλλον μάθησης-διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα, η διδασκαλία αφορούσε στο Φαινόμενο του Λατού.

2.1.1 Το πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών Fedia

Το πρόγραμμα δια βίου μάθησης Fedia πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων για διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης. Επιπλέον στόχευε σε σύγχρονο περιεχόμενο (π.χ. Ν-ΕΤ), και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στη συνεργασία των εκπαιδευτικών με συναδέλφους τους, τον σχεδιασμό και την προώθηση εκπαιδευτικών καινοτομιών στη σχολική πραγματικότητα. Το πρόγραμμα αποτελούνταν από δύο μέρη, το θεωρητικό-εργαστηριακό και το πρακτικό μέρος (Πίνακας 2.1).

Θεωρητικό-Εργαστηριακό μέρος	Πρακτικό μέρος
<ul style="list-style-type: none"> • Έννοιες, φαινόμενα και εφαρμογές της N-ET 	<ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιασμός Διδασκαλιών από τους εκπαιδευτικούς για τους μαθητές τους
<ul style="list-style-type: none"> • Επιστήμη Υλικών και χρήση τους 	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμογή διδασκαλιών στις τάξεις
<ul style="list-style-type: none"> • Ρητή διδασκαλία της ΠΓΠ και των συνιστωσών της 	<ul style="list-style-type: none"> • Προώθηση εκπαιδευτικών καινοτομιών
<ul style="list-style-type: none"> • Εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Αξιολόγηση εφαρμοζόμενων διδασκαλιών
<ul style="list-style-type: none"> • Οργάνωση εκπαιδευτικών Φεστιβάλ 	

Πίνακας 2.1: Τα δύο μέρη του προγράμματος δια βίου εκπαίδευσης Fedia (Μάνου, 2020)

Το πρώτο μέρος αφορούσε σε θεωρητικά μαθήματα σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET, την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) και τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης (η ανοιχτή και καθοδηγούμενη διερεύνηση, η οργάνωση εκπαιδευτικών Φεστιβάλ κτλ). Το πρακτικό μέρος περιελάμβανε τον σχεδιασμό και την υλοποίηση διδασκαλιών για μεγάλες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, την ανάπτυξη δραστηριοτήτων για την προώθηση εκπαιδευτικών καινοτομιών και την αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων διδασκαλιών.

Τα θεωρητικά-εργαστηριακά μαθήματα πραγματοποιούνταν απογευματινές ώρες στην Παιδαγωγική Σχολή της Φλώρινας. Η πρακτική άσκηση έγινε στα σχολεία που υπηρετούσαν οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν.

2.2 Ερευνητική μεθοδολογία

2.2.1 Είδος της έρευνας: Μελέτη περίπτωσης

Όσον αφορά στο είδος της έρευνας, η παρούσα κατατάσσεται στη μελέτη περίπτωσης. Αρχικά, χαρακτηρίζεται από την εστίασή της σε μια συγκεκριμένη μονάδα ανάλυσης και, επιπλέον, έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά και διαφορετικά επιστημονικά πεδία, μεταξύ αυτών και η εκπαίδευση (Willig, 2013). Επιπρόσθετα, είναι σύνηθες στις μελέτες περίπτωσης η εφαρμογή ποιοτικής έρευνας, καθώς μέσω

αυτών των μεθόδων θεωρείται ότι προκύπτει ενδελεχής διερεύνηση. Σε αρκετές περιπτώσεις όμως, οι μελέτες περίπτωσης αποτελούν την ίδια στιγμή πεδίο εφαρμογής της ποσοτικής, αλλά και της ποιοτικής έρευνας (Willig, 2013).

Η μελέτη περίπτωσης βρίσκει εφαρμογή και στην παρούσα έρευνα. Μελετώνται μεν οι πρακτικές για την προσέγγιση ενός συγκεκριμένου διδακτικού αντικειμένου, ωστόσο αναλύεται ακόμη πιο συγκεκριμένα το περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την ακριβή καταγραφή του προφορικού λόγου της κάθε εκπαιδευτικού, δηλαδή της κάθε μελέτης περίπτωσης ξεχωριστά, σε συνδυασμό με τη χρήση του Εργαλείου Ανάλυσης Δεδομένων.

Η μελέτη περίπτωσης ως είδος έρευνας παρέχει ένα ξεχωριστό παράδειγμα πραγματικών ανθρώπων σε πραγματικές συνθήκες, είναι δηλαδή μια περίπτωση σε δράση. Οι αναγνώστες εμπλέκονται σε μια διαδικασία βαθύτερης κατανόησης των ιδεών, από την απλή παράθεση θεωριών και αρχών, «δίνοντάς τους τη δυνατότητα να διαφωτιστούν ως προς μία πιο γενική αρχή» (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Επίσης, αφορά τη μελέτη ενός ξεχωριστού ατόμου, συνήθως σε μια προβληματική κατάσταση και δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να «συγκρίνει διάφορες περιπτώσεις μεταξύ τους, ώστε να φτάσει σε μια πιο συνολική κατανόηση ενός φαινομένου». Ακόμη, ο ερευνητής από την πλευρά του οφείλει να διευκρινίσει τι είναι αυτό που τον ενδιαφέρει σε σχέση με την περίπτωση. Ένα ικανοποιητικά εστιασμένο ερευνητικό ερώτημα αποτελεί την αφετηρία απ' όπου καθοδηγούνται διαδικασίες συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, με σκοπό τις επαρκείς και λεπτομερείς πληροφορίες για μια συγκεκριμένη έκφανση ενός φαινομένου (Willig, 2013). Τέλος, παρατηρούνται τα αποτελέσματα σε πραγματικό πλαίσιο, έχοντας λάβει υπ' όψιν ότι το πλαίσιο αποτελεί έναν αποφασιστικό παράγοντα και της αιτίας και του αποτελέσματος (Cohen et al., 2007).

Οι μελέτες περίπτωσης προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα κατά τη διεξαγωγή μιας έρευνας. «Εντοπίζουν» τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που σε άλλη περίπτωση ενδέχεται να χαθούν σε δεδομένα μεγαλύτερης κλίμακας. Συχνά τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το κλειδί για την κατανόηση όχι μόνο μιας συγκεκριμένης κατάστασης, αλλά και περιστατικών με παρόμοια χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα, συμβαίνουν σε έναν πραγματικό κόσμο της δράσης, προσφέροντας στους αναγνώστες τη δυνατότητα

να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα της έρευνας, ενώ ταυτόχρονα να πραγματοποιήσουν γενικεύσεις ξεκινώντας από τη μεμονωμένη περίπτωση και καταλήγοντας σε ένα σύνολο. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα είναι γραμμένα σε καθημερινή γλώσσα και κατά συνέπεια γίνονται κατανοητά από το ευρύ κοινό (Willig, 2013).

2.2.2 Σκοπός της έρευνας και Ερευνητικά Ερωτήματα

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό να μελετήσει τις πρακτικές τις οποίες εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί για να προσεγγίσουν, μια συγκεκριμένη θεματική της N-ET, το φαινόμενο του λωτού, αφού επιμορφώθηκαν πάνω στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

Πιο συγκεκριμένα, στόχος ήταν να αναλυθεί το περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας που διαμόρφωσαν οι εκπαιδευτικοί για την προσέγγιση του φαινομένου του λωτού, δηλαδή να αναδειχθούν οι όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση, δηλαδή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, με βάση το Εργαλείο Ανάλυσης Δεδομένων. Επιπλέον στόχος ήταν να αναδειχθούν και οι διερευνητικές όψεις των θεματικών πεδίων της ΠΓΠ κατά τη δράση.

Με βάση τα παραπάνω, τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας είναι τα εξής:

1. Ποιες όψεις της ΠΓΠ αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών;
2. Ποιες διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών;

2.2.3 Μελέτες περίπτωσης

Η συγκεκριμένη έρευνα περιλαμβάνει ενδελεχή ανάλυση τριών μελετών περίπτωσης. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να συγκριθούν και οι τρεις μεταξύ τους, ώστε να γίνει ακόμη πιο κατανοητό εάν ισχύει η υπόθεση των ερευνητικών ερωτημάτων.

Συμμετέχουσες ήταν τρεις πρωτοβάθμιες εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο πρόγραμμα Fedia, οι δύο από σχολεία της ευρύτερης περιοχής της Φλώρινας και η τρίτη από σχολείο στην πόλη της Κοζάνης.

Η Case Study-1 (CS-1) ήταν εκπαιδευτικός που υπηρετούσε στο Δημοτικό Σχολείο Βαρικού κατά το έτος 2015-2016 και οι μαθητές της ήταν συνδυαστικά από την Ε' και τη ΣΤ' τάξη. Συνολικά ήταν 8 οι μαθητές (3 κορίτσια – 5 αγόρια). Η Case Study-2 (CS-2) υπηρετούσε ως εκπαιδευτικός στο 6^ο Δημοτικό Σχολείο Κοζάνης κατά το ίδιο έτος στην Ε' τάξη με συνολικά 20 μαθητές (10 κορίτσια – 10 αγόρια). Η Case Study (CS-3) εργαζόταν ως εκπαιδευτικός στο Δημοτικό Σχολείο Φιλώτα τη σχολική περίοδο 2015-2016 στην Ε' τάξη με 11 μαθητές συνολικά (5 κορίτσια – 6 αγόρια).

2.2.3.1 Προφίλ εκπαιδευτικών

Η CS-1 είναι εκπαιδευτικός, η οποία έχει αποφοιτήσει από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και δεν είναι κάτοχος κάποιου μεταπτυχιακού διπλώματος. Συμμετείχε για πρώτη φορά σε επιμορφωτικό πρόγραμμα, αντίστοιχο του Fedia. Τα συνολικά χρόνια υπηρεσίας της είναι 14, σε 13 διαφορετικά σχολεία κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και οι τάξεις που έχει διδάξει ως επί το πλείστον είναι Δ'-Ε'-Στ'.

Η CS-2 έχει αποκτήσει το πτυχίο της ως εκπαιδευτικός στην Παιδαγωγική Ακαδημία Φλώρινας και έκανε εξομοίωση στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας. Είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στην «Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες το Περιβάλλον και την Τεχνολογία» στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Ήταν η πρώτη της συμμετοχή σε αντίστοιχο πρόγραμμα επιμόρφωσης σε περιεχόμενο που αφορά στις Φυσικές Επιστήμες, όπως το Fedia. Έχει συνολικά 22 χρόνια υπηρεσία, σε 5 διαφορετικά σχολεία. Μέσα σε αυτά τα χρόνια έχει αναλάβει όλες τις τάξεις και τα τελευταία 12 χρόνια αποκλειστικά Ε' και Στ' τάξη.

Η CS-3 είναι εκπαιδευτικός και κάτοχος πτυχίου της Παιδαγωγικής Ακαδημίας Φλώρινας με εξομοίωση στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας. Είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στην «Εκπαίδευση στις

Φυσικές Επιστήμες το Περιβάλλον και την Τεχνολογία» στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Συμμετείχε κι αυτή πρώτη φορά σε πρόγραμμα επιμόρφωσης με περιεχόμενο τις Φυσικές Επιστήμες, αντίστοιχο με το Fedia. Τα συνολικά χρόνια υπηρεσίας της είναι 22. Έχει εμπειρία από 7 διαφορετικά σχολεία και σε όλες τις τάξεις, με την Ε΄ και Στ΄ να κυριαρχούν τα τελευταία χρόνια.

2.2.4 Μέσα συλλογής δεδομένων και μέθοδος συλλογής δεδομένων

Στην παρούσα έρευνα για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιντεοσκόπηση των διδασκαλιών. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο μέσο, διότι καταγράφονται με ακρίβεια οι διάλογοι μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Επιπλέον, δίνεται η πλήρης εικόνα της σχολικής τάξης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Έτσι, προσφέρονται επιπλέον στοιχεία για τη διδασκαλία, όπως ο τρόπος που εργάζονται οι μαθητές, τι υλικά και μέσα χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, ο χώρος στον οποίο κινείται ο δάσκαλος, η βοήθεια που παρέχει ή όχι στους μαθητές, κατά περίπτωση.

Με την ολοκλήρωση της βιντεοσκόπησης, έγινε ακριβής καταγραφή των διαλόγων σε γραπτή μορφή στο οπτικοακουστικό υλικό και των τριών διδασκαλιών. Έπειτα, η κάθε διδασκαλία οργανώθηκε σε διδακτικά επεισόδια (ΔΕ), όπου κάθε ΔΕ αποτελούταν από μία ή και περισσότερες Δραστηριότητες (Δ), ανάλογα με τις έννοιες που διαπραγματεύονταν κάθε φορά.

