

13th Panhellenic Conference on Didactics in Science and new Technology in Education

Vol 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδας Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Students' views on the nature of solar radiation and its measurement. Exploration through a physical computing order

Aristotelis Gkiolmas, Zografia Papanagiotou, Alexandra-Triantafyllia Papanagiotou, Artemisia Stoumpa, Aikaterini Benisi, Anthimos Chalkidis, Ilias Boikos, Vasiliki Psoma, Gianna Katsiampoura, Konstantinos Skordoulis

doi: [10.12681/codiste.7382](https://doi.org/10.12681/codiste.7382)

ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΣΩ ΜΙΑΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ PHYSICAL COMPUTING

Αριστοτέλης Γκιόλμας¹, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου², Αλεξάνδρα - Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου³, Αρτεμισία Στούμπα⁺, Αικατερίνη Μπενίση⁵, Άνθιμος Χαλκίδης⁶, Ηλίας Μπόικος⁷, Βασιλική Ψωμά⁸, Γιάννα Κατσιαμπούρα⁹, Κωνσταντίνος Σκορδούλης¹⁰

¹Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ ΑΠΘ, ^{2,5} Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΕΚΠΑ ΠΤΔΕ, ³Φοιτήτρια ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ, ^{6,7,8} Επιστημονικός Συνεργάτης ΕΚΠΑ ΠΤΔΕ, ⁹ Καθηγήτρια ΕΚΠΑ ΠΤΔΕ, ¹⁰Καθηγητής ΕΚΠΑ ΠΤΔΕ

zogrpapan@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μίας εκπαιδευτικής εμπειρικής έρευνας σχετικά με τις απόψεις των μαθητών της Δ' Δημοτικού για την ηλιακή ακτινοβολία, την φύση της και τον τρόπο μέτρησής της. Αποτυπώνονται τα αποτελέσματα ερωτηματολογίων και φύλλων εργασίας που συμπληρώθηκαν από μαθητές μετά από την διδακτική παρέμβαση με σκοπό την εξοικείωση με την ηλιακή ακτινοβολία και τις ιδιότητές της στην μέτρηση με μία συσκευή φυσικού προγραμματισμού. Επιμέρους στόχο αποτέλεσε η μελέτη της ηλιακής ακτινοβολίας και περιγραφής του τρόπου πρόσπτωσής της. Η κατανόηση της ηλιακής ακτινοβολίας, αποτέλεσε βασικό στοιχείο για την περιγραφή του φαινομένου του θερμοκηπίου και των επιδράσεών του. Η προσέγγιση που αξιοποιήθηκε ήταν βιωματική, με τους μαθητές να μετρούν σε ομάδες την ηλιακή ακτινοβολία στο πλαίσιο του σχολείου τους σε διαφορετικές ώρες και σημεία. Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκε η διάταξη με βάση το Arduino Uno και περιφερειακά εξαρτήματα, που δημιούργησαν ένα πυρανόμετρο.

Λέξεις κλειδιά: Arduino, ηλιακή ακτινοβολία, πυρανόμετρο, φυσικός προγραμματισμός

STUDENTS' VIEWS ON THE NATURE OF SOLAR RADIATION AND ITS MEASUREMENT. INVESTIGATION THROUGH A PHYSICAL COMPUTING ORDER

Aristotelis Gkiolmas¹, Zografia Papanagioutou², Alexandra-Triantafyllia Papanagioutou³, Artemisia Stoumpa⁴, Anthimos Chalkidis⁵, Ilias Boikos⁶, Vasiliki Psoma⁷, Gianna Katsiampoura⁸, Aikaterini Benisi⁹, Constantine Skordoulis¹⁰

¹Assistant Professor, University of Thessaloniki, ^{2,5} Postgraduate student at the University of Athens, ³Student at the NTUA, ^{4,6,7,8} Research Associate at the University of Athens, ^{9,10} Professor at the University of Athens

zogrpapan@gmail.com

ABSTRACT

This article presents the results of an educational empirical research on the views of 4th grade students on solar radiation, its nature and how it is measured. The results of questionnaires and worksheets completed by students after the teaching intervention are reflected in order to familiarize them with solar radiation and its properties in measurement with a physical programming device. A sub-objective was to study solar radiation and describe its mode of incidence. The understanding of solar radiation was a key element in the description of the greenhouse effect and its effects. The approach used was experiential, with students working in groups to measure solar radiation within their school at different times and locations. The Arduino Uno based device and peripheral components were used for the measurement, creating a pyranometer.

