



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ - WEBINTELLIGENCE

**«Δημιουργία εκπαιδευτικής πλατφόρμας, για τη διδασκαλία
εννοιών STEM στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με τη χρήση
τεχνολογίας Διάχυτης Νοημοσύνης»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Κόκκινου Ξανθής

Επιβλέπων : Κασδερίδης Στάθης
Ακαδημαϊκός Υπότροφος
Σταμάτης Δημοσθένης
Καθηγητής

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2022



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – WEB INTELLIGENCE

**«Δημιουργία εκπαιδευτικής πλατφόρμας, για τη διδασκαλία
εννοιών STEM στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με τη χρήση
τεχνολογίας Διάχυτης Νοημοσύνης»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Κόκκινου Ξανθής

Επιβλέπων : Κασδερίδης Στάθης
Ακαδημαϊκός Υπότροφος
Σταμάτης Δημοσθένης
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις

.....

.....

.....

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2022

.....

Κόκκινου Ξανθή

Μηχανικός Πληροφορικής ΤΕΙΘ

© 2022– Allrightsreserved

Περίληψη

Είναι γνωστό πως η έννοια του Science Technology Engineering and Mathematics έχει εισβάλλει στη ζωή μας και έχει επηρεάσει πολλούς τομείς της καθημερινότητάς μας. Ένας σημαντικός τομέας, ο οποίος έχει αδιαμφησβήτητα αλλάξει είναι η εκπαίδευση καθώς τα καινοτόμα εργαλεία STEM γίνονται η νέα πραγματικότητα για αυτήν. Τα ίδια έχουν καταστήσει την εκπαιδευτική διαδικασία πιο ενδιαφέρουσα για τους μαθητές καθώς στοχεύουν στις σύγχρονες επιρροές. Ταυτόχρονα, προετοιμάζουν τον μαθητή για να βγει στην αγορά εργασίας και τον μετατρέπουν σε ένα ευσυνείδητο πολίτη ο οποίος είναι αυτόνομος και αναλύει τα προβλήματα σε απλούστερα ώστε να επέρθουν οι λύσεις τους.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι διδασκαλία STEM εννοιών μέσω του σχεδιασμού ενός βιοκλιματικού κτιρίου, σε παιδιά των τελευταίων τάξεων Δημοτικού. Οι μαθητές αξιοποιούν τις ικανότητες και την κριτική τους σκέψη ώστε να δώσουν μορφή στις ιδέες τους. Ερευνούν και μαθαίνουν τον τρόπο με τον οποίο ένα πράσινο κτήριο κάνει εξοικονόμηση ενέργειας. Με τις γνώσεις αυτές κατασκευάζουν αυτούς τους αυτοματισμούς σε μικρή κλίμακα με την χρήση ρομποτικών πακέτων. Η έρευνα και κατασκευή πραγματεύονται κατά τη διάρκεια του ολοήμερου προγράμματος. Τα παιδιά έτσι προσεγγίζουν θέματα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών, Τεχνολογίας και Μηχανικής, και μαθαίνουν για τις υπάρχουσες προσπάθειες του ανθρώπου να μειώσει τα δεινά της κλιματικής αλλαγής καθώς ευαισθητοποιούνται σε περιβαλλοντικά θέματα. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μελετήθηκε, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μοντέλο προσομοίωσης βιοκλιματικού κτιρίου με τη χρήση της πλατφόρμας Arduino.

Λέξεις Κλειδιά:<<STEM, Διάχυτη νοημοσύνη, Arduino>>

«Creation of an educational platform for the teaching of STEM concepts in primary education, using Ambient Intelligence technology»

Xanthi Kokkinou

Abstract

It is widely known that the concept of Science Technology Engineering and Mathematics has invaded our lives and has affected many aspects of our daily lives. An important aspect that has undoubtedly changed is education, as innovative STEM tools become the new reality for it. They have made the educational process more interesting for students as they are motivated by modern developments. At the same time, they prepare the student to enter the labor market and turn him into a conscientious citizen who is autonomous and analyzes problems in a hierarchical way so that their solutions can be found.

The purpose of this dissertation is to teach STEM concepts, using the paradigm of "Design of a bioclimatic building", to children in the last grades of primary school. Students use their skills and critical thinking to shape their ideas. They research and learn how a green building saves energy. With this knowledge they build automations on a small scale building model with robotic kits. Research and construction are discussed during the extended school program. Children thus approach topics and concepts of Science, Mathematics, Technology and Engineering, and learn about existing human efforts to reduce the effects of climate change as they become more aware of environmental issues. In the context of this work, a bioclimatic building model was studied, designed and implemented using the Arduino platform. The model was used to simulate the behavior of a real building.

Keywords:<<STEM, Ambient Intelligence, Arduino>>

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κασδερίδη Στάθη, επιβλέποντα της εργασίας μου, για την απαραίτητη καθοδήγηση που είχα και την άμεση ανταπόκριση σε ό,τι θέμα με απασχόλησε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη φίλη, συνάδελφο και συνεργάτη Γκόλτσιου Κατερίνα για την πολύτιμη βοήθειά της όποτε τη χρειάστηκα και που ήταν η αιτία για να ξεκινήσω αυτό το μεταπτυχιακό και στη συνέχεια την φίλη και συνοδοιπόρο Μιζέλη Χάιδω.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στα παιδιά μου Θάνο, Γιώργο, Εύα, Μαριαλένα, για την υπομονή που έδειξαν όλο αυτό το διάστημα, και φυσικά στον σύζυγό μου Κώστα για την απόλυτη στήριξη.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Abstract	iii
Ευχαριστίες	v
Περιεχόμενα	vi
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1ο: Θεωρίες Μάθησης.....	2
1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Εποικοδομισμός	2
1.3 Ανακαλυπτική μάθηση.....	3
Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Πλαίσιο.....	6
2.1 STEM Εκπαίδευση.....	6
2.1.1. Τι είναι η STEM Εκπαίδευση.....	6
2.1.2. Η σπουδαιότητα της STEM προσέγγισης στην εκπαίδευση	7
2.2 Διάχυτη νοημοσύνη(Ambient Intelligence)	9
2.2.1 Τεχνολογίες που συμβάλλουν στη Διάχυτη Νοημοσύνη	10
2.2.2 Εφαρμογές Aml	12
2.2.2.1 Έξυπνα σπίτια.....	12
2.2.2.2 Νοσοκομεία.....	12
2.2.2.3 Μεταφορές.....	12
2.2.2.4 Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης	13
2.2.2.5 Εκπαίδευση	13
2.2.2.6 Χώροι εργασίας.....	13
2.2.2.7 Συνεχείς προκλήσεις	14
2.3 Ψηφιακά εργαλεία	14
Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογικά Στοιχεία	17
3.1 Σχεδιασμός εκπαιδευτικής προσέγγισης STEM.....	17
3.1.1 Καθορισμός προβλήματος	17
3.1.2 Καθορισμός επιθυμητών αποτελεσμάτων	18
3.1.3 Καθορισμός στοιχείων αξιολόγησης.....	20
3.2 Σχεδιασμός της μαθησιακής διαδικασίας και της διδασκαλίας.....	20
3.2.1 Γενικές πληροφορίες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου	22

3.2.2	Συστήματα βιοκλιματικού κτηρίου	23
3.2.3	Έξυπνα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια	25
3.2.4	Λειτουργία βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου	33
3.2.5	Γιατί είναι STEM το συγκεκριμένο θέμα;	36
Κεφάλαιο 4ο: Υλοποίηση του Project.....		37
4.1	Δραστηριότητες Διδακτικής Προσέγγισης.....	37
4.1.1	Δραστηριότητα 1	37
4.1.2	Δραστηριότητα 2	37
4.1.3	Δραστηριότητα 3	39
4.1.4	Δραστηριότητα 4	40
4.1.5	Υλοποίηση των αυτοματισμών του μοντέλου με LEGO WeDo.....	41
4.1.6	Υλοποίηση κυκλωμάτων με Arduino.....	46
4.1.7	Δραστηριότητες με βάση την τεχνητή νοημοσύνη	48
4.1.8	Χρήση μοντέλου προσομοίωσης από τους μαθητές	49
4.2	Σχεδιασμός και Υλοποίηση Μοντέλου Προσομοίωσης με τη χρήση Arduino	49
4.2.1	Σχεδιασμός λειτουργιών του μοντέλου προσομοίωσης με CAD λογισμικό	50
4.2.1.1	Λειτουργία μπροστινής πόρτας	51
4.2.1.2	Λειτουργία πόρτας εσωτερικών δωματίων	55
4.2.1.3	Λειτουργία παραθύρων	57
4.2.1.4	Λειτουργία σκίασης οροφής μέσω κινούμενων φωτοβολταϊκών	58
4.2.1.5	Ολοκληρωμένο κτίριο	62
4.2.1.6	Τελική διαστασιολόγηση.....	64
4.2.2	Σχεδιασμός υποσυστημάτων μοντέλου προσομοίωσης	66
4.2.2.1	Σχεδιασμός συστήματος Φωτοβολταϊκού-Μπαταρίας-Battery Charger	66
4.2.2.2	Σχεδιασμός Συστήματος Θέρμανσης	74
4.2.2.3	Σχεδιασμός συστήματος καταμέτρησης ατόμων	89
4.2.2.4	Σχεδιασμός συστήματος LED, Φωτοαντιστάσεις και το φαινόμενο του ανοιγοκλεισίματος.	92
Κεφάλαιο 5ο: Μεθοδολογία Έρευνας		94
5.1.	Ερευνητικοί στόχοι.....	94
5.2.	Εργαλεία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων	94
5.3.	Περιγραφή και σύγκριση αποτελεσμάτων Pre-test και Post-test	95
Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα-Προτάσεις		115
6.1.	Συμπεράσματα.....	115

6.2. Προτάσεις.....	116
Βιβλιογραφία.....	117
Παραρτήματα	122
Παράρτημα Ι.....	122
ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	122
Φύλλο Εργασίας 1	123
Φύλλο Εργασίας 2	124
Φύλλο εργασίας 3	125
Φύλλο καταγραφής θερμοκρασίας	126
Φύλλο καταγραφής φωτεινότητας.....	127
Φύλλο εργασίας 4	128
Φύλλο εργασίας 5	129
Φύλλο εργασίας 6	130
Παράρτημα ΙΙ	132
Ερωτηματολόγιο.....	132
Παράρτημα ΙΙΙ	135
Τμήμα κώδικα	135
Συστήμα αυτόματου φωτισμού	135

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος με θέμα «Ευφυείς τεχνολογίες διαδικτύου», αναπτύσσει μια εκπαιδευτική πλατφόρμα για τη διδασκαλία STEM εννοιών σε παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με τη χρήση Διάχυτης Νοημοσύνης.

Η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια νέα τάση τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ελληνική πραγματικότητα. Τα παραδοσιακά δασκαλοκεντρικά εκπαιδευτικά μοντέλα αντικαθίστανται από μαθητοκεντρικά μοντέλα παρέχοντας στα παιδιά εμπειρίες που αγγίζουν τα ενδιαφέροντά τους. Η εκπαιδευτική προσέγγιση STEM έχει σαν στόχο να καλλιεργήσει στους μαθητές δεξιότητες απαραίτητες, όπως την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και την απόκτηση εμπειριών που αποδεικνύουν ότι η μάθηση σχετίζεται με τη ζωή γύρω τους.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να διερευνήσει τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει μια τέτοιου είδους εκπαιδευτική παρέμβαση STEM σε μαθητές ΣΤ΄ Δημοτικού. Το θέμα που επιλέχθηκε είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός μοντέλου βιοκλιματικού κτηρίου. Αφορά ένα σύγχρονο ζήτημα στο οποίο αναζητείται ακόμα κάποια αποτελεσματική λύση, ενώ προσφέρει τη δυνατότητα να ασχοληθούμε με ποικίλα επιμέρους ζητήματα και να θέσουμε διάφορους διδακτικούς στόχους, προσεγγίζοντας πτυχές του αναλυτικού προγράμματος της Στ΄ Δημοτικού.

Στο κεφάλαιο 1 της εργασίας αυτής γίνεται αναφορά στη διαδικασία της μάθησης και γίνεται μια σύντομη περιγραφή του εποικοδομισμού και της ανακαλυπτικής μάθησης. Στο κεφάλαιο 2 περιλαμβάνεται το θεωρητικό πλαίσιο του θέματος μας. Διευκρινίζεται αρχικά τί περιλαμβάνει η διδασκαλία STEM και η σπουδαιότητα της STEM προσέγγισης στην εκπαίδευση παρουσιάζοντας τους στόχους αυτού του τύπου διδασκαλίας. Συνεχίζοντας περιγράφεται συνοπτικά τι είναι διάχυτη νοημοσύνη και γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των ψηφιακών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν. Συνεχίζοντας στο κεφάλαιο 3 με τον σχεδιασμό της παρέμβασής μας, διευκρινίζουμε την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος, αναλύουμε τον εκπαιδευτικό σκοπό και τους διδακτικούς στόχους που έχουμε θέσει, καθορίζουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα που θα μας δείξουν ότι οι στόχοι και ο σκοπός μας επιτευχθήκαν και στη συνέχεια, αναλύουμε το πλάνο του σχεδιασμού της μαθησιακής διαδικασίας και της διδασκαλίας. Ακολουθεί η παράθεση γενικών πληροφοριών για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου και των συστημάτων του και παρουσιάζονται έξυπνα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, αναλύουμε τους λόγους για τους οποίους είναι STEM το συγκεκριμένο θέμα.. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η υλοποίηση του Project αρχίζοντας με περιγραφή όλων των δραστηριοτήτων που έγιναν με τους μαθητές μέσα στην τάξη και συνεχίζει με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός μοντέλου προσομοίωσης βιοκλιματικού κτιρίου κάνοντας χρήση της πλατφόρμας Arduino. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται παράθεση των ερευνητικών μας στόχων, επεξήγηση τη μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση της ερευνάς και στη συνέχεια τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, καθώς και την περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων μας (Pre-test και Post-test). Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο ακολουθούν τα συμπεράσματα και οι προτάσεις μας.

Τέλος, στο Παράρτημα I περιλαμβάνονται τα φύλλα εργασίας τα οποία αξιοποίησαν οι μαθητές και στο Παράρτημα II το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήσαμε για τη συλλογή των δεδομένων μας. Στο Παράρτημα III υπάρχει τμήμα του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο προσομοίωσης βιοκλιματικού κτηρίου με Arduino.

Κεφάλαιο 1ο: Θεωρίες Μάθησης

1.1 Εισαγωγή

Η μάθηση είναι μια πολύπλοκη νοητική λειτουργία κατά την οποία το άτομο λαμβάνει και μετατρέπει τα ερεθίσματα του ευρύτερου φυσικού, κοινωνικού και εσωτερικού του περιβάλλοντος σε έννοιες, θεωρίες, αρχές, γνώσεις και δεξιότητες. Πρόκειται για μια γνωστική λειτουργία όπου ο μαθητής οικοδομεί την νέα γνώση στις προγενέστερες γνωστικές του κατακτήσεις, διαδικασία η οποία καλλιεργείται και από το σχολικό περιβάλλον. Η προσέγγιση της μάθησης, σύμφωνα με τον προσανατολισμό του αναλυτικού προγράμματος του δημοτικού σχολείου, χρειάζεται να είναι διερευνητική – ανακαλυπτική, διαθεματική, ενεργητική, βιωματική συνδυάζοντας, Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών, εφαρμόζοντας ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, στα πλαίσια της μεθόδου project, ώστε να καλλιεργηθούν κοινωνικές και γνωστικές δεξιότητες [1].

Πολλές είναι οι θεωρίες μάθησης με βάση τις οποίες οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να μεταφέρουν γνώση στους μαθητές, η οποία κατακτιέται με διαφορετικό τρόπο από κάθε μαθητή και εξαρτάται από τις προϋπάρχουσες γνώσεις του, τις εναλλακτικές ιδέες του, τη συναισθηματική και νοητική του ωρίμανση, τα ενδιαφέροντά του, το οικογενειακό, κοινωνικό και πολιτισμικό του περιβάλλον κ.α. Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, στηρίζεται στις θεωρίες μάθησης του εποικοδομισμού, της ανακαλυπτικής μάθησης και στην εφαρμογή της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου [2].

1.2 Εποικοδομισμός

Η κονστρουκτιβιστική θεωρία (constructivism) βασίζεται στην ιδέα ότι η γνώση χτίζεται από τα ίδια τα άτομα στη διαδικασία της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Αυτή η θεωρία υποστηρίζει ότι η γνώση κατασκευάζεται από ένα άτομο και ενσωματώνεται στο προϋπάρχον γνωστικό του πλαίσιο μέσω νέων εμπειριών. Η εκπαίδευση είναι ένας από τους τομείς όπου ο εποικοδομισμός είναι ιδιαίτερα ορατός και η επιρροή του είναι αναμφισβήτητη. Ο εποικοδομισμός έχει επηρεάσει το πρόγραμμα σπουδών και τις μεθόδους διδασκαλίας, δίνοντας έμφαση στη διδακτική πρακτική των μαθητών που μαθαίνουν ένα θέμα από πολλαπλές οπτικές γωνίες

Η βασική έννοια του εποικοδομισμού στην εκπαίδευση είναι «ο ενεργός ρόλος των μαθητών ως δημιουργών της ίδιας τους της γνώσης». Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, η μάθηση γίνεται από τον ίδιο το μαθητή που δεν λειτουργεί ως παθητικός δέκτης. Δεδομένου ότι οι κοινωνικές ομάδες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση της γνώσης, η γνώση ορίζεται κοινωνικά και μπορεί να υλοποιηθεί ως κοινωνική κατασκευή στο πλαίσιο της κοινότητας. Ο εποικοδομισμός είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που περιλαμβάνει πολλές ατομικές ειδικές θεωρήσεις. Οι ριζοσπάστες αμφισβητούν την καθοδήγηση των δασκάλων, αφού αυτό οδηγεί τους μαθητές στην οικοδόμηση γνώσεων που έχει οικοδομήσει ο δάσκαλος και προωθεί. Οι μετριοπαθείς εποικοδομιστές βρίσκονται ανάμεσα στη διαδικασία οικοδόμησης γνώσης και στον κοινωνικό χαρακτήρα της αναζητώντας μια ισορροπία. Θεωρούν την κοινότητα δημιουργό φίλτρων αξιολόγησης της γνώσης που οικοδομείται με στόχο την επικράτηση των γνώσεων που επιλύουν προβλήματα που κοινότητα αντιμετωπίζει [3].

Κατά τη Χαλκιά (2011)[4]: *«Τόσο ο ήπιος όσο και ο ριζοσπαστικός εποικοδομισμός ανήκουν στον ατομικό εποικοδομισμό, δηλαδή έχουν ως σημείο αναφοράς το άτομο και αναφέρονται στον τρόπο που το άτομο κατασκευάζει τη γνώση του για τον κόσμο, με αφορμή τις εμπειρίες του και μέσα από λογικές διαδικασίες».*

Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας αποτελεί αφετηρία για τη χρήση των ιδεών του μαθητή. Οι μαθητές έρχονται στο σχολείο με ιδέες και έννοιες, που διαμορφώνονται μέσα από τις καθημερινές τους εμπειρίες και την κοινωνική τους αλληλεπίδραση, σε μια προσπάθεια να ερμηνεύσουν με αυτόν τον τρόπο τον κόσμο γύρω τους, που συχνά διαφέρουν από την επιστημονική γνώση. Εφαρμόζοντας κατάλληλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στις ιδέες τους για να αξιολογήσουν την έκταση της λειτουργικότητας και των εφαρμογών τους. Σε περίπτωση που αυτές οι ιδέες κριθούν ελλιπείς, οι μαθητές οδηγούνται σε *γνωστική σύγκρουση*, γεγονός που θα οδηγήσει σε μια διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής, κατά την οποία οι προϋπάρχουσες δομές των μαθητών θα τροποποιηθούν και θα προκύψει επιστημονική γνώση [5].

Ένα εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε φάσεις:

- Η **φάση προσανατολισμού** προκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών μέσω κατάλληλων ερωτήσεων και δραστηριοτήτων και παρέχει πληροφορίες για το θέμα που θα επακολουθήσει.
- Η **φάση της ανάδειξης των ιδεών**, εδώ οι μαθητές εκφράζουν γραπτά ή προφορικά τις απόψεις τους για το υπό μελέτη θέμα. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, ξετυλίγονται και αποκαλύπτουν τις εντυπώσεις που τους δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της φάσης προσανατολισμού και προσπαθούν να τις συνδέσουν με προηγούμενες εμπειρίες. Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο όπου ο δάσκαλος μπορεί να επιλέξει κατάλληλες στρατηγικές διδασκαλίας.
- Η **φάση της αναδόμησης/εμπλουτισμού** των μαθητών. Μέσω της διεξαγωγής πειραμάτων, οι μαθητές ελέγχουν πρωτίστως τις ιδέες τους, ώστε να μπορούν να καθοδηγηθούν σε επιστημονικά αποδεκτές απόψεις. Σε αυτό το στάδιο, ο δάσκαλος λειτουργεί ως ενδιάμεσος μεταξύ της καθημερινής γνώσης του μαθητή και της επιστημονικής γνώσης, διευκολύνοντας την εισαγωγή της νέας γνώσης.
- Η **φάση υλοποίησης νέων ιδεών**, κατά την οποία οι μαθητές συνδέουν αυτά που έμαθαν με τις καθημερινές τους εμπειρίες. Η μάθηση έχει νόημα όταν τους ζητείται να εφαρμόσουν νέες γνώσεις για την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου.
- Η **φάση της ανασκόπησης**. Αυτή είναι ένα μεταγνωστικό στάδιο όπου οι μαθητές συγκρίνουν την αρχική ιδέα με τη νέα ιδέα και ανατρέχουν στη γνωστική διαδικασία της μετάβασης από την παλιά ιδέα στη νέα ιδέα [6], [7].

1.3 Ανακαλυπτική μάθηση

Το μοντέλο της ανακαλυπτικής/διερευνητικής μάθησης αποτελεί για την εκπαίδευση έναν παραγωγικό μετασχηματισμό της θεωρίας του εποικοδομισμού προς την κατεύθυνση του να διατυπωθούν συνεπείς διδακτικές προδιαγραφές. Η προσέγγιση όμως αυτή έχει δεχτεί ισχυρή κριτική όσον αφορά το επίπεδο της μάθησης στο οποίο οδηγεί, ειδικά όταν προτείνει πως οι μαθητές θα πρέπει να αφεθούν ελεύθεροι (ή με ελάχιστη καθοδήγηση από τον δάσκαλο) να οικοδομήσουν νέες γνώσεις μέσω διερεύνησης. Ο ίδιος ο Bruner, που θεωρείται πατέρας της Ανακαλυπτικής μάθησης από πολλούς συγγραφείς, προειδοποίησε ότι η ανακαλυπτική μάθηση δεν μπορεί να εφαρμοστεί αν προηγουμένως ο μαθητής δεν έχει αναπτύξει κάποια βασική γνώση για το αντικείμενο μάθησης [8].

Η Ανακαλυπτική μάθηση βασίζεται σε μια μορφή προγράμματος σπουδών, στο οποίο οι μαθητές εκτίθενται σε συγκεκριμένες ερωτήσεις και εμπειρίες με τέτοιο τρόπο ώστε να «ανακαλύπτουν» οι ίδιοι, για τον εαυτό τους, τις επιδιωκόμενες έννοιες. Η έρευνα του μαθητή, συνήθως, «καθοδηγείται» από τον εκπαιδευτικό και τα εργαλεία, γιατί κανένας δεν περιμένει από αυτούς να φτάσουν μόνοι τους σε ιδέες που οι επιστήμονες χρειάστηκαν αιώνες να ανακαλύψουν και αναπτύξουν. Στη βιβλιογραφία το

διδασκτικό μοντέλο της διερεύνησης καταγράφεται με τους όρους «*διδασκτική προσέγγιση ανακάλυψης*», «*μέθοδος ανακαλυπτικής επίδειξης*», «*καθοδηγούμενη ανακάλυψη*», «*προσέγγιση αναζήτησης*», «*πρότυπο ανακαλυπτικής διδασκαλίας*», «*ευρετική προσέγγιση*».

Οι διάφορες προσεγγίσεις του διδασκτικού μοντέλου της διερεύνησης διαφέρουν σε δύο κυρίως χαρακτηριστικά, στο βαθμό καθοδήγησης του εκπαιδευτικού (Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές σε όλες ή σε μερικές δραστηριότητες) και στο χειρισμό του διδασκτικού υλικού (από τον εκπαιδευτικό ή τους μαθητές), γεγονός που διαφοροποιεί τους αντίστοιχους ρόλους τους. Για παράδειγμα, η «προσέγγιση αναζήτησης» είναι μια μορφή του ανακαλυπτικού μοντέλου διδασκαλίας στο οποίο ο εκπαιδευτικός θέτει ένα πρόβλημα στην αρχή του μαθήματος και οι μαθητές πρέπει να βρουν τρόπους να το λύσουν. Μια άλλη μορφή διδασκαλίας διερευνητικού χαρακτήρα είναι η «ανακαλυπτική επίδειξη», κατά την οποία ο δάσκαλος αλληλεπιδρά με το διδασκτικό υλικό [9].

Στη βιβλιογραφία η προσέγγιση της καθοδηγούμενης ανακάλυψης φαίνεται να θεωρείται ως η αντιπροσωπευτικότερη παραδοσιακή μορφή ανακαλυπτικού διδασκτικού μοντέλου. Το γεγονός αυτό πρέπει να οφείλεται σε δύο λόγους: α) Το υλικό το επεξεργάζεται ο μαθητής και ενεργοποιεί περισσότερες γνωστικές δεξιότητες, β) οι μαθητές λαμβάνουν συνήθως γραπτές οδηγίες για κάθε βήμα της διερευνητικής τους δραστηριότητας. Αυτό αυξάνει τις πιθανότητες για επιτυχία στη διδασκαλία. Με άλλα λόγια, η τελική άποψη του μαθητή είναι συνεπής με αυτό που είναι επιστημονικά αποδεκτό.. Η Σύνταξη των Φάσεων της καθοδηγούμενης ανακάλυψης περιλαμβάνει συνοπτικά τ' ακόλουθα στάδια:

1^ο στάδιο: Οι μαθητές (ατομικά ή ομαδικά) διεξάγουν πειραματικές δραστηριότητες βασισμένες σε γραπτές οδηγίες του φύλλου εργασίας ή προφορικές οδηγίες εκπαιδευτικού. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι ουδέτερος. Παρεμβαίνει μόνο όταν χρειάζεται για να δώσει απαντήσεις σε διευκρινιστικές ερωτήσεις, κυρίως τεχνικής φύσης.

2^ο στάδιο: Μετά την ολοκλήρωση των πειραματικών δραστηριοτήτων ο εκπαιδευτικός οργανώνει μια συζήτηση την οποία συντονίζει. Οι μαθητές ανακοινώνουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους. Ο εκπαιδευτικός συνοψίζει το νέο περιεχόμενο και διατυπώνει με ακρίβεια τη γνώση που ανακαλύφθηκε πρόσφατα.

3^ο στάδιο: Ο εκπαιδευτικός θέτει προβλήματα στους μαθητές για να εφαρμόσουν τη νέα γνώση [10].

Τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδασκαλίας διερευνητικού χαρακτήρα εξαρτώνται από το βαθμό καθοδήγησης του εκπαιδευτικού και τον τρόπο χειρισμού των διδασκτικών υλικών. Εάν εστιάσουμε σε μεθόδους καθοδηγούμενης ανακάλυψης, μπορούμε να επισημάνουμε τα ακόλουθα:

α) από άποψη περιεχομένου, οι μαθητές κατανοούν τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, τις σχέσεις μεταξύ μεγεθών ή εννοιών, τις εφαρμογές εννοιών και αρχών,

β) από τη σκοπιά της επιστημονικής διαδικασίας, οι μαθητές αποκτούν γνώση των γνωστικών δεξιοτήτων που ενεργοποιούν, μαθαίνουν να παρατηρούν, να συγκρίνουν, να ταξινομούν, να συλλέγουν δεδομένα, να προβλέπουν, να χειρίζονται υλικά, να πραγματοποιούν παρουσιάσεις κ.α. Γενικά, όταν οι μαθητές υποβάλλονται σε διερευνητική μάθηση, μπορεί να αρχίσουν να αντιλαμβάνονται την επιστήμη ως τρόπο μάθησης και όχι ως συλλογή γνώσεων που έχουν συλλεχθεί σε ένα βιβλίο [11], [12].

Κατά τη Brown [13]: «*Η Ανακαλυπτική μάθηση είναι ένα ενεργό, πρακτικό στυλ μάθησης όπου ο σπουδαστής συμμετέχει ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, αντί να δέχεται παθητικά τη γνώση σαν να ήταν*

ένα κενό δοχείο που ο εκπαιδευτής πρέπει να γεμίσει. Είναι μια προσέγγιση της διδασκαλίας μέσω της οποίας οι μαθητές αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους, με το να εξερευνούν και να χειρίζονται αντικείμενα, ενώ έρχονται αντιμέτωποι με ερωτήσεις και αντιπαραθέσεις εκτελώντας πειράματα. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να σκέπτονται, να υποβάλλουν ερωτήσεις, να υποθέτουν, να εικάζουν, να συνεργάζονται και να αναπτύσσουν εμπιστοσύνη στον εαυτό τους, όσον αφορά την επίλυση προβλημάτων, με τη χρήση όσων είναι στο μυαλό τους».

Για τον Bruner [14], ο σκοπός της εκπαίδευσης δεν είναι η απλή μεταφορά της γνώσης, αλλά να βοηθήσει τον μαθητή να αναπτύξει τρόπους με τους οποίους σκέφτεται και λύσει τα προβλήματα, τρόπους που μεταφέρονται και εφαρμόζονται σε μια σειρά από καταστάσεις. Επιπλέον, η εκπαίδευση θα πρέπει να αναπτύξει τη συμβολική σκέψη στα παιδιά. Σε αυτή την κατεύθυνση, ο Bruner πρότεινε το σπυροειδές πρόγραμμα σπουδών, μια μέθοδο διδασκαλίας, στην οποία κάθε θέμα ή ικανότητα συγχωνεύεται από καιρό σε προχωρημένο επίπεδο κάθε φορά. Πρώτα υπάρχει μια βασική γνώση του θέματος, στη συνέχεια προστίθεται μια προηγμένη γνώση, οι ίδιες αρχές ενισχύουν τις αρχικές συζητήσεις. Ως εκ τούτου, τα μαθήματα θα διδάσκονται σε προοδευτικά αυξανόμενα επίπεδα δυσκολίας (εξ ου και η σπυροειδής αναλογία). Ιδανικά, αυτό το στυλ διδασκαλίας θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να είναι δημιουργικοί και ικανοί να λύνουν προβλήματα μόνοι τους

Η μάθηση και η ανακάλυψη νέων τεχνολογιών συμβαδίζουν. Όταν η εξερεύνηση της πραγματικής ζωής δεν είναι δυνατή, η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να παρέχει "εικονικά περιβάλλοντα" στους μαθητές για να εξερευνήσουν ή προγράμματα προσομοίωσης μέσω των οποίων οι μαθητές μπορούν να αμφισβητήσουν και να αμφισβητηθούν, να αλλάξουν παραμέτρους, να μελετήσουν τα αποτελέσματα αυτών των αλλαγών, να αξιολογήσουν, να επεξεργαστούν και να κάνουν αλλαγές στην πορεία τους για να οικοδομήσουν γνώσεις και να τις κατανοήσουν. επομένως, τα πλεονεκτήματα της διερευνητικής μάθησης είναι πολλά, κυρίως ότι θέλει οι μαθητές να είναι μέρος της μαθησιακής διαδικασίας, όχι απλώς θεατές. Ως εκ τούτου, είναι μια κατάλληλη μέθοδος διδασκαλίας για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και θα πρέπει να διδάσκει όλους τους μαθητές εξίσου και να επιτυγχάνει τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα ανεξάρτητα από τις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις [13], [15].

Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1 STEM Εκπαίδευση

Η εκπαίδευση STEM ενσωματώνει έννοιες που συνήθως διδάσκονται ως ξεχωριστά μαθήματα σε διαφορετικές τάξεις και δίνει έμφαση στην εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικές καταστάσεις. Στα περιβάλλοντα μάθησης STEM, αναφερόμαστε συγκεκριμένα σε τάξεις ή σχολεία όπου γίνονται συνειδητές και φανερές προσπάθειες για τον συντονισμό των μαθησιακών στόχων και των μαθησιακών δραστηριοτήτων δύο ή περισσότερων από τους κλάδους STEM. Μια διδασκαλία STEM βασίζεται συνήθως στην εύρεση λύσης σε ένα πραγματικό πρόβλημα και τείνει να δίνει έμφαση στη μάθηση βάσει έργου [16].

2.1.1. Τι είναι η STEM Εκπαίδευση

Η εκπαίδευση STEM γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής στην εκπαιδευτική πραγματικότητα στο εξωτερικό και στην Ελλάδα. Ο όρος STEM χρησιμοποιείται ως ακρωνύμιο για τους τέσσερις ξεχωριστούς κλάδους της επιστήμης (Science), της τεχνολογίας (Technology), της μηχανικής (Engineering) και των μαθηματικών (Maths).

Προχωρώντας σε μια ανάλυση των αρχικών του όρου STEM προκύπτουν τα εξής:

Η Επιστήμη– S: Ασχολείται και επιδιώκει την κατανόηση του φυσικού κόσμου και το τι υπάρχει στο φυσικό κόσμο, αποτελεί το θεμέλιο της τεχνολογίας. Πολλά από τα μαθήματα σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης έχουν να κάνουν με τη Φυσική, Βιολογία, τη Χημεία, την Αστρονομία, τη Γεωλογία, αντανakλώντας το φυσικό κόσμο. Μερικές από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στις Φυσικές Επιστήμες για την αναζήτηση του νοήματος του φυσικού κόσμου, είναι «η έρευνα», «ανακαλύπτοντας τι είναι», «η εξερεύνηση» και η χρήση της «επιστημονικής μεθόδου». Με λίγα λόγια γίνεται εφαρμογή της ανθρώπινης νοημοσύνης για το πώς λειτουργεί ο κόσμος μέσα από την παρατήρηση και τον πειραματισμό.

Η Τεχνολογία– T: Ασχολείται με το τι μπορεί και πρέπει να σχεδιαστεί, να γίνει, να αναπτυχθεί από τα υλικά και τις ουσίες του φυσικού κόσμου για την ικανοποίηση των ανθρωπίνων αναγκών και απαιτήσεων. Μερικές από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην Τεχνολογία για να αλλάξουν και να μεταβάλλουν το φυσικό κόσμο, είναι «η ανακάλυψη», «η καινοτομία», «η πρακτική επίλυση προβλημάτων» και «ο σχεδιασμός». Έχει αλληλεξαρτώμενη σχέση με την Επιστήμη και τα Μαθηματικά και βοηθάει στον έλεγχο του τι συμβαίνει στον κόσμο. Η τεχνολογία αναφέρεται στα υλικά αντικείμενα και δραστηριότητες που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να δημιουργήσουν αντικείμενα πρακτικού ενδιαφέροντος.

Η Μηχανική– E: κάνει εφαρμογή των μαθηματικών και των επιστημονικών αρχών που κατακτήθηκαν μέσα από τη μελέτη, την εμπειρία και την πρακτική εφαρμογή. Εφαρμόζεται για την ανάπτυξη τρόπων που χρησιμοποιούν με οικονομία τα υλικά και τις δυνάμεις της φύσης προς όφελος της ανθρωπότητας. Εντοπίζει και επιλύει προβλήματα, ακολουθώντας έναν μηχανικό σχεδιασμό, σχεδιασμός ο οποίος βασίζεται στη σκέψη, στη μοντελοποίηση και στην ανάλυση.

Τα Μαθηματικά– M: είναι το γνωστικό πεδίο των μοτίβων και των σχέσεων ανάμεσα σε ποσότητες, αριθμούς και σχήματα και η οποία βασίζεται στη λογική και τη δημιουργικότητα. Παρέχουν μια ακριβή γλώσσα για τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία και τη Μηχανική. Εξελίξεις στην τεχνολογία,

όπως ο υπολογιστής, κινητοποιούν τα Μαθηματικά, όπως ακριβώς οι καινοτομίες στα Μαθηματικά, ενισχύουν τις καινοτομίες στην τεχνολογία. Ένα παράδειγμα είναι η μαθηματική μοντελοποίηση που μπορεί να βοηθήσει τον τεχνολογικό σχεδιασμό προσομοιώνοντας πως μπορεί να λειτουργεί ένα προτεινόμενο σύστημα [17].

Ο όρος «STEM εκπαίδευση» αναφέρεται στη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της επιστήμης (S), (T), (E), (M), συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Εστιάζει στην καινοτομία και στην εφαρμοσμένη διαδικασία σχεδιασμού λύσεων σε περίπλοκα προβλήματα με βάση τα τρέχοντα εργαλεία και τεχνολογίες. Η συμμετοχή των μαθητών σε εκπαίδευση STEM απαιτεί προγράμματα σπουδών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης που να περιλαμβάνουν διδασκαλία των φυσικών επιστημών και μαθηματικών και να ενσωματώνουν την τεχνολογία και τη μηχανική στο πρόγραμμα τους όπως επίσης να προωθούν την επιστημονική έρευνα και τη διαδικασία σχεδιασμού της Μηχανικής. Σύμφωνα με τα προηγούμενα οι μαθητές κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας STEM μπορούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που αποκτούν σε όλα τα πεδία: μαθηματικών, φυσικών επιστημών, μηχανικής και τεχνολογίας, προκειμένου να βρουν την πιο κατάλληλη λύση σε ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν. Μια διδασκαλία STEM είναι σε θέση να προωθήσει την εφαρμοσμένη και συνεργατική μάθηση [18].

2.1.2. Η σπουδαιότητα της STEM προσέγγισης στην εκπαίδευση

Οι μαθητές μέσα από μια διδασκαλία STEM κερδίζουν πολλά με πιο κύρια την εφευρετικότητα και την καινοτομία. Αποκτούν πολλές δεξιότητες, όπως επικοινωνία, συνεργασία, επίλυση προβλημάτων, προσαρμοστικότητα κ.α. Αυτή η προσέγγιση διευκολύνει τη μετάβαση από την παραδοσιακή διδασκαλία με επίκεντρο τον δάσκαλο σε μια διδασκαλία όπου η επίλυση προβλημάτων και η διερευνητική μάθηση είναι ο πρωταρχικός ρόλος και οι μαθητές επιδιώκεται να εμπλακούν δημιουργικά στην ανακάλυψη λύσεων. Σύμφωνα με έρευνες, βελτιώνει τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και αναπτύσσει την ικανότητα των μαθητών να σκέφτονται για την επίλυση προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο.

Στα πλαίσια του μαθήματος, λοιπόν, ενθαρρύνεται η λογική, εφευρετική, καινοτόμος σκέψη, ενώ οι εκπαιδευόμενοι γίνονται αυτόνομοι και τεχνολογικά εγγράμματοι. Επιπλέον, μπορούμε να πούμε ότι στον βαθμό που το σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει δραστηριότητες ομαδικής εργασίας, καθώς και προσομοιώσεις, σενάρια και εργαστηριακά ερευνητικά έργα, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν άλλες δεξιότητες. Τέτοιες είναι η κριτική σκέψη, η δημιουργική φαντασία -κυρίως όσον αφορά στην επίλυση προβληματικών καταστάσεων-, η ικανότητα διαχείρισης του εαυτού και ο υπολογιστικός, δομημένος, αλγοριθμικός συλλογισμός, οι οποίες αποτελούν απαραίτητα προσόντα για τη σύγχρονη οικονομία και κοινωνία. Αυτά τα προσόντα θα τους βοηθήσουν να γίνουν πολίτες που μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την υγεία, την ενεργειακή απόδοση, την ποιότητα και την προστασία του περιβάλλοντος, την αποτελεσματικότερη χρήση των φυσικών πόρων και πολλά άλλα [19], [20].

Οι στόχοι αυτού του τύπου της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να έχουν αναπτύξει δεξιότητες όπως οι ακόλουθες:

Ικανοί να λύνουν προβλήματα. Από το να θέτουν ερωτήματα και να διατυπώνουν προβλήματα, να συλλέγουν και να οργανώνουν δεδομένα μέχρι να εφαρμόζουν τα συμπεράσματά τους σε νέες πρωτότυπες καταστάσεις.

Καινοτόμοι. Να είναι ικανοί να εφαρμόζουν τη διαδικασία του Μηχανικού Σχεδιασμού χρησιμοποιώντας τις γνώσεις από τα Μαθηματικά, τη Φυσική και την Τεχνολογία.

Αυτοδύναμοι. Να είναι σε θέση να οργανώνουν δικό τους σχέδιο δράσης, παίρνοντας πρωτοβουλίες και λύνοντας πρακτικά προβλήματα μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια.

Λογικοί στοχαστές. Να μπορούν να χρησιμοποιούν τον λογικό συλλογισμό που χρησιμοποιείται σαν εργαλείο στην Επιστήμη, στα Μαθηματικά και στην Τεχνολογία έτσι ώστε να καταλήγουν σε καινοτόμα προϊόντα.

Τεχνολογικά εγγράμματοι. Να κατανοούν και να εξηγούν τη λειτουργία τεχνολογικών συστημάτων εξασκώντας τις δεξιότητες που απαιτούνται για να γίνει η εφαρμογή τους [21].

Η προσέγγιση STEM, συχνά ενθαρρύνει τη διερευνητική μάθηση και διδασκαλία, ώστε μέσα από διαδικασίες διερεύνησης οι μαθητές να οδηγηθούν στην Εννοιολογική Αλλαγή. Η διδασκαλία αυτή λαμβάνει στοιχεία από μοντέλα συνεργατικής μάθησης κατά κύριο λόγο και έχει χαρακτηριστικά της μεθόδου «Project» (Project-based-learning). Εδώ και αρκετό καιρό συνηθίζεται να χρησιμοποιείται στο STEM η μέθοδος διδασκαλίας Project. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά μοντέλα διδασκαλίας που ορίζουν τους μαθητές ως παθητικούς αποδέκτες της μαθησιακής διαδικασίας, αυτή η προσέγγιση παρουσιάζει τους μαθητές ως ερευνητές. Αυτό από μόνο του είναι πρωτοποριακό και αντιπροσωπεύει μια κονστρουκτιβιστική προσέγγιση στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες [22].

Κατά τον Kilpatrick(1918) [23], το Project αποτελεί μια αρκετά περίπλοκη και σύνθετη διαδικασία, η οποία είναι επιτεύξιμη από το υποκείμενο της μάθησης σε συγκεκριμένο περιβάλλον, με την επιτυχία της να εξαρτάται από την επίτευξη του στόχου που έχει υποβάλει στον εαυτό του το ίδιο το υποκείμενο της μαθησιακής διαδικασίας, μέσα από ενέργειες, εργαλεία και όργανα τα οποία έχει στη διάθεση του. Υπάρχει μια υπερβατική σχέση του Project με το σχέδιο διδασκαλίας, η οποία οφείλεται στην διαθεματικότητα του πρώτου. Πρωταρχικός του πυλώνας είναι οι έρευνες, τις οποίες οι μαθητές, με τη συνδρομή του δασκάλου, οφείλουν να ολοκληρώσουν. Κέντρο προσοχής της μεθόδου αυτής είναι οι ομαδικές εργασίες, έχοντας τη βάση τους στο κονστρουκτιβιστικό μοντέλο και την ανακαλυπτική προσέγγιση, όπως εκείνη διατυπώθηκε από τον Bruner. Μέσα από την μέθοδο του Project οι μαθητές εξοικειώνονται στην ομαδική, δημιουργική συνεργασία και αλληλεπίδραση, στην απόκτηση κινήτρων ώστε να είναι οι ίδιοι οι δημιουργοί της προσλαμβανόμενης γνώσης. Βασικό είναι ότι οι μαθητές καλούνται να παρουσιάσουν τα Project τους τόσο στους υπόλοιπους συμμαθητές τους όσο και στην υπόλοιπη κοινωνία.

Βιωματικές δραστηριότητες σχετίζονται άμεσα με μεθόδους που βασίζονται σε Project, επειδή το Project αντικατοπτρίζει προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει επιτακτικά προβλήματα που επιλύονται χρησιμοποιώντας αυθεντικά προϊόντα και εργαλεία που διαχειρίζονται οι ίδιοι οι μαθητές, βελτιώνοντας τη διαδικασία μάθησης μέσα στην τάξη και δημιουργώντας ευκαιρίες σε διαφορετικά επίπεδα που μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το θέμα και το πεδίο εφαρμογής. Οι εκπαιδευτικοί συνειδητοποιούν ότι μέσω αυτής της μεθόδου είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν σύνθετα, προκλητικά και περίπλοκα προβλήματα, που μπορεί να συναντηθούν και στην καθημερινότητα. Εντάσσει πέντε βασικά μαθησιακά στοιχεία [24]:

1. Οι μαθητές συνεργάζονται
2. Υπάρχει ενεργή έρευνα

3. Οι μαθητές προβληματίζονται πάνω στη μαθησιακή διαδικασία
4. Εφαρμόζεται η διεπιστημονικότητα
5. Πραγματοποιείται ολοκληρωμένη αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας στο ίδιο το τελικό προϊόν, το οποίο παράγεται από τις καταβαλλόμενες προσπάθειες των μαθητών.

Στο PjBL δίνεται ένα αποτέλεσμα στους μαθητές, το οποίο θέτει καλά διατυπωμένες προσδοκίες και παρέχει ένα πλαίσιο για το τι πρέπει να κάνουν οι μαθητές. Ωστόσο, δεν έχει μια σαφώς δομημένη δομή, αυτό συμβαίνει επειδή οι μαθητές πρέπει να έχουν την ελευθερία να αναπτύξουν τη δική τους προσέγγιση. Η ελεύθερη δομή του, εξασφαλίζει πολλαπλά οφέλη τόσο για τους μαθητές, όπως η ενεργή συμμετοχή, η αύξηση της αυτοπεποίθησής τους, η καλύτερη στάση απέναντι στη μάθηση, η ανάπτυξη ερευνητικών δεξιοτήτων κ.α, όσο και για τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι αφενός αυξάνουν τον επαγγελματισμό και τη συνεργασία με συναδέλφους και μαθητές τους και αφετέρου τους εξασφαλίζει ένα πολυμορφικό πλαίσιο δράσης το οποίο μπορεί να φιλοξενήσει μαθητές διαφορετικών γνωστικών υποβάθρων [25].

2.2 Διάχυτη νοημοσύνη(Ambient Intelligence)

Η διάχυτη νοημοσύνη ή αλλιώς νοημοσύνη περιβάλλοντος (Aml) ορίζεται ως ένα ψηφιακό περιβάλλον που υποστηρίζει προληπτικά, αλλά λογικά, τους ανθρώπους στην καθημερινή τους ζωή. Ως ερευνητικό πεδίο, βρίσκεται στη διασταύρωση της τεχνητής νοημοσύνης, της αλληλεπίδρασης ανθρώπου – υπολογιστή, της πανταχού παρούσας πληροφορικής και του δικτύου αισθητήρων. Τα βήματα που συνθέτουν ένα τυπικό σύστημα Aml είναι : η αίσθηση από το περιβάλλον, οι χρήστες και η αλληλεπίδραση με τους χρήστες για να τους κρατάμε πάντα ενήμερους.

Ένα σύστημα Aml πρέπει να είναι ευαίσθητο, ανταποκρινόμενο, προσαρμοστικό, διαφανές, πανταχού παρόν και έξυπνο [26].

Πίνακας 2.1 Βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος Aml [27]

Ευαίσθητο	Ικανό να αισθάνεται το περιβάλλον και τους ενοίκους του, να μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα αισθητήρων
Αποκρινόμενο	Σε θέση να ανταποκριθεί στις ανάγκες των χρηστών, ικανό να δράσει στο περιβάλλον
Προσαρμοστικό	Σε θέση να συμπεράνει μια κατάσταση, ικανό να προσαρμοστεί στο πλαίσιο αναφοράς
Διαφανές	Τα υπολογιστικά στοιχεία θα πρέπει να είναι εξαφανισμένα (Μη ορατά)
Πανταχού παρόν	Τα υπολογιστικά στοιχεία είναι οπουδήποτε, κατανεμημένα στο περιβάλλον
Έξυπνο	Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένας παράγοντας που επιτρέπει την επίγνωση του πλαισίου, την προσαρμοστικότητα και την προορατικότητα

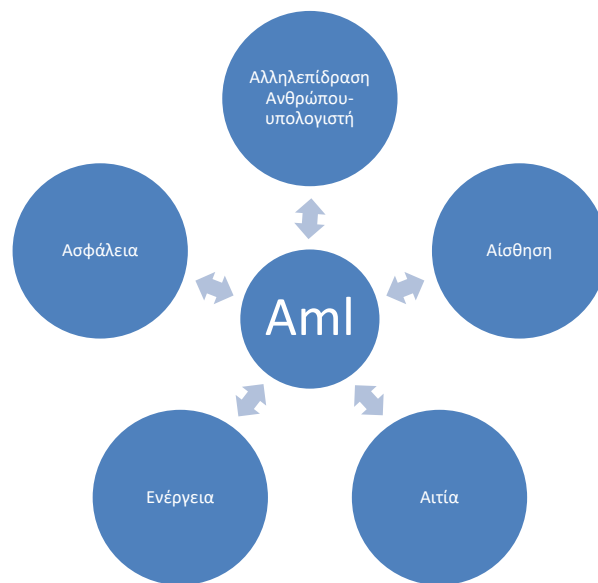
Έτσι σε ένα σύστημα Aml μπορούμε να δώσουμε διάφορους ορισμούς:

- Μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία που θα κάνει όλο και περισσότερο το καθημερινό μας περιβάλλον ευαίσθητο και ανταποκρινόμενο στην παρουσία μας [28]
- Ένα πιθανό μέλλον στο οποίο θα περιβαλλόμαστε από έξυπνα αντικείμενα και στο οποίο το περιβάλλον θα αναγνωρίζει την παρουσία ατόμων και θα ανταποκρίνεται σε αυτήν με μη ανιχνεύσιμο τρόπο [29].

- Η παρουσία ενός ψηφιακού περιβάλλοντος που είναι ευαίσθητο, προσαρμοστικό και ανταποκρίνεται στην παρουσία των ανθρώπων [30]
- Σε ένα περιβάλλον AmI οι άνθρωποι περιβάλλονται από δίκτυα ενσωματωμένων ευφυών συσκευών που μπορούν να αντιληφθούν την κατάστασή τους, να προβλέψουν και ίσως να προσαρμοστούν στις ανάγκες τους [31]
- Ένα ψηφιακό περιβάλλον που υποστηρίζει τους ανθρώπους στην καθημερινή τους ζωή με μη παρεμβατικό τρόπο [32]

2.2.1 Τεχνολογίες που συμβάλλουν στη Διάχυτη Νοημοσύνη

Από τον ορισμό του, μπορούμε να δούμε ότι το AmI έχει βασική σχέση με πολλούς τομείς της επιστήμης των υπολογιστών. Οργανώνουμε τις τεχνολογίες που συμβάλλουν σε πέντε τομείς, που φαίνονται στο Σχ. 2.1. Ένας βασικός παράγοντας στην έρευνα AmI είναι η παρουσία νοημοσύνης .



Σχήμα 2.1: Τομείς επιστήμης των υπολογιστών που το AmI έχει βασική σχέση (Μετάφραση από [27])

Ένας ευφυής πράκτορας μέσω ενός αλγορίθμου AmI αντιλαμβάνεται την κατάσταση του περιβάλλοντος και των χρηστών με αισθητήρες χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης και ενεργεί στο περιβάλλον χρησιμοποιώντας ενεργοποιητές με τέτοιο τρόπο ώστε ο αλγόριθμος να πετύχει τον στόχο του.

Επειδή το Ambient Intelligence έχει σχεδιαστεί για πραγματικό, φυσικό περιβάλλον, η αποτελεσματική χρήση των αισθητήρων είναι ζωτικής σημασίας. Χωρίς φυσικά στοιχεία που επιτρέπουν σε έναν ευφυή πράκτορα να ανιχνεύει και να ενεργεί πάνω στο περιβάλλον, καταλήγουμε σε θεωρητικούς αλγόριθμους που δεν έχουν πρακτική χρήση. Οι αισθητήρες είναι το κλειδί που συνδέει τη διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ με τις φυσικές εφαρμογές. Οι αλγόριθμοι Ambient Intelligence βασίζονται στα αισθητηριακά δεδομένα από τον πραγματικό κόσμο. Ένας αλγόριθμος λογισμικού αντιλαμβάνεται το περιβάλλον και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να συλλογιστεί σχετικά με το περιβάλλον και τη δράση που μπορεί να γίνει για να αλλάξει η κατάσταση του περιβάλλοντος. Η αντίληψη επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια ποικιλία αισθητήρων. Οι αισθητήρες έχουν σχεδιαστεί για μέτρηση θέσης, για ανίχνευση χημικών ουσιών και ανίχνευση υγρασίας , για προσδιορισμό μετρήσεων για το φως, την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία, τον ήχο, την καταπόνηση, την πίεση, τη θέση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση των ατόμων ή του ανέμου και την υποστήριξη της παρακολούθησης της υγείας των ενοίκων

του χώρου. Οι αισθητήρες είναι συνήθως αρκετά μικροί και έτσι μπορούν να ενσωματωθούν σε σχεδόν οποιαδήποτε εφαρμογή AmI.

Η παρακολούθηση και η αναγνώριση ατόμων σε ένα περιβάλλον είναι ένα σημαντικό ζήτημα στα συστήματα AmI. Εάν η τοποθεσία ενός ατόμου είναι γνωστή, το σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει καλύτερα το άτομο προβλέποντας τις ανάγκες με βάση τις προτιμήσεις του και παρέχοντας υπηρεσίες με βάση το πότε συνήθως απαιτούνται. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται συχνά για την παρακολούθηση ατόμων είναι αισθητήρες κίνησης. Οι αισθητήρες κίνησης χρησιμοποιούνται ως η ραχοκοκαλιά των συστημάτων ασφαλείας εδώ και δεκαετίες. Ωστόσο, ενώ μπορούν να ανιχνεύσουν κίνηση, δεν μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για να διακρίνουν ποιος (ή τι) προκάλεσε την κίνηση.

Εναλλακτικά, τα άτομα και τα αντικείμενα μπορούν να φορούν έναν αισθητήρα που βοηθά στην παρακολούθηση τους. Ένα παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας είναι οι ετικέτες RFID που μπορούν να συνδυαστούν με έναν αναγνώστη RFID για την παρακολούθηση της κίνησης των αντικειμένων με ετικέτα. Αυτή η τεχνολογία βασίζεται σε άτομα και αντικείμενα που έχουν σημανθεί. Επιπλέον, η ευαισθησία των ετικετών μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για το σύστημα. Για παράδειγμα, εάν μια συσκευή ανάγνωσης RFID είναι τοποθετημένη σε ένα πλαίσιο πόρτας για να αναγνωρίζει άτομα που μεταβαίνουν μεταξύ των δωματίων, το άτομο μπορεί να ενεργοποιήσει τη συσκευή ανάγνωσης εάν πλησιάσει την πόρτα, χωρίς απαραίτητα να μετακινηθεί στο επόμενο δωμάτιο. Τέτοιες ασάφειες μπορούν να επιλυθούν ενσωματώνοντας περισσότερες από μία τεχνολογίες. Για παράδειγμα, αισθητήρες κίνησης μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε πλευρά της πόρτας σε συνδυασμό με τη συσκευή ανάγνωσης RFID για να διακρίνουν την εγγύτητα από τις μεταβάσεις δωματίου.