2.2.5 Παρουσίαση δεδομένων

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας οργανώθηκαν σε πίνακες ανά μελέτη περίπτωσης. Ο πίνακας αποτελούταν από δύο στήλες. Η πρώτη στήλη αφορούσε στην οργάνωση της διδασκαλίας ανά Διδακτικό Επεισόδιο (ΔΕ), συνοδευόμενο από έναν τίτλο που περιελάμβανε το εννοιολογικό περιεχόμενο που διαπραγματευόταν η εκπαιδευτικός σε εκείνη τη φάση της διδασκαλίας. Στη δεύτερη στήλη ακολουθούσε το κομμάτι του διαλόγου που αντιστοιχούσε στο εκάστοτε ΔΕ. Ο διάλογος ήταν οργανωμένος ανά Δραστηριότητα (Δ). Η κάθε Δ αντιστοιχούσε σε ένα ΔΕ. Κριτήριο για την οργάνωση του περιεχομένου σε ΔΕ και σε Δ αποτέλεσε το κοινό εννοιολογικό

περιεχόμενο που διαπραγματεύοταν η εκάστοτε εκπαιδευτικός στη συγκεκριμένη φάση της διδασκαλίας. Λόγω του μεγάλου όγκου του διαλόγου ανά μελέτη περίπτωσης, πριν από κάθε δραστηριότητα προηγούταν μια εισαγωγική παράγραφος με σύντομη περιγραφή του μαθησιακού-διδακτικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, για λόγους εξοικονόμησης χώρου η ονομασία και η αρίθμηση των ΔΕ και των Δ καταγράφονταν με συντομογραφίες (π.χ. 1^ο Διδακτικό Επεισόδιο: 1ΔΕ, 1^η Δραστηριότητα του 1^{ου} Διδακτικού Επεισοδίου: 1Δ-1ΔΕ).

2.2.6 Εργαλείο ανάλυσης δεδομένων και μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

2.2.6.1 Εργαλείο ανάλυσης δεδομένων

Κατά τη συγκεκριμένη έρευνα αξιοποιήθηκε ένα διαμορφωμένο εργαλείο ανάλυσης, το Εργαλείο Ανάλυσης Δεδομένων (ΕΑΔ). Συγκεκριμένα στην πρωτότυπη εκδοχή του, το εργαλείο αξιοποιήθηκε ως προς την ανάλυση του σχεδιασμού μιας διδασκαλίας (Χαϊτίδου, 2019). Στην παρούσα έρευνα, το ΕΑΔ αξιοποιήθηκε, ώστε να αναδειχθούν οι πρακτικές που χρησιμοποιήθηκαν από τον εκάστοτε εκπαιδευτικό κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας.

Η δομή του ΕΑΔ είναι οργανωμένη ως εξής: Αφετηρία αποτελούν επτά Θεματικά Πεδία (ΘΠ), τα οποία είναι: α) τα διακριτά συστατικά της ΠΓΠ, δηλαδή η Παιδαγωγική Γνώση, η Γνώση Πλαισίου και η Γνώση Περιεχομένου, β) οι αλληλεπιδράσεις των συστατικών ανά δύο (Παιδαγωγική/Περιεχόμενο, Παιδαγωγική/Πλαίσιο και Περιεχόμενο/Πλαίσιο) και γ) η αλληλεπίδραση των τριών συστατικών που αντιπροσωπεύει την ΠΓΠ. Κάθε θεματικό πεδίο αποτελείται από Νοηματοδοτήσεις (N). Οι N είναι τα χαρακτηριστικά των ΘΠ που τα αποσαφηνίζουν και τους δίνουν νόημα. Σε κάθε N αντιστοιχεί τουλάχιστον μία Υποκατηγορία Νοηματοδοτήσεων (YN). Όσον αφορά τις YN, αυτές αποδίδουν το φάσμα των τιμών εντός των οποίων η νοηματοδότηση μιας κατηγορίας μπορεί να κυμαίνεται, και, επίσης, ως κριτήριο προσδιορισμού αυτών των υποκατηγοριών αποφασίστηκε να είναι ότι η κάθε YN να έχει αλληλοαποκλειόμενες υποκατηγορίες (Τσιώλης, 2014). Μια πρωτοτυπία του ΕΑΔ είναι η έμφαση στις διερευνητικές όψεις των συστατικών

της ΠΓΠ (Χαϊτίδου, 2019), στοιχείο το οποίο ενισχύει και βασίζεται το ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας. Οι πίνακες που ακολουθούν αποτελούν τον οδηγό για τη δομή και το περιεχόμενο του ΕΑΔ, ανά ΘΠ.

Πίνακας 2.2: Τα Θεματικά Πεδία της Παιδαγωγικής, του Πλαισίου και του Περιεχομένου στο ΕΑΔ (Χαϊτίδου, 2019)

Θεματικά πεδία MN	Νοηματοδοτήσεις	Υποκατηγορίες Νοηματοδοτήσεων
1. Παιδαγωγική	1.1 Διδακτικά μοντέλα. 1.2 Τεχνικές διδασκαλίας. 1.3. Παιδαγωγική ατμόσφαιρα της τάξης	1.1.Μ: Διδακτικά μοντέλο μεταφοράς. 1.1.Ε: Διδακτικό μοντέλο εποικοδόμησης. 1.1.Δ: Διδακτικό μοντέλο διερεύνησης. 1.2.1: Δραστηριότητες εμπλοκής των μαθητών. 1.3.1: Διαχείριση τάξης.
2. Πλαίσιο	2.1. Πόροι. 2.2 Διδακτικός χρόνος. 2.3. Προφίλ και αριθμός μαθητών. 2.4. Εμπειρίες μάθησης. 2.5. Προφίλ εκπαιδευτικών.	2.1.1: Εκπαιδευτικό υλικό. 2.2.1: Περιορισμοί χρόνου, προγραμματισμός χρόνου. 2.3.1: Δυσκολίες κατανόησης, προϋπάρχουσες γνώσεις, εναλλακτικές ιδέες, ενδιαφέροντα μαθητών. 2.4.1: Συνεργατική, διερευνητική, διαπροσωπικές σχέσεις. 2.5.1: Ακαδημαϊκές γνώσεις, προσωπικές εμπειρίες, πλαίσιο εκπαιδευτικών, αναστοχαστικές δηλώσεις.
3. Περιεχόμενο	3.1. Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και περιεχόμενο. 3.2. Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και διαθεματικό περιεχόμενο.	3.1.Δλ: Δηλωτική γνώση (έννοιες, φαινόμενα). 3.1.Δκ: Διαδικαστική γνώση (επιστημονικές δεξιότητες). 3.1.Εγ: Επιστημολογική γνώση (ιστορία, σκοπός και φύση της επιστήμης). 3.2.1: Σύνδεση του περιεχομένου των ΦΕ με διαφορετικά περιεχόμενα.

Πίνακας 2.3: Τα Θεματικά Πεδία της Παιδαγωγικής/Πλαισίου, της Παιδαγωγικής/Περιεχομένου, Περιεχομένου/Πλαισίου και ΠΓΠ στο ΕΑΔ (Χαϊτίδου, 2019)

Θεματικά πεδία MN	Νοηματοδοτήσεις	Υποκατηγορίες Νοηματοδοτήσεων
4. Παιδαγωγική/ Πλαίσιο	4.1. Διδακτικές μέθοδοι και τεχνικές που λαμβάνουν υπόψη τους το προφίλ και το πλαίσιο των μαθητών και των εκπαιδευτικών. 4.2. Η γνώση του εκπαιδευτικού για τους πόρους	4.1.Μ: Οι εκπαιδευτικοί προσαρμόζουν τις διδακτικές μεθόδους για την κατανόηση της επιστημονικής άποψης από τους μαθητές. 4.1.Ε: Οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν διδακτικές μεθόδους που απαιτούνται για τη βελτίωση/αναδόμηση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών.

	<p>(εκπαιδευτικό υλικό/υλικοτεχνική υποδομή/χρόνος) που απαιτούνται για την υποστήριξη δραστηριοτήτων.</p>	<p>4.1.Δ: Οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν μεθόδους που απαιτούνται για να διερευνήσουν οι μαθητές. 4.2.Μ: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται για την κατανόηση της επιστημονικής άποψης. 4.2.Ε: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται για τη βελτίωση/αναδόμηση των αρχικών τους απόψεων. 4.2.Δ: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται για να διερευνήσουν.</p>
<p>5. Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο</p>	<p>5.1. Μέθοδοι για την επίτευξη ειδικών μαθησιακών αποτελεσμάτων.</p>	<p>5.1.Μ: Οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν μεθόδους τις οποίες θεωρούν κατάλληλες για την κατανόηση της επιστημονικής άποψης. 5.1.Ε: Οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν μεθόδους τις οποίες θεωρούν κατάλληλες για την αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών. 5.1.Δ: Οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν μεθόδους στις οποίες καλλιεργούνται δεξιότητες και στάσεις διερευνητικού χαρακτήρα.</p>
<p>6. Περιεχόμενο/ Πλαίσιο</p>	<p>6.1. Γνώση του εκπαιδευτικού για το μαθησιακό προφίλ των μαθητών του για ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο. 6.2. Γνώση του εκπαιδευτικού για τις εμπειρίες μάθησης των μαθητών του για ένα περιεχόμενο. 6.3. Γνώση του εκπαιδευτικού για την συσχέτιση του πλαισίου των μαθητών με ένα περιεχόμενο. 6.4. Γνώση του εκπαιδευτικού για τους πόρους που απαιτούνται για τη διδασκαλία ενός περιεχομένου.</p>	<p>6.1 Δλ: Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν το μαθησιακό προφίλ των μαθητών τους για τη δηλωτική γνώση. 6.1.Δκ: Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν το μαθησιακό προφίλ των μαθητών τους για τη διαδικαστική γνώση. 6.1.Εγ: Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν το μαθησιακό προφίλ των μαθητών τους για την επιστημολογική γνώση. 6.2.1: Κίνητρα, ενδιαφέροντα, ανάγκες των μαθητών για ένα περιεχόμενο. 6.3.1: Συσχέτιση φυσικού, τεχνολογικού, πολιτισμικού, διεθνούς, εθνικού κ.λπ. πλαισίου με ένα περιεχόμενο. 6.4.1: Υλικοτεχνική υποδομή/χρόνος που απαιτούνται για τη διδασκαλία ενός περιεχομένου.</p>
<p>7. Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου</p>	<p>7.1. Πόροι και μέθοδοι για την διδασκαλία συγκεκριμένου περιεχομένου. 7.2. Ηλεκτρονικές, έντυπες και προφορικές μέθοδοι αξιολόγησης στις οποίες ενσωματώνονται τα τρία συστατικά της ΠΓΠ. 7.3. Γνώση Αναλυτικού Προγράμματος.</p>	<p>7.1.Μ: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται και αναπτύσσουν τις μεθόδους τις οποίες θεωρούν κατάλληλες για την κατανόηση της επιστημονικής άποψης. 7.1.Ε: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται για τη βελτίωση/αναδόμηση των αρχικών τους απόψεων και αναπτύσσουν μεθόδους τις οποίες θεωρούν κατάλληλες για την αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών. 7.1.Δ: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν στους μαθητές τους πόρους που απαιτούνται για να διερευνήσουν και αναπτύσσουν μεθόδους στις οποίες καλλιεργούνται δεξιότητες και στάσεις διερευνητικού χαρακτήρα. 7.2.Μ: Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν</p>

ηλεκτρονικές, έντυπες και προφορικές μεθόδους αξιολόγησης στις οποίες ενσωματώνονται τα τρία συστατικά της ΠΓΠ τις οποίες θεωρούν κατάλληλες για την αξιολόγηση της επιστημονικής άποψης.

7.2.Ε: Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν ηλεκτρονικές, έντυπες και προφορικές μεθόδους αξιολόγησης στις οποίες ενσωματώνονται τα τρία συστατικά της ΠΓΠ για την αξιολόγηση της βελτίωσης/αναδόμησης των αρχικών απόψεων των μαθητών ή την αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών.