Keywords: Arduino, physical computing, pyranometer, solar radiation

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο της διαθεματικής σύνδεσης των διδακτικών αντικειμένων και της χρήσης Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, αξιοποιούνται πολλές εφαρμογές της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και του φυσικού προγραμματισμού για την προσέγγιση και την κατανόηση εννοιών. Οι έννοιες των φυσικών επιστημών που σχετίζονται με φαινόμενα που δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά με βάση τις αισθήσεις δυσκολεύουν τους μαθητές μικρής ηλικίας. Μία παρόμοια έννοια αποτελεί και η ηλιακή ακτινοβολία, της οποίας η φύση αποτελεί την βάση για την κατανόηση καιρίων φαινομένων, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα χαρακτηριστικά της ωστόσο αποτελούν μία έννοια δύσκολα προσεγγίσιμη (Συγγραφείς, 2022) με αποτέλεσμα να αναζητούνται από τους εκπαιδευτικούς τρόποι για την προσέγγιση τους με την συνδρομή της νέας τεχνολογίας. Ένας τρόπος εύκολα κατανοητός για μαθητές μικρής ηλικίας είναι και η χρήση διατάξεων φυσικού προγραμματισμού (physical computing).

Η χρήση της προσέγγισης του Physical Computing και ειδικότερα η χρήση του μετρητή Arduino πλαισιώνει την κατασκευαστική και βιωματική διαδικασία (Koulaidis & Christidou, 1999) για την προσέγγιση της ηλιακής ακτινοβολίας και της εμπλοκής της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης αναδεικνύει τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών ατομικά αλλά και της ομάδας συλλογικά (Ibeh et al., 2022). Παράλληλα μέσω της λήψης δεδομένων και την επαφή με συσκευές physical computing οι μαθητές και οι μαθήτριες αναπτύσσουν την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων στο πλαίσιο της ομάδας. Η αλληλεπίδραση των μαθητών και των μαθητριών με την διάταξη της Ρομποτικής συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της, ενώ σχεδιάζεται και η λήψη μετρήσεων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

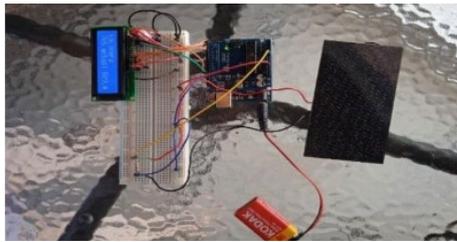
Οι μαθητές έχουν ενδεχομένως μία συγκεκριμένη εικόνα για την ηλιακή ακτινοβολία, αφού δεν μπορούν να την προσεγγίσουν με τα αισθητήρια όργανά τους (Pandey & Katiyar, 2013). Σκοπό της έρευνας αποτέλεσε η καταγραφή των απόψεων των μαθητών ατομικά αλλά και σε ομάδες για την φύση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του ορισμού της αλλά και τον ρόλο της σε φαινόμενα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης σκοπό αποτέλεσε η προσέγγιση της έννοιας μέσα από την χρήση συσκευών φυσικού προγραμματισμού.

Στο πλαίσιο της έρευνας και της συνακόλουθης παρέμβασης τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν ήταν καταρχήν το πώς μπορούν να αποτυπωθούν μέσα από τα σχέδιά τους σε φύλλα εργασίας και ερωτηματολόγια, οι ιδέες των μαθητών για την φύση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και την επίδρασή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με βάση αυτές τις παραμέτρους σχεδιάστηκε μία διδακτική παρέμβαση με μαθητές της Δ' δημοτικού ιδιωτικού Δημοτικού Σχολείου της Αθήνας. Στην έρευνα συμμετείχαν 23 μαθητές. Δόθηκαν ερωτηματολόγια με βάση απαντήσεις στην κλίμακα Likert (Καθόλου-Λίγο-Μέτρια-Πολύ) πριν την