Μια άλλη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παρακολούθηση είναι το I-Button. Τα I-Buttons είναι συσκευές που μπορεί να είναι έως και 16 mm. Περιέχουν ένα τσιπ υπολογιστή σε ένα χαλύβδινο περίβλημα με ένα ρολόι πραγματικού χρόνου. Κάθε I-Button έχει έναν μοναδικό αριθμό εγγραφής και ο δέκτης μπορεί να επικοινωνεί με έναν υπολογιστή. Αυτή η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση αντικειμένων ή ατόμων που τη μεταφέρουν όταν το κουμπί I-Button τοποθετηθεί στον κατάλληλο αναγνώστη. Αυτό έχει το πρόβλημα ότι το κουμπί i πρέπει να τοποθετηθεί φυσικά πάνω από τη συσκευή ανάγνωσης για να είναι αποτελεσματικό, κάτι που δεν το καθιστά άνετο για καθημερινή χρήση σε ένα σπίτι.

Όλες αυτές οι μέθοδοι έχουν περιορισμούς και δεν μπορούν να εγγυηθούν τη σωστή αναγνώριση σε όλες τις περιπτώσεις, ωστόσο παρέχουν ενδιαφέροντα εργαλεία και εναπόκειται στη νοημοσύνη του συστήματος να τις συνδυάσει με τεχνικές λογισμικού που επιτυγχάνουν τον στόχο της αναγνώρισης και παρακολούθησης. Άλλες συσκευές ανίχνευσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση ατόμων είναι τα μικρόφωνα (μέσω του τρόπου ομιλίας και της ρητής λεκτικής αναγνώρισης) και οι βιντεοκάμερες (μέσω αναγνώρισης προσώπου ή σημάτων ρητής αναγνώρισης).

Μια σύνοψη των πιο κοινών τύπων αισθητήρων αναγνώρισης και παρακολούθησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1 .

Πίνακας 2.1: Τύποι αισθητήρων αναγνώρισης και παρακολούθησης στα συστήματα AmI [27]

Τύπος ανίχνευσης	Κοινές χρήσεις
Καταπόνηση και πίεση	Δάπεδα, πόρτες, κρεβάτια, καναπέδες, ζυγαριές
Θέση, κατεύθυνση, απόσταση και κίνηση	Ασφάλεια, εντοπισμός, ανίχνευση πτώσεων

Φως, ακτινοβολία και θερμοκρασία	Ασφάλεια, τοποθεσία, παρακολούθηση, ασφάλεια υγείας, ενεργειακή απόδοση
Στερεά, υγρά και αέρια	Ασφάλεια και υγεία, παρακολούθηση, συντήρηση πισίνας
iButton	Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση ανθρώπων και αντικειμένων
Ήχος	Ασφάλεια, έλεγχος έντασης, αναγνώριση ομιλίας
Εικόνα	Ασφάλεια, αναγνώριση, κατανόηση του πλαισίου

2.2.2 Εφαρμογές AmI

Υπάρχουν πολλά σενάρια στα οποία η Ambient Intelligence μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη ζωή μας. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές εφαρμογές που το κάνουν αυτό.

2.2.2.1 Έξυπνα σπίτια

Ένα παράδειγμα περιβάλλοντος εμπλουτισμένου με Ambient Intelligence είναι ένα «έξυπνο σπίτι». Αρκετά αντικείμενα σε ένα σπίτι μπορούν να εμπλουτιστούν με αισθητήρες για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη χρήση τους και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και για να ενεργούν ανεξάρτητα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Τα αναμενόμενα οφέλη αυτής της τεχνολογίας μπορεί να είναι: (α) η αύξηση της ασφάλειας π.χ. παρακολουθώντας τα πρότυπα του τρόπου ζωής ή τις πιο πρόσφατες δραστηριότητες και παρέχοντας βοήθεια όταν δημιουργείται μια πιθανώς επιβλαβής κατάσταση, (β) άνεση π.χ. με αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας, του φωτισμού περιβάλλοντος για έναν γερασμένο πληθυσμό και (γ) οικονομία π.χ. με έλεγχο της χρήσης φώτων. Αυτή είναι μια δημοφιλής χρήση πολλών τεχνολογιών, όπως τα ενεργά σήματα και συστήματα εντοπισμού θέσης σε εσωτερικούς χώρους.

Φυσικά υπάρχουν πολλά έξυπνα σπίτια που διαθέτουν Ambient Intelligence και επιτρέπεται στο ίδιο το σπίτι να διαθέτει νοημοσύνη και να λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με την κατάστασή του και τις αλληλεπιδράσεις με τους κατοίκους του. Έτσι υπάρχουν σπίτια που διαθέτουν ένα υποστηρικτικό περιβάλλον για την στήριξη της ανεξάρτητης διαβίωσης για ηλικιωμένους και άτομα με αναπηρία. Το σπίτι είναι εξοπλισμένο με μεγάλο αριθμό αισθητήρων και ενεργοποιητών και δημιουργεί μεγάλο όγκο ροών δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η απομακρυσμένη παρακολούθηση και παρέμβαση από φροντιστές ηλικιωμένων ατόμων που ζουν στο σπίτι.

2.2.2.2 Νοσοκομεία

Οι εφαρμογές της AmI στα νοσοκομεία μπορεί να ποικίλλουν από την ενίσχυση της ασφάλειας για τους ασθενείς και τους επαγγελματίες υγείας έως την παρακολούθηση της εξέλιξης των ασθενών μετά από χειρουργική επέμβαση. Πολλές από τις τεχνολογίες AmI που βρίσκονται σε έξυπνα σπίτια μπορούν να προσαρμοστούν για χρήση σε συγκεκριμένα δωμάτια ή χώρους ενός νοσοκομείου. Τα νοσοκομεία μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών τους παρακολουθώντας την υγεία και την πρόοδο των ασθενών μέσω ανάλυσης των δραστηριοτήτων στα δωμάτιά τους. Μπορούν επίσης να αυξήσουν την ασφάλεια, για παράδειγμα, επιτρέποντας μόνο σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό και ασθενείς να έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένες περιοχές και συσκευές.

2.2.2.3 Μεταφορές

Τα μέσα μεταφοράς είναι επίσης μια σημαντική εφαρμογή για τις τεχνολογίες AmI. Ξοδεύουμε ένα σημαντικό μέρος της ζωής μας ταξιδεύοντας με διαφορετικούς τρόπους. Οι σιδηροδρομικοί σταθμοί, τα λεωφορεία και τα αυτοκίνητα μπορούν να εξοπλιστούν με τεχνολογία που μπορεί να παρέχει

θεμελιώδεις πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του συστήματος κάθε στιγμή. Με βάση αυτή τη γνώση, μπορούν να εφαρμοστούν προληπτικές ενέργειες και η εμπειρία των ανθρώπων που χρησιμοποιούν αυτές τις μεταφορές μπορεί να αυξηθεί χρησιμοποιώντας το σύστημα πιο αποτελεσματικά. Οι δημόσιες συγκοινωνίες μπορούν να επωφεληθούν από την τεχνολογία AmI, συμπεριλαμβανομένης της χωρικής τοποθεσίας με βάση το GPS, της αναγνώρισης οχημάτων και της επεξεργασίας εικόνας για να κάνουν τις μεταφορές πιο εύρυθμες και ως εκ τούτου πιο αποτελεσματικές και ασφαλείς.

2.2.2.4 Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης

Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την ασφάλεια, όπως οι πυροσβεστικές δυνάμεις, μπορούν να βελτιώσουν την αντίδραση σε έναν κίνδυνο εντοπίζοντας πιο αποτελεσματικά τον τόπο ενός ατυχήματος και επίσης προετοιμάζοντας μια διαδρομή για να φτάσουν στο σημείο σε σχέση με τις οδικές υπηρεσίες. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας την επεξεργασία εικόνας και την παρακολούθηση της κυκλοφορίας. Αυτή η υπηρεσία μπορεί επίσης να εντοπίσει γρήγορα ένα μέρος όπου εμφανίζεται ή είναι πιθανό να συμβεί ένας κίνδυνος και να προετοιμάσει καλύτερη πρόσβαση σε αυτό για το προσωπικό ασφαλείας. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν κάμερες για την παρακολούθηση τοποθεσιών των δημόσιων συγκοινωνιών. Ανιχνεύοντας καταστάσεις όπως ο συνωστισμός, η παρουσία ατόμων ή αντικειμένων που δεν κινούνται, η κίνηση σε απαγορευμένη κατεύθυνση και η εισβολή, το περιβάλλον και οι υπάλληλοι μπορούν να ανταποκριθούν γρήγορα για να εξασφαλίσουν την ασφάλεια των ατόμων που χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

2.2.2.5 Εκπαίδευση

Όχι μόνο οι μαθητές μαθαίνουν για τεχνολογίες όπως η Ambient Intelligence στην τάξη, αλλά το AmI μπορεί επίσης να βοηθήσει στη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας για αυτούς τους μαθητές. Τα ιδρύματα που σχετίζονται με την εκπαίδευση μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για να παρακολουθούν την πρόοδο των μαθητών στα καθήκοντά τους και τη συχνότητα παρουσίας τους σε σημαντικές εκδηλώσεις. Μια έξυπνη τάξη μπορεί να χρησιμοποιεί επίσης έναν διαδραστικό πίνακα και να επιτρέπει στους καθηγητές να γράφουν σημειώσεις απευθείας στον πίνακα με ένα ψηφιακό στυλό. Αυτή η εμπειρία στην τάξη ενισχύεται περαιτέρω με βίντεο και μικρόφωνα που αναγνωρίζουν ένα σύνολο χειρονομιών, κινήσεων και ομιλίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση πληροφοριών ή την εστίαση της προσοχής σε κατάλληλες οθόνες και υλικό. Η έξυπνη τάξη μπορεί να χρησιμοποιεί πολλές από αυτές τις ίδιες συσκευές και χρησιμοποιεί επίσης τις πληροφορίες που συλλέγονται για να συμπεράνει την πρόθεση του ομιλητή. Η αίθουσα μπορεί να ελέγχει τις ρυθμίσεις φωτός, να αναπαράγει βίντεο και να εμφανίζει διαφάνειες. Σε καμία από αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητος ο ρητός προγραμματισμός του συστήματος Ambient Intelligence — οι φυσικές ενέργειες των συμμετεχόντων προκαλούν τις κατάλληλες αντιδράσεις από το περιβάλλον.

2.2.2.6 Χώροι εργασίας

Η διευκόλυνση της αλληλεπίδρασης είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ένα περιβάλλον στο χώρο εργασίας, όπου οι εργαζόμενοι θέλουν να επικεντρωθούν στο υπό εξέταση έργο χωρίς να παρασυρθούν από την τεχνολογία. Σχεδιάζονται έξυπνοι χώροι εργασίας, αίθουσες συνεδριάσεων και περίπτερα που χρησιμοποιούν ποικίλους μηχανισμούς επιτρέποντας την εύκολη ανάκτηση και εμφάνιση χρήσιμων πληροφοριών.

2.2.2.7 Συνεχείς προκλήσεις

Είναι πολύ σημαντικό, τα συστήματα AmI να γνωρίζουν τις προτιμήσεις, τις προθέσεις και τις ανάγκες των χρηστών. Τα συστήματα AmI θα πρέπει να γνωρίζουν πότε είναι βολικό να διακόπτουν έναν χρήστη και πότε να κάνουν μια πρόταση αλλά και πότε είναι πιο βολικό να αποφεύγουν να κάνουν μια πρόταση. Μερικές φορές η δράση μπορεί να είναι απαραίτητη για να σώσει μια ζωή ή για να αποτρέψει ένα ατύχημα. Η υπερβολική παρέμβαση από το σύστημα μπορεί να είναι ανεπαρκής και ακόμη και να καταστήσει το σύστημα άχρηστο εάν ο χρήστης έχει κουραστεί και αποφασίσει να μην δώσει πια σημασία. Όλο αυτό το κοινωνικό τακτ που μαθαίνουν οι άνθρωποι σε όλη τη ζωή δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί.

Υπάρχουν πολλές πρακτικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν σε κάθε έναν από τους συνεισφέροντες τεχνολογικούς τομείς που αναφέρθηκαν. Για παράδειγμα, πολλές εφαρμογές AmI που βασίζονται σε ασύρματους αισθητήρες βρίσκονται στο έλεος της διάρκειας ζωής της μπαταρίας των αισθητήρων. Οι ερευνητές αρχίζουν να ερευνούν προσεγγίσεις χωρίς μπαταρία (π.χ. MEMS, φωτοβολταϊκά), αλλά μένει να γίνει πολλή δουλειά για να γίνει αυτή η προσέγγιση ισχυρή και εύκολη στη χρήση. Στον τομέα της μοντελοποίησης χρηστών και της ανάλυσης δραστηριότητας, μια συνεχής πρόκληση είναι να μοντελοποιηθούν πολλοί κάτοικοι σε ένα περιβάλλον. Αν και αυτό έχει διερευνηθεί για την παρακολούθηση τοποθεσίας σε ένα περιορισμένο πλαίσιο, η επίλυση του γενικού προβλήματος της μοντελοποίησης δραστηριότητας, της αναγνώρισης και της πρόβλεψης για ρυθμίσεις πολλαπλών κατοίκων είναι ένα ανοιχτό και πολύ δύσκολο πρόβλημα [27].

2.3 Ψηφιακά εργαλεία

Google Forms

Το Google Forms είναι ένα λογισμικό διαχείρισης ερευνών που περιλαμβάνεται ως μέρος της δωρεάν σουίτας Google Docs Editors που παρέχεται από την Google. Συμβάλλουν στην άμεση συλλογή αποτελεσμάτων καθώς και στην εύκολη επεξεργασία τους.

Microsoft Excel

Το Microsoft Excel είναι πρόγραμμα λογιστικών φύλλων που αναπτύχθηκε από τη Microsoft για τα Microsoft Windows, macOS, Android και iOS. Διαθέτει υπολογισμούς, εργαλεία γραφημάτων, συγκεντρωτικούς πίνακες και μια γλώσσα προγραμματισμού macro με όνομα Visual Basic for Applications. Είναι μια πολύ ευρέως διαδεδομένη εφαρμογή υπολογιστικών φύλλων, ειδικά από την έκδοση 5 το 1993, και έχει αντικαταστήσει το Lotus 1-2-3 ως το βιομηχανικό πρότυπο για υπολογιστικά φύλλα. Το Microsoft Excel αποτελεί μέρος του Microsoft Office [33].

Εκπαιδευτική ρομποτική πλατφόρμα LEGO WeDo

Το LEGO Education WeDo είναι μια πρακτική λύση STEM σχεδιασμένη για συνεργασία καθώς κάθε βασικό σετ υποστηρίζει δύο μαθητές. Εισάγει τους μαθητές στον προγραμματισμό, την υπολογιστική σκέψη και τη μηχανική με το LEGO Education WeDo. Στην διδακτική μας προσέγγιση χρησιμοποιήθηκαν και δύο γενιές Lego WeDo (1 και 2) γιατί υπάρχουν κάποιες διαφορές που ήταν απαραίτητες. Τα sets διαθέτουν έναν μεσαίο κινητήρα ο οποίος μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να περιστρέφεται και στις 2 πλευρές. Διαθέτουν και δύο αισθητήρες, έναν αισθητήρα κλίσης και έναν αισθητήρα κίνησης ή απόστασης. Ο αισθητήρας κίνησης μπορεί να ανιχνεύσει αντικείμενα μέχρι 15 εκατοστά. Ο αισθητήρας κλίσης ανιχνεύει 6 διαφορετικές θέσεις. Κλίση προς τα δεξιά, κλίση προς τα αριστερά, κλίση προς τα πάνω, κλίση προς τα κάτω, χωρίς κλίση, κλίση (ταλάντευση).

Το αρχικό **Lego Education WeDo 1** κυκλοφόρησε το 2009 και καταργήθηκε στα τέλη του 2017. Αποτελείται από 158 δομικά υλικά ενώ το **Lego Education WeDo 2.0** κυκλοφόρησε στην αγορά το 2016 και αποτελείται από 280 δομικά στοιχεία. Βασική διαφορά των δύο πακέτων είναι το Hub (εγκέφαλος της κάθε κατασκευής). Το πρώτο διαθέτει Hub που συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω καλωδίου που ενώ το δεύτερο συνδέεται με σύνδεση Bluetooth και επομένως είναι «ασύρματο». Μια φθηνή προσθήκη του WeDo 1 είναι τα διπλά φώτα LED, που η ύπαρξή τους σε αυτό το πακέτο μας οδήγησε στη χρησιμοποίησή του αφού είναι κάτι που θέλαμε για τη κατασκευή μας και δεν τα διέθετε το πακέτο WeDo 2 [34].

Το ρομποτικά πακέτα συνοδεύονται από αντίστοιχο λογισμικό βασισμένο στον προγραμματισμό με εικονίδια αλλά ο προγραμματισμός των κατασκευών μπορεί να γίνει και με Scratch. Ο συνδυασμός αυτού του υλικού και του λογισμικού διευκολύνουν πολύ την εισαγωγή του προγραμματισμού στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση [35].

Scratch

Το Scratch είναι ένα εικονικό προγραμματιστικό περιβάλλον που πρωτοεμφανίστηκε το 2007, με στόχο να βοηθήσει τους νέους ηλικίας 13 έως 16 ετών να κατανοήσουν τον προγραμματισμό και τις γλώσσες προγραμματισμού. Δημιουργήθηκε από το Lifelong Kindergarten Group στο MIT Media Lab με επικεφαλής τον Mitchel Resnick και παρέχεται δωρεάν στο διαδίκτυο (<https://scratch.mit.edu/>)

Είναι ένα ελεύθερο λογισμικό το οποίο δίνει την δυνατότητα δημιουργίας και διαμοιρασμού διαδραστικών projects. Το Scratch βασίζεται στον εποικοδομισμό. Οι εφαρμογές που δημιουργούνται από χρήστες έχουν σχεδιαστεί για να είναι δημόσια διαθέσιμες στο Διαδίκτυο για χρήση από οποιονδήποτε. Τα μέλη αυτής της κοινότητας μπορούν να τροποποιήσουν υπάρχοντα έργα δημιουργώντας τις δικές τους εκδόσεις, μια διαδικασία που ονομάζεται ανάμειξη. Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί online δημιουργώντας έναν προσωπικό λογαριασμό σε έναν ιστότοπο ή εκτός σύνδεσης εγκαθιστώντας μια εφαρμογή σε υπολογιστή.

Στο Scratch ακολουθείται ο ταυτόχρονος προγραμματισμός (concurrent), αφού διαφορετικά κομμάτια κώδικα μπορούν να εκτελούνται παράλληλα. Στην πραγματικότητα εφόσον στο σύστημα δεν υπάρχουν πολλοί επεξεργαστές, εκτελούνται ταυτόχρονα και όχι παράλληλα. Οι εντολές εκτελούνται η μία μετά την άλλη με μια σειρά που ονομάζεται σενάριο, δημιουργώντας την εντύπωση πως οι διαδικασίες εκτελούνται παράλληλα. Το πρόγραμμα θα πρέπει να δουλεύει σωστά για όλα τα πιθανά σενάρια [36].

Arduino

Το Arduino ξεκίνησε το 2005 ως εργαλείο για φοιτητές στο Interaction Design Institute Ivrea , Ιταλία, με στόχο να παρέχει έναν χαμηλού κόστους και εύκολο τρόπο για αρχάριους και επαγγελματίες να δημιουργήσουν συσκευές που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές . Συνηθισμένα παραδείγματα τέτοιων συσκευών που προορίζονται για αρχάριους χομπίστες περιλαμβάνουν απλά ρομπότ , θερμοστάτες και ανιχνευτές κίνησης .

Το Arduino εμφανίστηκε το 2005, ως εργαλείο για φοιτητές στο Interaction Design Institute Ivrea , Ιταλία όταν ο καθηγητής Massimo Banzi θέλησε να καταστήσει ευκολότερη τη μάθηση ηλεκτρονικών για τους μαθητές. Ήθελε να δώσει στους μαθητές την ευκαιρία να ανακαλύψουν πράγματα μόνοι τους, αντί να ακούν μόνο θεωρίες, να δημιουργήσουν συσκευές που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές. Για τον σκοπό αυτό ζήτησε βοήθεια από τον David Cuatrecasas, έναν μηχανικό από το Πανεπιστήμιο Malmo και μαζί αποφάσισαν να δημιουργήσουν έναν

μικροελεγκτή, ο οποίος θα ήταν προσιτός ως προς τη χρήση του και ως προς το κόστος του. Το όνομα Arduino δόθηκε από έναν ιστορικό χαρακτήρα, τον Ardruin της Ivrea.

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί είναι η Wiring, η οποία είναι αρκετά εύκολη στη σύνταξη. Επίσης, μπορεί να προγραμματισθεί και με τη γλώσσα Scratch, επιτρέποντας τη χρήση του για διδασκαλία παιδιών από 10 ετών [34].

Ardublock

Το ArduBlock είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού που έχει σχεδιαστεί για να κάνει τον προγραμματισμό του Arduino πολύ εύκολο χρησιμοποιώντας την τεχνική "σύρε και άσε" (drag-and-drop). Αντί να γράφουμε κώδικα και να ανησυχούμε με τη σύνταξη των εντολών στο περιβάλλον του Arduino IDE, το ArduBlock επιτρέπει τον οπτικό προγραμματισμό συνδυάζοντας έτοιμα μπλοκ κώδικα [37].

Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογικά Στοιχεία

3.1 Σχεδιασμός εκπαιδευτικής προσέγγισης STEM

3.1.1 Καθορισμός προβλήματος

Αρχικά δόθηκε στους μαθητές μέσω Google Forms μια ερώτηση που θα έπρεπε να απαντήσουν για ένα θέμα που θα επιθυμούσαν να διερευνήσουν με σκοπό τη βελτίωση μιας κατάστασης στο μέρος που ζούσαν.



Προτείνω λύσεις για τη βελτίωση συνθηκών στο μέρος που ζω

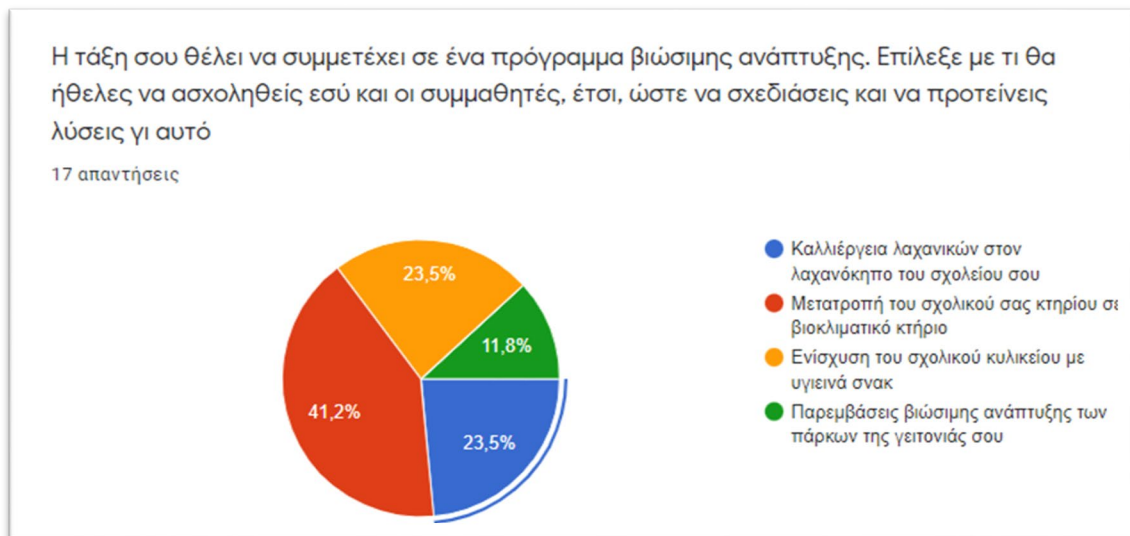
* Απαιτείται

Η τάξη σου θέλει να συμμετέχει σε ένα πρόγραμμα βιώσιμης ανάπτυξης. Επίλεξε με τι θα ήθελες να ασχοληθείς εσύ και οι συμμαθητές, έτσι, ώστε να σχεδιάσεις και να προτείνεις λύσεις γι αυτό *

- ☐ Καλλιέργεια λαχανικών στον λαχανόκηπο του σχολείου σου
- ☐ Μετατροπή του σχολικού σας κτηρίου σε βιοκλιματικό κτήριο
- ☐ Ενίσχυση του σχολικού κυλικείου με υγιεινά σνακ
- ☐ Παρεμβάσεις βιώσιμης ανάπτυξης των πάρκων της γειτονιάς σου

Εικόνα 3.1: Ερώτημα μέσω Google Forms για τον καθορισμό προβλήματος

Τα παιδιά απάντησαν στην ερώτηση και επέλεξαν να ασχοληθούν με τη μετατροπή του σχολικού τους κτιρίου, σε βιοκλιματικό με ποσοστό 41.2%.



Εικόνα 3.2: Γράφημα επεξεργασίας ερωτήματος

Η μετατροπή ενός κτιρίου σε βιοκλιματικό είναι ένα πραγματικό πρόβλημα το οποίο μελετάται συστηματικά τα τελευταία χρόνια. Το συγκεκριμένο θέμα περιλαμβάνει πληθώρα προβλημάτων τα οποία μπορούμε να διερευνήσουμε μέσω προσέγγισης STEM.

Στην εκπαίδευση για τη λύση ενός προβλήματος μέσω από μιας τέτοιας προσέγγισης πρέπει να ακολουθείται και να δίνεται έμφαση στη διαδικασία μηχανικού σχεδιασμού. Τη διαδικασία αυτή οι μαθητές μπορούν να ενσωματώσουν σε ένα Project. Τα βήματα που ακολουθούνται σε μια τέτοια διαδικασία είναι:

- 1) Καθορισμός προβλήματος
- 2) Πραγματοποίηση έρευνας
- 3) Προσδιορισμός των απαραίτητων προϋποθέσεων
- 4) Ανάπτυξη ιδεών
- 5) Επιλογή της βέλτιστης λύσης
- 6) Κατασκευή προτύπου
- 7) Έλεγχος και επανασχεδιασμός
- 8) Κοινοποίηση αποτελεσμάτων

Ο τρόπος αυτός οδηγεί στην αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση και ουσιαστικότερη κατανόηση των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία [38].

3.1.2 Καθορισμός επιθυμητών αποτελεσμάτων

Σε αυτό το βήμα θέτουμε τον εκπαιδευτικό μας σκοπό και τους επιμέρους διδακτικούς μας στόχους. Στα πλαίσια της προσέγγισης μας θέλουμε οι μαθητές να κατανοήσουν τον λόγο για τον οποίο χρειάζεται ένα κτίριο να είναι βιοκλιματικό είτε αν πρόκειται για μετατροπή υπάρχοντος κτιρίου είτε αν πρόκειται για κατασκευή νέου κτιρίου. Ταυτόχρονα επιδιώκουμε να εξοικειωθούν με τη χρήση τεχνολογίας και να δώσουν λύση στο πρόβλημα μέσα σ' αυτά τα πλαίσια.