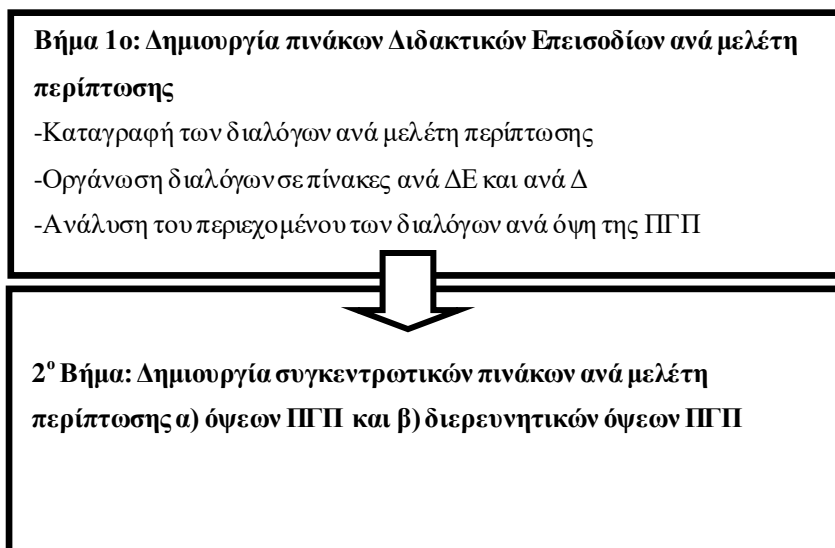
7.2.Δ: Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν ηλεκτρονικές, έντυπες και προφορικές μεθόδους αξιολόγησης στις οποίες ενσωματώνονται τα τρία συστατικά της ΠΓΠ για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων και στάσεων διερεύνησης.

7.3.1: Γνώση Οριζόντιου/κάθετου Αναλυτικού Προγράμματος.

Στην παρούσα έρευνα, ως Μονάδα Νοηματοδότησης (MN) ορίστηκε οποιοδήποτε τμήμα γραπτού λόγου, φράση, δηλαδή τμήμα πρότασης, ολόκληρη πρόταση ή μεγαλύτερο κομμάτι του διαλόγου, -ο οποίος εξελισσόταν ανάμεσα στην εκπαιδευτικό και τα παιδιά κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας- που ήταν νοηματικά αυτόνομο, δηλαδή απαντούσε στο σχετικό ερώτημα (Elo & Kyngäs 2008). Κατά την ανάλυση, προέκυπτε συχνά μια ολόκληρη δραστηριότητα σε ένα ΔΕ να αποτελείσει μία MN, στην οποία και αναγνωρίζαμε τις υποκατηγορίες στη συνέχεια.

2.2.6.2 Διαδικασία Ανάλυσης Δεδομένων: Ανάλυση Περιεχομένου

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης περιεχομένου. Η ανάλυση περιεχομένου (content analysis) ορίζεται ως μια μέθοδος ανάλυσης ποιοτικού υλικού το οποίο συναντάται στις εξής μορφές: κείμενα, συνεντεύξεις κ.τ.λ. (Ιωσηφίδης 2008). Μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου, ο ερευνητής είναι ικανός να «εντοπίσει υπονοούμενα νοήματα, σε ποιοτικό υλικό και έπειτα μέσω συστηματικού προσδιορισμού, κωδικοποίησης και ταξινόμησης να αποδώσει το νόημα με τον δικό του τρόπο» (Basit, 2010: 195). Στην έρευνα αυτή, καταγράφηκε και αξιοποιήθηκε το ποιοτικό οπτικοακουστικό υλικό που συλλέχθηκε από τις τρεις διδασκαλίες. Ακολουθούν τα βήματα της ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας, τα οποία απεικονίζονται στο διάγραμμα 2.1.



Διάγραμμα 2.1: Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων

1° Βήμα: Δημιουργία πινάκων Διδακτικών Επεισοδίων ανά μελέτη περίπτωσης

α) *Ακριβής καταγραφή των διαλόγων ανά μελέτη περίπτωσης:* Αφού βιντεοσκοπήθηκαν οι διδασκαλίες, ακολούθησε η ακριβής καταγραφή των διαλόγων όλων των συμμετεχόντων σε αυτές, μαθητών και εκπαιδευτικού.

β) *Οργάνωση διαλόγων σε πίνακες ανά μελέτη περίπτωσης, ανά ΔΕ και ανά Δ:* Στη συνέχεια ο κάθε διάλογος οργανώθηκε σε έναν πίνακα με δύο στήλες. Η πρώτη αφορούσε την οργάνωση των διαλόγων της διδασκαλίας ανά ΔΕ και η δεύτερη στήλη περιελάμβανε το περιεχόμενο του διαλόγου, οργανωμένο ανά δραστηριότητα.

γ) *Ανάλυση του περιεχομένου της διδασκαλίας ανά Θεματικό Πεδίο:* Σε αυτό το στάδιο αναλύθηκε το περιεχόμενο του διαλόγου ανά όψη της ΠΓΠ. Συνήθως, μια δραστηριότητα ενός ΔΕ αποτελούσε μια ΜΝ στην οποία αναγνωριζόταν η εκάστοτε όψη. Ωστόσο, εκτός από μια ολόκληρη δραστηριότητα, εμφανίστηκαν ως ΜΝ και μικρότερα κομμάτια του διαλόγου ή και αυτόνομες προτάσεις.

2^ο Βήμα: Δημιουργία συγκεντρωτικών πινάκων ανά μελέτη περίπτωσης

Σε δεύτερο χρόνο, δημιουργήθηκε ένας πίνακας καταμέτρησης των όψεων της ΠΓΠ ανά μελέτη περίπτωσης, οργανωμένος ανά όψη. Διαμορφώθηκαν, δηλαδή, δύο στήλες: η πρώτη στην οποία αναφέρονταν και οι επτά όψεις και μία δεύτερη με τον αριθμό των όψεων που είχαν αναγνωριστεί σε κάθε μία από αυτές. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ, ανά μελέτη περίπτωσης. Η παραπάνω διαδικασία οδήγησε και διευκόλυνε την διεξαγωγή και καταγραφή των αποτελεσμάτων.

2.3 Εγκυρότητα-αξιοπιστία της έρευνας

Οι έννοιες της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας είναι συνδεδεμένες με την μεθοδολογία, τόσο στην ποιοτική όσο και στην ποσοτική έρευνα (Ιωσηφίδης, 2008). Επιπλέον, είναι καθοριστικές σε μεγάλο βαθμό για την εξασφάλιση ορθών αποτελεσμάτων από τη διεξαγωγή μιας έρευνας. Όσον αφορά στην ποιοτική έρευνα, η εγκυρότητα και η αξιοπιστία επιτυγχάνονται ικανοποιώντας ορισμένα κριτήρια ερευνητικής συνέπειας και μέσω της λεπτομερούς περιγραφής της ερευνητικής διαδικασίας (Συμεού, 2006).

Πιο συγκεκριμένα, μέσω της εγκυρότητας στην ποιοτική έρευνα, εξετάζεται το κατά πόσο οι ερευνητικοί στόχοι σχετίζονται με τα αποτελέσματα της έρευνας. Δηλαδή, κρίνεται αναγκαία η συσχέτιση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, με την ανάλυση και την ερμηνεία τους, υπό το πρίσμα των ερευνητικών ερωτημάτων. Όσον αφορά την εγκυρότητα της παρούσας έρευνας, επιλέχθηκε ο έλεγχος των δεδομένων και από άλλους ερευνητές (peer examination) (Ιωσηφίδης, 2008), μέσω της διαδικασίας που ακολουθεί.

Τα δεδομένα αναλύονταν από τρεις ερευνήτριες με βάση το ΕΑΔ, αυτόνομα, και στη συνέχεια γινόταν ανακοίνωση και καταγραφή του βαθμού συμφωνίας των τριών ερευνητριών. Αφού έγινε λεπτομερής καταγραφή των δεδομένων από την πρώτη ερευνήτρια, έπειτα, έγινε μια πρώτη ταξινόμηση από την ίδια. Ακολούθησε η ανάλυση από μια δεύτερη ανεξάρτητη ερευνήτρια της Διδακτικής των Φυσικών

Επιστημών, με εμπειρία στην έρευνα και την ανάλυση δεδομένων στο πεδίο της ΠΓΠ. Σε εκείνο το σημείο της ανάλυσης, έγινε η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης ανεξάρτητης ερευνήτριας, καθώς και ο βαθμός συμφωνίας για όλες τις περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις που υπήρχε διαφωνία, ακολούθησε συζήτηση και ανάλυση για κάθε μια ξεχωριστά. Στη συνέχεια, τρίτη ανεξάρτητη ερευνήτρια της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και δημιουργός του ΕΑΔ -δηλαδή του εργαλείου ανάλυσης μέρος του οποίου αξιοποιήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα- ανέλυσε και η ίδια το σύνολο των δεδομένων. Ακολούθησε η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων μεταξύ της ανάλυσης των πρώτων δύο ερευνητριών και της τρίτης. Και πάλι, στις περιπτώσεις που υπήρχε διαφωνία, ακολούθησε συζήτηση και ανάλυση για κάθε μια ξεχωριστά. Αρχικά, η διαδικασία αυτή, έδειξε συμφωνία της τάξης του 83% μεταξύ των ερευνητριών και συνεχίστηκε μέχρι να υπάρξει συμφωνία 100%. Τελικά, μεταξύ της ανάλυσης της ερευνήτριας της ΔΦΕ και δημιουργού του ΕΑΔ, και των πρώτων δύο ερευνητριών της συγκεκριμένης εργασίας αναδείχθηκε πλήρης συμφωνία.

Η αξιοπιστία στην ποιοτική έρευνα αναφέρεται σε αρχές, όπως η συνέπεια της ερευνητικής διαδικασίας και η ευρύτερη αξία και σημασία της έρευνας, και, επιπλέον, το κατά πόσο η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης μπορεί να αξιοποιηθεί από άλλους ερευνητές. (Ιωσηφίδης, 2008). Υποστηρίζουμε ότι η παρούσα έρευνα ανταποκρίνεται στις αρχές της αξιοπιστίας. Αυτό πιστοποιείται από το γεγονός ότι υπήρξε σαφής και ακριβής διατύπωση των ερευνητικών δεδομένων και έχει γίνει εκτενής αναφορά στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Επιπλέον, το σύνολο των δεδομένων αναλύθηκε από ανεξάρτητους ερευνητριών και, τέλος, η συζήτηση που αφορούσε στα αποτελέσματα της έρευνας, στηρίχτηκε στην υπάρχουσα σχετική βιβλιογραφία (Ιωσηφίδης, 2008; Park & Oliver, 2008a; Chaitidou et al, 2018).

Κεφάλαιο 3^ο : Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, αναλυτικά για κάθε μια από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν. Αρχικά, δίνεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων -για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά- για τις όψεις ΠΓΠ κατά τη δράση και κατόπιν αναφέρονται ενδεικτικά παραδείγματα για κάθε περίπτωση και η αιτιολόγηση της ταξινόμησής τους. Έπειτα, ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση και αντίστοιχα παραδείγματα. Υπενθυμίζεται ότι η ανάλυση στο σύνολό της πραγματοποιήθηκε με βάση το Εργαλείο Ανάλυσης Δεδομένων (ΕΑΔ) που αξιοποιήθηκε από τη διδακτορική διατριβή της Χαϊτίδου (2019)

3.1 Αποτελέσματα Case Study-1 (CS-1)

3.1.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-1

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση περιεχομένου της διδασκαλίας CS-1. Κατά τη συγκεκριμένη διδασκαλία αναδείχθηκαν 33 ΜΝ που ταξινομήθηκαν στις πέντε από τις επτά όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Ακολουθεί ξεχωριστή αναφορά σε κάθε όψη και παράθεση ενδεικτικού παραδείγματος.

Πίνακας 3.1 : Ποσοστά όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-1)

Όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	15,15%
ΠΔ/ΠΛ	18,18%
ΠΔ/ΠΧ	15,15%
ΠΧ/ΠΛ	21,21%
ΠΓΠ	30,30%

Πέντε ΜΝ ταξινομήθηκαν στην όψη «Περιεχόμενο», με ποσοστό 15,15%. Στη φράση που ακολουθεί διακρίνονται το περιεχόμενο (Νανοτεχνολογία), καθώς και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας (Κατανόηση χρησιμότητας της Νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή).

ΕΚΠ: «Είναι χρήσιμη τελικά η Νανοτεχνολογία στη ζωή μας;»,

Στην όψη «Παιδαγωγική/ Πλαίσιο» ταξινομήθηκαν 6 ΜΝ, με ποσοστό 18,18% και αντιστοιχούν σε φράσεις της εκπαιδευτικού, όπως η ακόλουθη, εντοπίζονται οι πόροι που παρέχει η εκπαιδευτικός στους μαθητές (βίντεο) με στόχο την κατανόηση της επιστημονικής άποψης.