μέτρηση με την πειραματική διάταξη αλλά και μετά την παρέμβαση (Pre-test, post-test). Οι μαθητές και οι μαθήτριες σε ομάδες των πέντε ατόμων, συμπλήρωσαν φύλλα εργασίας, συμβάλλοντας από κοινού στις ασκήσεις των διαφορετικών πεδίων. Οι προσωπικές ιδέες των μαθητών καταγράφηκαν επίσης μέσα από ερωτηματολόγια σε έντυπη αλλά και ηλεκτρονική μορφή πριν αλλά και μετά την μέτρησή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την συσκευή του πυρανόμετρου.

Σχετικά με την διαδικασία υλοποίησης της παρέμβασης αρχικά μέσα από μία σύντομη παρουσίαση οι μαθητές εξοικειώνονται με το Arduino και τα εξαρτήματά του. Για το πυρανόμετρο αξιοποιούνται τα αντίστοιχα εξαρτήματα hardware όπως τα καλώδια, το breadboard, οι αντιστάσεις, η μπαταρία, η οθόνη LCD, και το solar panel. Οι μαθητές εξετάζουν τα διαφορετικά μέρη του μετρητή και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται στην πλακέτα του Breadboard (Εικόνα 1). Βασικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν εξοικειωθεί με τον τρόπο λειτουργίας και προγραμματισμού του Arduino και των σχετικών λογισμικών (Arduino IDE) μέσω του οποίου ο κώδικας περνά στο Arduino Uno. Οι μαθητές ακόμη μπορούν να πειραματιστούν με τους μικροελεγκτές και να εξετάσουν τις συνδέσεις μέσα από το λογισμικό προσομοίωσης του Arduino, που λέγεται Tinkercad (Συγγραφείς, 2023). Οι εκπαιδευτικοί παράλληλα συμβάλλουν στο πλαίσιο της παρέμβασης ως διευκολυντές (facilitator) στα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στην συνδεσιμότητα των διαφορετικών μερών και την επαφή με τον κώδικα.

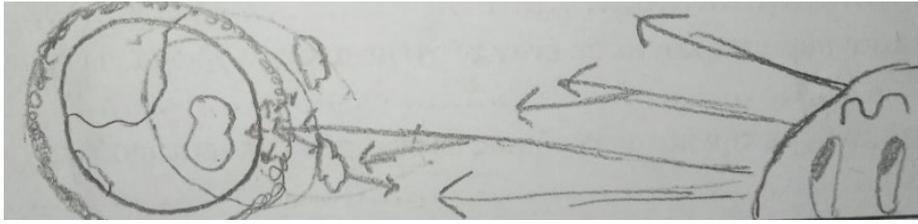
Εικόνα 1. Ο μετρητής του πυρανόμετρου με βάση το Arduino Uno



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

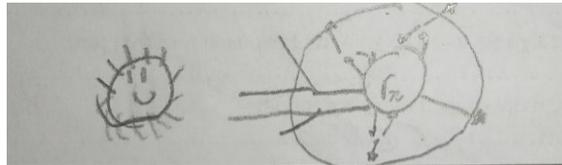
Τα φύλλα εργασίας που συγκεντρώθηκαν από τις ομάδες, αλλά και τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν ατομικά από τους μαθητές, συμβάλλουν στην διερεύνηση των παραπάνω ερευνητικών ερωτημάτων. Οι ομάδες αποτύπωσαν σχηματικά πως αντιλαμβάνονται την φύση της ηλιακής ακτινοβολίας και την συμβολή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου πριν την διδακτική παρέμβαση που υλοποιήθηκε. Ειδικότερα ζητήθηκε στα πλαίσια του φύλλου εργασίας στα σχέδια των μαθητών να αποτυπωθεί η συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Trenberth, et. al., 2009). Ακολουθούν αυτούσια τα σχέδια των μαθητών στο φύλλο εργασίας. Επίσης στο αντίστοιχο πεδίο ορισμού του φύλλου εργασίας από μία ομάδα η ηλιακή ακτινοβολία συνδεδεμένη με την θερμότητα της Γης, ορίστηκε και αποτυπώθηκε ως φυσικό ρεύμα που αντανακλά ζέστη. Από άλλη ομάδα ορίστηκε ως δέσμες φωτός που εκπέμπει ο ήλιος προς τη Γη και τους άλλους πλανήτες και τους θερμαίνει. Η ομάδα 3 όρισε την ηλιακή ακτινοβολία ως το φαινόμενο όταν ο ήλιος ρίχνει τις ακτίνες του στην Γη και η ομάδα 4 ως ακτίνες του ηλίου που πέφτουν στην Γη και την θερμαίνουν. Η τελευταία ομάδα όρισε την ηλιακή ακτινοβολία ως οι ακτίνες του ήλιου που αντανακλούνε και γυρίζουν ξανά στο διάστημα.