Με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα ορίσαμε τους διδακτικούς μας στόχους σε σχέση με τις επιμέρους συνιστώσες STEM.

Σε επίπεδο γνώσεων

Οι μαθητές, μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας, θα είναι ικανοί :

- Να γνωρίζουν τις αποθήκες ενέργειας για μετέπειτα χρήση (χημική ενέργεια στην μπαταρία).
- Να περιγράφουν τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη (η χημική ενέργεια της μπαταρίας μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική).
- Να αναφέρουν παραδείγματα μετατροπής ενέργειας από την καθημερινότητα.
- Να αντιλαμβάνονται την αρχή διατήρησης της ενέργειας.
- Να διακρίνουν τις ανανεώσιμες από τις μη ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές.
- Να αντιλαμβάνονται την ανάγκη για τη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας για το μέλλον.
- Να ορίζουν το φως ως μορφή ενέργειας που προκαλεί την αίσθηση της όρασης.
- Να εντοπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, να διατυπώνουν ερωτήσεις και να προτείνουν πιθανές λύσεις.
- Να αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Να αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα του φυσικού αερισμού των κλειστών χώρων για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.
- Να περιγράφουν τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας στην καθημερινή ζωή.
- Να αναγνωρίζουν τη θερμότητα ως τη μορφή ενέργειας που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- Να αναγνωρίζουν τη θερμοκρασία ως το φυσικό μέγεθος που μετράται αντικειμενικά με το θερμόμετρο και να τη συνδέουν με το αίσθημά του ζεστού ή κρύου.
- Να αντιληφθούν τον ήλιο ως παράγοντα προσανατολισμού και ως πηγή φωτός και θερμότητας.
- Να συνδέουν τα σημεία του ορίζοντα με την κίνηση του ήλιου στον ουρανό.
- Να χρησιμοποιούν με άνεση τα δομικά στοιχεία της ρομποτικής πλατφόρμας Lego WeDo.
- Να προγραμματίζουν με άνεση κάνοντας χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Scratch και να χειρίζονται τους αυτοματισμούς που θα δημιουργήσουν με Lego WeDo.
- Να εξοικειωθούν με την τεχνολογία του Arduino πραγματοποιώντας πειραματικές διατάξεις αισθητήρα και μικρού λαμπτήρα και να μπορούν να προγραμματίζουν με απλές εντολές σε Scratch For Arduino.
- Να μπορούν να συμμετάσχουν σε μια κατασκευή μακέτας, αναλαμβάνοντας κατασκευαστικά τμήματά της.

Σε επίπεδο δεξιοτήτων

- Να αναπτύξουν κοινωνικές δεξιότητες, ενεργώντας ως μέλη μια μικρής ομάδας συμβάλλοντας σε ομαδική εργασία σε βαθμό που τους αναλογεί.
- Να μπορούν να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν ποιο είναι το πρόβλημα σε μια κατάσταση.
- Να είναι σε θέση να επικοινωνούν και να εκφράζουν είτε στα μέλη της ομάδας τους είτε σε άλλες ομάδες τα συμπεράσματα και την πρόοδο τη δικής τους ομάδας.
- Να μπορούν να διακρίνουν τις συνιστώσες ενός προβλήματος, να προτείνουν λύσεις και να αξιολογούν τις λύσεις αυτές.
- Να αναγνωρίζουν ότι ένα πρόβλημα δεν έχει μόνο μία σωστή λύση, αλλά ότι μπορεί να υπάρχει μια σειρά από λύσεις που επιλύουν μια συγκεκριμένη προβληματική κατάσταση.
- Να είναι σε θέση να επεξεργάζονται επιστημονικές πληροφορίες.

- Να μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα από δεδομένα (εικόνες, κείμενα, βίντεο διαγράμματα κ.ά.).
- Να έχουν εξοικειωθεί με εργαλεία των νέων τεχνολογιών (Lego WeDo, Scratch, Arduino, Scratch For Arduino, αισθητήρας, λαμπάκι, ηλεκτρικό κύκλωμα, Google forms, Excel).
- Να είναι σε θέση να αναζητούν πληροφορίες μέσω των μηχανών αναζήτησης, σεβόμενοι τα πνευματικά δικαιώματα των δημιουργών.

Σε επίπεδο στάσεων

- Να είναι σε θέση να ευαισθητοποιούνται για την κλιματική αλλαγή
- Να συνειδητοποιήσουν πόσο σημαντικό είναι οι άνθρωποι να λάβουν άμεσα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης για την εξασφάλιση του μέλλοντος του ανθρώπινου είδους.

3.1.3 Καθορισμός στοιχείων αξιολόγησης

Σε αυτό το βήμα, καθορίζουμε ποια στοιχεία θα δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί μας στόχοι έχουν επιτευχθεί και σε ποιο βαθμό. Οι γνώσεις και οι δεξιότητες των μαθητών αξιολογούνται πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Ένα εργαλείο που δίνει τη δυνατότητα για διαμορφωτική και περιγραφική αξιολόγηση είναι αυτό της *Ρουμπρίκας*. Γενικά μια ρουμπρίκα προσφέρει διάφορα κριτήρια και διαβαθμίσεις ποιότητας με βάση τις οποίες μπορούμε να αποτιμήσουμε την επίδοση των μαθητών, τόσο σε επίπεδο γνώσεων, όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων που καλλιέργησαν ή ανέπτυξαν μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος αυτοαξιολόγησης, ετεροαξιολόγησης, αλλά και διδασκαλίας. Περιέχει κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθεί η διδασκαλία και η επίδοση των παιδιών, τα επίπεδα της επίδοσης με την κλίμακα βαθμολογίας που αντιστοιχεί σε αυτά, καθώς και την περιγραφή του εκάστοτε επιπέδου επίδοσης [39].

Εκτός από τη ρουμπρίκα όμως, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση των μαθητών. Τα δεδομένα που θα συλλέξουμε από αυτά μπορούν να μας δώσουν στοιχεία για το αν και κατά πόσο επιτεύχθηκαν οι διδακτικοί μας στόχοι. Μπορούμε να μοιράσουμε στους μαθητές τα ερωτηματολόγια που θα έχουμε κατασκευάσει για τον σκοπό αυτό, πριν τη διδασκαλία και το «Project» και μετά και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.

Στην παρούσα παρέμβαση, επιλέχτηκε να γίνει χρήση ερωτηματολογίου έρευνας, το οποίο κατασκευάστηκε για τη συγκεκριμένη έρευνα, καθώς λειτούργησε ως διαγνωστικό εργαλείο αξιολόγησης της διδασκαλίας μας και των διδακτικών στόχων. Έτσι, πριν και μετά την παρέμβασή μας, μοιράσαμε αυτά τα ερωτηματολόγια στους μαθητές που συμμετείχαν στο «Project» για να εξετάσουμε τις εναλλακτικές ιδέες, στάσεις και αντιλήψεις που είχαν πριν από την παρέμβαση και να συγκρίνουμε τις αλλαγές που συνέβησαν μετά την παρέμβασή μας. Το ερωτηματολόγιο παρατίθεται στο Παράρτημα II.

3.2 Σχεδιασμός της μαθησιακής διαδικασίας και της διδασκαλίας

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τις εμπειρίες των μαθητών που οδηγούν στην κατανόηση και υλοποίηση των επιθυμητών αποτελεσμάτων, δηλαδή των διδακτικών μας στόχων και εκπαιδευτικών σκοπών. Στην παρούσα εκπαιδευτική διαδικασία συμμετείχαν 17 μαθητές της ΣΤ τάξης και πραγματοποιήθηκε σε 10 συναντήσεις των 2 ωρών ενασχόλησης με το Project στο ολοήμερο πρόγραμμα του σχολείου. Ο γενικός σκοπός του Project ήταν να κατανοήσουν τα πλεονεκτήματα που έχει ένας βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου και τις ευεργετικές συνέπειες που έχει για τον πλανήτη γενικότερα δηλαδή να κατανοήσουν ότι

η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας συντελεί στην κλιματική αλλαγή με δυσάρεστες συνέπειες για τον πλανήτη και ειδικότερα για το ανθρώπινο είδος.

Το βασικό ζητούμενο ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές την πολυπλοκότητα του εγχειρήματος αυτού και να συνειδητοποιήσουν ότι προκειμένου να ολοκληρωθεί κάτι τέτοιο είναι απαραίτητη η αξιοποίηση γνώσεων, μεθόδων και εργαλείων τόσο από τους διάφορους κλάδους των Φυσικών Επιστημών, όσο και από την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά.

Πριν από την έναρξη της εκπαιδευτικής παρέμβασης δόθηκε στους μαθητές ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπλήρωσε ο καθένας ξεχωριστά. Ακολούθησε μια ομαδική εισαγωγική συζήτηση σχετικά με το θέμα της κλιματικής αλλαγής και τι πιστεύουν ότι συνέβαλε στην κλιματική αλλαγή. Μέσα από αυτή τη συζήτηση προέκυψαν διάφορες εναλλακτικές ιδέες για τους μαθητές όχι μόνο για τα ζητήματα της κλιματικής αλλαγής και της εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για θέματα και έννοιες όπως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φαινόμενο του θερμοκηπίου κ.λπ. που έγινε προσπάθεια να μελετηθούν στο πλαίσιο του «Project» .

Μετά από αυτό, οι μαθητές χωρίστηκαν σε 3 ομάδες 4 ατόμων και 1 ομάδα 5 ατόμων προκειμένου να δουλέψουν με τα φύλλα εργασίας. Τα φύλλα εργασίας παρατίθενται στο Παράρτημα Ι. Μέσα από τα φύλλα εργασίας παρουσιάζεται το διδακτικό σενάριο, σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές είναι μέλη μιας ομάδας που θα φτιάξει το σχέδιο για το βιοκλιματικό κτίριο. Ο στόχος τους, μέσα από μια σειρά βημάτων που ακολουθούνται σε ένα STEM Project, είναι να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν το μοντέλο ενός βιοκλιματικού κτιρίου. Βασικοί τους στόχοι είναι:

- Οι άνθρωποι που θα χρησιμοποιούν τους χώρους του βιοκλιματικού σχολείου να έχουν την θερμική και οπτική άνεση που χρειάζονται κάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας.
- Το κτίριο να αξιοποιεί ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή.

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνάς, κάθε ομάδα μαθητών κλήθηκε να παρουσιάσει τα αποτελέσματα και τις ιδέες της σε άλλες ομάδες προκειμένου να προχωρήσουν σε συζητήσεις και ανταλλαγές ιδεών για να βρουν την καλύτερη λύση για κάθε πτυχή του προβλήματος.

Κατά την παρέμβαση ενισχύθηκε η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, και υιοθετήθηκαν στοιχεία βιωματικής, ανακαλυπτικής και διερευνητικής μάθησης, ενώ χρησιμοποιήθηκε η ομαδοσυνεργατική μέθοδος. Έγινε μια προσπάθεια κατά τη διάρκεια της παρέμβασής μας να περιοριστούμε στην παροχή συμβουλών όπου χρειαζόταν για να βοηθήσουμε τα παιδιά να ξεπεράσουν αδιέξοδα που μπορεί να προέκυπταν. Ο ρόλος μας ήταν επίσης να συντονίσουμε τις συζητήσεις μεταξύ των ομάδων και των μαθητών και να επιτρέψουμε σε όλους να συμμετέχουν σε όλη τη διαδικασία.

Στόχος μας είναι να τροποποιήσουμε τις προϋπάρχουσες γνώσεις των παιδιών μέσα από τις μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες συμμετείχαν (γνωστική θεωρία μάθησης) και να επιτρέψουμε τη μάθηση μέσα από την αλληλεπίδραση στις ομάδες (κοινωνικοπολιτισμική θεωρία μάθησης).

Οι θεματικές ενότητες των διδακτικών στόχων του σεναρίου μας περιλαμβάνονται στην ύλη του αναλυτικού προγράμματος της ΣΤ' Δημοτικού. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πηγές από το διαδίκτυο, βίντεο, εικόνες, τόσο ως έναυσμα ενδιαφέροντος για τους μαθητές όσο και ως πηγές για την έρευνα των μαθητών.

3.2.1 Γενικές πληροφορίες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική αναφέρεται στον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων που στοχεύουν στην προσαρμογή του κτιρίου στο τοπικό κλίμα προκειμένου να διασφαλιστούν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση συμβατικής ενέργειας, με χρήση άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [40].

Οι στόχοι και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα

Ο σωστός προσανατολισμός των κτιρίων είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας καθώς και για την θέρμανσή τους. Ο νότιος προσανατολισμός προσφέρει τις καλύτερες δυνατότητες. Έχει τις περισσότερες ώρες φωτισμού των κτιρίων το χειμώνα και ταυτόχρονα τη δυνατότητα σκιασμού τους το καλοκαίρι. Το κτίριο χρειάζεται να είναι τοποθετημένο με τέτοιο τρόπο ώστε να ισχύουν τα παραπάνω, από την ανατολή του ηλίου μέχρι την δύση το κτίριο μπορεί εκμεταλλευτεί τον ήλιο από τις 3 πλευρές του τόσο το χειμώνα για θέρμανση και φωτισμό όσο και το καλοκαίρι για την συλλογή ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ενώ νοτιοανατολικά και νοτιοδυτικά πρέπει να υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα για να έχει ομαλό φωτισμό. Σύμφωνα με τον προσανατολισμό του κτιρίου θα πρέπει να τοποθετηθούν και τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία θα πρέπει να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια από την ανατολή έως την δύση του ηλίου [28].

Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του χειμώνα

Η θερμική λειτουργία του κτιρίου επηρεάζεται σημαντικά από τον κυρίαρχο άνεμο της περιοχής στην κάθε εποχή. Η κάθε πλευρά του κτιρίου επηρεάζεται από τον άνεμο διαφορετικά. Στην περίπτωση ψυχρών ανέμων έχουμε αυξημένες απώλειες θερμότητας από το κτίριο ενώ στην περίπτωση θερμών ανέμων έχουμε αύξηση των εσωτερικών θερμικών φορτίων, για τον λόγο αυτό είναι επιθυμητή η στροφή της ακμής ή η έκθεση της μικρότερης πλευράς του κτιρίου προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Στις υπήνεμες πλευρές του κτιρίου προκαλείται υποπίεση, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται και συνεπώς η μετάδοση θερμότητας περιορίζεται. Στις πλευρές αυτές ο εσωτερικός αέρας διαφεύγει προς τα έξω διαμέσου των αρμών του κελύφους. Όταν το κτίριο στρέφει τη μεγαλύτερη πλευρά του προς την κατεύθυνση του ανέμου η δημιουργία ανεμοφρακτών μπορεί να το προστατέψει εκτρέποντας τον άνεμο ή μειώνοντας ως φίλτρο την ταχύτητά του [41], [42].

Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα

Η προστασία των εσωτερικών χώρων από τις καιρικές συνθήκες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η θερμική άνεση των χρηστών που βρίσκονται στο κτήριο δηλαδή θερμούς χώρους τον χειμώνα και δροσερούς το καλοκαίρι, χρειάζεται καλή εξωτερική θερμομόνωση που εμποδίζει την μετάδοση θερμότητας από μέσα προς τα έξω και από έξω προς τα μέσα.

Η προστασία από τον ήλιο του καλοκαιριού

Για να αποφύγουμε την αύξηση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες φροντίζουμε να υπάρχουν τα κατάλληλα τεχνητά σκίαστρα στις πλευρές του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με τον ήλιο τις περισσότερες ώρες καθώς και φυσική σκίαση όπως η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στην κατάλληλη θέση.

Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι

Για να αποφύγουμε την εγκατάσταση κλιματιστικών συστημάτων που είναι εξαιρετικά ενεργοβόρα έτσι ώστε να πετύχουμε θερμική άνεση κάνουμε χρήση τον φυσικό δροσισμό. Εκτός από την θερμική άνεση

με αυτόν τον τρόπο περιορίζονται και τα επίπεδα CO₂ και οι εκπομπές χλωροφθορανθράκων από τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση κλιματιστικών.

Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

Για τον δροσισμό του κτιρίου καθοριστικοί παράγοντες είναι η εξωτερική θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Ο αέρας που μπαίνει σε αυτό πρέπει να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα του κτιρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί τις νυχτερινές ώρες με συνδυασμό διαμπερούς οριζόντιου και κατακόρυφου αερισμού, όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι συνήθως χαμηλότερη από την εσωτερική και ανάλογα με την θερμική μάζα του κτιρίου μπορούμε να έχουμε μείωση της θερμοκρασίας περίπου 1-3°C

Ο χρήστης είναι ανάγκη να έχει κατανοήσει τη διαδικασία του φυσικού δροσισμού ώστε να γνωρίζει ποια ανοίγματα του κτιρίου και σε ποια χρονική στιγμή πρέπει να ανοίγουν και να κλείνουν. Η προσθήκη απλών αυτοματισμών σε ανοίγματα που είναι δύσκολα προσιτά ή που η χρήση τους προϋποθέτει μεγάλες διαδρομές μέσα στο κτίριο μπορεί να διευκολύνει τους χειρισμούς που απαιτούνται [43], [44], [45].

3.2.2 Συστήματα βιοκλιματικού κτηρίου

Προηγουμένως αναλύθηκαν οι στόχοι και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, στη συνέχεια γίνεται μια παρουσίαση συγκεκριμένων τεχνικών που αφορούν τη θέρμανση, το φωτισμό, το δροσισμό και κάποια συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κατά τον σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτιρίου δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο κέλυφος του κτιρίου.

Κτιριακό κέλυφος ονομάζεται το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, που ορίζουν την εξωτερική περίμετρο του κτιρίου και διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό. Η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του κελύφους του και συγκεκριμένα από: τον προσανατολισμό του κτιρίου και τη θέση του στο οικοπέδο, τα δομικά υλικά της κατασκευής και τον σχεδιασμό των ανοιγμάτων του. Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να πούμε ότι το κέλυφος του κτιρίου παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική απόδοση του κτιρίου. Σε κατάλληλα μονωμένα κτίρια, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη είναι 40% χαμηλότερη από ό,τι σε μη μονωμένα κτίρια [46].

3.2.2.1 Συστήματα θέρμανσης

3.2.2.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Στο σχεδιασμό βιοκλιματικών κτιρίων, όπου η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου εξασφαλίζεται από το κέλυφος, μπορούν να εφαρμοστούν κατάλληλα συστήματα παθητικής ηλιακής ενέργειας, μειώνοντας έτσι το ενεργειακό κόστος θέρμανσης του κτιρίου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι απλές κατασκευές ενσωματωμένες στο κέλυφος του κτιρίου. Η θέρμανση του κτιρίου με χρήση τέτοιων συστημάτων βασίζεται στη συλλογή ηλιακής ενέργειας και στη μετατροπή της σε θερμική ενέργεια. Αυτή αποθηκεύεται και διατηρείται στο κτίριο.

Έτσι έχουμε

- Παράθυρα κατάλληλου προσανατολισμού
- Ηλιακούς τοίχους (Τοίχους θερμικής αποθήκευσης, Θερμοσιφωνικό πανέλο)
- Ηλιακούς χώρους (θερμοκήπια στη νότια πλευρά του τοίχου) [47]

3.2.2.1.2 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Η χρήση φυσικού φωτισμού αποσκοπεί στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Συχνά ο βέλτιστος φωτισμός του δωματίου δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο με φυσικό φως. Ωστόσο, μπορεί να είναι μέρος ενός ολοκληρωμένου συστήματος που περιλαμβάνει φυσικό και τεχνητό φωτισμό.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μπορεί να επιτευχθεί με:

- Ανοίγματα στην οροφή
- Διαφανή μονωτικά υλικά κελύφους
- Ειδικούς υαλοπίνακες
- Ανακλαστικές περσίδες
- Φωτοσωλήνες
- Ανακλαστήρες φωτισμού [48]

3.2.2.2 Συστήματα δροσισμού

3.2.2.2.1 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Ο φυσικός δροσισμός ενός χώρου είναι μια πρακτική που εξασφαλίζει την θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ο φυσικός δροσισμός μπορεί να επιτευχθεί με σκίαση-αντηλιακή προστασία. Αυτός είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για να διατηρηθούν οι εσωτερικές θερμοκρασίες σε ανεκτά επίπεδα, σε συνδυασμό με ορισμένες τεχνικές τεχνητής ψύξης εάν είναι απαραίτητο για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Τεχνικές σκiasμού που συνιστώνται είναι οι εξής:

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα
- Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα
- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα
- Εσωτερικά κινητά σκίαστρα
- Σκίαση από δέντρα
- Φύτευση στις όψεις

3.2.2.2.2 Συστήματα φυσικού αερισμού

Ο φυσικός αερισμός είναι μια από τις βασικότερες τεχνικές απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο το καλοκαίρι. Φυσικός αερισμός μπορεί να επιτευχθεί με :

- Με κατάλληλα παράθυρα και ανοίγματα (Διαμπερή φυσικό αερισμό, Καμινάδα αερισμού, Ηλιακή καμινάδα)
- Με Υβριδικό αερισμό (ανεμιστήρες)
- Με αεριζόμενο κέλυφος [49]

3.2.2.3 Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται ανεξάντλητες γιατί αναπληρώνονται μέσω φυσικών κύκλων. Ο ήλιος, ο άνεμος και η γεωθερμική ενέργεια είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας. Η χρήση τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

- Ηλιακή ενέργεια
- Γεωθερμία
- Αιολική ενέργεια
- Βιομάζα
- Υδραυλική ενέργεια

Η **ηλιακή ενέργεια** είναι η καταλληλότερη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών συστοιχείων. Το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο ή μπορεί να είναι ένα αυτόνομο σύστημα που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια σε μπαταρίες. Στη **γεωθερμία** γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης και με τη χρήση αντλιών η θερμότητα μεταφέρεται από και προς το υπέδαφος για κλιματισμό και θέρμανση. Η **αιολική ενέργεια** αποτελεί πλέον μια ώριμη τεχνολογικά και εμπορικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ως **βιομάζα** ορίζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, και συγκεκριμένα υγρών, στερεών και αέριων καυσίμων, παρέχοντάς έτσι ενεργειακή εξοικονόμηση, αφού χρησιμοποιείται μια εναλλακτική και μάλιστα εγχώρια πηγή ενέργειας, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος, αφού η βιομάζα είναι λιγότερο ρυπογόνος σε σχέση με το πετρέλαιο [50].

3.2.3 Έξυπνα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια

3.2.3.1 Κτιριακό κέλυφος

3.2.3.1.1 Αυτόματη/ελεγχόμενη επαναφορά θυρών

Η αυτόματη επαναφορά θυρών γίνεται χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Η αυτόματη επαναφορά εκτελείται χρησιμοποιώντας αισθητήρες κίνησης/παρουσίας ή απόστασης. Συμβάλλουν στην επίτευξη των καλύτερων δυνατών αποτελεσμάτων στη διατήρηση της θερμοκρασίας μέσα στο κτίριο κατά τους χειμερινούς μήνες. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, βοηθούν στη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας για τα κλιματιζόμενα δωμάτια.

3.2.3.1.2 Έξυπνο κτιριακό κέλυφος

Η ανάπτυξη έξυπνων / ευφύων υλικών παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός έξυπνου κελύφους κτιρίου. Ένα κέλυφος έξυπνου κτιρίου βασίζεται στη χρήση έξυπνων υλικών - συστημάτων που είναι σε θέση να αλλάξουν τη συμπεριφορά τους ή ορισμένες από τις ιδιότητές τους μέσω ενός ερεθίσματος με στοχευμένο και ελεγχόμενο τρόπο.

3.2.3.1.3 Ευφύες κτιριακό κέλυφος

Τα κελύφη των έξυπνων κτιρίων συχνά χρειάζεται να ανταποκρίνονται σε ευρύτερες διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών, δηλαδή σε πιο πολύπλοκες απαιτήσεις να προσαρμόζονται ανάλογα ή να «μαθαίνουν». Τα έξυπνα υλικά συχνά ενσωματώνονται σε περίπλοκα κελύφη κτιρίων, που ελέγχονται από εξειδικευμένα συστήματα διαχείρισης θερμότητας. Ο συνδυασμός των δύο (έξυπνα υλικά + συστήματα διαχείρισης ενέργειας) κάνει τα αντίστοιχα κτιριακά κελύφη «ευφυή».

Ο όρος «ευφυής» συνεπάγεται υψηλότερο βαθμό οργάνωσης και λειτουργικότητας από τον όρο «έξυπνος». Ένα ευφύες κτιριακό κέλυφος βελτιστοποιεί πολλαπλά συστήματα – μεταβλητές ενός

κτιρίου, τα οποία σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, την ενεργειακή εξισορρόπηση και την ανθρώπινη άνεση, συνήθως βασιζόμενο σε μοντέλα πρόβλεψης. Αυτό συχνά επιτυγχάνεται μέσω κτιριακών αυτοματισμών και φυσικά προσαρμοζόμενων στοιχείων όπως περσίδες, σκίαστρα, ανοίγματα στο κέλυφος ή εξειδικευμένων κατασκευών με χρήση έξυπνων υλικών.

Η ικανότητα ενός κτιριακού κελύφους να αλλάζει τη μορφή του και να προσαρμόζει τη λειτουργία του σε σχέση με την πορεία του ήλιου (ή τα επίπεδα φυσικού/τεχνητού φωτισμού) (είτε μπλοκάροντας τις ακτίνες του ήλιου για να αποτρέψει την υπερθέρμανση ή/και το έντονο φως είτε επιτρέποντάς τις να διεισδύσουν στους εσωτερικούς χώρους με στόχο την παθητική αύξηση της θερμότητας ή/και του φυσικού φωτισμού) αποτέλεσε ύψιστη προτεραιότητα και πεδίο επιστημονικής έρευνας, στον τομέα των ευφυών κτιριακών κελυφών.

3.2.3.1.4 Διαδραστικό – προσαρμοζόμενο κτιριακό κέλυφος

Ένα κτίριο με διαδραστικό-προσαρμοζόμενο κτιριακό κέλυφος κάνει χρήση υπολογιστικών συστημάτων και χρειάζεται την ενεργή συμμετοχή του χρήστη. Το κτίριο μπορεί να εξοπλιστεί με αισθητήρες που συλλέγουν πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες (και όχι μόνο) (θερμοκρασία, επίπεδα φυσικού φωτισμού, ανθρώπινη παρουσία, ακουστικές συχνότητες, ανοιγοκλείσιμο πορτών και παραθύρων κ.α.), καθώς και ενεργοποιητές που ελέγχουν συστήματα θέρμανσης, θερμοστάτες, θερμοσίφωνες, φωτιστικά και ανεμιστήρες οροφής. Το βασικό στοιχείο του συστήματος είναι το αυτοματοποιημένο κεντρικό σύστημα διαχείρισης, προγραμματισμένο να παρακολουθεί και να βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και να διασφαλίζει την άνεση του χρήστη.

Η συμπεριφορά του συστήματος βασίζεται στην ικανότητα του συστήματος να «μαθαίνει» ορισμένες προτιμήσεις του χρήστη με την πάροδο του χρόνου, τις οποίες σταδιακά προβλέπει. Γενικά, η κεντρική διαχείριση ενός κτιρίου σε ένα διαδραστικό και ευφυές κτίριο μπορεί σαφώς να περιλαμβάνει έλεγχο-παρακολούθηση του κελύφους του κτιρίου [51].

3.2.3.2 Φωτισμός

Ο φωτισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση βιολογικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού και της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης.