ΕΚΠ: «Θα δούμε τώρα κάποια βίντεο...»

Επίσης πέντε ΜΝ ταξινομήθηκαν στην όψη «Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο» (15,15%). Παράδειγμα αποτελεί ο εξής διάλογος, όπου μέσω της μεθόδου των ερωτοαπαντήσεων η εκπαιδευτικός στοχεύει στην κατανόηση της επιστημονικής άποψης, δηλαδή στη διάκριση υδροφοβικής και υδρόφιλης επιφάνειας.

ΕΚΠ: «...Αργά κυλάει. Δε θα ήταν πολύ ωραίο να έφευγε έτσι το νερό από τα τζάμια, από τις βρωμιές εε; Να φεύγει κατευθείαν... Χωρίς να βρέχεται... Τι είναι αυτή η επιφάνεια, δηλαδή; Όταν κυλάει έτσι το νερό και δε στέκεται σε ένα σημείο;

ΜΑΘ 1: «Αδιάβροχη.»

ΕΚΠ: «Αδιάβροχη... Είναι...»

ΜΑΘ 2: «Υδροφοβική.»

ΕΚΠ: «Υδροφοβική, πολύ ωραία. Όλη η επιφάνεια όμως από το πλακάκι είναι υδροφοβική; Ποια είναι; Η μισή τι είναι;»

ΜΑΘ 2: «Υδρόφιλη.»

ΕΚΠ: «Υδρόφιλη.»

Στην όψη «Περιεχόμενο/ Πλαίσιο» ταξινομήθηκαν επτά ΜΝ, με ποσοστό 21,21%. Ακολουθεί απόσπασμα του διαλόγου, στον οποίο η εκπαιδευτικός συσχετίζει το πλαίσιο των μαθητών με το διδακτικό περιεχόμενο, δηλαδή τις υδρόφιλες και υδρόφοβες επιφάνειες.

ΕΚΠ: «...Στα παράθυρά μας όταν βρέχει η σταγόνα...»

ΜΑΘ 1: «Ρέει.»

***ΕΚΠ:** «Ρέει, πολύ ωραία λέξη, Ε. Στα παράθυρά σας όταν βρέχει η σταγόνα πώς φεύγει; Όπως εδώ πάνω ή όπως εδώ κάτω;»*

Στην «**Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**» ταξινομήθηκαν δέκα ΜΝ (30,30%), με την εκπαιδευτικό να αναφέρει χαρακτηριστικά μια φράση όπου διακρίνονται το περιεχόμενο, δηλαδή ο αυτοκαθαρισμός, το πλαίσιο -στο οποίο διδάχτηκε το συγκεκριμένο περιεχόμενο- το βίντεο και η παιδαγωγική, δηλαδή η μεταφορά της γνώσης.

***ΕΚΠ:** «..Δεν είναι πολύ εντυπωσιακό αυτό που βλέπουμε; Γιατί, όχι απλά διώχνει το νερό, αλλά διώχνει και ό,τι περιέχει το νερό, τη βρωμιά. Αυτοκαθαρίζεται.»*

3.1.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-1

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-1. Από τις 33 ΜΝ που αναδείχθηκαν στην ΠΓΠ κατά τη δράση, οι 11 από αυτές ταξινομήθηκαν σε όψεις διερεύνησης.

Πίνακας 3.2: Ποσοστά διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-1)

Διερευνητικές όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	9,09%
ΠΔ/ΠΛ	27,27%
ΠΔ/ΠΧ	18,18%
ΠΧ/ΠΛ	0,00%
ΠΓΠ	45,45%

Πιο συγκεκριμένα, στην όψη «**Περιεχόμενο**» ταξινομήθηκε μία ΜΝ (9,09%), με την εκπαιδευτικό να εστιάζει στην επιστημολογική γνώση όπως, για παράδειγμα, στην ακόλουθη φράση:

ΕΚΠ: «*Λοιπόν, εδώ βλέπουμε επιφάνειες πλέον, που δεν είναι ψεκασμένες με σπρέι, είναι επιφάνειες, τις οποίες έχουν φτιάξει με νανοδομές. Δηλαδή, είδαν πώς λειτουργεί ο λωτός και έφτιαξαν αντίστοιχα υλικά -σε πλαστικό, σε ύφασμα- που λειτουργούν έτσι.»*

Τρεις ΜΝ ταξινομήθηκαν στην όψη «**Παιδαγωγική/ Πλαίσιο**», με ποσοστό 27,27%. Παράδειγμα αποτελεί ο διάλογος που ακολουθεί στον οποίο η εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές της τους πόρους, δηλαδή τις πιπέτες, ώστε να εμπλακούν στη διαδικασία της διερεύνησης, κάνοντας δοκιμές σε ορισμένα υλικά.

ΕΚΠ: «*...Τώρα πάλι θα ξαναενώσετε τα θρανία, γιατί αναγκαστικά οι πιπέτες ήταν για τέσσερα παιδιά, οπότε πρέπει να τις μοιραστούμε. Ενώστε το θρανίο. Ελάτε πιο εδώ... Λοιπόν θα έχετε και οι δύο οι ομάδες από ένα ποτηράκι νερό - προσέχετε να μη βραχείτε- και δύο πιπέτες. Θα τις μοιραστείτε αντίστοιχα τα άτομα.»*

ΜΑΘ 4: «*Τι πιπέτες; Ααα...*»

ΕΚΠ: «*Πιπέτες, είναι αυτά τα όργανα. Και θα δούμε κάποια υλικά. Για να κάνουμε κάποιες δοκιμές σε κάποια υλικά.»*

Δύο ΜΝ ταξινομήθηκαν στην «**Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο**» (18,18%), μέσω των οποίων αναγνωρίζεται ότι η εκπαιδευτικός επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν οι ίδιοι δοκιμές και έτσι να τους καλλιεργεί δεξιότητες διερευνητικού χαρακτήρα που αφορούν στο περιεχόμενο των υδρόφοβων και υδρόφιλων επιφανειών.

ΕΚΠ: «*...Για να δούμε. (Μετακινεί το ζύλο). Ωπ! Ωπ! Ε. εδώ... Ξαναρίζτε. Πώς φεύγει Ε. από δω η σταγόνα; Πώς φεύγει; Δώστε τώρα στην Α. και στον Χ. (τις πιπέτες). Και η Ε., όλοι, ελάτε να ρίξετε να δούμε τι συμβαίνει.»*

Στην «**Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**» ταξινομήθηκαν πέντε ΜΝ, με ποσοστό 45,45 %. Στο παρακάτω απόσπασμα αναδεικνύεται ότι στο περιεχόμενο των υδρόφοβων και υδρόφιλων επιφανειών, η εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές τους

πόρους (πιπέτες, τσάντα), ώστε να κάνουν δοκιμές οι ίδιοι και έτσι να καλλιεργήσουν δεξιότητες διερευνητικού χαρακτήρα.

***ΕΚΠ:** «..Λοιπόν το σκουπίζω (το ζύλο). Θέλω μια πιπέτα... Θέλω δύο πιπέτες να είστε από αυτή την μεριά και δύο πιπέτες να είστε από εκείνη. Μόλις σας πω, θα ρίξετε από μια σταγόνα να δούμε... Περίμενε, Χ., να την τεντώσω την τσάντα να είναι... Μια σταγόνα θα ρίξετε. Από 'δω ας ρίξει η Α. και η Ε. κι από 'κει ο Π. Για να δούμε, είναι ίδιες οι σταγόνες;»*

3.2 Αποτελέσματα Case Study-2 (CS-2)

3.2.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-2

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση περιεχομένου της διδασκαλίας CS-2. Κατά τη συγκεκριμένη διδασκαλία αναδείχθηκαν 31 ΜΝ που ταξινομήθηκαν στις έξι από τις επτά όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Ακολουθεί ξεχωριστή αναφορά σε κάθε όψη και παράθεση ενδεικτικού παραδείγματος.

Πίνακας 3.3 : Ποσοστά όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-2)

Όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	3,23%
ΠΧ	6,45%
ΠΔ/ΠΛ	25,80%
ΠΔ/ΠΧ	3,23%
ΠΧ/ΠΛ	6,45%
ΠΓΠ	54,84%

Στην όψη «Πλαίσιο» ταξινομήθηκε μία όψη (3,23%) με την εκπαιδευτικό να αναφέρεται στο πλαίσιο της διδασκαλίας και πιο συγκεκριμένα στον διδακτικό χρόνο.

ΕΚΠ: «Ο χρόνος μας είναι πολύτιμος και πιεσμένος.»

Δύο ΜΝ ταξινομήθηκαν στην όψη «Περιεχόμενο», με ποσοστό 6,45%. Ακολουθεί απόσπασμα του διαλόγου όπου η εκπαιδευτικός εμπλέκει την επιστημολογία στη διδασκαλία.

ΕΚΠ: «Κι εμείς τα μελετάμε όλα αυτά, γιατί αυτή η επιστήμη προσπαθεί να κάνει τη ζωή μας...»

ΜΑΘ 4: «Πιο εύκολη.»

ΕΚΠ: «Πιο εύκολη. Πώς θα μπορέσει, λοιπόν, να κάνει πιο εύκολη τη ζωή μας εκμεταλλευόμενη μια παρατήρηση...»

Στην όψη «Παιδαγωγική/ Πλαίσιο» ταξινομήθηκαν 8 ΜΝ, με ποσοστό 25,80%. Στο παρακάτω απόσπασμα η εκπαιδευτικός προσαρμόζει τη διδακτική μέθοδο που ακολουθεί στο πλαίσιο των μαθητών, με στόχο την κατανόηση της επιστημονικής άποψης από τους ίδιους.

ΕΚΠ: «Έχω φέρει μαζί μου κι ένα μπρόκολο. Αυτό που είχα παρατηρήσει κι εγώ είναι ότι, όταν το πλένουμε, δείχνει να μουσκεύεται το μπρόκολο.»

ΜΑΘ 14: «Μένουν σταγόνες πάνω στο μπρόκολο.»

ΕΚΠ: «Δηλαδή σου δίνει την αίσθηση ότι δεν έχει πλυθεί. Είναι βρώμικο, δηλαδή το μπρόκολο; Για να δούμε... Το βλέπετε; Έχετε πλύνει ποτέ μπρόκολο;»

ΜΕΡΙΚΟΙ ΜΑΘ: «Ναι!»

ΜΑΘ 4: «Κυρία, είναι λες και έχει μαλλιά και απορροφάει το νερό.»

ΕΚΠ: «Το απορροφάει το νερό ή δεν το αφήνει το νερό καν να περάσει; Κοίταξε πάνω στο κοτσάνι του.»

ΜΑΘ 7: «Κυρία, πώς θα το πλύνουμε;»

ΕΚΠ: «Το βουτάμε στο νερό και το πλένουμε. Το ότι δεν απορροφά το νερό σημαίνει ότι δεν είναι καθαρό, ότι δε μπορούμε να το πλύνουμε; Ερώτημα.»

Μία ΜΝ ταξινομήθηκε στην όψη «Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο» (3,23%). Μέσω της μεθόδου των ερωτοαπαντήσεων η εκπαιδευτικός στοχεύει στην κατανόηση της επιστημονικής άποψης, δηλαδή στη διαφοροποίησης της συμπεριφοράς της σταγόνας του νερού, ανάλογα με την επιφάνεια με την οποία έρχεται σε επαφή.

ΕΚΠ: «Πάντως το σίγουρο είναι ότι δε συμπεριφέρεται το νερό με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις επιφάνειες. Γιατί; Είναι διαφορετικό το νερό;»

ΜΑΘ 11: «Είναι διαφορετικό το φύλλο.»

ΕΚΠ: «Είναι διαφορετικό το φύλλο!»

ΜΑΘ 6: «Κυρία, να πω; Το υλικό.»

ΕΚΠ: «Το υλικό!»

ΜΑΘ 12: «Η επιφάνεια του φύλλου.»

ΕΚΠ: «Η επιφάνεια του φύλλου, λέει η Ν.»

ΜΑΘ 9: «Οι δυνάμεις του φύλλου.»

ΕΚΠ: «Πώς; Δυνάμεις του φύλλου; Κάποια φύλλα είναι πιο δυνατά από τα άλλα;»

ΜΑΘ 4: «Απλά έχουν πιο σκληρή επιφάνεια.»