Εικόνα 2. Αποτύπωση ηλιακής ακτινοβολίας από την Ομάδα 1



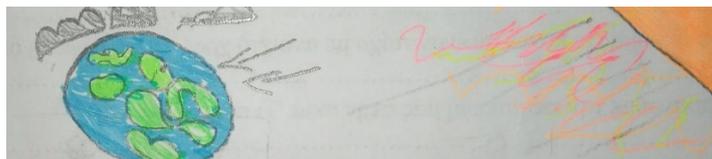
Από την πρώτη ομάδα γύρω από την Γη αποτυπώθηκε το όζον ως προστατευτικό στρώμα στο οποίο εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία με την μορφή βέλους. Όπως αποτυπώνεται από την βιβλιογραφία κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι η επιφάνεια της Γης καθιστά την ηλιακή ακτινοβολία πιο αδύναμη, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να επιστρέψει στο διάστημα και να παγιδεύεται (Μανδρίκας κ.α., 2006). Η άποψη αυτή αποτυπώθηκε και από τις ομάδες των μαθητών στο πλαίσιο του φύλλου εργασίας. Άλλα στοιχεία που παρατηρούνται στο σχέδιο της ομάδας 1 (Εικόνα 2) είναι πώς τα σύννεφα που βρίσκονται εκτός του προστατευτικού στρώματος του όζοντος στην εικόνα, αλληλεπιδρούν με την ηλιακή ακτινοβολία στέλνοντάς την πίσω στο διάστημα.

Εικόνα 3. Αποτύπωση ηλιακής ακτινοβολίας από την Ομάδα 2



Η εικόνα του προστατευτικού στρώματος γύρω από την Γη παρουσιάζεται και από την ομάδα 2, (Εικόνα 3) με την ηλιακή ακτινοβολία να αποτυπώνεται με την μορφή ευθείων γραμμών.

Εικόνα 4. Αποτύπωση ηλιακής ακτινοβολίας από την Ομάδα 3



Η ομάδα 3 παρουσιάζει την ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στην Γη, με την μορφή βελών και τα σύννεφα να μην εμπλέκονται με κάποιο τρόπο στην διαδικασία (Εικόνα 4). Το στρώμα του όζοντος γύρω από την Γη, δεν αποτυπώνεται στο σχέδιο αυτό. Ο ήλιος παρουσιάζεται στην άκρη της σελίδας συχνό χαρακτηριστικό στα παιδικά σχέδια (Μυλωνάκου-Κεκέ, 2015).

Εικόνα 5. Αποτύπωση ηλιακής ακτινοβολίας από την Ομάδα 4



Η ομάδα 4 αποτυπώνει κυρίως την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με το έδαφος και τα λουλούδια (Εικόνα 5). Σχετικά με την συμμετοχή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρήθηκε πως η ακτινοβολία του ήλιου που δέχεται το έδαφος επανεκπέμπεται ως θερμότητα ανάμεσα στα φυτά, όπως δείχνει η Εικόνα 5.



Η ομάδα 5 αποτύπωσε τα νέφη, τον Ήλιο και την Γη με ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά, ενώ απουσιάζει η αλληλεπίδραση με το στρώμα του όζοντος, το οποίο δεν απεικονίζεται στην Εικόνα 6.