3.2.3.2.1 Συστήματα εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

- **Ηλιακά ράφια** (εσωτερικά/εξωτερικά): αντανακλούν στην επιφάνειά τους την ηλιακή ακτινοβολία γεγονός που αυξάνει τον εσωτερικό φωτισμό. Η τοποθέτησή τους γίνεται οριζόντια (γωνία: 90°) ή κάθετα στα παράθυρα. Τα ηλιακά ράφια είναι σταθερά ή περιστρεφόμενα.
- **Φωτοσωλήνες ή σωληνοειδείς συσκευές φυσικού φωτισμού:** κατασκευές που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά ή τη διάχυση/διανομή φυσικού ή τεχνητού φωτός σ' ένα συγκεκριμένο χώρο. Οι φωτοσωλήνες είναι συσκευές σωληνοειδούς φυσικού φωτισμού που συνήθως εγκαθίστανται ή χρησιμοποιούνται σε στέγες κτιρίων, εγκαταστάσεων ή βιομηχανιών. Χρησιμοποιούνται σε κάθε είδους κατασκευές (κατοικίες, δημόσια κτίρια, βιομηχανικές επιχειρήσεις). Οι φωτοσωλήνες οδηγούν και διαχέουν το ηλιακό φως στον χώρο χρήσης τους. Η ενεργειακή απόδοση σε φυσικό φωτισμό είναι αποτελεσματικότερη αν ο

σωλήνας είναι σύντομος και ευθύς (κάθετος). Για την βέλτιστη συγκέντρωση του ηλιακού φωτός, χρησιμοποιούνται συνήθως ηλιοστάτες στην κορυφή του σωλήνα.

- **Περσίδες / Συστήματα Σκίασης:** Προστατεύουν απ' την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία (αντηλιά). Τοποθετούνται σε πόρτες και παράθυρα. Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος, ανάλογα με τη σχεδιάσή του, και τα δύο συστήματα μπορούν να παρέχουν καλύτερες αναλογίες φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους. Ένα εξωτερικό σύστημα σκίασης συνδεδεμένο με τον αισθητήρα βροχής προσφέρει τη δυνατότητα αυτόματου κλεισίματος. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί συστήματα σκίασης που χρησιμοποιούν αισθητήρες ήλιου ή ανέμου, οι οποίοι μπορούν να ανοίγουν ή να κλείνουν αυτόματα ή κατά βούληση του χρήστη. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας για τον άνθρωπο με βάση τη χρήση, μπορούν επίσης να εξοικονομήσουν ενέργεια για τις ανάγκες φωτισμού ή θέρμανσης.
- **Πρισματικά πάνελ:** είναι λεπτά επίπεδα οδοντωτά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την ανακατεύθυνση του ηλιακού φωτός. Χρησιμοποιούνται ως συστήματα σκιασμού ή ανακατεύθυνσης του ηλιακού φωτός σε προσόψεις κτιρίων ή φεγγίτες, σε γυάλινες οροφές, εξωτερικούς χώρους, στο πάνω μέρος των παραθύρων ή σε εσωτερικούς χώρους. Η εξοικονόμηση ενέργειας βασίζεται στη μεγιστοποίηση της χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας.
- **Laser-cut πάνελ:** συστήματα που κάνουν ανακατεύθυνση του ηλιακού φωτός. Χρησιμοποιούνται σε παράθυρα, φεγγίτες αλλά και σε οποιοδήποτε σημείο ενός εσωτερικού χώρου, ως συστήματα – σκίασης ή διείσδυσης του φωτός. Χρησιμοποιούνται ως χωρίσματα του χώρου και έχουν εντυπωσιακά καλλιτεχνικά αποτελέσματα, αλλά η ενεργειακή απόδοση είναι αμφισβητήσιμη..
- **Sun-directing glass:** μακρά, ελαφρώς καμπύλα, τμήματα γυαλιού που τοποθετούνται μεταξύ υαλοπινάκων. Ολόκληρο το σύστημα ανακατευθύνει την ηλιακή ακτινοβολία στην εσωτερική οροφή. Συνήθως τοποθετείται πάνω από το παράθυρο.
- **Ανειδωλικά συστήματα:** Είναι ανοίγματα σε οροφές και εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες των παραβολικών και ελλειπτικών κατόπτρων «συλλαμβάνοντας» την ηλιακή ακτινοβολία και κατευθύνοντάς την βαθύτερα σε εσωτερικούς χώρους. Ο ανειδωλικός φωτισμός συλλέγει το ηλιακό φως, το οποίο ανακλάται στην οροφή του αντίστοιχου χώρου. Παρέχουν μεγάλη ποσότητα φωτός απ' τον ουράνιο θόλο. Λόγω της θέσης τους, συμβάλλουν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός στο χώρο. Συνιστώνται αντηλιακά συστήματα όπως περσίδες, ανακλαστήρες και κινητές κουρτίνες παρακάμπτοντας φυσικό φως .
- **Έξυπνοι φεγγίτες:** Γυάλινες κατασκευές με θόλο που χρησιμοποιούν συστήματα συλλογής/αντανάκλασης του ηλιακού φωτός για εσωτερικό φωτισμό. Τοποθετούνται συνήθως σε οροφές κτιρίων. Περιλαμβάνουν trackers με συστήματα GPS που παρακολουθούν τον ήλιο, σύστημα φακών – καθρεφτών που συλλαμβάνει και μεγεθύνει το ηλιακό φως, ανακατευθύνοντάς το στον εσωτερικό χώρο. Ο συνδυασμός φεγγιτών και αισθητήρων φωτός βοηθά στην αυτοματοποίηση ολόκληρου του συστήματος: όταν το επίπεδο φωτεινότητας στο χώρο μειώνεται, ο φωτισμός στο εσωτερικό του χώρου ενεργοποιείται αυτόματα. Ως συστήματα, συνδυάζουν στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού και έξυπνων αισθητήριων τεχνολογιών.

3.2.3.2.2 Φωτισμός με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ο φωτισμός μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ο φωτισμός εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων όπου η αντίστοιχη ενέργεια καλύπτεται εν μέρει ή πλήρως από ηλιακούς συλλέκτες (φωτοβολταϊκά

πάνελ). Με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, μπορούμε να καλύψουμε την αυτόνομη λειτουργία των λαμπτήρων και την ενεργειακή ζήτηση ολόκληρου του διαμερίσματος ή του κτιρίου.

Τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας που συνδυάζουν συστήματα παραγωγής ηλιακής ενέργειας και λαμπτήρες LED. Πρόκειται για έξυπνες λύσεις για εξωτερικό φωτισμό σε δημόσια κτίρια, δρόμους, πάρκα κ.λπ. Τα ηλιακά φωτιστικά χρησιμοποιούν ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά πάνελ και χρησιμοποιούν μόνο ενέργεια από τον ήλιο. Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποθηκεύεται σε ενσωματωμένες μπαταρίες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται στη συνέχεια έξυπνα από έναν αυτόματο ελεγκτή για αυτόματη ενεργοποίηση του φωτισμού όταν πέφτει το σκοτάδι, χωρίς εξωτερική επέμβαση. Το σύστημα έχει αρκετές ημέρες αυτονομίας, ανάλογα με την εγκατάσταση. Τα φωτοβολταϊκά δεν χρειάζεται να συνδέονται στο τοπικό δίκτυο, καθώς παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία τους μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ. Είναι κατάλληλα για περιοχές όπου είναι δύσκολη η σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Τα ηλιακά φωτιστικά χρησιμοποιούνται και σε εσωτερικούς χώρους. Το Φ/Β πάνελ τοποθετείται εξωτερικά ως συλλέκτης και συνδέεται ενσύρματα ή ασύρματα με έναν ή περισσότερους λαμπτήρες σε εσωτερικούς χώρους.

Η αυτοματοποίηση των εν λόγω φωτιστικών σωμάτων ή/και ο συνδυασμός τους με αισθητήρες παρουσίας καθιστά τα εν λόγω συστήματα φωτισμού έναν έξυπνο τρόπο φωτισμού (κυρίως) εξωτερικών ή εσωτερικών χώρων.

3.2.3.3 Τοπικοί Αυτοματισμοί

3.2.3.3.1 Dimmers (ρυθμιστές έντασης φωτισμού)

Τα dimmers είναι ρυθμιζόμενοι μετασχηματιστές που μεταβάλλουν την ένταση φωτεινότητας του χώρου. Η ιδέα του εξαρτάται από τον προσδιορισμό της φωτεινότητας ορισμένων περιοχών ή του βαθμού χρήσης τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σε ορισμένους χώρους (μπάνια, κουζίνες, διάδρομοι κ.λπ.), η μέση ισχύς των μόνιμα εγκατεστημένων λαμπτήρων είναι συνήθως υψηλότερη. Κάθε μία από αυτές τις περιοχές είναι υποψήφια για εξοικονόμηση ενέργειας με διακόπτες - ρυθμιστών dimmer, επειδή δεν χρειάζονται πάντα το δυνατότερο δυνατό φως.

3.2.3.3.2 Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες είναι ηλεκτρονικά ή μηχανικά συστήματα που ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τα κυκλώματα φωτισμού σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών του χώρου. Οι χρονοδιακόπτες ομαδοποιούνται ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους σε απλούς μηχανικούς με ένα απλό ελατήριο έως σύνθετους μηχανικούς με μικροεπεξεργαστή που μπορούν να προγραμματίσουν μια σειρά συμβάντων για ένα έτος,. Κατά γενικό κανόνα, χρειάζεστε μια επιλογή παράκαμψης για να επιτρέπεται στους χρήστες να λαμβάνουν υπόψη τις αποκλίσεις από το προεπιλεγμένο πρόγραμμα.

3.2.3.3.3 Αισθητήρες φωτισμού

Συχνά αναφέρονται ως Αισθητήρες Εκμετάλλευσης Φυσικού Φωτισμού: Είναι ηλεκτρονικοί ελεγκτές φωτισμού, οι οποίοι ρυθμίζουν αυτόματα το επίπεδο φωτισμού που παράγεται από

συστήματα τεχνητού φωτισμού με βάση την ποσότητα φυσικού φωτός που ανιχνεύεται στο περιβάλλον. Είναι ελεγκτές που περιέχουν φακό κατάλληλο για είσοδο ακτινοβολίας, φωτοκύτταρο και ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που απαιτείται για την παραγωγή του σήματος εξόδου. Οι αισθητήρες φωτός αντικαθιστούν ή συμπληρώνουν τον χειροκίνητο έλεγχο κτιρίου. Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την απενεργοποίηση ή τη ρύθμιση του τεχνητού φωτισμού όταν φαίνεται ότι το επίπεδο φυσικού φωτός είναι αρκετό και η πλήρης λειτουργία του τεχνητού φωτισμού δεν είναι απαραίτητη. Η ενέργεια εξοικονομείται χωρίς την παρέμβαση ανθρώπινων παραγόντων. Οι αισθητήρες φωτισμού είναι μία από τις απλούστερες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας βελτιστοποιώντας την τεχνική ισορροπία του φυσικού φωτός στο περιβάλλον.

3.2.3.3.4 Αισθητήρες παρουσίας / κίνησης

Όταν οι αισθητήρες παρουσίας δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στο χώρο τους, απενεργοποιούν αυτόματα τα κυκλώματα φωτισμού που ελέγχουν. Συνεπώς, μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας σε ολόκληρο το κτίριο.

3.2.3.3.5 Έξυπνοι λαμπτήρες

Οι έξυπνοι λαμπτήρες που αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια ενσωματώνουν στοιχεία διασυνδεσιμότητας, επιτρέποντάς τους να ελέγχονται από απόσταση ή να ελέγχονται μέσω μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα, κυρίως ως αισθητήριο σύστημα που προσαρμόζεται στις διακυμάνσεις των επιπέδων φυσικού φωτός σε έναν χώρο εξοικονομώντας ενέργεια.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των έξυπνων λαμπτήρων είναι η δυνατότητα ανίχνευσης των συνθηκών του δωματίου (φωτεινότητα), και η ικανότητα να προσαρμόζουν ανάλογα τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού, ενσωματώνοντας «έξυπνες» τεχνολογίες μέσα στην ίδια τη συσκευή. Οι λαμπτήρες αυτοί περιλαμβάνουν αισθητήρες και μικροεπεξεργαστές, και υποστήριξη πρωτοκόλλων Zigbee, Bluetooth ή iBeacon. Η κύρια διαφορά από ένα παρόμοιο ευφυές σύστημα φωτισμού είναι ότι το σύστημα περιέχεται μέσα στη λάμπα και δεν υπάρχει βοηθητικό τοπικό υποσύστημα. Με την χρήση αισθητήρων φωτισμού, οποιαδήποτε μεταβολή στον φωτισμό του χώρου ανιχνεύεται αυτόματα απ' τον λαμπτήρα, ο οποίος μεταβάλλει τα επίπεδα φωτισμού στα κατάλληλα επίπεδα.

Εν τω μεταξύ, οι έξυπνοι λαμπτήρες μπορούν να ενσωματώσουν άλλα χαρακτηριστικά, όπως ανιχνευτές κίνησης ή παρουσίας, τη δυνατότητα πολύχρωμου φωτισμού σε διαφορετικά επίπεδα και τη δυνατότητα σύνδεσης με άλλες έξυπνες συσκευές ή ένα έξυπνο κεντρικό σύστημα ελέγχου-διαχείρισης ενέργειας. Ανάλογα με το λογισμικό το οποίο υποστηρίζεται απ' τον έξυπνο λαμπτήρα και το βαθμό εξέλιξης του αλγορίθμου, το σύστημα μπορεί ή όχι να μάθει τις προτιμήσεις των χρηστών προσαρμόζοντας τη λειτουργία του με βάση την καθημερινή "εμπειρία".

3.2.3.3.6 Έξυπνα/ευφυή συστήματα διαχείρισης φωτισμού

Ο έξυπνος φωτισμός αναφέρεται σε συγκεκριμένη τεχνολογία φωτισμού χώρου με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο έξυπνος φωτισμός περιλαμβάνει φωτιστικά υψηλής απόδοσης με αυτοματοποιημένους ελέγχους που προσαρμόζονται στην παρουσία ανθρώπων στον επιθυμητό χώρο ή/και στις κατάλληλες συνθήκες - τη διαθεσιμότητα φωτός.

Βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι η δυνατότητα παρακολούθησης και διαχείρισης μεμονωμένα ή συνδυαστικά ένα ή/και πολλαπλά φωτιστικά σώματα σε ξεχωριστούς χώρους, μέσω ενός κεντρικού συστήματος υπολογιστή. Ο έξυπνος φωτισμός βασίζεται στην χρήση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης και αισθητήρων φωτισμού, η συμπεριφορά των οποίων είναι προγραμματισμένη από τον χρήστη. Ανάμεσα στις συνηθέστερες λειτουργίες που παρέχονται στα συμβατικά έξυπνα συστήματα φωτισμού αναφέρονται:

- Η ενεργοποίηση συγκεκριμένων/επιλεγμένων φωτιστικών, με ανίχνευση παρουσίας ή κίνησης αισθητήρων
- Η Αυτόματη απενεργοποίηση ορισμένων φωτιστικών, όταν δεν ανιχνεύεται κίνηση / παρουσία στο χώρο για ορισμένο χρονικό διάστημα.
- Αυτόματη ενεργοποίηση ή αύξηση της φωτεινότητας των άνω φωτιστικών σωμάτων, όταν μειώνονται τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.
- Αυτόματο κλείσιμο ή μείωση της φωτεινότητας του τεχνητού φωτισμού, όταν αυξάνονται τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.

3.2.3.3.7 Υβριδικά συστήματα φωτισμού

Τα Υβριδικά Συστήματα Φωτισμού (HLS) βασίζονται στη χρήση τόσο φυσικού όσο και τεχνητού φωτισμού στο χώρο. Σε αυτά τα συστήματα, το ηλιακό φως κατευθύνεται στο εσωτερικό, όπου συνδυάζεται με ηλεκτρικό φωτισμό σε ειδικά σχεδιασμένα φωτιστικά σώματα (υβριδικά). Το ερευνητικό έργο έχει αναπτύξει ένα υβριδικό σύστημα φωτισμού, το οποίο μπορεί να περιγραφεί ως "έξυπνο" σύμφωνα με το επίπεδο νοημοσύνης του και σε συνδυασμό με ένα σύστημα BMS (κεντρική διαχείριση ενέργειας) [52].

3.2.3.4 Θέρμανση

Η θέρμανση κατοικιών, κτιρίων ή βιομηχανικών χώρων είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην κατανάλωση ενέργειας..

3.2.3.4.1 Συστήματα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας

Η αντιστάθμιση είναι ένα αυτόματο σύστημα που παρακολουθεί τις καιρικές συνθήκες καθώς και τη θερμοκρασία του νερού του λέβητα μέσω ενός ελεγκτή και προσαρμόζει κατάλληλα τη θερμοκρασία παροχής νερού. Η αντιστάθμιση ισχύει για εγκαταστάσεις με καλοριφέρ, συστήματα θέρμανσης δαπέδου και εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε συνδυασμό με ηλιακή ενέργεια. Ισχύει επίσης για ψυκτικές μονάδες με την ίδια λογική και φιλοσοφία λειτουργίας, με διαφοροποίηση στο κομμάτι των τερματικών μονάδων.

Η ισχύς των σωμάτων που τοποθετούνται σε ένα δωμάτιο υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να καλύψουν την ανάγκη για θέρμανση, ακόμη και αν υπάρχουν αντίξοες συνθήκες στο περιβάλλον. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία δεν ελέγχεται από ένα θερμοστάτη χώρου οι χώροι θα υπερθερμαίνονται με αποτέλεσμα σημαντική απώλεια θερμικής ενέργειας.

Το καθήκον των διαφόρων συστημάτων αντιστάθμισης είναι η αυξομείωση της ισχύος των θερμαντικών σωμάτων ανάλογα με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες..

Σε εγκαταστάσεις αντιστάθμισης, η θερμοκρασία της παροχής νερού (δηλαδή του νερού που αποστέλλεται στα θερμαντικά σώματα) ρυθμίζεται ανάλογα με τη περιβαλλοντική θερμοκρασία

έτσι ώστε όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος η θερμοκρασία στα θερμαντικά σώματα στο εσωτερικό των διαμερισμάτων να είναι υψηλή, ενώ όταν επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος, η θερμοκρασία στα σώματα να είναι χαμηλή (χλιαρό νερό).

Η ηλεκτρονική συσκευή αντιστάθμισης βρίσκεται στο λεβητοστάσιο ή σε εύκολα προσβάσιμο σημείο στο οποίο δεν υπάρχουν ακραίες τιμές θερμοκρασίας ή υγρασίας. Η σύνδεση γίνεται με δύο αισθητήρες το λιγότερο (έναν εξωτερικό κι έναν αισθητήρα θερμοκρασίας). Ο εξωτερικός αισθητήρας βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του κτηρίου, σε σημείο που να μην επηρεάζεται η θερμοκρασία του από την ηλιακή ακτινοβολία ή από θερμά ρεύματα που μπορεί να προέρχονται από καμινάδες, πόρτες, παράθυρα. Ο αισθητήρας νερού μπορεί να είναι βαπτιζόμενος ή επαφής. Τοποθετείται στην προσαγωγή νερού προς τα σώματα μετά τη βάνα ανάμειξης και πληροφορεί την συσκευή για τη θερμοκρασία του νερού που πηγαίνει στα σώματα. Η συσκευή επιτυγχάνει την επιθυμούμενη αντιστάθμιση. Με την αντιστάθμιση, επιτυγχάνεται έως και 35% εξοικονόμηση στο κόστος λειτουργίας.

3.2.3.4.2 Θερμοστατικές κεφαλές

Οι θερμοστατικές κεφαλές είναι εξαρτήματα (αυτορρυθμιζόμενες βάνες με αισθητήρα θερμοκρασίας) ή ψηφιακές συσκευές που τοποθετούνται στα θερμαντικά σώματα και επιτρέπουν την ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται μέσω ενός αισθητήρα: όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία του χώρου, τόσο κλείνει η βάνα περιορίζοντας τη ροή ζεστού νερού στο σώμα.

Οι θερμοστατικές κεφαλές στα θερμαντικά σώματα παρέχουν δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, αφού επιτρέπουν στον χρήστη την επιλεκτική λειτουργία των θερμαντικών σωμάτων και συνεπώς τον καθορισμό των χώρων μιας οικίας που επιθυμείται να θερμανθούν. Οι ηλεκτρονικές – ψηφιακές κεφαλές, μέσω του κατάλληλου αισθητήρα, κλείνουν αυτόματα την θέρμανση σε περίπτωση που ένα ή περισσότερα παράθυρα είναι ανοιχτά στον χώρο, παρέχοντας προστασία και εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα, οι (προστατευόμενες) αυτόματες θερμοστατικές κεφαλές κλείνουν τα θερμαντικά σώματα όταν η θερμοκρασία στον χώρο είναι ικανοποιητική.

Η εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση θερμοστατικών κεφαλών μπορεί να φτάσει το 20-30%, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας ενός χώρου.

3.2.3.4.3 Θερμοστάτες

Ο θερμοστάτης είναι μια συσκευή ελέγχου που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας σε κάποια συσκευή ή χώρο συνδέεται με μια μηχανή θέρμανσης ή ψύξης, της οποίας ρυθμίζει την έναρξη και τον τερματισμό, καθώς και το επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται σε θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά, καθώς και σε μεγάλο αριθμό σχετικών εγκαταστάσεων.

Υπάρχουν χειροκίνητοι και προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες. Οι προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες έχουν ένα βαθμό αυτοματοποίησης: παρέχουν τη δυνατότητα προγραμματισμού της επιθυμητής θερμοκρασίας ανά διάφορες χρονικές περιόδους της ημέρας και ανά διάφορες ημέρες. Παρόλα αυτά, δεν εξασφαλίζουν απαραίτητα εξοικονόμηση ενέργειας: σε μερικές περιπτώσεις, μάλιστα, παρατηρείται ελαφρά αυξημένη κατανάλωση στις κατοικίες.

Οι ψηφιακοί PID θερμοστάτες είναι εξοπλισμένοι με έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος συγκρίνει περιοδικά το ρεύμα με την επιθυμητή θερμοκρασία και καταγράφει το ρυθμό μεταβολής της απόκλισης για να «προβλέψει» τη μελλοντική συμπεριφορά του συστήματος. Οι PID θερμοστάτες έχουν ένα βαθμό ευφυΐας: αυτοί οι θερμοστάτες είναι «εκπαιδευμένοι» να καθορίζουν τον βέλτιστο χρόνο για την ενεργοποίηση του συστήματος διατηρώντας την επιθυμητή θερμοκρασία με ελάχιστη μεταβλητότητα. Οι PID θερμοστάτες είναι ακριβότεροι απ' τους συμβατικούς θερμοστάτες. Το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας με θερμοστάτες PID είναι πολύπλοκο, εξαρτάται από πολλούς εξωτερικούς ή αστάθμητους παράγοντες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, τον χώρο και τον ανθρώπινο παράγοντα (επιλογές χρήστη). Ωστόσο, πιστεύεται ότι μπορούν να συμβάλουν σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30%.

3.2.3.4.4 Έξυπνοι θερμοστάτες

Τα τελευταία χρόνια, έξυπνοι θερμοστάτες έχουν εμφανιστεί στην παγκόσμια αγορά, που υπόσχονται καλύτερο έλεγχο και εξοικονόμηση ενέργειας. Αντιπροσωπεύουν μια εξέλιξη προγραμματιζόμενων θερμοστατών και αποτελούν μέρος εφαρμογών έξυπνου σπιτιού και IoT. Χρησιμοποιούν αισθητήρες κίνησης για να ανιχνεύσουν την παρουσία ανθρώπων σ' ένα χώρο, «μαθαίνουν» από τις προτιμήσεις των χρηστών, αλλά και από τη συχνότητα παρουσίας βάσει συγκεκριμένων αλγορίθμων, αυτοματοποιούνται με τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος HVAC και αλλάζει τη θερμοκρασία δωματίου ακόμα κι αν ο χρήστης είναι χιλιόμετρα μακριά. Παράλληλα κλείνουν αυτόματα αν ένα σπίτι είναι άδειο, ενώ επιτρέπουν στον χρήστη να ελέγχει την ενεργειακή κατανάλωση μέσω WiFi και έξυπνων συσκευών. Οι συγκεκριμένοι θερμοστάτες μπορούν να ελέγχουν τη θέρμανση ενός χώρου, τον κλιματισμό ή/και το ζεστό νερό.

Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν στα παράθυρα και να επικοινωνούν με έξυπνους θερμοστάτες: όταν ένα παράθυρο δωματίου είναι ανοιχτό, ο αισθητήρας λέει στον έξυπνο θερμοστάτη να μην ανάβει τη θέρμανση για να αποτρέψει τη σπατάλη ενέργειας στο χώρο [52].

3.2.3.5 Κλιματισμός – αερισμός

Οι μέθοδοι δροσισμού σε βιοκλιματικά κτήρια βασίζονται σε τεχνικές παθητικής ψύξης και ψύξης χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Όλες αυτές οι τεχνικές στοχεύουν στη μείωση των ψυκτικών φορτίων και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό.

3.1.1.1.1 Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου

Τα συστήματα κλιματισμού VRV (Σύστημα Κλιματισμού Μεταβλητής Ροής Ψυκτικού Μέσου) εξοικονομούν ενέργεια και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂. Το σύστημα VRV λειτουργεί με το μηχανισμό λειτουργίας του συμπιεστή Inverter. Ο αισθητήρας που είναι ενσωματωμένος στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και δίνει εντολές στο σύστημα Inverter επιλέγοντας την κατάλληλη συχνότητα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας δωματίου.

Το σύστημα inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του κλιματιστικού ανάλογα με τη θερμοκρασία χώρου, δηλαδή αλλάζει την απόδοση ψύξης/θέρμανσης του κλιματιστικού ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της επιθυμητής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας του χώρου και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Ο μετατροπέας επιλέγει την

κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και αλλάζει την αντίστοιχη ταχύτητα στον συμπιεστή [53].

3.2.3.5.1 Σύστημα εξαερισμού DCV

Το σύστημα DCV (Demand-Controlled Ventilation) περιλαμβάνει εξελεγμένους ρυθμιστές ανεμιστήρων σε συνδυασμό με αισθητήρες παρουσίας, βαλβίδες διπλής ροής, πρεσσοστάτες και αισθητήρες ποιότητας αέρα (CO₂) έτσι ώστε να καλύπτονται οι ακριβείς απαιτήσεις αερισμού του κτιρίου ανά πάσα στιγμή με χαμηλό λειτουργικό κόστος και χωρίς σπατάλη ενέργειας. Το σύστημα DCV υπερτερεί έναντι των συμβατικών συστημάτων κλιματισμού στο ότι βασίζεται σε έναν ή περισσότερους αισθητήρες παρουσίας και ποιότητας αέρα, οι οποίοι εντοπίζουν ποια σημεία του χώρου ή ποιοι χώροι – και για πόσο – απαιτούν εξαερισμό. Οι αισθητήρες κίνησης, γενικά, μπορούν να ανιχνεύσουν αν ένα τουλάχιστον άτομο βρίσκεται σ' ένα συγκεκριμένο χώρο. Ωστόσο, οι ανάγκες εξαερισμού για ένα πρόσωπο σ' ένα χώρο είναι πολύ διαφορετικές απ' τις ανάγκες π.χ. 100 προσώπων. Οι ανιχνευτές CO₂ μετράνε την ποσότητα αέρα που εκπνέουν οι παρευρισκόμενοι σ' ένα χώρο. Μετρώντας τα επίπεδα CO₂ τα συστήματα DCV εκτιμούν ουσιαστικά το ποσοστό της πληρότητας του χώρου και ρυθμίζουν αυτόματα το αντίστοιχο επίπεδο εξαερισμού που απαιτείται γι' αυτές τις συνθήκες.