Στην όψη «Περιεχόμενο/ Πλαίσιο» ταξινομήθηκαν δύο ΜΝ, με ποσοστό 6,45%. Ακολουθεί απόσπασμα του διαλόγου, όπου η εκπαιδευτικός κάνει αναφορά στους πόρους που απαιτούνται για τη διδασκαλία του φαινομένου της αδιαβροχοποίησης, δηλαδή στο αντίστοιχο σπρέι.

ΜΑΘ 6: «Κυρία, το ξύλο πώς το φτιάξατε;»

ΕΚΠ: «Αυτό θα έλεγα τώρα μόλις. Στο ξύλο δεν έγινε κάποιο μαγικό, το υλικό ήταν το ίδιο. Απλά, ψέκασα στη μία πλευρά με ένα σπρέι αδιαβροχοποίησης. Είναι ένα σπρέι που μπορείς να ψεκάσεις με αυτό τα παπούτσια σου και να μη κολλάνε λάσπες λένε.»

ΜΑΘ 2: «Αλήθεια;»

ΕΚΠ: «Έτσι λένε, θες να το δοκιμάσουμε; Δεν έχουμε και λάσπες.»

ΜΑΘ 2: «Από πού το πήρατε;»

ΕΚΠ: «Από μαγαζί με χρώμα.»

Στην «Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου» ταξινομήθηκαν δεκαεπτά ΜΝ (54,84%), με την εκπαιδευτικό στον ακόλουθο διάλογο να αξιολογεί τους μαθητές σε όσα διδάχθηκαν στο περιεχόμενο των υδρόφοβων-υδρόφιλων επιφανειών, μέσω της προφορικής μεθόδου.

ΕΚΠ: «Τι εντυπωσιακό μάθαμε σήμερα; Για να το κλείσουμε όλο αυτό.»

ΜΑΘ 13: «Το φαινόμενο του λωτού.»

ΕΚΠ: «Τι είναι αυτό; Γνωρίσαμε ότι κάποιες επιφάνειες συμπεριφέρονται διαφορετικά. Με ποιον τρόπο;»

ΜΑΘ 13: «Κάποιες είναι υδρόφοβες κι άλλες είναι υδρόφιλες.»

ΕΚΠ: «Υδρόφιλες και υδρόφοβες. Και εμείς αυτή τη γνώση πώς μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε; Γιατί δεν έχει νόημα η γνώση αν δεν έχει εφαρμογή. Η επιστήμη αυτό θέλει να κάνει. Ποιες εφαρμογές είδαμε; Ας πούμε τώρα, αν πάρω εγώ και το ρίζω πάνω στον Α. –το δέρμα του κάτι είναι- ή να το ρίζω στη μπλούζα του... Ουπς! Τι έγινε στη μπλούζα του Α.;»

ΜΑΘ 4: «Είναι υδρόφιλη.»

ΕΚΠ: «Ενώ αν ήταν ψεκασμένη, ίσως, αν ήταν από κάποιο υλικό, ε;»

ΜΑΘ 4: «Δε θα μουσκενόταν.»

ΕΚΠ: «Δε θα μουσκενόταν. Και καλά το νερό, το κέτσαπ από το πιτόγυρο;»

ΜΑΘ 12: «Κυρία, έχουμε κέτσαπ.»

ΕΚΠ: «Όχι, δεν έχουμε εδώ! Για να ολοκληρώσουμε, θέλω κάθε ομάδα να τακτοποιήσει τα υλικά της. Ευχαριστώ πολύ παιδιά.»

3.2.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-2

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-2. Από τις 31 ΜΝ που αναδείχθηκαν στην ΠΓΠ κατά τη δράση, οι 12 από αυτές ταξινομήθηκαν σε όψεις διερεύνησης.

Πίνακας 3.4 : Ποσοστά διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-2)

Διερευνητικές όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	16,60%
ΠΔ/ΠΛ	41,70%
ΠΔ/ΠΧ	0%
ΠΧ/ΠΛ	0%
ΠΓΠ	41,70%

Πιο συγκεκριμένα, στην όψη «Περιεχόμενο» ταξινομήθηκαν δύο MN (16,60%), με την εκπαιδευτικό να εμπλέκει την επιστημολογική γνώση κι εδώ συγκεκριμένα τον σκοπό της επιστήμης.

ΕΚΠ: «...Και το σημαντικό, αν αυτό συμβαίνει, εμείς πώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε αυτόν τον φόβο, να τον εκμεταλλευτούμε έτσι ώστε να κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη;»

Πέντε MN ταξινομήθηκαν στην όψη «Παιδαγωγική/ Πλαίσιο», με ποσοστό 41,70%. Παράδειγμα αποτελεί ο παρακάτω διάλογος, στον οποίο η εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές τους πόρους, όπως τις πιπέτες και τα ξύλα, ώστε να εμπλακούν στη διαδικασία της διερεύνησης, κάνοντας δοκιμές και συγκρίνοντας τις παρατηρήσεις τους.

ΕΚΠ: «Θα φέρω και θα ρίξω λίγο φρυγανιά τριμμένη στην επιφάνεια Α και στην επιφάνεια Β. Θέλω να ρίξετε σταγόνες νερού και στις δύο επιφάνειες, εκεί κοντά που είναι η φρυγανιά, αυτά τα σκουπιδάκια της φρυγανιάς. Και πλαγιάστε την επιφάνεια να δούμε τι θα συμβεί. Για γυρίστε το λίγο να δούμε τι γίνεται, σηκώστε λίγο το ξύλο να δούμε πώς θα φερθεί το νερό μαζί με τη φρυγανιά.»

ΜΑΘ 3: «Κυρία, το κάναμε.»

ΕΚΠ: «Και;»

ΜΑΘ 3: «Στην Α επιφάνεια...»

ΜΕΡΙΚΟΙ ΜΑΘ: «Μην το πεις!»

ΕΚΠ: «Για δοκιμάστε ξανά, ρίξτε κι άλλες σταγόνες. Τι έγινε, ρίξατε νερό; Μια μεγάλη σταγόνα θέλω να ρίξεις. Τι έγινε; Εδώ την καθαρίζει, εδώ δεν την καθαρίζει;»

Στην «Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου» ταξινομήθηκαν πέντε MN, με ποσοστό 41,70%. Η εκπαιδευτικός παρέχοντας στους μαθητές τους πόρους (φύλλο εργασίας, παρουσίαση PPT), τους εμπλέκει σε δραστηριότητες διερευνητικού χαρακτήρα, καλλιεργώντας παράλληλα και δεξιότητες όπως παρατήρηση, καταγραφή και σύγκριση.

ΕΚΠ: «Λοιπόν, βλέπουμε δύο φύλλα. Τα φύλλα είναι; Βρεγμένα. Βλέπετε καμία διαφορά ανάμεσα στα φύλλα και στη σχέση τους με το νερό; Συζητήστε το μεταξύ σας κι εσείς θα αποφασίσετε και θα καταγράψετε την απάντησή σας.»

ΜΑΘ 5: «Κυρία, πού;»

ΕΚΠ: «Αν ανοίξετε το φύλλο εργασίας, ό,τι βλέπετε στο Power Point, το ίδιο ακριβώς είναι και στο φύλλο εργασίας σας. Για κουβεντιάστε πρώτα να δείτε τι είναι αυτό που βλέπετε και μετά θα το ανακοινώσετε το τι αποφασίσατε.»

ΜΑΘ 6: «Κυρία, να το γράψουμε;»

ΕΚΠ: «Ναι, παρακαλώ.»

3.3 Αποτελέσματα Case Study-3 (CS-3)

3.3.1 Αποτελέσματα για την ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-3

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση περιεχομένου της διδασκαλίας CS-3. Κατά τη συγκεκριμένη διδασκαλία αναδείχθηκαν 35 ΜΝ στις οποίες αναγνωρίζουμε πέντε από τις επτά όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Ακολουθεί ξεχωριστή αναφορά σε κάθε όψη και παράθεση παραδείγματος.

Πίνακας 3.5: Ποσοστά όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-3)

Όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	2,80%
ΠΔ/ΠΛ	34,30%
ΠΔ/ΠΧ	14,30%
ΠΧ/ΠΛ	14,30%
ΠΓΠ	34,30%

Στην όψη «Περιεχόμενο» ταξινομήθηκε μία ΜΝ (2,80%), όπου η εκπαιδευτικός στο συγκεκριμένο απόσπασμα εμπλέκεται την επιστημολογική γνώση και πιο συγκεκριμένα τη φύση της επιστήμης.

ΕΚΠ: «Θα σας δώσω ένα φύλλο εργασίας από κάθε ομάδα από τη μεριά που σας το δίνω μόνο. Ένα φύλλο εργασίας σε κάθε ομάδα. Μόνο από τη μεριά που σας το δίνω. Ακούστε να σας πω κάτι. Αυτό που κάναμε με την πέτρα και το ξύλο σίγουρα δεν είναι μαγικό. Έτσι; Σίγουρα κάτι θα έχουν ανακαλύψει οι επιστήμονες. Οι επιστήμονες όμως δεν το ανακάλυψαν μόνοι τους. Πήραν το ερέθισμα από την ίδια τη φύση. Η ίδια η φύση οδήγησε τους επιστήμονες στο να κάνουν αυτό που κάναμε εδώ ή αυτό που είδαμε. Θα το εξηγήσουμε καλύτερα.»

Δώδεκα ΜΝ με ποσοστό (34,30%) αναγνωρίστηκαν στην όψη «**Παιδαγωγική/ Πλαίσιο**», με την εκπαιδευτικό να παρέχει στους μαθητές τους απαραίτητους πόρους (πιπέτες), ώστε να εμπλακούν στη διαδικασία της διερεύνησης.

ΕΚΠ: «Θέλω τώρα να ζαναγεμίσετε τις πιπέτες και να ρίξετε στην άλλη μεριά και να παρατηρήσετε!»

Στην «**Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο**» ταξινομήθηκαν πέντε ΜΝ (14,30%), με την εκπαιδευτικό να θέτει ως στόχο την κατανόηση της επιστημονικής άποψης, δηλαδή το φαινόμενο του λωτού από τους μαθητές.

ΕΚΠ: «Προτού να δούμε το βίντεο να σας εξηγήσω ότι, αυτό που παρατηρήσατε στο ξύλο -που η σταγόνα δεν έμεινε επάνω ή που έπαιρνε τα σκουπίδια, είτε στα φύλλα που είχατε μπροστά σας-, που σε κάποια η σταγόνα ήταν στρογγυλή ή όχι, βασίζεται στο φαινόμενο του λωτού. Του λωτού σαν το φύλλο που είδαμε πριν. Όχι ο λωτός που έχουμε εδώ.»

Στην όψη «**Περιεχόμενο/ Πλαίσιο**» αναγνωρίζουμε 5 ΜΝ σε ποσοστό 14,30%, με την εκπαιδευτικό να αντιλαμβάνεται και να επισημαίνει το ενδιαφέρον το μαθητών ως προς το περιεχόμενο που διδάσκεται.

ΕΚΠ: «Τώρα κάναμε δύο πράγματα -είτε με την πέτρα είτε με το ξύλο- τα οποία αν μη τι άλλο σας έκαναν να πείτε «Αααα!», δηλαδή σας εντυπωσίασαν.»

Δώδεκα ΜΝ αναγνωρίστηκαν στην «**Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**», με την εκπαιδευτικό να αξιοποιεί έντυπες και προφορικές μεθόδους αξιολόγησης για το περιεχόμενο των νανοπροεξοχών και μικροπροεξοχών.

ΕΚΠ: «Για καθίστε να ρωτήσω κάτι και τελειώσαμε. Σήμερα χρησιμοποιήσαμε δύο καινούριες λέξεις. Ποιες;»

ΜΕΡΙΚΟΙ ΜΑΘ: «Νανοπροεξοχές και μικροπροεξοχές.»

ΕΚΠ: «Και αν σας ζητούσα αυτές τις λέξεις να τις βάζαμε εδώ στο χαρτόνι, πού θα βάζαμε τη λέξη μικροπροεξοχές; ;Α;»

ΜΑΘ 10: «Στον Μακρόκοσμο.»

ΕΚΠ: «Να το γράψω;»

ΜΕΡΙΚΟΙ ΜΑΘ: «Ναι!»

ΕΚΠ: «Και ποια άλλη λέξη καινούρια συναντήσαμε, Α;»

ΜΑΘ 7: «Μακρο...»

ΕΚΠ: «Μακρο;»

ΜΑΘ 7: «Όχι, νανοπροεξοχές.»

ΕΚΠ: «Πού θα τις βάλουμε;»

ΜΑΘ 7: «Στον Νανόκοσμο.»