Συνολικά στα φύλλα εργασίας, αποτυπώθηκαν οι αντιλήψεις για την ηλιακή ακτινοβολία και την εμπλοκή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως απεικονίζεται σε όλες τις εικόνες. Ο ήλιος αλλά και τα νέφη συμμετέχουν ενεργά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με την ακτινοβολία να διαδίδεται από τον ήλιο προς την Γη, όπως αποτυπώνεται στις Εικόνες 2 και 4. Ακόμη στις Εικόνες 2, 3 και 6 ο ήλιος αποτυπώθηκε με ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά και ειδικότερα με στόμα και μάτια. Η απεικόνιση του ήλιου με τα χαρακτηριστικά αυτά συνδέθηκε στην συζήτηση με τους μαθητές με τον ενεργό ρόλο του ήλιου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που στέλνει «ενεργητικά» και «με πρόθεση» την ακτινοβολία στην Γη.

Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν αποτελούνταν από 7 σύντομες ερωτήσεις που σχετίζονταν με τον ορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας, τις ιδιότητες της αλλά και την ίδια την δραστηριότητα και την διεξαγωγή της. Τα ερωτηματολόγια στην ηλεκτρονική τους μορφή δόθηκαν ηλεκτρονικά μέσω της εφαρμογής Kahoot και απαντήθηκαν από 15 μαθητές και μαθήτριες ατομικά. Οι υπόλοιποι 8 μαθητές και μαθήτριες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο σε έντυπη μορφή, απαντώντας στις ίδιες ερωτήσεις. Η ηλεκτρονική μορφή του ερωτηματολογίου συνέδραμε στην παρουσίαση με έναν φιλικό και ευχάριστο τρόπο για τους μαθητές και τις μαθήτριες. Στα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων αποτυπώθηκε η εκτίμηση των ίδιων των μαθητών για την ικανότητά τους να ορίσουν σε μεγαλύτερο βαθμό την φύση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 1. Αποτύπωση της ικανότητας ορισμού της ηλιακής ακτινοβολίας

Μπορώ να ορίσω τι είναι η ηλιακή ακτινοβολία	Αριθμός απαντήσεων πριν την παρέμβαση	Αριθμός απαντήσεων μετά την παρέμβαση
Καθόλου	4 μαθητές/μαθήτριες	2 μαθητές/μαθήτριες
Λίγο	7 μαθητές/μαθήτριες	1 μαθητές/μαθήτριες
Μέτρια	7 μαθητές/μαθήτριες	10 μαθητές/μαθήτριες
Πολύ	5 μαθητές/μαθήτριες	10 μαθητές/μαθήτριες

Στην ερώτηση σχετικά με τον ορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας (Πίνακας 1) παρατηρήθηκε πως ο αριθμός των μαθητών που δηλώνουν μέτρια ή πολύ ικανοί να ορίσουν την ηλιακή ακτινοβολία μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τον αριθμό πριν την παρέμβαση. Η βιωματική προσέγγιση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την μέτρησή της φαίνεται να συνέβαλε στην πεποίθηση των μαθητών πως μπορούν να ορίσουν την ηλιακή ακτινοβολία. Μετά την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, μέσα από την συζήτηση με τους μαθητές, αποτυπώθηκαν ενδεικτικοί ορισμοί της ακτινοβολίας αλλά και η άποψη πως η βιωματική προσέγγιση της και η μέτρησή της μέσα από το Arduino συνέβαλε στην κατανόηση της φύσης της και της διατύπωσης του ορισμού της με ακρίβεια.