3.2.3.5.2 Έξυπνος ανεμιστήρας

Τα μοντέλα έξυπνων ανεμιστήρων ενσωματώνουν στη λειτουργία τους τεχνολογίες αισθητήρων μεταλλάσσοντας τους συμβατικούς ανεμιστήρες οροφής σε sensing συσκευές (συσκευές που «διαισθάνονται»). Η εν λόγω τεχνολογία περιλαμβάνει ακόμα συνδεσιμότητα WiFi της συσκευής με το κινητό τηλέφωνο του χρήστη, για τοπικό ή απομακρυσμένο έλεγχο.

Η ρύθμιση των στροφών του ανεμιστήρα και της συνεπαγόμενης θερμοκρασίας γίνεται μέσω των αντίστοιχων αισθητήρων (αισθητήρες υπέρυθρων – κίνησης/παρουσίας, αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ.).

Για παράδειγμα, ο ανεμιστήρας ξεκινάει ή σταματάει αυτόματα (ή αυξομειώνει τις στροφές) όταν ένα άτομο εισέλθει στην εμβέλεια ζώνης του ή εξέλθει απ' αυτήν. Εάν περισσότερα άτομα εισέλθουν στον χώρο, ο έξυπνος ανεμιστήρας επιταχύνει τις στροφές για να καλύψει τις μεγαλύτερες ανάγκες κλιματισμού του χώρου. Άλλη λειτουργία που μπορεί να ενσωματώνεται σ' έναν έξυπνο ανεμιστήρα είναι η κίνησή του σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνονται απ' τους αισθητήρες θερμοκρασίας – υγρασίας. Έτσι, στην περίπτωση που η θερμοκρασία πέφτει (π.χ. στη διάρκεια της νύχτας) ο ανεμιστήρας επιβραδύνει «διαισθανόμενος» την αλλαγή στις περιβαλλοντικές συνθήκες, εξασφαλίζοντας τα βέλτιστα επίπεδα λειτουργίας για τον/τους χρήστες.[53]

3.2.4 Λειτουργία βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου

Ο σημαντικότερος παράγοντας του σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι ο ίδιος ο χρήστης με τις επιθυμίες του και τις ανάγκες του. Στη συνέχεια υπεισέρχονται οι τοπικές επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες και το υπάρχον περιβάλλον του μελλοντικού κτιρίου [40].

Έρευνες συσχετίζουν την καλή υγεία και την αποδοτικότητα των μαθητών με την ποιότητα του εσωτερικού χώρου. Το υγιεινό περιβάλλον αντανακλάται στη γενική υγεία του μαθητή. Η καλή υγεία

διατηρεί σταθερή την παρακολούθηση χωρίς πολλές απουσίες. Ειδικότερα περιορίζεται το άσθμα και άλλα αναπνευστικά προβλήματα που ταλαιπωρούν σε μεγάλο ποσοστό τη μαθητική κοινότητα. Το χαμηλής ποιότητας εσωτερικό περιβάλλον δυσχεραίνει την πνευματική εργασία και τη συγκέντρωση με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοτικότητα και η ικανότητα μάθησης του μαθητή. Η γνωστή παιδαγωγός Maria Montessori υπογράμμισε ότι στοιχεία του σχεδιασμού όπως τα υλικά, τα χρώματα, οι υφές, τα σχήματα επηρεάζουν καθοριστικά τη διαδικασία της μάθησης αφού δίνουν ερεθίσματα στα παιδιά να επεξεργαστούν τις λεπτομέρειες του χώρου που τα περιβάλλει [54].

Έτσι ο εσωτερικός χώρος του σχολείου χρειάζεται να εξασφαλίζει θερμική και οπτική άνεση καθώς και επαρκή φυσικό αερισμό για τους μαθητές.

Ως **θερμική άνεση** ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες συνθήκες.

Ως **οπτική άνεση** ορίζεται η κατάσταση εκείνη η οποία ικανοποιεί ένα άτομο σε σχέση με το χώρο στον οποίο βρίσκεται. Σε εσωτερικού χώρους η οπτική άνεση καθορίζεται από τρεις παραμέτρους

- Την ποσότητα του φυσικού φωτισμού
- Την κατανομή του στο χώρο
- Την ύπαρξη ή απουσία θάμβωσης

Η ύπαρξη επαρκούς στάθμης φωτισμού (LUX) και η εξάλειψη του φαινομένου θάμβωσης μπορούν να εξασφαλίσουν οπτική άνεση.

Ο **φυσικός αερισμός** στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου είναι απαραίτητος για την μείωση της θερμοκρασίας όταν αυτή είναι υψηλή αλλά και την διατήρηση της καλής ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, αφού οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων οδηγούν σε μειωμένη συγκέντρωση των μαθητών με αποτέλεσμα την μικρότερη ικανότητα μάθησης.

Βασικοί στόχοι ενός **βιοκλιματικού εκπαιδευτηρίου** είναι

- Η λειτουργία του ίδιου του κτιρίου ως εκπαιδευτικό εργαλείο
- Η εξοικονόμηση ενέργειας
- Η μείωση των λειτουργικών εξόδων
- Η προστασία του περιβάλλοντος
- Η βελτίωση της ακαδημαϊκής αποδοτικότητας
- Η αύξηση της υγιεινότητας-ασφάλειας-άνεσης
- Η προώθηση κοινωνικών αξιών.

Προς επίτευξη αυτών των στόχων το 2008 συντάχθηκε από τον ΟΣΚ (Οργανισμό Σχολικών Κτηρίων) εγχειρίδιο οδηγιών για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων, σε μία προσπάθεια συμμόρφωσης του ελληνικού κράτους με τις ευρωπαϊκές οδηγίες που αφορούν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Οδηγία 2002/91/EK). Στο εγχειρίδιο αναφέρονται για πρώτη φορά έννοιες όπως τα παθητικά συστήματα, τα υβριδικά συστήματα, τα ενεργειακά συστήματα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πως αυτές μπορούν να ενσωματωθούν στο σχεδιασμό ενός σχολικού κτιρίου [55].

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού σχολικών κτιρίων σύμφωνα με τον πρώην ΟΣΚ και συγκεκριμένα στον Οδηγό Μελετών, που είχε εκδώσει το 2008, αφορά σε κτήρια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τους οποίους έχουν οριστεί βάσει νόμων (ΦΕΚ645B/1997 και ΦΕΚ1519B/2002).

Σύμφωνα με τις οδηγίες, στόχος είναι η εξασφάλιση [56]:

- Ικανοποιητικού αύλειου χώρου προστατευμένου από το βορρά
 - Καλού φωτισμού των αιθουσών, όπου ο ανατολικός και δυτικός καλός είναι να αποφεύγεται, ενώ ο νότιος και ο βόρειος είναι επιθυμητοί με παράλληλο έλεγχο της θάμβωσης στην περίπτωση του νότιου φυσικού φωτισμού.
- Συγκεκριμένων συνθηκών θερμικής άνεσης, όπου είναι επιθυμητή η θερμοκρασία:
- των 20 °C σε αίθουσες διδασκαλίας γραφεία, βιβλιοθήκες ως θερμοκρασία θέρμανσης και 26 °C ως θερμοκρασία ψύξης,
 - των 18 °C για εργαστήρια, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, κυλικείο
 - των 16 °C σε διαδρόμους κίνησης,
 - ενώ οι χώροι υγιεινής δεν θερμαίνονται

Επιπρόσθετα το 2010 εφαρμόζεται για πρώτη φορά ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και αρχίζουν να κατασκευάζονται σχολεία τα οποία πληρούν τις προδιαγραφές που τίθενται από τον κανονισμό. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 η οποία αποτελεί την τεχνική οδηγία των εθνικών προδιαγραφών παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, ορίζονται οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες των χώρων, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η θερμική και οπτική άνεση καθώς και η εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτιρίου.

Η επιθυμητή θερμοκρασία και η σχετική υγρασία εσωτερικού χώρου για τα κτήρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι για την χειμερινή περίοδο 20 °C με 35% σχετική υγρασία, ενώ για την θερινή περίοδο 26 °C με 50% σχετική υγρασία. Η χειμερινή περίοδος είναι η περίοδος θέρμανσης, ενώ η θερινή είναι η περίοδος ψύξης. Αυτές ποικίλουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη, όπου βρίσκεται το εκάστοτε κτίριο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για τις αίθουσες πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι για 50 άτομα ανά 100 τ.μ. επιφάνειας δαπέδου 22 κυβικά μέτρα ανά ώρα ανά άτομο και 11 κυβικά μέτρα ανά ώρα ανά τ.μ. επιφάνειας δαπέδου.

Τέλος η στάθμη φωτισμού μετρούμενη σε LUX για τις αίθουσες πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης θα πρέπει να είναι 300 με την μέτρηση να πραγματοποιείται στην επιφάνεια εργασίας (η οποία βρίσκεται στα 80 εκ από το πάτωμα), με δείκτη θάμβωσης 19 (UGR) και ομοιομορφία φωτισμού 0,6 (Λόγος ομοιομορφίας $U_o = \min/\text{μέση τιμή}$)

Η τοποθέτηση ενός σχολικού κτιρίου στο οικόπεδο είναι ένας σημαντικός παράγοντας για να μπορεί να λειτουργεί το κτίριο βιοκλιματικά, πρέπει η ηλιακή ακτινοβολία να καλύπτει όσο περισσότερο γίνεται την επιφάνεια του κτιρίου. Για τα σχολικά κτήρια, πιο συγκεκριμένα, η τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στις αίθουσες διδασκαλίας να έχουν καλό φωτισμό όλη τη διάρκεια του σχολικού έτους, επίσης πρέπει να εξασφαλίζεται η είσοδος των ηλιακών ακτίνων μέσα στους χώρους κατά την διάρκεια του χειμώνα και παράλληλα να εξασφαλίζεται η σκίαση κατά τους θερινούς μήνες, ενώ πρέπει να υπάρχει κατάλληλος αερισμός των χώρων ανάλογα με τους ανέμους στην περιοχή. Εκτός από τον φωτισμό που πρέπει να είναι επαρκής ώστε οι αίθουσες να φωτίζονται επαρκώς, πρέπει να υπάρχει και προστασία από τους εξωτερικούς θορύβους στις αίθουσες διδασκαλίας.

Κατά το σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού σχολείου χρειάζεται να ληφθούν υπ' όψιν όλοι οι στόχοι που έχει ένα τέτοιος σχεδιασμός [57].

3.2.5 Γιατί είναι STEM το συγκεκριμένο θέμα;

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος προσφέρει μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης, καθώς περιλαμβάνει πληθώρα επιμέρους ζητημάτων. Συγκεκριμένα, εκτείνεται σε θέματα Φυσικών Επιστημών, ενώ επιτρέπει την ένταξη μαθηματικών προβλημάτων, την αξιοποίηση της Τεχνολογίας, καθώς και την εμπέδωση γνώσεων Μηχανικής.

Έτσι, μέσα από το θέμα αυτό, προσφέρεται η ευκαιρία στους μαθητές να εξετάσουν θέματα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τις ανανεώσιμες (και μη) πηγές ενέργειας, μορφές ενέργειας και αποθήκευσή της, μετατροπή ενέργειας, διάκριση εννοιών θερμοκρασίας και θερμότητας, βασικές πηγές θερμότητας και μετάδοση θερμότητας κ.ά. Η Τεχνολογία ενσωματώνεται στο συγκεκριμένο σενάριο με την ένταξη της ρομποτικής πλατφόρμας LEGO WeDo (του αισθητήρα απόστασης και των ενεργοποιητών, μοτέρ και λαμπάκι καθώς και Scratch για τον προγραμματισμό) και Arduino, του ηλεκτρικού κυκλώματος (λαμπάκι, αισθητήρας φωτός, καλώδια, αντιστάτες) και της αξιοποίησης του ArduBlock επιτρέποντας τον οπτικό προγραμματισμό συνδυάζοντας έτοιμα μπλοκ κώδικα για την πλατφόρμα για τον προγραμματισμό του. Η ένταξη αυτή γίνεται ώστε να αντιμετωπιστεί άλλη μια πτυχή του προβλήματος, όπως παρουσιάζεται στο σενάριο. Παράλληλα, οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε ψηφιακό υλικό (βίντεο και ψηφιακές εικόνες) το οποίο χρησιμοποιείται ώστε να διεγείρει την περιέργειά τους, να κατανοήσουν κάποια ζητήματα με πιο βιωματικό τρόπο, και να αναζητήσουν πληροφορίες για τη φύση και τον τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος. Όσον αφορά στον τομέα της Μηχανικής, αποκτούν γνώσεις σχετικά με τις κατασκευές, τις οποίες μάλιστα εφαρμόζουν με άμεσο και βιωματικό τρόπο, καθώς καλούνται να κατασκευάσουν το μοντέλο του βιοκλιματικού κτιρίου τους. Τέλος, τα Μαθηματικά αξιοποιούνται κατά τη διάρκεια της κατασκευής, όπου οι μαθητές καλούνται να κάνουν απλούς υπολογισμούς (π.χ. να υπολογίσουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου τους για να συμπεράνουν αν η ενέργεια που θα παράγουν από ανανεώσιμη πηγή τους αρκεί κ.ά). Επίσης, κατά τη διάρκεια του «Project», κατά τη συζήτηση με τους μαθητές αναδύθηκαν ζητήματα και απορίες, οι οποίες λύθηκαν με τη βοήθεια μαθηματικών υπολογισμών (π.χ. Πόσο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρικό ρεύμα).

Το θέμα προσφέρεται να γίνει και μια εισαγωγή σε έννοιες όπως τεχνητή νοημοσύνη, περιβαλλοντική νοημοσύνη, έξυπνο κτίριο. Μέσα από σενάρια μπορεί να γίνει χρήση μοντέλου προσομοίωσης να κατανοήσουν με βιωματικό τρόπο όλες αυτές τις έννοιες. (π.χ αισθητήρες που δεν είναι ευδιάκριτοι στο χώρο να δίνουν εντολές και να εκκινούν ενεργοποιητές που έχουν σαν στόχο την οπτική και θερμική άνεση των χρηστών σε ένα έξυπνο κτίριο).

Το πιο χαρακτηριστικό όμως του συγκεκριμένου θέματος, είναι το γεγονός ότι προσφέρει πολλές και πλούσιες ευκαιρίες για επέκταση και εμπλουτισμό του. Αυτό σημαίνει ότι, ανάλογα με τη χρονική διάρκεια της ενασχόλησης των μαθητών με αυτό, μπορούν να μελετήσουν μια πληθώρα θεμάτων, τα οποία καλύπτουν όλη την ύλη του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών της Στ' Δημοτικού. Ουσιαστικά, λοιπόν, το σενάριο «Σχεδίαση και υλοποίηση ενός μοντέλου βιοκλιματικού κτιρίου», μπορεί να αποτελέσει μια πολύ αποτελεσματική μηνιαία ή και ετήσια πρόταση STEM, μέσα στην οποία να ενταχθεί όλη η ύλη των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού με άμεσο και βιωματικό τρόπο, να κινητοποιήσει τους μαθητές να λάβουν ενεργό μέρος στην εκπαιδευτική διαδικασία και να οδηγήσει στην αποτελεσματικότερη κατανόηση και κατάκτηση των γνώσεων, χωρίς να υπάρξει απόκλιση από αυτό που ορίζει το αναλυτικό πρόγραμμα.

Κεφάλαιο 4ο: Υλοποίηση του Project

4.1 Δραστηριότητες Διδακτικής Προσέγγισης

4.1.1 Δραστηριότητα 1

Διερεύνηση του προβλήματος.

Αρχικά μοιράστηκε το φύλλο εργασίας 1 (Παράτημα Ι) και συμπληρώθηκε από την κάθε ομάδα χωριστά. Κάνοντας έρευνα στο διαδίκτυο, διαβάζοντας άρθρα και βλέποντας βίντεο, έγινε μια πρώτη επαφή με την έννοια του βιοκλιματικού κτιρίου.

Αναγνώριση του προβλήματος.

Στη συνέχεια δόθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας 2 (Παράτημα Ι) έτσι ώστε να αρχίσουν να μελετούν τα προβλήματα που θα κληθούν να λύσουν στην πορεία. Συμπληρώθηκε από την κάθε ομάδα χωριστά. Στην 1^η ερώτηση «**Τι ανάγκες έχουν οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν το σχολικό κτίριο;**» πήραμε τις απαντήσεις: «το χειμώνα δεν πρέπει να κρύνουν», «το καλοκαίρι δεν πρέπει να ζεσταίνονται», «να υπάρχει αρκετό φως έτσι ώστε να βλέπουν αλλά να μην τους ενοχλεί ο ήλιος που μπαίνει από τα παράθυρα», «να έχουν καθαρό αέρα ειδικά τον χειμώνα που υπάρχουν ασθένειες».

Στην 2^η ερώτηση «**Πιστεύετε ότι ο κάθε χώρος του σχολικού κτιρίου χρειάζεται να έχει τις ίδιες συνθήκες;**» Οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν ότι ο κάθε χώρος του σχολείου δεν χρειάζεται να έχει τις ίδιες συνθήκες. Παράδειγμα «ο διάδρομος του σχολείου δεν χρειάζεται να έχει την ίδια θερμοκρασία με μία αίθουσα γιατί εκεί δεν κάθεται κάποιος», «στο γυμναστήριο που ασκούμαστε δεν χρειάζεται τόση ζέστη γιατί κινούμαστε συνεχώς και ζεσταινόμαστε πολύ», «στις τουαλέτες δεν χρειάζεται ιδιαίτερο φωτισμό αφού εκεί δεν διαβάζουμε», «ούτε η αίθουσα προβολών χρειάζεται φωτισμό γιατί δυσκολεύει την προβολή».

Στην 3^η ερώτηση «**Μπορείτε να προτείνετε κάποιους τρόπους για να έχουμε δωρεάν ενέργεια**» Οι μαθητές πρότειναν κάποιους τρόπους για την εξοικονόμηση ενέργειας: «θα παράγουμε ενέργεια με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων και με την τοποθέτηση ανεμογεννήτριας», «θα σβήνουμε τα φώτα στους χώρους όταν δεν χρειάζεται και θα τα ανάβουμε όταν χρειάζεται», «θα τοποθετήσουμε ηλιακά φωτιστικά που θα ανάβουν με την ενέργεια του ήλιου», «θα κάνουμε μεγάλα παράθυρα για να θερμαίνεται ο χώρος από τον ήλιο το χειμώνα έτσι ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώνεται πολύ ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου», «ενώ το καλοκαίρι θα βάλουμε σκίαστρα για να κρατήσουν το χώρο δροσερό».

Στην 4^η ερώτηση «**Που θα αξιοποιούσατε την ενέργεια που θα εξοικονομούσατε;**» τα παιδιά απάντησαν: «θα την αποθηκεύαμε για να τη χρησιμοποιήσουμε όταν τη χρειαστούμε», «για θέρμανση», «για τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών», «για τον φωτισμό των χώρων».

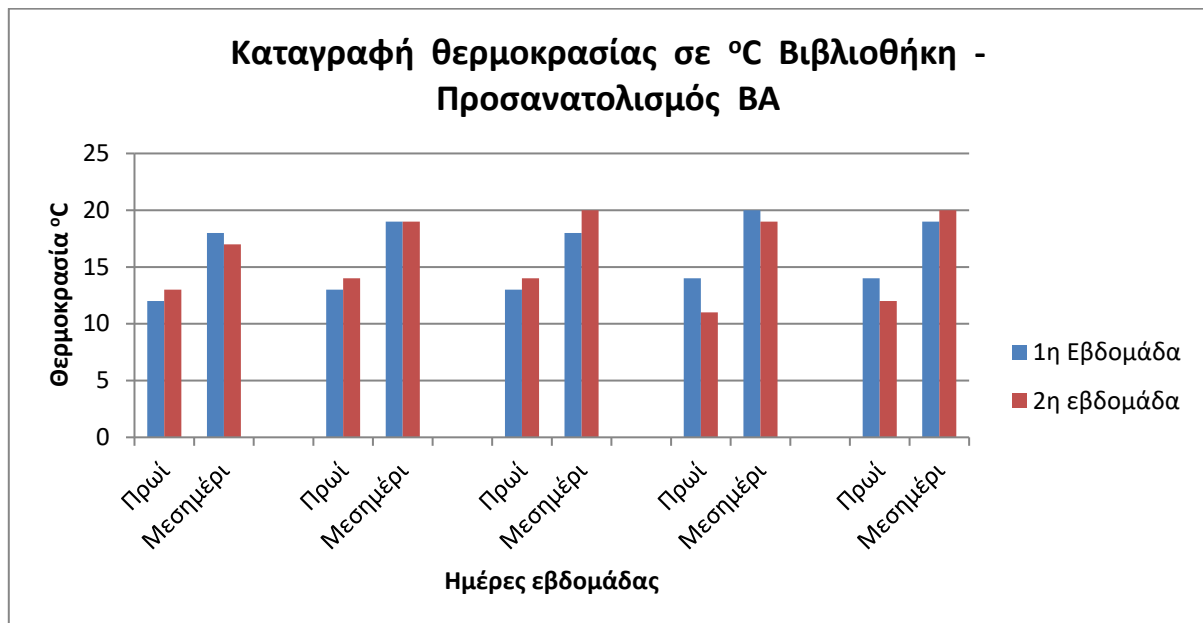
4.1.2 Δραστηριότητα 2

Με το φύλλο εργασίας 3 (Παράτημα Ι) οι μαθητές κλήθηκαν να κάνουν μετρήσεις θερμοκρασίας και φωτεινότητας σε διάφορους χώρους του σχολείου τους για δυο εβδομάδες καθημερινά και να βγάλουν τα συμπεράσματά τους. Έτσι μέτρησαν αίθουσες με διαφορετικό προσανατολισμό, διαφορετικές ώρες και διαφορετικά σημεία του κάθε χώρου. Οι χώροι για τους οποίους καταγράφηκε θερμοκρασία και φωτεινότητα είναι: η **βιβλιοθήκη**- Προσανατολισμός ΒΑ, **αίθουσα διδασκαλίας**- Προσανατολισμός ΝΑ, **Εργαστήριο Η/Υ** – Προσανατολισμός Ν, **γραφείο δασκάλων**- Προσανατολισμός ΝΔ και

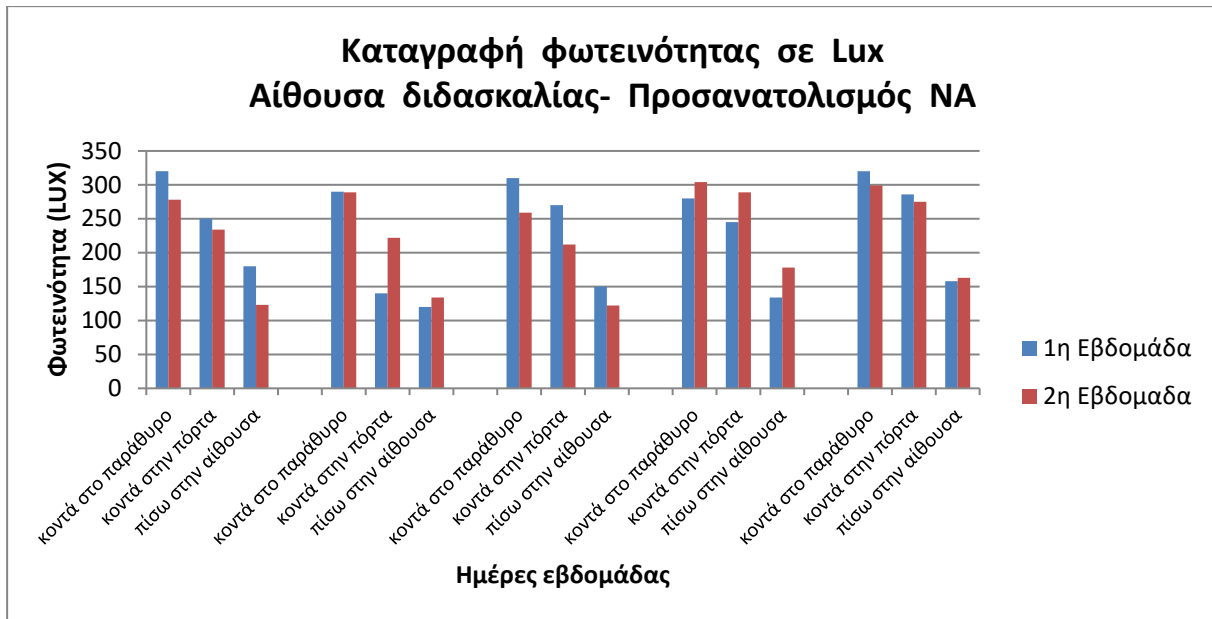
κυλικείο – Προσανατολισμός Β. Επίσης έκαναν έρευνα για τις ενδεικτικές συνθήκες που πρέπει να έχει ο κάθε χώρος του σχολείου. Έτσι βρήκαν ότι αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, βιβλιοθήκη πρέπει να έχουν γύρω στους 20 °C, εργαστήρια, αίθουσες πολλαπλών χρήσεων και κυλικείο 18 °C, διάδρομος 16 °C ενώ οι χώροι υγιεινής δεν θερμαίνονται. Για την ενδεικνυόμενη φωτεινότητα του χώρου βρήκαν ότι στις αίθουσες διδασκαλίας χρειάζεται 300 LUX.

Μελέτησαν τις μετρήσεις τους φτιάχνοντας τα σχετικά διαγράμματα στο Microsoft Excel και σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τις ενδεικτικές συνθήκες που πρέπει να έχει ένα σχολείο, κατέληξαν σε ορισμένα συμπεράσματα τα οποία μοιραστήκαν με τις άλλες ομάδες των συμμαθητών τους και όλοι μαζί εντόπισαν τα προβλήματα και πρότειναν λύσεις για εξοικονόμηση ενέργειας συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των παραγόντων που συντελούν στην κλιματική αλλαγή.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια διαγράμματα που έφτιαξαν οι μαθητές στο Microsoft Excel για να μπορέσουν μέσα από την οπτικοποίηση των δεδομένων τους να βγάλουν πιο εύκολα τα συμπεράσματά τους.



Εικόνα 4.1: Γράφημα επεξεργασίας μετρήσεων θερμοκρασίας στη Βιβλιοθήκη του σχολείου με ΒΑ προσανατολισμό



Εικόνα 4.2: Γράφημα επεξεργασίας μετρήσεων φωτεινότητας σε αίθουσα διδασκαλίας με ΝΑ προσανατολισμό

Συμπεράσματα από την παρατήρηση των μετρήσεων

Μετά την επεξεργασία όλων αυτών των μετρήσεων οι μαθητές κατέληξαν σε κάποια συμπεράσματα: Οι μετρήσεις θερμοκρασίας έδειξαν ότι οι αίθουσες με Νότιο προσανατολισμό είχαν την μεγαλύτερη θερμοκρασία ενώ οι αίθουσες με Βόρειο προσανατολισμό την μικρότερη. Ο διάδρομος είχε μικρή θερμοκρασία αν και έχοντας Νοτιοανατολικό προσανατολισμό και συμπέραναν ότι αυτό συνέβαινε επειδή η πόρτα εισόδου/εξόδου ανοιγόκλεινε πολλές φορές και πολλές φορές έμενε ανοιχτή με αποτέλεσμα να έχει μεγάλες απώλειες θερμότητας. Το κυλικείο είχε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες αφού εκεί υπήρχε φούρνος που έψηνε. Επίσης οι μετρήσεις φωτεινότητας έδειξαν ότι οι αίθουσες με βόρειο προσανατολισμό είχαν μικρότερη φωτεινότητα από τις αίθουσες με ανατολικό και νότιο προσανατολισμό. Ακόμη οι μετρήσεις έδειξαν ότι πάντα το πίσω μέρος της αίθουσας είχε μικρότερη φωτεινότητα από ότι στο σημείο κοντά στα παράθυρα.