ΕΚΠ: «Κι έτσι, μ' αυτήν εδώ την τελεία, τελείωσε και το μάθημα της Νανοτεχνολογίας.»

3.3.2 Αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-3

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση της CS-3. Από τις 35 ΜΝ που αναδείχθηκαν στην ΠΓΠ κατά τη δράση, οι 14 από αυτές ταξινομήθηκαν σε όψεις διερεύνησης.

Πίνακας 3.6: Ποσοστά διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-3)

Διερευνητικές όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	7,10%
ΠΔ/ΠΛ	57,15%
ΠΔ/ΠΧ	21,45%
ΠΧ/ΠΛ	0%

ΠΓΠ	14,30%
-----	--------

Στην όψη «Περιεχόμενο» ταξινομείται η μία και μοναδική ΜΝ (7,10%) που αναγνωρίστηκε κατά τη διδασκαλία και αποτελεί ταυτόχρονα και όψη διερεύνησης. Παρατίθεται ξανά το παράδειγμα, όπου αναδεικνύεται η επιστημολογική γνώση.

ΕΚΠ: «Θα σας δώσω ένα φύλλο εργασίας σε κάθε ομάδα. Μόνο από τη μεριά που σας το δίνω. Αυτό που κάναμε με την πέτρα και το ζύλο σίγουρα δεν είναι μαγικό. Έτσι; Σίγουρα κάτι θα έχουν ανακαλύψει οι επιστήμονες. Οι επιστήμονες όμως δεν το ανακάλυψαν μόνοι τους. Πήραν το ερέθισμα από την ίδια τη φύση. Η ίδια η φύση οδήγησε τους επιστήμονες στο να κάνουν αυτό που κάναμε εδώ ή αυτό που είδαμε. Θα το εξηγήσουμε καλύτερα.»

Οκτώ ΜΝ ταξινομήθηκαν στην όψη «Παιδαγωγική/ Πλαίσιο» με ποσοστό 57,15% όπου η εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές τους πόρους (ξύλα, πιπέτα, χρωματισμένο νερό) που απαιτούνται για να διερευνήσουν.

ΕΚΠ: «Τα ξύλα τα έχετε, έτσι; Θα πάρετε την πιπέτα, αυτό λέγεται πιπέτα, και θα πάρετε λίγο χρωματισμένο νερό.»

Στην όψη «Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο» αναγνωρίστηκαν 3 ΜΝ (21,45%). Στο παρακάτω απόσπασμα, η εκπαιδευτικός αναπτύσσει μεθόδους στις οποίες καλλιεργούνται δεξιότητες διερευνητικού χαρακτήρα, όπως σύγκριση και παρατήρηση.

ΕΚΠ: «Θα ρίξω φιστίκι επάνω στις δύο μεριές των ζύλων... Προσέξτε τώρα, εδώ... Αυτά που έριξα πάνω στα ζύλα, πείτε ότι είναι βρωμίες, σωματίδια βρωμιάς, βακτήρια κ.λπ.»

ΜΑΘ 1: «Κυρία, φιστίκι δεν είναι;»

ΕΚΠ: «Ναι, είναι φιστίκι, δεν μπορούσα να σου φέρω βακτήριο. Ξαναβουτήξτε τις πιπέτες μέσα. Ωραία!»

ΜΑΘ 1: «Να ρίξουμε;»

ΕΚΠ: «Όχι, περιμένετε. Να σηκωθούν τα ζύλα ελαφρώς πάλι, ελαφρώς να μην πέσουν τα φιστίκια...»

ΜΑΘ 2: «Τι να ρίξουμε;»

ΕΚΠ: «Ελαφρώς να σηκωθούν τα ζύλα... Έτσι... Και θα ρίξετε με την πιπέτα στο πρώτο κομμάτι, όχι εκεί που είναι το [v], επάνω στα φιστίκια που σας έβαλα. Και παρατηρήστε λίγο τι γίνεται... Πάνω στα φιστίκια...»

Στην «**Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**» αναγνωρίστηκαν δύο MN (14,30%). Η εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές τους πόρους, ώστε να αναπτύξουν μεθόδους όπου καλλιεργούνται δεξιότητες και στάσεις διερευνητικού χαρακτήρα και στο συγκεκριμένο απόσπασμα διαπραγματεύονται το περιεχόμενο τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων.

***ΕΚΠ:** «Θέλω να σκεφτείτε τι θέλετε να αναπαραστήσετε, έτσι; Μη βγει το μοντέλο σαν την άλλη φορά εκτός θέματος.»*

3.4 Αποτελέσματα CS-1, CS-2 & CS-3 ανά όψη

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα ανά όψη ΠΓΠ και ανά διερευνητική όψη ΠΓΠ και για τις τρεις CS της έρευνας. Η συγκεκριμένη υποενότητα του κεφ.3 αποσκοπεί στην πιο ολοκληρωμένη και πιο κατανοητή παρουσίαση των αποτελεσμάτων, με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 3.7: Ποσοστά όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση CS-1, CS-2 & CS-3

Όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό MN CS-1, CS-2 & CS-3
ΠΔ	0%
ΠΛ	1,01%
ΠΧ	8,08%
ΠΔ/ΠΛ	26,26%
ΠΔ/ΠΧ	11,11%
ΠΧ/ΠΛ	14,14%
ΠΓΠ	39,40%

Από τις 99 ΜΝ, στην όψη «**Πλαίσιο**» ταξινομήθηκε μόλις μία ΜΝ και για τις 3 διδασκαλίες συνολικά (1,01%). Για το «**Περιεχόμενο**» εντοπίστηκαν 8 ΜΝ (8,08%). Στην «**Παιδαγωγική/ Πλαίσιο**» αναγνωρίστηκαν 26 ΜΝ, με ποσοστό 26,26%. Στην όψη «**Παιδαγωγική/ Περιεχόμενο**» ταξινομήθηκαν 11 ΜΝ (11,11%). Για το «**Περιεχόμενο/ Πλαίσιο**» καταγράφηκαν 14 ΜΝ (14,14%) και για την «**Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**» 39 ΜΝ, με ποσοστό 39,40%.

Πίνακας 38: Ποσοστά διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση (CS-1, CS-2 & CS-3)

Διερευνητικές όψεις ΠΓΠ	Ποσοστό ΜΝ CS-1, CS-2 & CS-3
ΠΔ	0%
ΠΛ	0%
ΠΧ	10,81%
ΠΔ/ΠΛ	43,25%
ΠΔ/ΠΧ	13,51%
ΠΧ/ΠΛ	0%
ΠΓΠ	32,43%

Όσον αφορά στις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ, από τις 37 ΜΝ, στην όψη **«Περιεχόμενο»** ταξινομήθηκαν 4 ΜΝ (10,81%). Στην όψη **«Παιδαγωγική/Πλαίσιο»** αναγνωρίστηκαν 16 ΜΝ, με ποσοστό 43,25%. Τέλος, πέντε ΜΝ (13,51%) ταξινομήθηκαν στην **«Παιδαγωγική/Πλαίσιο»** και 12 ΜΝ στην όψη **«Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου»**, με ποσοστό 32,43%.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι από τις συνολικές ΜΝ (99 ΜΝ) που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση και των τριών διδασκαλιών που μελετήθηκαν, το 37,37% (37 ΜΝ) αναγνωρίστηκε σε όψεις διερευνητικού χαρακτήρα.

Κεφάλαιο 4^ο: Συμπεράσματα – Συζήτηση

4.1 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρατίθεται τα συμπεράσματα που αφορούν στα δύο ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα, τόσο για τις όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση, όσο και για τις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Παράλληλα, αξίζει να αναφερθεί ότι μέσω της συγκεκριμένης έρευνας διαπιστώνεται πως ένα εργαλείο, όπως το Εργαλείο Ανάλυσης Δεδομένων, που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ΠΓΠ, μπορεί να αξιοποιηθεί και για την ανάδειξη των όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση.

4.1.1 Συμπεράσματα για το 1^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Επιχειρώντας την αποτίμηση των αποτελεσμάτων, από την ανάλυση των τριών μελετών περιπτώσεων της παρούσας έρευνας, συνάγεται ότι κυριαρχούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση. Αυτό το εύρημα αναδεικνύει το γεγονός πως ο εκπαιδευτικός, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του, ενσωματώνει γνώσεις από το «οπλοστάσιό» του και τις εφαρμόζει μέσω μιας διδακτικής τεχνικής. Το εύρημα αυτό συνάδει με τη δημοσίευση των Park & Oliver (2008a), σύμφωνα με την οποία, χαρακτηριστικό της ΠΓΠ κατά τη δράση είναι η ενσωμάτωση των όψεών της.

Αναλυτικότερα, υπάρχουν ευρήματα τα οποία είναι κοινά και για τις τρεις μελέτες περίπτωσης. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό συγκεντρώνουν οι αλληλεπιδράσεις της «ΠΓΠ» και ακολουθεί αυτή της Παιδαγωγικής/Πλαισίου. Μέσω των παραπάνω όψεων αναδεικνύονται η αλληλεπίδραση εκπαιδευτικού-μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, αλλά και ο σημαντικός ρόλος του πλαισίου (πόροι-μαθητές) στην ανάπτυξη της ΠΓΠ. Το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνεί και με τη βιβλιογραφία των Cross & Lepareur (2015), σύμφωνα με την οποία το πλαίσιο της διδασκαλίας επηρεάζει και επηρεάζεται από την ΠΓΠ. Επόμενες στην κατάταξη κατά φθίνουσα σειρά βρίσκονται οι αλληλεπιδράσεις Περιεχομένου/ Πλαισίου και

Παιδαγωγικής/Περιεχομένου. Οι όψεις «Περιεχόμενο» και «Πλαίσιο» συγκεντρώνουν τα χαμηλότερα ποσοστά στο σύνολο των όψεων. Τέλος, στην όψη «Παιδαγωγική» δεν αναγνωρίζεται καμία ΜΝ, και στις 3 μελέτες περίπτωσης.

4.1.2 Συμπεράσματα για το 2^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορά πιο συγκεκριμένα στις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών. Έτσι, αποτιμώντας τα αποτελέσματα της έρευνας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν κυριαρχούν οι διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ σε καμία από τις μελέτες περίπτωσης.

Πιο αναλυτικά, ανάμεσα στις διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση, εξακολουθεί να επικρατεί η «ΠΓΠ», αλλά και οι αλληλεπιδράσεις Παιδαγωγικής/Πλαισίου. Οι αλληλεπιδράσεις Παιδαγωγικής/Περιεχομένου και το «Περιεχόμενο» σημειώνουν χαμηλότερα ποσοστά εμφάνισης. Μάλιστα, στις όψεις «Πλαίσιο» και «Περιεχόμενο/Πλαίσιο» καταγράφονται μηδενικά ποσοστά. Τα παραπάνω δεδομένα συνάδουν με τη δημοσίευση της Chaitidou et al. (2018), σύμφωνα με την οποία, αν και οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν διερεύνηση κατά τη διδασκαλία -καθώς η όψη της «ΠΓΠ» βρίσκεται ανάμεσα στις κυρίαρχες-, δεν ισχύει το ίδιο για τις όψεις που αναφέρονται στα διακριτά συστατικά της ΠΓΠ (Παιδαγωγική, Πλαίσιο, Περιεχόμενο). Το ίδιο ισχύει και για τις αλληλεπιδράσεις που αφορούν σε αυτά τα συστατικά, όπως η αλληλεπίδραση Περιεχομένου/Πλαισίου. Επιπρόσθετα, από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι κυριαρχούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των όψεων και όχι τα διακριτά συστατικά της ΠΓΠ. Αυτό συνάδει με τα συμπεράσματα της Χαϊτίδου (2019), όπου επίσης στις αλληλεπιδράσεις των συστατικών παρατηρήθηκαν θετικότερα αποτελέσματα συγκριτικά με τα διακριτά συστατικά, με αυτό να σημαίνει πως ο λόγος των εκπαιδευτικών γίνεται πιο σύνθετος.

Τέλος, αξιοσημείωτο είναι ότι η πλειοψηφία των διερευνητικών όψεων της ΠΓΠ κατά τη δράση εξακολουθεί να ταξινομούνται στην αλληλεπίδραση Παιδαγωγικής/Πλαισίου και στην ΠΓΠ, τα οποία κυριαρχούν και στις όψεις της ΠΓΠ κατά τη δράση. Εξακολουθεί, δηλαδή να αναδεικνύεται η αλληλεπίδραση

μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, αλλά και ο σημαντικός ρόλος του πλαισίου (πόροι-μαθητές) στην ανάπτυξη της ΠΓΠ.