Πίνακας 2. Αποτύπωση άποψης για το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πιστεύω πως το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει θετικά αποτελέσματα για τον πλανήτη	Αριθμός απαντήσεων πριν την παρέμβαση	Αριθμός απαντήσεων μετά την παρέμβαση
Καθόλου	3 μαθητές/μαθήτριες	0 μαθητές/μαθήτριες
Λίγο	4 μαθητές/μαθήτριες	3 μαθητές/μαθήτριες
Μέτρια	6 μαθητές/μαθήτριες	5 μαθητές/μαθήτριες
Πολύ	10 μαθητές/μαθήτριες	15 μαθητές/μαθήτριες

Σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αντίστοιχη σύνδεσή του με την ηλιακή ακτινοβολία οι μαθητές και οι μαθήτριες πριν την παρέμβαση θεωρούν, όπως δείχνει ο Πίνακας 2, ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι κάτι πολύ αρνητικό που θέτει σε κίνδυνο την ζωή στην Γη. Η παρανόηση αυτή είναι συχνή στους μαθητές σχολικής ηλικίας (Francis et al., 1993) και επηρεάζεται και από την παρουσίαση από την κοινή γνώμη και τα μέσα ενημέρωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου ως κάτι που εντείνεται και απειλεί την ζωή στην Γη. Μέσα από την εξήγηση των θετικών συνεπειών του φαινομένου του θερμοκηπίου και της συμβολής του στην διατήρηση βιώσιμων συνθηκών διαβίωσης στη Γη, ο αριθμός των μαθητών που κατανόησαν την μεγάλη σημασία του αυξήθηκε.

Πίνακας 3. Αποτύπωση δυσκολίας μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας με χρήση συσκευών φυσικού προγραμματισμού

Νομίζω πως η ηλιακή ακτινοβολία είναι δύσκολο να μετρηθεί	Αριθμός απαντήσεων πριν την παρέμβαση	Αριθμός απαντήσεων μετά την παρέμβαση
Καθόλου	2 μαθητές/μαθήτριες	1 μαθητές/μαθήτριες
Λίγο	5 μαθητές/μαθήτριες	7 μαθητές/μαθήτριες
Μέτρια	6 μαθητές/μαθήτριες	3 μαθητές/μαθήτριες
Πολύ	10 μαθητές/μαθήτριες	12 μαθητές/μαθήτριες

Πριν την παρέμβαση όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα, οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν πως η ηλιακή ακτινοβολία είναι δύσκολο να μετρηθεί, με 10 μαθητές να απαντούν ότι είναι πολύ δύσκολο και 6 μαθητές να θεωρούν πως είναι μέτρια δύσκολο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Οι μαθητές σε ομάδες χρησιμοποίησαν την διάταξη για να μετρήσουν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο solar panel στους χώρους του σχολείου. Ειδικότερα αποτυπώθηκε η δυνατότητα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από μία Ρομποτική Διάταξη με βάση το Arduino. Μετά την παρέμβαση αυξάνονται οι μαθητές που θεωρούν ότι είναι δύσκολο να μετρηθεί η ηλιακή ακτινοβολία, ίσως λόγω του γεγονότος ότι αντιλήφθηκαν τις πρακτικές δυσκολίες της μέτρησης αυτής και την σύνδεση ανάμεσα στο πυρανόμετρο και τα μέρη του. Οι ομάδες κατάφεραν να μετρήσουν την ηλιακή ακτινοβολία σε κάποιο βαθμό, λόγω των ενδεχόμενων σφαλμάτων μέτρησης αλλά και της δυσκολίας στις μετρήσεις όταν υπήρχε νεφοκάλυψη. Επίσης κατά την μέτρηση παρατήρησαν πως το χρώμα κάθε επιφάνειας, επηρεάζει τις μετρήσεις που δέχεται το ηλιακό πάνελ και τα νούμερα που εμφανίζονται στην οθόνη LCD.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά τους περιορισμούς της έρευνας, όπως το μικρό δείγμα εφαρμογής της παρέμβασης και ο περιορισμένος χρόνος που διατέθηκε για την παρέμβαση και τις μετρήσεις θεωρούμε ότι: Η εμπλοκή με την διαδικασία

μέτρησης και η χρήση διαφορετικών πηγών, αποτέλεσε μία πολύ-αισθητηριακή προσέγγιση της ηλιακής ακτινοβολίας των χαρακτηριστικών της και του τρόπου εμπλοκής της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι μαθητές μέσα από την μέτρηση στους διαφορετικούς χώρους του σχολείου και την καταγραφή των διαφορετικών αποτελεσμάτων, θεωρούμε ότι κατανόησαν την φύση της ηλιακής ακτινοβολίας τις ιδιότητες της, αλλά και την συμμετοχή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως καταγράφηκε στις απαντήσεις και τα σχέδια τους στα ατομικά ερωτηματολόγια αλλά και τα ομαδικά φύλλα εργασίας.