4.1.3 Δραστηριότητα 3

Προβλήματα που προκύπτουν και αφορούν την κατανάλωση ενέργειας

Από τα συμπεράσματά της προηγούμενης δραστηριότητας διαπίστωσαν ότι προκύπτουν κάποια προβλήματα που αφορούν στην κατανάλωση ενέργειας και κάνοντας χρήση του φύλλου εργασίας 4 (Παράρτημα Ι) έγραψαν παρατηρήσεις που οδηγούν στην άσκοπη κατανάλωση της: «Η κεντρική θέρμανση του σχολείου λειτουργεί τις ίδιες ώρες για όλους τους χώρους του σχολείου χωρίς όλοι αυτοί οι χώροι να το χρειάζονται». «Τα φώτα ανάβουν από το πρωί σε ορισμένες αίθουσες και σβήνουν όταν σχολάμε χωρίς πάντα να τα χρειαζόμαστε για παράδειγμα στο διάλειμμα ή όταν κάνουμε γυμναστική». «Πολλές φορές κάποια φώτα ξεχνιούνται και όλο το βράδυ».

Καταγραφή ιδεών για εξοικονόμηση ενέργειας

Στη συνέχεια κατέγραψαν τακτικές που θα μείωναν την κατανάλωση της ενέργειας. Έτσι κάποιες ιδέες τους ήταν: «να σβήνουν τα φώτα όταν κανένας δεν βρίσκεται στο χώρο», «να ανάβουν τα φώτα μόνο σε εκείνο το σημείο της αίθουσας που η φωτεινότητα είναι χαμηλή, παράδειγμα στο πίσω μέρος της αίθουσας», «να κλείνουν πάντα οι πόρτες για να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας», «να ανοίγουν

τα παράθυρα για φυσικό αερισμό, όταν αυτό είναι απαραίτητο έτσι ώστε να μην έχουμε απώλειες θερμότητας», «τον χειμώνα να ανοίγει η κεντρική θέρμανση μόνο στους χώρους που χρειάζεται», «Όταν έξω έχει ζέστη και ο ήλιος είναι δυνατός να για να μην ανεβαίνει η θερμοκρασία μέσα στις αίθουσες να τοποθετηθούν σκίαστρα». «Να θερμομονωθεί το κέλυφος του κτιρίου μας ώστε να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας»

4.1.4 Δραστηριότητα 4

Σε αυτό το στάδιο και με τη χρήση του φύλλου εργασίας 5 (Παράρτημα Ι) οι μαθητές σχεδίασαν και στη συνέχεια κατασκεύασαν μοντέλα του σχολείου τους με ανακυκλώσιμα υλικά και τουβλάκια της LEGO.



Εικόνα 4.3: Κατασκευές μαθητών μοντέλου βιοκλιματικού σχολείου με ανακυκλώσιμα υλικά και τουβλάκια LEGO

Επίσης πρότειναν κάποιους αυτοματισμούς για το μοντέλο τους που θα υλοποιούσαν με το εκπαιδευτικό ρομποτικό πακέτο της LEGO WeDo το οποίο γνώριζαν ήδη να χειρίζονται και να προγραμματίζουν από προηγούμενες εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποίησαν είναι η Scratch 3.

1. Σκέφτηκαν λοιπόν να δημιουργήσουν έναν αυτοματισμό στην πόρτα εισόδου του σχολικού τους κτιρίου που να ανοίγει αυτόματα κάθε φορά που κάποιος επιθυμεί να εισέλθει στο κτίριο (αυτοματισμός που θα μειώσει τις απώλειες θερμότητας του κτηρίου το χειμώνα).
2. Σχεδίασαν να υλοποιήσουν τον αυτόματο φωτισμό σε έναν χώρο όταν παρατηρηθεί παρουσία.
3. Για να καταφέρουν τη διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας στους χώρους του σχολείου, τους ζεστούς μήνες που έχουν ακόμη μαθήματα, σκέφτηκαν να κατεβάζουν σκίαστρα όταν ο ήλιος χτυπάει την αίθουσα.
4. Επίσης αποφάσισαν να φτιάξουν μια ανεμογεννήτρια που θα τη χρησιμοποιήσουν για την παραγωγή ενέργειας.

5. Πρότειναν να κάνουν αυτόματο άνοιγμα παραθύρων για φυσικό αερισμό ενός χώρου όταν στο χώρο βρισκόταν άτομα πάνω από ένα ορισμένο αριθμό.

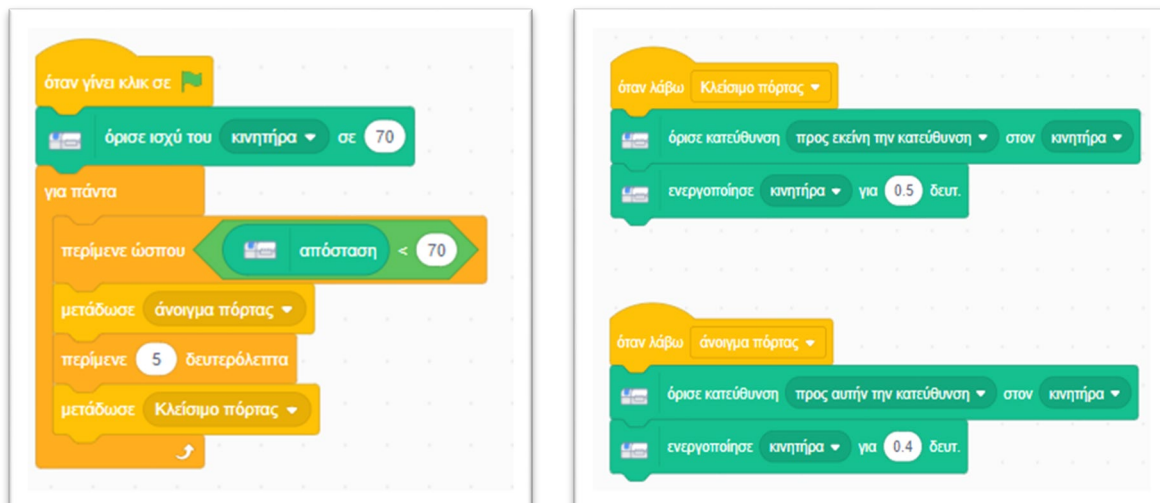
4.1.5 Υλοποίηση των αυτοματισμών του μοντέλου με LEGO WeDo

Αυτόματο άνοιγμα πόρτας στην είσοδο του σχολείου

Ο αυτοματισμός αυτός υλοποιήθηκε με τη χρήση ενός αισθητήρα απόστασης και ενός κινητήρα. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύεται κίνηση δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί ο κινητήρας που ανοίγει την πόρτα εισόδου του κτιρίου.



Εικόνα 4.4: Αυτοματισμός άνοιγμα πόρτας εισόδου

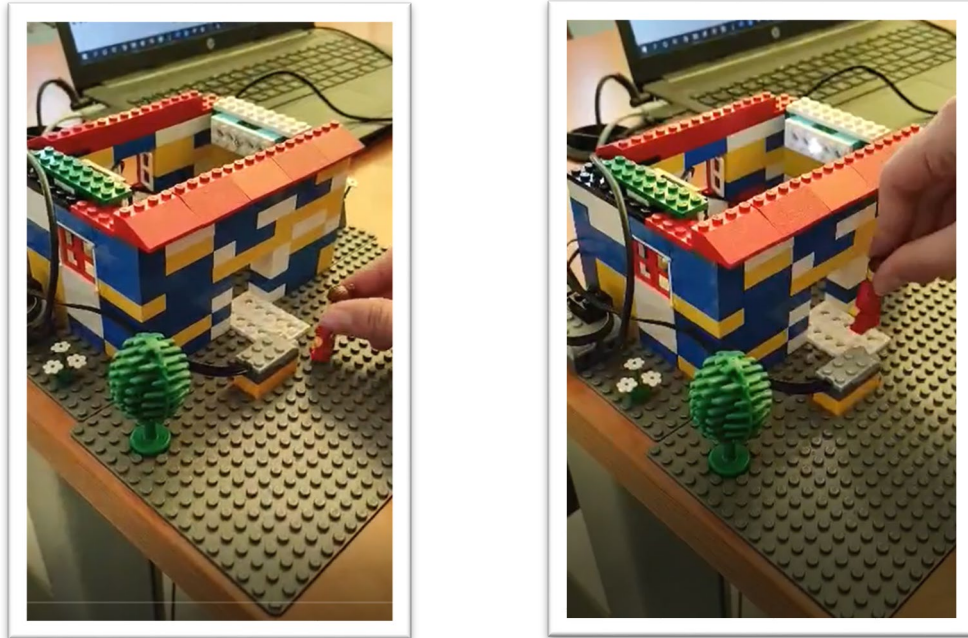


Εικόνα 4.5: Κώδικας σε Scratch 3 που ανοίγει την πόρτα εισόδου όταν παρατηρηθεί κίνηση στον αισθητήρα απόστασης

Αυτόματος φωτισμός όταν παρατηρηθεί παρουσία

Η εκκίνηση του αυτοματισμού γίνεται μη έχοντας κανένα άτομο μέσα στο κτίριο. Ο αυτοματισμός διαθέτει έναν αισθητήρα απόστασης και λαμπάκια. Δίνεται στο σύστημα ΕΙΣΟΔΟΣ ή ΕΞΟΔΟΣ. Αν

γίνεται είσοδος και ο αισθητήρας ανιχνεύσει κίνηση αυξάνει μια μεταβλητή άτομα κατά ένα δίνοντας παρουσία στο χώρο. Τότε αυτόματα ενεργοποιούνται τα λαμπάκια του αυτοματισμού. Αν γίνεται έξοδος και ο αισθητήρας ανιχνεύσει κίνηση μειώνει τη μεταβλητή άτομα κατά ένα. Αν μεταβλητή πάρει την τιμή μηδέν (δηλ. κανένας μέσα στο κτίριο) τότε απενεργοποιούνται τα λαμπάκια



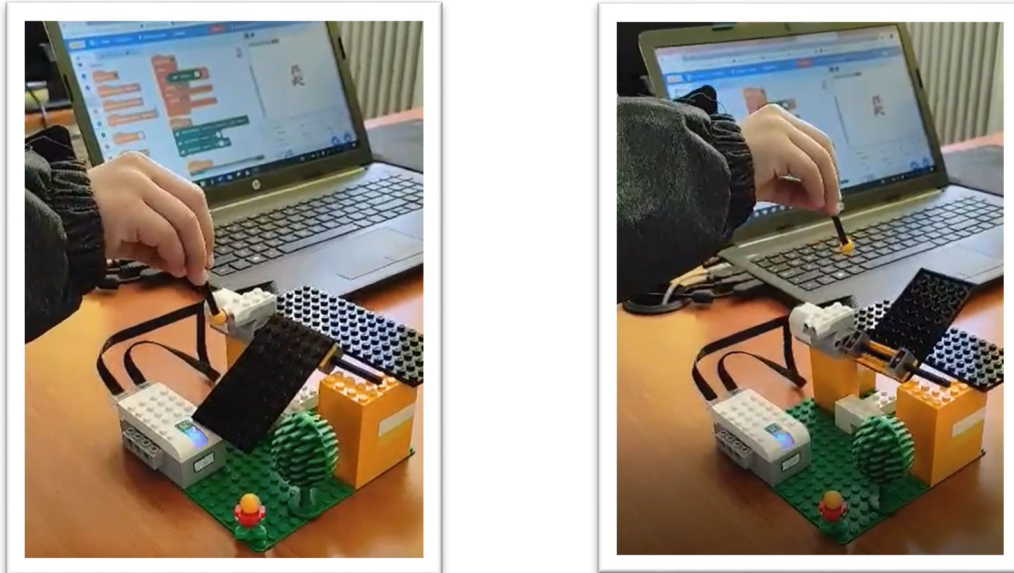
Εικόνα 4.6: Αυτόματος φωτισμός του χώρου όταν παρατηρηθεί παρουσία



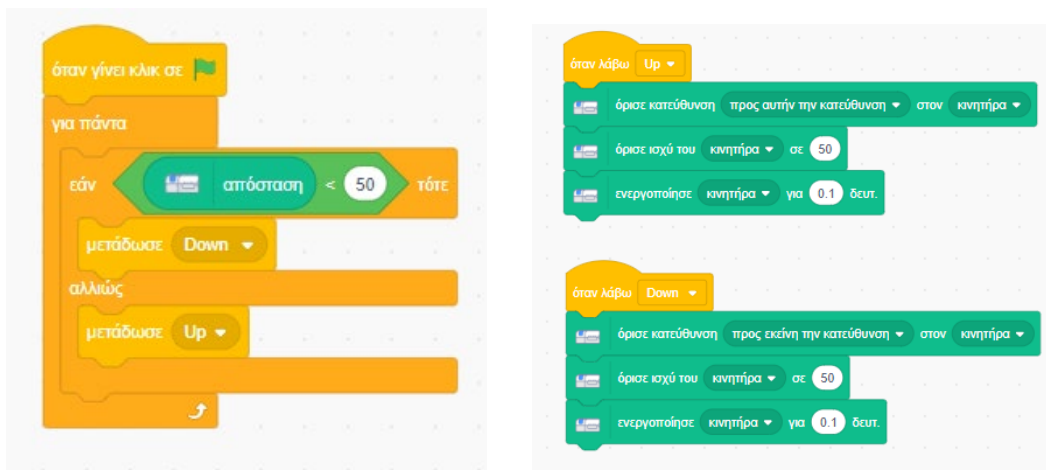
Εικόνα 4.7: Κώδικας σε Scratch 2 που όταν αντιλαμβάνεται παρουσία στο χώρο ανάβει τα φώτα και όταν ο χώρος είναι κενός τα σβήνει

Αυτόματο σκίαστρο ανάλογα με τη θέση του ήλιου

Ένα αυτόματο σκίαστρο κατασκευάστηκε το οποίο κατεβαίνει όταν ανιχνεύει τον ήλιο και ανεβαίνει όταν ο ήλιος φεύγει. Χρησιμοποιήθηκε ένα αισθητήρας απόστασης που αντιλαμβάνεται την παρουσία αντικειμένου (ήλιος) και ανάλογα ενεργοποιεί τον κινητήρα σε αντίστοιχη κατεύθυνση (ανέβασμα ή κατέβασμα σκίαστρου)



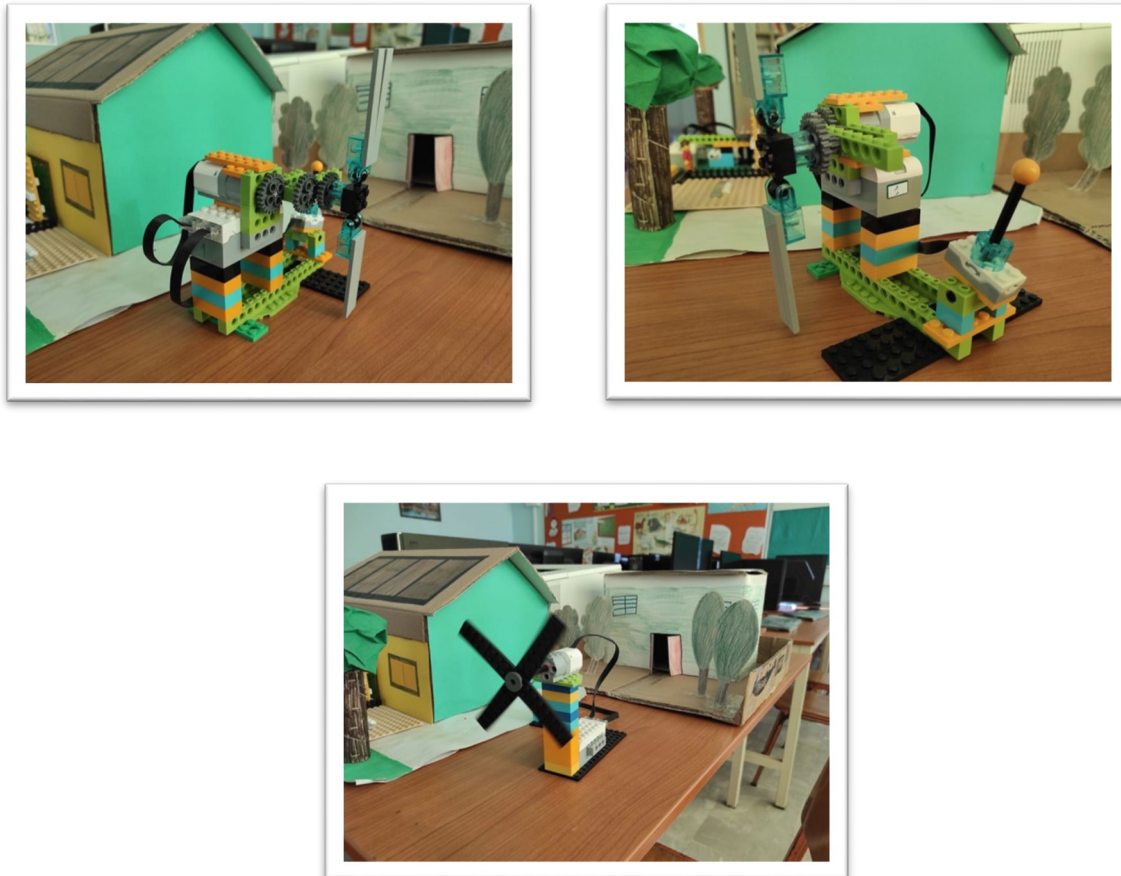
Εικόνα 4.8: Αυτόματο σκίαστρο ανάλογα με τη θέση του ήλιου



Εικόνα 4.9: Κώδικας σε Scratch 3 που ανεβάζει το σκίαστρο και το κατεβάζει ανάλογα με τη θέση του ήλιου

Κατασκευή ανεμογεννήτριας

Κατασκευάστηκαν διάφορες ανεμογεννήτριες από τους μαθητές κάνοντας προσομοίωση τους ανέμους με τη χρήση του αισθητήρα κλίσης. Έτσι η ανεμογεννήτρια περιστρέφεται ανάλογα με τον άνεμο που πνέει.



Εικόνα 4.10: Κατασκευές ανεμογεννήτριας

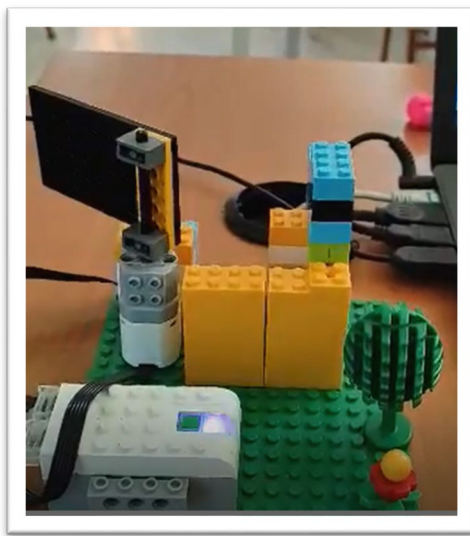


Εικόνα 4.11:Περιστροφή της ανεμογεννήτριας ανάλογα με την κλίση του αισθητήρα κλίσης

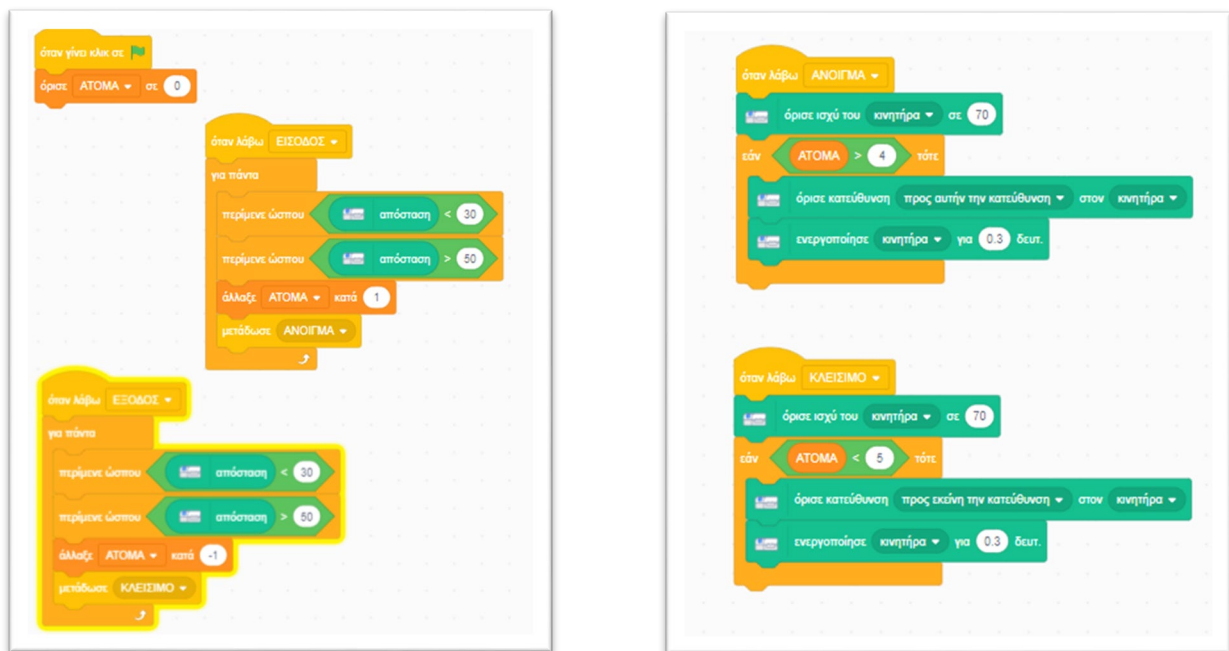
Αυτόματο άνοιγμα παραθύρων για φυσικό αερισμό του χώρου

Δημιουργήθηκε ένας αυτοματισμός που ανοίγει παράθυρο όταν μπουν πολλά άτομα σε έναν χώρο. Γίνεται καταμέτρηση των ατόμων και όταν ξεπερνάει έναν αριθμό τότε ανοίγει αυτόματα το παράθυρο για τον αερισμό του χώρου. Το παράθυρο κλείνει όταν ο αριθμός των ατόμων λιγοστεύει.

Η εκκίνηση του αυτοματισμού γίνεται μη έχοντας κανένα άτομο μέσα στο κτίριο. Ο αυτοματισμός διαθέτει έναν αισθητήρα απόστασης και κινητήρα. Δίνεται στο σύστημα ΕΙΣΟΔΟΣ ή ΕΞΟΔΟΣ. Αν γίνεται είσοδος και ο αισθητήρας ανιχνεύσει κίνηση αυξάνει μια μεταβλητή άτομα κατά ένα δίνοντας παρουσία στο χώρο. Αν γίνεται έξοδος και ο αισθητήρας ανιχνεύσει κίνηση μειώνει τη μεταβλητή άτομα κατά ένα. Όταν ξεπεράσει ένα όριο ατόμων δίνεται εντολή να ενεργοποιηθεί ο κινητήρας έτσι ώστε να ανοίξει το παράθυρο. Όταν το όριο των ατόμων που βρίσκονται μέσα κατέβει τότε δίνεται εντολή να κλείσει το παράθυρο.



Εικόνα 4.12: Αυτόματο άνοιγμα παραθύρων για φυσικό αερισμό του χώρου



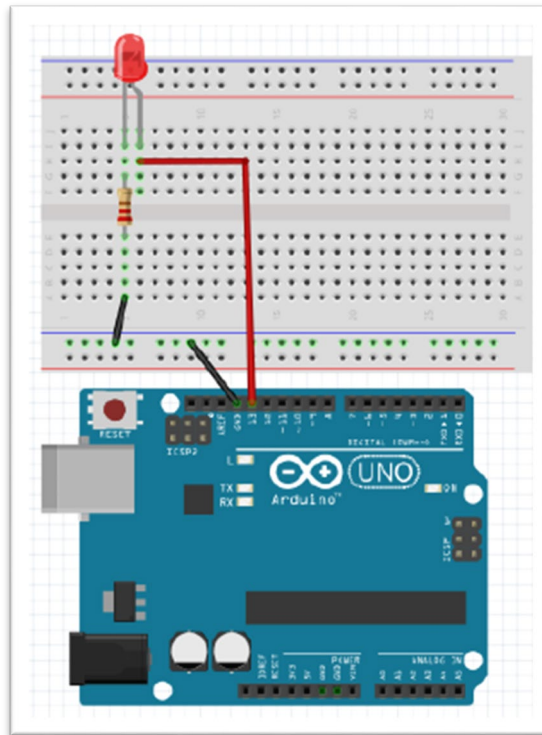
Εικόνα 4.13: Κώδικας σε Scratch 3 όπου ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που βρίσκεται σε έναν χώρο ανοίγει- κλείνει το παράθυρο

Διαπίστωσαν ότι με τη χρήση του πακέτου εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO WeDo δεν είχαν την δυνατότητα να μετρήσουν θερμοκρασία και φωτεινότητα κάτι που τους απασχόλησε αρκετά. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα κρίθηκε απαραίτητη η επέμβαση μας και εισήχθησαν νέες γνώσεις και δεξιότητες που αφορούσαν ηλεκτρικά κυκλώματα με Arduino.

4.1.6 Υλοποίηση κυκλωμάτων με Arduino

Σε αυτό το στάδιο κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν κυκλώματα Arduino.

Αρχικά κατασκευάστηκε ένα απλό κύκλωμα που ανάβει και σβήνει ένα LED για να εξηγηθούν τα βασικά εξαρτήματα ενός ηλεκτρικού κυκλώματος Arduino και προγραμματίστηκε μαζί με τους μαθητές με Ardublock.

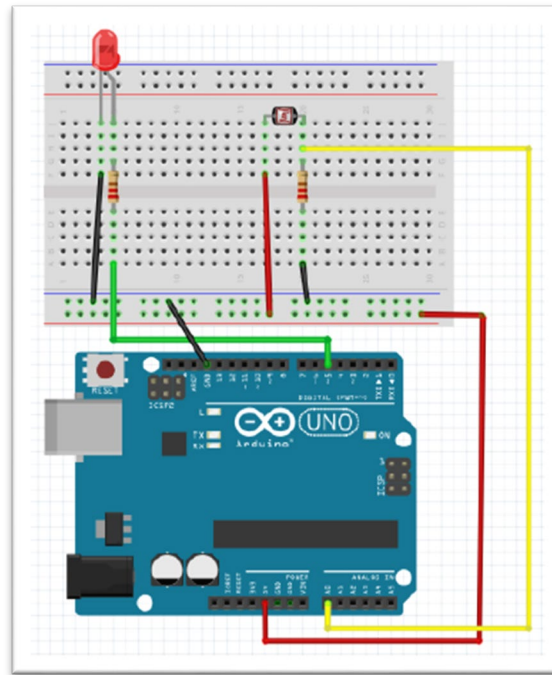


Εικόνα 4.14: Κύκλωμα που ανάβει και σβήνει ένα LED

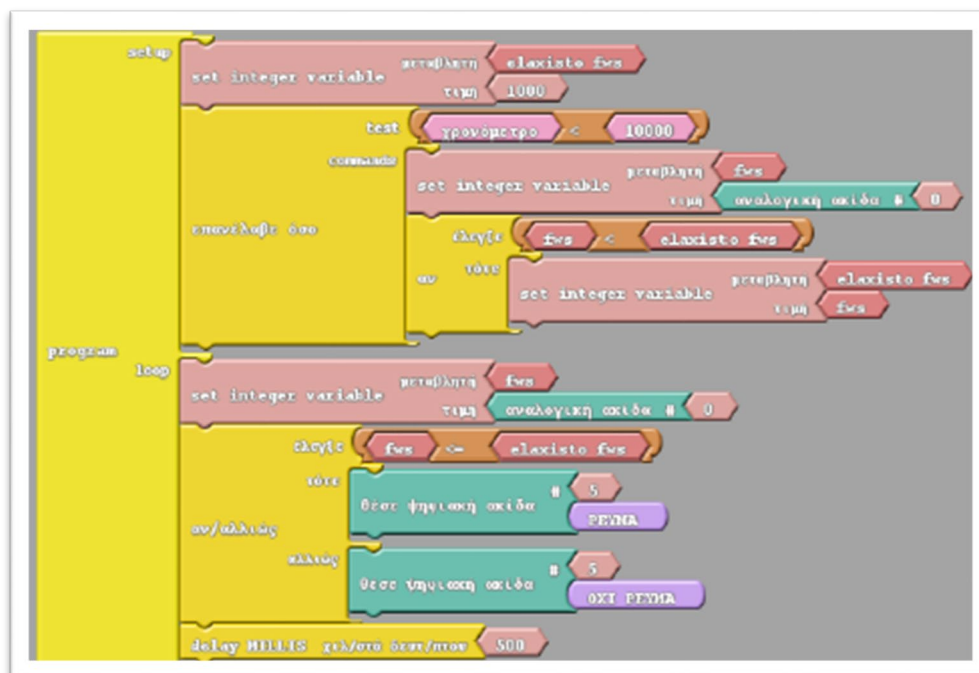


Εικόνα 4.15: Κώδικας σε Ardublock που προγραμματίζει το παραπάνω κύκλωμα

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε ένα κύκλωμα να μετρά τη φωτεινότητα του χώρου και ανάλογα με την τιμή του αισθητήρα να τροφοδοτεί ρεύμα το λαμπάκι. Εξηγήθηκαν τα εξαρτήματα που χρειάστηκαν για το κύκλωμα. Με αυτό το κύκλωμα υλοποιήθηκε ο αυτόματος φωτισμός των χώρων ανάλογα με τη φωτεινότητα.