4.2 Περιορισμοί της Έρευνας και Μελλοντικές Προεκτάσεις

Από την παρούσα έρευνα απορρέουν ορισμένοι περιορισμοί που δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της. Η έρευνα αποτελεί μελέτη περίπτωσης τριών εκπαιδευτικών. Συνεπώς, ο αριθμός των συμμετεχουσών μπορεί να θεωρηθεί μικρό, οπότε δε μπορεί να θεωρηθεί γενικεύσιμο. Επιπλέον, είναι πιθανόν να εμπεριέχει τον υποκειμενισμό του ερευνητή, παρά την προσπάθειά του για το αντίθετο (Cohen et al., 2007: 184).

Ακόμη, και οι τρεις εκπαιδευτικοί -οι διδασκαλίες των οποίων μελετώνται- έχουν εμπλακεί σε πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών σχετικό με τα ζητούμενα της έρευνας. Επιπλέον οι δύο από αυτές, έχουν ασχοληθεί με μεταπτυχιακές σπουδές που αφορούν στις Φυσικές Επιστήμες.

Επιπρόσθετα, παρ' όλο που μέσω των βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών, είναι δυνατόν να μελετηθεί η ΠΓΠ κατά τη δράση, θα πρέπει να τονιστεί ότι αποτελούν μελέτες περίπτωσης και αποτυπώνουν ένα μέρος από τη συσσωρευμένη γνώση του εκπαιδευτικού, ενώ ταυτόχρονα, η επιλογή και η αξιοποίηση συγκεκριμένων γνώσεων από το εκπαιδευτικό επηρεάζεται σημαντικά από το πλαίσιο της διδασκαλίας του.

Η συγκεκριμένη έρευνα δύναται να διερευνηθεί σε τρεις διαφορετικούς άξονες. Θα μπορούσε να αυξηθεί ο αριθμός των συμμετεχουσών εκπαιδευτικών για τα συγκεκριμένα ερωτήματα. Ακόμη θα ήταν ενδιαφέρον να επαναληφθεί με τα ίδια ερευνητικά ερωτήματα σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς, χωρίς προηγούμενη εκπαίδευση ή ακαδημαϊκή εμπειρία στον χώρο των Φυσικών Επιστημών. Επιπλέον, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στο προφίλ των εκπαιδευτικών που θα αποτελούν τις μελέτες περίπτωσης στην έρευνα, ώστε να επιχειρηθεί μια συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων με τα ατομικά, επαγγελματικά και ακαδημαϊκά χαρακτηριστικά τους. Τέλος, όσον αφορά τα ευρήματα για τις

διερευνητικές όψεις της ΠΓΠ, θα μπορούσαν αυτές να ταξινομηθούν με βάση το μοντέλο που αναφέρεται στους Forsthuber, Motiejunaite & Coutinho (2011), όπου ταξινομείται η διερεύνηση σε τέσσερις ξεχωριστές διερευνητικές προσεγγίσεις (επιβεβαιωτική-δομημένη-καθοδηγούμενη-ανοιχτή).

Βιβλιογραφία

Abell, S. K., Rogers, M. A. P., Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Gagnon, M. J. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77-93.

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education*, 88 (3), 397-419.

Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* Examining pedagogical content knowledge (pp. 147-161). Dordrecht: Springer.

Bhushan, B. (2012). Fabrication and characterization of micro-, nano-, and hierarchical structured surfaces. Στο B. Bhushan, *Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology* (σσ. 97-203). Heidelberg: Springer.

Bhushan, B. (2016). *Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green Science and Technology*. Heidelberg, Germany: Springer.

Chaitidou, M., Spyrtou, A., Kariotoglou, P., & Dimitriadou, C. (2018). Science, Mathematics and Technology Learning.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*, New York: Routledge.

Cross, D., & Lepareur, C. (2015). PCK at stake in teacher–student interaction in relation to students’ difficulties. In *Understanding science teachers' professional knowledge growth* (pp. 47-61). Brill Sense.

De Jong, O., & Van Der Valk, A. E. (2007). Science teachers’ PCK and teaching practice: learning to scaffold students’ open-inquiry learning. In R. Pintó, & D. Couso (Eds.) *Contributions from science education research* (pp. 107-118). Dordrecht: Springer.

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of advanced nursing*, 62(1), 107-115.

Forsthuber, B., Motiejunaite, A., & de Almeida Coutinho, A. S. (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, European Commission.

Geddis, A. N. (1993). Transforming subject matter knowledge: the role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15(6), 673-683.

Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht: Springer.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 38-52). New York: Routledge.

Hobæk, T. C., Leinan, K. G., Leinaas, H. P., & Thaulow, C. (2011). Surface nanoengineering inspired by evolution. *BioNanoScience*, 1(3), 63-77.

Lee, M. (2014). Lotus Leaves: Humble Beauties. Στο M. Lee, *Remarkable Natural Material Surfaces and Their Engineering Potential* (σσ. 53-63). Springer, Cham.

Li, T., Ren, T., & He, J. (2016). The inspiration of nature: natural counterparts with self-cleaning functions.

Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I., & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education*, 33, σσ. 22-37.

National Research Council (NRC). 2000. Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.

Nuangchalerm, P. (2012). Enhancing pedagogical content knowledge in preservice science teachers. *Higher Education Studies*, 2(2), 66-71.

Otto, C. A., & Everett, S. A. (2013). An instructional strategy to introduce pedagogical content knowledge using Venn diagrams. *Journal of Science Teacher Education*, 24(2), 391-403.

Papaevripidou, M., Irakleous, M., & Zacharia, Z. C. (2017). Designing a course for enhancing prospective teachers' inquiry competence. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, and J. Lavonen (Eds.) *A Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (pp. 263-278). Washington, DC: Springer.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008a). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Park, S., Jang, J. Y., Chen, Y. C., & Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260.

Park, S., Kim, J., & Park, C. H. (2015). Superhydrophobic textiles: review of theoretical definitions, fabrication and functional evaluation. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(4), 155892501501000401.

Quéré, D. (2008). Wetting and roughness. *Annual Review Materials Research*, 38, σσ. 71-99.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.

Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA.: NSTA press

Taylor, A., Jones, G., & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, sticky, and shaky: nanoscale science and the curriculum. *Science Scope* , 31, σσ. 28-35.

Van Driel, J. H., & Berry, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational researcher*, 41(1), 26-28.

Wallace, J., & Loughran, J. (2012). Science teacher learning. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.) *Second international handbook of science education* (pp. 295-306). Dordrecht: Springer.

Willig, C. (2013). *Ποιοτικές μέθοδοι έρευνας στην Ψυχολογία: Εισαγωγή*. Αθήνα: Gutenberg.

Wiser, M., & Smith, C. L. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced. *International handbook of research on conceptual change*, 205-239

Δημητριάδου, Κ. (2016). Νέοι προσανατολισμοί της διδακτικής. *Προσαρμογή της Διδασκαλίας στις εκπαιδευτικές προσκλήσεις του 21^{ου} αιώνα*. Αθήνα: Gutenberg.

Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές μέθοδοι έρευνας στις κοινωνικές επιστήμες*, Αθήνα: Κριτική.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.

Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., & Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Α. Καλλέρη, *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές* (σσ. 203-211). Θεσσαλονίκη: ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Μάνου, Λ. (2020). *Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικών μαθησιακών σειρών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη νανοτεχνολογία*. Φλώρινα: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (Διδακτορική διατριβή).

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ., & Σπύρτου, Α. (2015α). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική Εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπούρδη, & Χ. (. Σκουμιάς, *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου μ: Διεθνή Συμμετοχή "Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες* (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ., & Σπύρτου, Α. (2015β). Ανάπτυξη και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για τη διδασκαλία της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη, *Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 279-286). Θεσσαλονίκη: ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Πέικος, Γ. (2016). *Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τη διδασκαλία του περιεχομένου της νανοεπιστήμης-νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο*. Φλώρινα: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (Διδακτορική διατριβή).

Πέικος, Γ., Σπύρτου, Α., & Μάνου, Α. (2017). Εφαρμογή και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, & Α. Κοκολάκη, *Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, Πρακτικά 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 802-810). Ρέθυμνο: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Σπύρτου, Α., Μάνου, Α., Πέικος, Γ., & Παπαδοπούλου, Π. (2018). *Διερευνώντας τα μυστικά του νανόκοσμου*. Αθήνα: Gutenberg.

Συμεού, Α. (2006). Εγκυρότητα και αξιοπιστία στην ποιοτική εκπαιδευτική έρευνα: Παρουσίαση, αιτιολόγηση και πράξη. *9ο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου*, 4.

Τζίμα, Γ., & Πέικος, Γ. (2017). Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: Δραστηριότητες για το Φαινόμενο του Λατού στην Α/ βαθμια Εκπαίδευση στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, & Α. Κοκολάκη, *Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, Πρακτικά 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 862-867). Ρέθυμνο: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Χαϊτίδου, Μ. (2019). Μελέτη της εξέλιξης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου μέσω του αναστοχασμού εκπαιδευτικών που συμμετέχουν σε πρόγραμμα εκπαίδευσης καινοτόμων Διδακτικών Μαθησιακών Σειρών στις Φυσικές Επιστήμες, ΠΤΔΕ, ΠΔΜ (Διδακτορική διατριβή).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλο εργασίας από τις διδασκαλίες των CS-2 και CS-3

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Υπερ - υδρόφοβες επιφάνειες

Περιγράψω ποιοτικά τη συμπεριφορά σταγόνων νερού σε επιφάνειες φύλλων

A. Οι παρακάτω φωτογραφίες εικονίζουν δύο βρεγμένα φύλλα διαφορετικών φυτών. Ποια διαφορά στο σχήμα των σταγόνων νερού στις δύο επιφάνειες παρατηρείς;



B. Στον πάγκο εργασίας υπάρχουν φύλλα από διάφορα φυτά, και υλικά καθημερινής χρήσης όπως ένα κομμάτι ξύλου και ένα κομμάτι κεραμίδας.

1. Χρησιμοποιώντας μία πιπέτα, ρίξε μερικές σταγόνες νερού σε κάθε ένα από τα παραπάνω αντικείμενα (φύλλα και προϊόντα).

Δοκίμασε και τις δύο επιφάνειες των υλικών (πχ και στις δύο μεριές του ξύλου – πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου)

2. Να τοποθετήσεις στη κατάλληλη στήλη του παρακάτω πίνακα, τα αντικείμενα, στα οποία, οι σταγόνες νερού εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά με τα φύλλα του πίνακα.

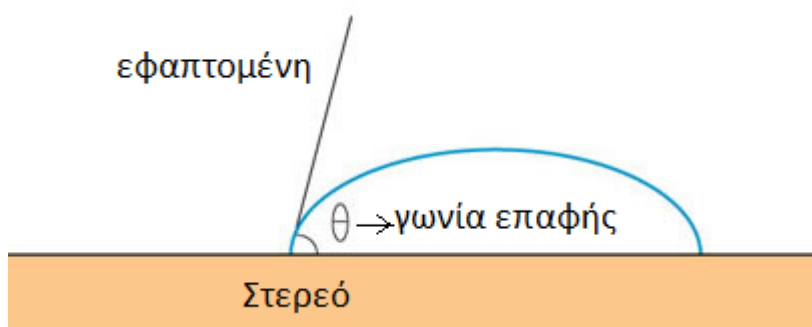


1. Ρίξε λίγη τριμμένη φρυγανιά στις δύο διαφορετικές περιοχές του ξύλου.
2. Με μία πιπέτα ρίξε νερό σε κάθε μεριά του ξύλου. Σε ποια περιοχή του ξύλου, το νερό παρέσυρε και καθάρισε τη φρυγανιά; Ποια είναι η σχέση του σχήματος της σταγόνας με τον καθαρισμό της επιφάνειας;

Δραστηριότητα 3: Περιγράψω ποσοτικά τη συμπεριφορά σταγόνων νερού σε επιφάνειες φύλλων.

1. Διάβασε το παρακάτω κείμενο προκειμένου να περιγράψεις ποσοτικά τις διαφορετικές συμπεριφορές μίας επιφάνειας όταν πέσουν πάνω της σταγόνες νερού.

Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε τη διαβροχή μίας επιφάνειας, είναι η μέτρηση της γωνίας επαφής θ , που σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας του στερεού και της εφαπτομένης της σταγόνας στο σημείο που έρχεται σε επαφή με το στερεό (σχήμα 1).