Τέλος εξάγεται το συμπέρασμα πως η βιοματική προσέγγιση της μέτρησης με την ρομποτική διάταξη στηριγμένη στο Arduino, μπορεί να συνδράμει στην κατανόηση της ηλιακής ακτινοβολίας αισθητοποιώντας με προσφιλή τρόπο στους μαθητές μία έννοια δύσκολα μετρήσιμη και προσεγγίσιμη μόνο με τις αισθήσεις. Τα συμπεράσματα της παραπάνω έρευνας μπορούν να γενικευτούν, λαμβάνοντας υπόψιν τους αντίστοιχους περιορισμούς. Επίσης μπορούν να προσαρμοστούν σε μεγαλύτερο δείγμα στο πλαίσιο μίας μελλοντικής διδακτικής παρέμβασης και έρευνας και με μαθητές διαφορετικής ηλικίας αλλά και με διαφορετικές επιμέρους δραστηριότητες στην διδακτική παρέμβαση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δημητρέντης, Π., Μητσιώνη Μ., Πίπης, Χ. & Χατζημπεκιάρης, Θ. (2017). *Μέτρηση της λευκαύγειας a (albedo) και του συντελεστή εκπομπής e (emissivity) σωμάτων με χρήση ιδιοκατασκευασμένων ηλεκτρονικών οργάνων*. Can Sat Greece.
- Μανδρίκας, Α., Ταμπάκης, Κ., Τσιλίδης, Μ., Χαλκίδης, Α., Ψωμιάδης, Π., Χαλκιά, Κ. & Σκορδούλης, Κ. (2006). Οι αντιλήψεις των μαθητών για το όζον ως παράγοντα σχεδιασμού εκπαιδευτικού λογισμικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Στο Θ. Δ. Λέκκας (Επιμ.) Πρακτικά του 2ου Συνέδριο σχολικών προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, σελ 442-451. Αθήνα.
- Μυλωνάκου-Κεκέ, Η. (2015). *Όταν τα Παιδιά μιλούν με το σχέδιο για τον εαυτό τους, την οικογένειά και τον κόσμο τους*. Εκδόσεις Ιδιωτική.
- Παπαναγιώτου Ζ., Γκιόλιας, Α., Στούμπα, Α., Σκορδούλης, Κ., Παπαναγιώτου, Α.-Τ., Θεανώ, Α. (2022). Διατάξεις με Arduino ως μέσο μέτρησης της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο: Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου *Scientix για την εκπαίδευση STEM*, σελ 50-57, τόμος Β'. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Παπαναγιώτου, Ζ., Παπαναγιώτου, Α-Τ., Γκιόλιας, Α., Στούμπα, Α., Χαλκίδης, Α., Κατσιαμπούρα, Γ., Σκορδούλης, Κ. (2023). Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών Φυσικού Προγραμματισμού. Στο: 4ο Συνέδριο «Ηλεκτρονική Μάθηση Ανοικτοί Πόροι», σελ 112-113. Μαράσλειος Ακαδημία, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Francis, C., Boyes, E., Qualter, A., & Stanisstreet M. (1993). Ideas of Elementary Students About Reducing the «Greenhouse Effect». *Science Education*, 77, 375-392.
- Ibeh, F., Sombo, T., Chinedu, E., Azi, O., Ogonna, A., Ekpe, E., & Akande, I. (2022). Correlating between global solar radiation and greenhouse gases over Nigeria. *Journal of Physics*, 2214, 12-30. IOP Publishing.
- Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications, *Science Education*, 83, 559-576.
- Pandey, K., & Katiyar, K. (2013). Solar radiation Models and measurement. *Journal of Energy*, 11.
- Trenberth, E., & Fasullo, T. (2009). Global warming due to increasing absorbed solar radiation. *Geophysical Research Letters*, 36, No.7.