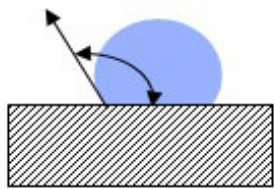
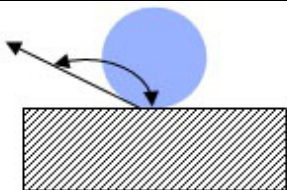


Σχήμα 1: Γωνία επαφής μεταξύ σταγόνας και επιφάνειας

Ανάλογα με τις τιμές της γωνίας επαφής θ , διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις (πίνακας 1):

Πίνακας 1: Οι τέσσερις διαφορετικές συμπεριφορές της επιφάνειας στη διαβροχή.

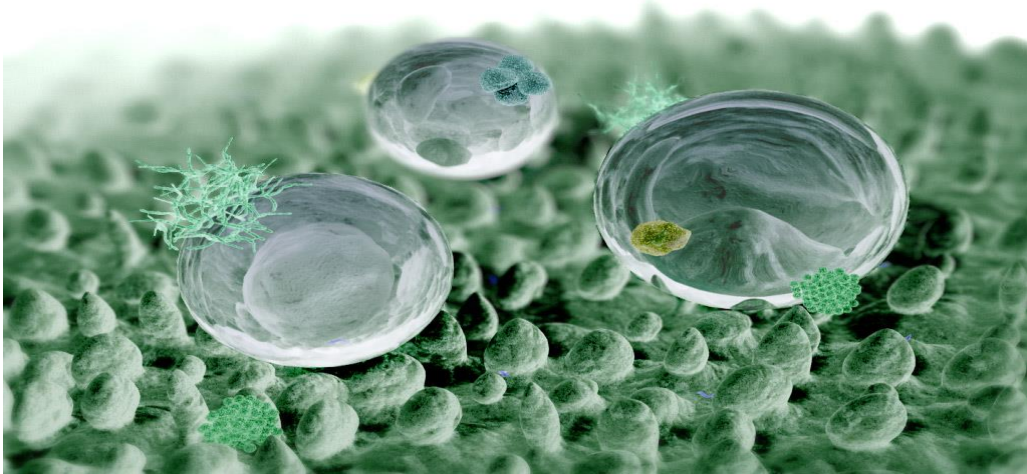
Τιμές θ	Περιγραφή της συμπεριφοράς της σταγόνας	Χαρακτηρισμός επιφάνειας	Σχήμα
$\theta < 10^\circ$	Η σταγόνα απλώνεται και βρέχει ένα πολύ μεγάλο μέρος της επιφάνειας	Σούπερ υδρόφιλη	
$10^\circ \leq \theta < 90^\circ$	Η σταγόνα απλώνεται και βρέχει ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας	Υδρόφιλη	

$90 \leq \theta < 150^\circ$	Η σταγόνα σχηματίζει ημισφαιρικό σχήμα	Υδρόφοβη	
$\theta \geq 150^\circ$	Η σταγόνα σχηματίζει σφαιρικό σχήμα. Ένα πολύ μικρό ποσοστό της επιφάνειας της σταγόνας έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια	Σούπερ υδρόφοβη	– 

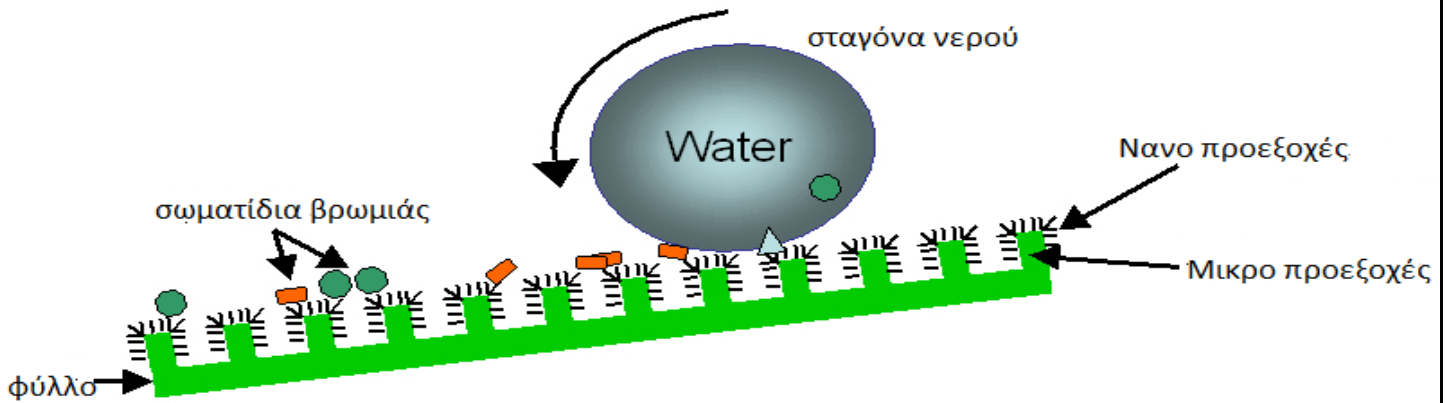
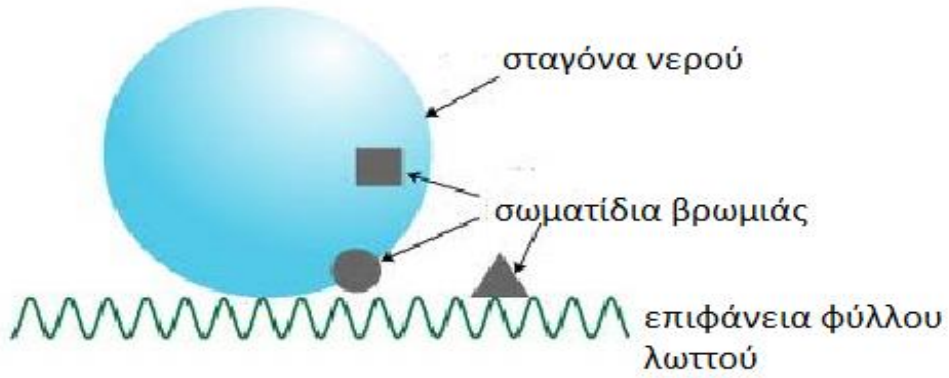
Δραστηριότητα 4: Περιγράψω μία σουπερ – υδρόφοβη επιφάνεια

A. Οι παρακάτω τρεις πρώτες εικόνες και το video που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή (στην εικόνα 4 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από το video), είναι μοντέλα που αναπαριστούν τη συμπεριφορά μίας σταγόνας νερού στην επιφάνεια του **φύλλου ενός φυτού, που ονομάζεται λωτός**. Οι εικόνες 5, 6 και 7 είναι μοντέλα που αναπαριστούν (εικόνες 5,6) και συγκρίνουν (εικόνα 7) την επιφάνεια του ίδιου φύλλου με άλλες επιφάνειες άλλων φύλλων. Αφού τα παρατηρήσετε και τα μελετήσετε απαντήστε στα παρακάτω:

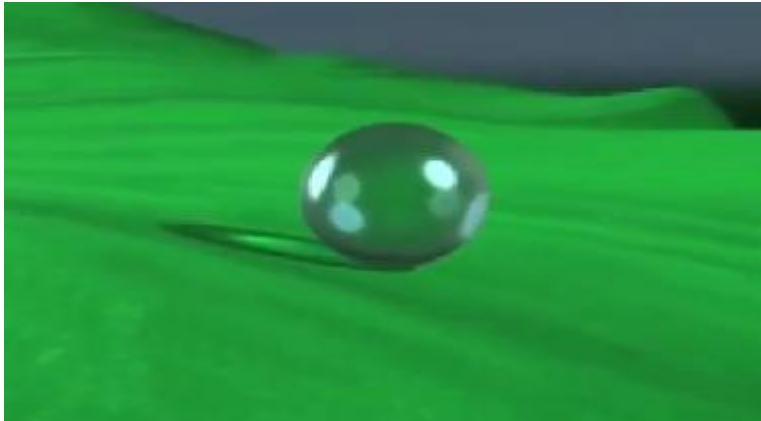
Εικόνα 1



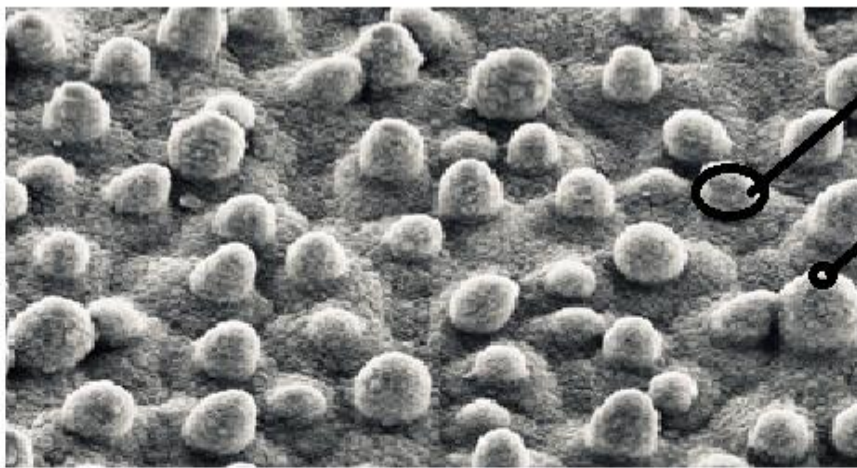
Εικόνα 2



Εικόνα 3



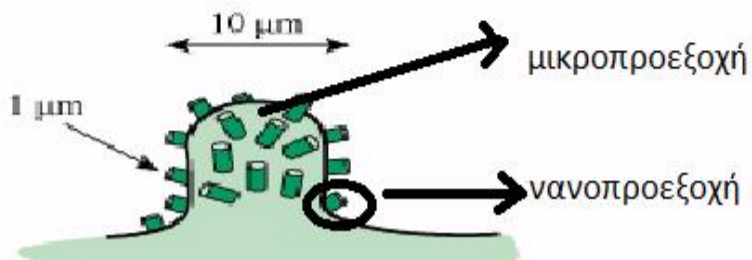
ΕΙΚΟΝΑ 4: Στιγμιότυπο από video



μικροπροεξοχές

νανο προεξοχές

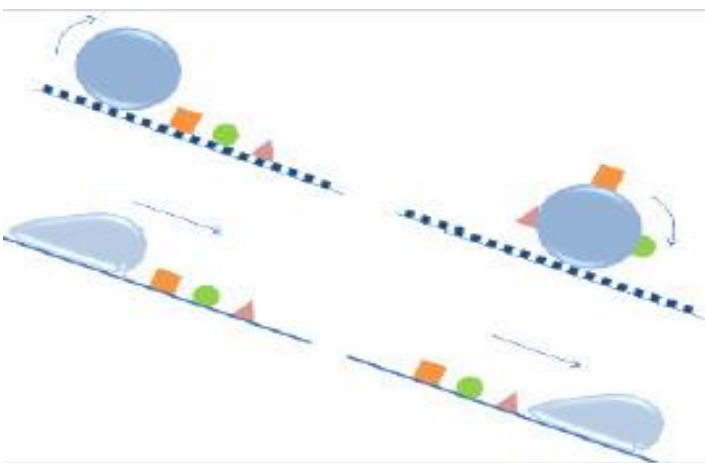
Εικόνα 5



μικροπροεξοχή

νανοπροεξοχή

Εικόνα 6



Εικόνα 7

A) Περιγράψε τη δομή της επιφάνειας του φύλλου του λωτού.

B) Περιγράψε την ικανότητα της επιφάνειας του φύλλου του λωτού, να μη βρέχεται όταν πέσει πάνω της νερό.

Γ) Περιγράψε την ικανότητα του φύλλου να αυτοκαθαρίζεται.

Δραστηριότητα 5: Κατασκευή μοντέλου

A. Στον πάγκο εργασίας, υπάρχουν διάφορα υλικά. Χρησιμοποιείστε όποια υλικά κρίνετε απαραίτητα ώστε,

να αναπαραστήσετε είτε τη δομή της επιφάνειας είτε την ικανότητα του λωτού να αυτοκαθαρίζεται και να μη βρέχεται.

B. Αφού κατασκευάσετε το μοντέλο σας συζητείστε μεταξύ σας:

1. Ποια χαρακτηριστικά της επιφάνειας του λωτού δεν αναπαρίστανται στο μοντέλο σας;

2. Ποιες παρανοήσεις μπορεί να δημιουργήσει το μοντέλο σας;

Γ. Παρουσιάστε στις υπόλοιπες ομάδες τα μοντέλα που κατασκευάσατε