Εικόνα 4.16: Κύκλωμα που μετρά τη φωτεινότητα του χώρου και ανάλογα με την τιμή του αισθητήρα τροφοδοτεί ρεύμα το λαμπάκι



Εικόνα 4.17: Κώδικας σε Ardublock που προγραμματίζει το παραπάνω κύκλωμα

4.1.7 Δραστηριότητες με βάση την τεχνητή νοημοσύνη

Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές καλούνται να κάνουν μια σειρά από δραστηριότητες, με τη βοήθεια του φύλλου εργασίας 6 (Παράρτημα Ι) που έχουν σαν στόχο να έρθουν σε επαφή με την τεχνητή νοημοσύνη, τις εφαρμογές της και να αντιληφθούν ότι τα «έξυπνα» κτήρια διαθέτουν τεχνητή νοημοσύνη. Ένα «έξυπνο» κτίριο είναι ικανό να ικανοποιήσει όσο το δυνατόν περισσότερες ανάγκες των χρηστών

εξοικονομώντας ενέργεια, βελτιώνοντας το περιβάλλον και τις συνθήκες διαβίωσης. Ένα βασικό γνώρισμα ενός τέτοιου κτιρίου είναι η ελεγχόμενη κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

4.1.8 Χρήση μοντέλου προσομοίωσης από τους μαθητές

Σε αυτό το σημείο κάναμε χρήση του μοντέλου προσομοίωσης του βιοκλιματικού σχολείου που υλοποιήθηκε με Arduino. Οι μαθητές περιεργάστηκαν την κατασκευή και είδαν κυκλώματα Arduino που είχαν γνωρίσει σε προηγούμενη δραστηριότητα. Ρωτήθηκαν πως τους φαίνονται τα κυκλώματα και οι περισσότεροι απάντησαν «αρκετά πολύπλοκα».

Ακολούθησε ένα πείραμα που αφορούσε τη χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε συνδυασμό με τη μπαταρία. Εξηγήθηκε στους μαθητές ότι αν η στάθμη φόρτισης της μπαταρίας πέσει κάτω από ένα ποσοστό, στην περίπτωση μας αυτό είναι κάτω από 11,58V (Πίνακας 4.3), τότε το σύστημα τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο. Ξεκινήσαμε τη λειτουργία των συστημάτων του μοντέλου με φόρτιση στην μπαταρία 11.75 V. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της κατασκευής, η στάθμη της μπαταρίας έπεσε κάτω από 11,58 V και στο σημείο αυτό ξεκίνησε η τροφοδοσία ρεύματος στην κατασκευή από το δίκτυο. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε την κατασκευή στον ήλιο με νότιο προσανατολισμό και μετά από κάποιες ώρες η μπαταρία είχε φορτίσει κατά 80% δηλαδή 12,42 V. Μετά από αυτό συζητήθηκε με τους μαθητές ο τρόπος που ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε χημική ενέργεια (αποθήκευσή ενέργειας στη μπαταρία) και στη συνέχεια η χημική σε ηλεκτρική.

Κατά τη διάρκεια χρήσης του μοντέλου προσομοίωσης τα παιδιά είδαν αυτοματισμούς παρόμοιους με αυτούς που κατασκεύαζαν τα ίδια με τα πακέτα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO WeDo αλλά πιο σύνθετους, αυτόματο άνοιγμα θυρών και παραθύρων, καταμέτρηση ατόμων στον κάθε χώρο. Είδαν την λειτουργία του κινούμενου φωτοβολταϊκού συστήματος και εντόπισαν τους αισθητήρες που υπήρχαν εκεί για να καθορίζουν την κίνησή του. Κατάλαβαν ότι το σύστημα αυτό λειτουργεί και σαν σκίαστρο, αφού όταν έχει ήλιο πρέπει να είναι ανεπτυγμένο για να αξιοποιείται όλη η επιφάνεια των φωτοβολταϊκών και ταυτόχρονα να παρέχει σκιά στο κτίριο προφυλάσσοντας το από υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας στον εσωτερικούς χώρους. Γνώρισαν τις φωτοαντιστάσεις του συστήματος αυτόματου φωτισμού και δοκίμασαν με αυξομείωση της φωτεινότητας στον χώρο (κάνοντας χρήση φακού) την ενεργοποίηση των λαμπτήρων. Το συμπέρασμα που κατέληξαν ήταν ότι η χρήση ενός βιοκλιματικού σχολείου κάνει εξοικονόμηση ενέργειας και μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες του με ρεύμα που μπορεί να παράξει το ίδιο κάνοντας χρήση ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

4.2 Σχεδιασμός και Υλοποίηση

Μοντέλου Προσομοίωσης με τη χρήση Arduino

Η προσομοίωση είναι η διαδικασία χρήσης ενός μοντέλου για τη μελέτη της συμπεριφοράς και της απόδοσης ενός πραγματικού ή θεωρητικού συστήματος. Σε μια προσομοίωση, τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη υφιστάμενων ή προτεινόμενων χαρακτηριστικών ενός συστήματος. Ο σκοπός μιας προσομοίωσης είναι να μελετήσει τα χαρακτηριστικά ενός πραγματικού ή φανταστικού συστήματος χειραγωγώντας μεταβλητές που δεν μπορούν να ελεγχθούν σε ένα πραγματικό σύστημα. Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν την αξιολόγηση ενός μοντέλου για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος ή για την πραγματοποίηση προβλέψεων για ένα πραγματικό σύστημα. Οι προσομοιώσεις είναι χρήσιμες για τη μελέτη ιδιοτήτων ενός μοντέλου, ενός πραγματικού συστήματος που διαφορετικά θα ήταν πολύ περίπλοκο, πολύ μεγάλο / μικρό, πολύ γρήγορο / αργό, δεν είναι προσβάσιμο, πολύ επικίνδυνο ή απαράδεκτο να εμπλακεί στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ενώ ένα μοντέλο στοχεύει να είναι πιστό στο σύστημα που αντιπροσωπεύει, μια προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα μοντέλο για να εξερευνήσει καταστάσεις που δεν θα ήταν δυνατό στο αρχικό σύστημα.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται να σχεδιαστεί το μοντέλο προσομοίωσης ενός έξυπνου βιοκλιματικού σχολείου με διάφορους αυτοματισμούς, μηχανισμούς και συστήματα που είναι δυνατόν να διδάξουν σε παιδιά βασικές αρχές μηχανικής, λογικής προγραμματισμού κ.α. Το βιοκλιματικό αυτό κτίριο καλείται να ενσωματώνει λειτουργίες αυτόματου-έξυπνου φωτισμού, θέρμανσης, μηχανισμών ανοίγματος-κλεισίματος παραθύρων και θυρών, καταμέτρηση ατόμων, εξαερισμό, σκίαση και αυτονομία μέσω συστήματος φωτοβολταϊκών-μπαταριών και ελεγκτή φόρτισης.

4.2.1 Σχεδιασμός λειτουργιών του μοντέλου προσομοίωσης με CAD λογισμικό

Σημείο έναρξης αποτελεί η διαστασιολόγηση και η διαμόρφωση της υλικής πλευράς του κτιρίου. Γι' αυτό το λόγο προτείνονται αρχικά σχεδιαστικές λύσεις για τους βασικούς μηχανισμούς που αποτελούν και το μεγαλύτερο μέρος των διαφόρων στερεών που θα τοποθετηθούν εντός του μοντέλου..

CAD: (Solidworks)

Προκειμένου η σχεδιαστική διαδικασία να γίνει αποδοτικά, είναι ενδεικνυόμενη η χρήση πακέτων CAD (Computer Aided Design). Συγκεκριμένα γίνεται χρήση του λογισμικού Solidworks. Τα CAD λογισμικά αποτελούν πυλώνες της οικονομίας και της βιομηχανίας καθώς αποτελούν το δεύτερο στάδιο μετά τη σύλληψη της ιδέας και τον θεωρητικό σχεδιασμό ενός προϊόντος. Χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος πεδίων, όπως στη βιομηχανία (μηχανολογία, ηλεκτρολογία), στη υφαντουργία για την εξαγωγή πατρών και σε πολλά άλλα.

Μεγάλο προτέρημα των CAD είναι η δυνατότητα παραμετρικού σχεδιασμού. Ως παραμετρικός, νοείται ο σχεδιασμός στον οποίο εισάγονται παράμετροι, και συσχετισμοί μεταξύ των διαφόρων διαστάσεων ενός κομματιού (part). Μετά την παραμετροποίηση, η αλλαγή διαστάσεων που εμπλέκουν αυτές τις παραμέτρους ή εμπλέκονται οι ίδιες σε εξισώσεις με άλλες διαστάσεις, επιφέρει ταυτόχρονη αλλαγή όλων των σχετικών διαστάσεων. Ένα απλό παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει ο σχεδιασμός μιας κάτοψης σπιτιού όπου είναι επιθυμητό ο λόγος του μήκος με το πλάτος να μένει σταθερός. Αυτό γίνεται με την εισαγωγή μίας εξίσωσης (equation στο Solidworks) ή οποία θα σχετίζει τις δύο πλευρές με τον επιθυμητό τρόπο. Εάν ο επιθυμητός λόγος είναι (Πλάτος / μήκος) = 3 αρκεί να δημιουργηθούν οι δύο διαστάσεις (Π.χ. dim1, dim2) στο CAD και να εισαχθεί η εξίσωση $\text{dim1} = 3 * \text{dim2}$. Έτσι κάθε φορά που τροποποιείται μία από τις δύο διαστάσεις η άλλη προσαρμόζεται αυτόματα για να ικανοποιεί την εξίσωση.

Η διαδικασία σχεδιασμού στο solidworks ακολουθεί την αρχή όπου πρώτα σχεδιάζονται δισδιάστατα sketches στα επιθυμητά επίπεδα και μετά δημιουργούνται στερεά με βάση το sketch και συνήθως τη λειτουργία extrude boss-base του Solidworks. Αφού κατασκευαστούν τα διάφορα κομμάτια μπορούν να συνδυαστούν σε μορφή συναρμολόγησης μέσω της λειτουργίας του Assembly. Στο Assembly τα κομμάτια τοποθετούνται σε σχετικές θέσεις μέσω ορισμού περιορισμών μεταξύ τους (Ομοκεντρότητα, εφαπτόμενα επίπεδα, παράλληλα επίπεδα, ταυτόσημες ακμές, και άλλα).

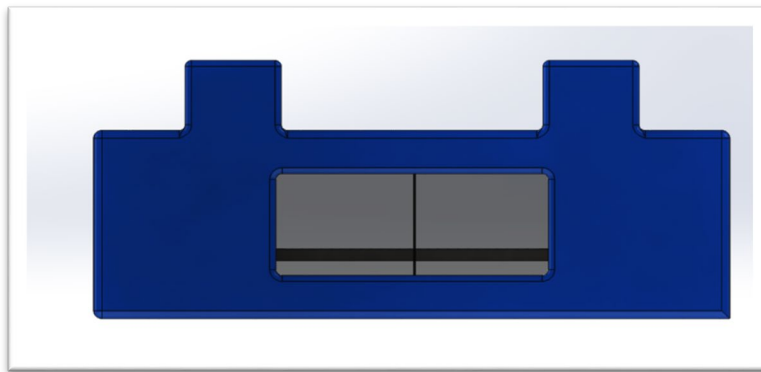
Στην παρούσα εργασία ο παραμετρικός σχεδιασμός εξυπηρετεί γιατί μπορούν να δημιουργηθούν τα σχέδια για τα διάφορα κομμάτια και έπειτα να τροποποιηθούν ως προς το μέγεθος και κάποιες διαστάσεις κλειδιά, χωρίς να απαιτείται ο επανασχεδιασμός τους.

Για τους μηχανισμούς κίνησης θα επιλεχθούν διάφορων ειδών συστήματα μετάδοσης για να εγείρουν ακόμη περισσότερο την εκπαιδευτική διαδικασία.

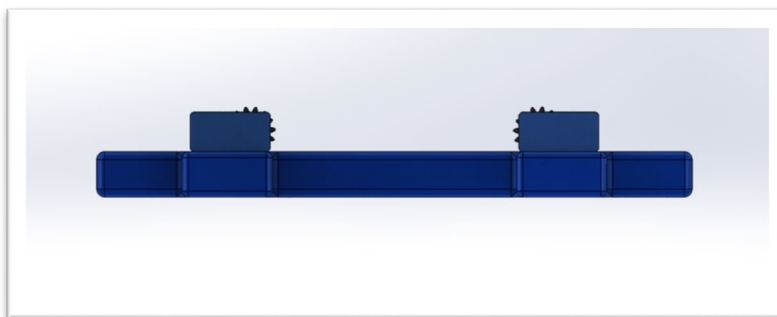
4.2.1.1 Λειτουργία μπροστινής πόρτας

Για την μπροστινή πόρτα θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα μετάδοσης, γραναζιού και γραναζωτής ράγας (rack-pinion). Η πόρτα θα φέρει δύο φύλλα στα οποία θα τοποθετηθούν οι γραναζωτές ράγες και που με την σειρά τους θα τοποθετηθούν σε ειδική θήκη για τον περιορισμό της κίνησης στο επιθυμητό γραμμικό μονοπάτι. Οι κινητήρες θα σταθεροποιηθούν στο σώμα της θήκης και θα συνδεθούν μέσω άξονα, με τα γρανάζια που θα μεταδίδουν την κίνηση. Είναι σημαντικό η γραναζωτή ράγα και το γρανάζι να έχουν το ίδιο module (μέγεθος δοντιών-χοντρικά) $m = 2.0$, δόντια = 20 ούτως ώστε να μπορούν να συνεργάζονται. Το Solidworks διαθέτει ειδικά toolboxes στα οποία διευκολύνεται η διαδικασία κατασκευής των βασικών στοιχείων μηχανών.

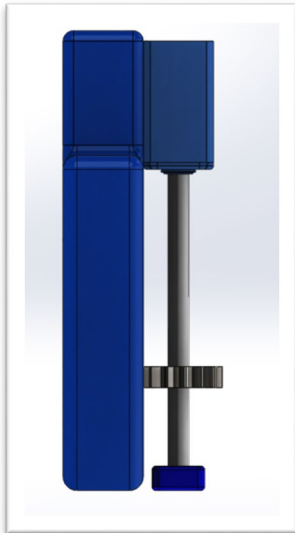
Η παραπάνω σχεδιαστική λύση υλοποιείται σε 3D όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες με τις 3 όψεις, συν της ισομετρικής



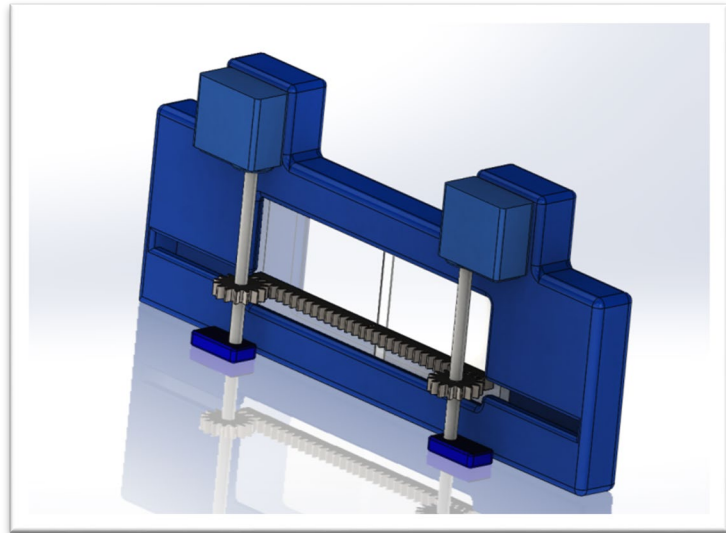
Εικόνα 4.18:Μπροστινή όψη πόρτας εισόδου



Εικόνα 4.19: Πάνω όψη πόρτας εισόδου



Εικόνα 4.20: Πλάγια όψη πόρτας εισόδου



Εικόνα 4.21: 3D Ισομετρική προβολή μπροστινής πόρτας

Για το παραπάνω σύστημα επιλέγονται Continuous Servos (Σέρβο διαρκούς περιστροφής) που σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συμβατά με Arduino Servo διαθέτουν την δυνατότητα συνεχόμενης κίνησης και στις δύο φορές χωρίς να περιορίζονται σε συγκεκριμένο εύρος γωνιών (πχ 0-180 μοίρες). Αυτό είναι απαιτούμενο εδώ, καθώς απαιτείται διαρκής κίνηση ούτως ώστε η πόρτα να ολοκληρώσει την κίνηση από την ανοιχτή στην κλειστή θέση. Επιλέγονται συγκεκριμένα τα μοτέρ της εταιρίας Feetech FS5106R με τις παρακάτω προδιαγραφές:

SPECIFICATIONS

- Servo Standar ② : 25T (Futaba/Feetech)
- Gear Type: Plastic
- Rotation: 360°
- Servo Operation: Analog
- Servo Size ② : Standard
- Speed (6V): 0.16sec/60°
- Torque (6V): 6kg.cm

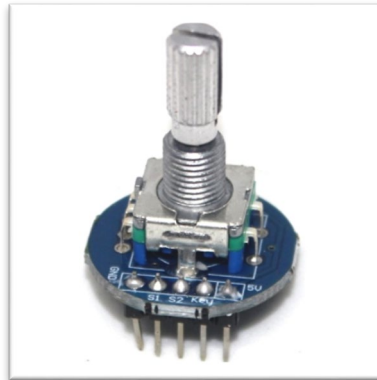
SPECIFICATIONS

- Operating Speed:
 - 0.18sec/60degree (4.8V)
 - 0.16sec/60degree (6V)
- Stall Torque:
 - 5kg.cm/69.56oz.in(4.8V)
 - 6kg.cm/83.47oz.in(6V)
- Operating Voltage: 4.8V~6V
- Control System: Analog
- Direction: CCW
- Operating Angle: 360degree
- Required Pulse: 500us-2500us
- Bearing Type: 2BB
- Gear Type: Plastic
- Motor Type: Metal



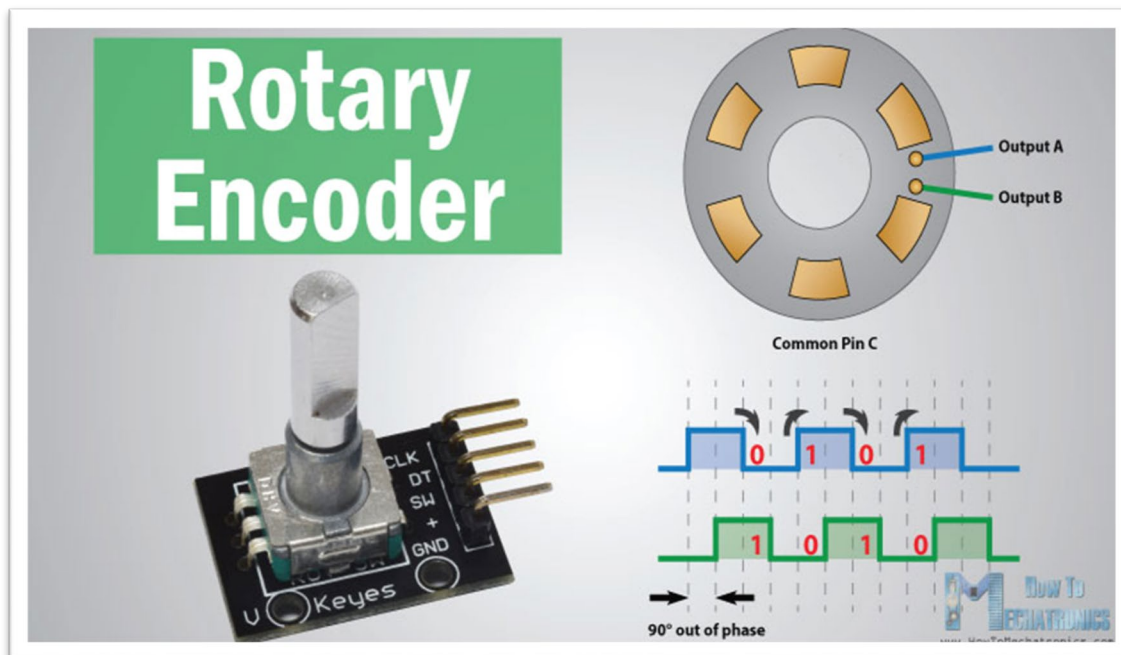
Εικόνα 4.22: Προδιαγραφές Continuous Servos Feetech FS5106R

Σε αντίθεση με τα σέρβο περιορισμένου εύρους τα Continuous Rotation Servos όπως το παραπάνω δεν διαθέτουν Feedback control ή αυτόματο έλεγχο μέσω ενσωματωμένου ποτενσιόμετρου ώστε να έχουν γνώση της γωνίας τους. Για να ανταποκριθεί το σύστημα στην παραπάνω έλλειψη είναι απαραίτητη η μέτρηση της θέσης ή της γωνίας των θυρών με κάποιον εξωτερικό αισθητήρα. Μία οικονομική και ικανοποιητική για την εφαρμογή λύση είναι οι απλοί Rotary Encoders του Arduino.



Εικόνα 4.23: Arduino Rotary Encoder

Οι συγκεκριμένοι Encoders έχουν γωνιακή διακρισιμότητα 18 μοιρών και η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής:



Εικόνα 4.24: Βασική αρχή λειτουργίας Arduino Rotary Encoder

Ο αισθητήρας διαθέτει 5 ακροδέκτες, 2 για την τροφοδοσία (+ -) 2 ακροδέκτες σήματος που εμπλέκονται στον υπολογισμό της γωνίας και έναν ακροδέκτη pushbutton που ενεργοποιείται με την πίεση του μεταλλικού φορέα της εικόνας προς τα κάτω σαν κουμπί. Ο τελευταίος ακροδέκτης δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιηθεί. Οι άλλοι δύο ακροδέκτες S1, S2 είναι σταθεροποιημένοι στο σταθερό μέρος (βάση) του αισθητήρα. Ο περιστρεφόμενος άξονας φέρει περιμετρικά μικρές μεταλλικές επιφάνειες (συγκεκριμένα 20 στον αριθμό) οι οποίες καθώς κινούνται έρχονται σε επαφή διαδοχικά με τους S1, S2. Έτσι με κάθε επαφή ο κάθε ακροδέκτης παράγει μοναδιαίο ψηφιακό παλμό. Ανάλογα με την φορά περιστροφής οι δύο παλμοί θα έχουν διαφορά φάσης 90

μοιρών κάτι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της φοράς. Επίσης κάθε φορά που ένας ακροδέκτης ολοκληρώνει τον παλμό του έχουμε αύξησης της γωνίας με τιμή $\text{angle} = \text{angle} + 360/(\text{num_metal_plates}) = 360/20 = 18$ μοίρες προς στην αντίστοιχη φορά. Χρησιμοποιούνται δύο κωδικοποιητές, ο καθένας προσαρτημένος στον κάθε άξονα κίνησης ούτως ώστε να καταγράφει τις περιστροφές και των δύο κινητήρων.

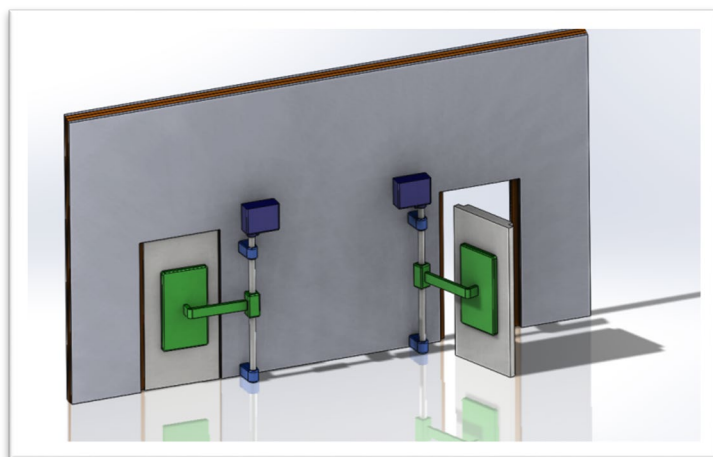
4.2.1.2 Λειτουργία πόρτας εσωτερικών δωματίων

Για τις δύο εσωτερικές πόρτες επιλέγεται ένα απλό σύστημα μοτέρ, άξονα/φορέα και μεντεσέδων (hinges). Για το συγκεκριμένο σύστημα η κίνηση θα δίνεται απ' ευθείας από τον κινητήρα χωρίς τη μεσολάβηση άλλου μεταδότη. Γι' αυτό το λόγο επειδή η περιστροφή της πόρτας δεν υπερβαίνει σε εύρος τις 180 μοίρες χρησιμοποιούνται τα απλά και πολύ οικονομικά microservo SG90 με τις παρακάτω προδιαγραφές:

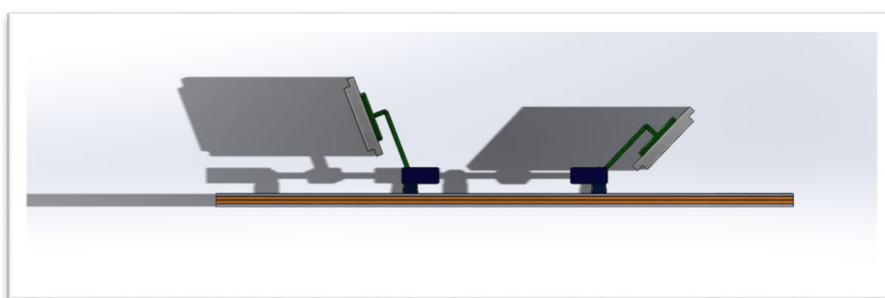


Εικόνα 4.25: Προδιαγραφές microservo SG90

Οι ροπές, σε γενικές γραμμές δεν αποτελούν μείζον ζήτημα λόγω της μικρής επιθυμητής κλίμακας της μακέτας. Η παραπάνω σχεδιαστική λύση υλοποιείται σε 3D ως εξής:



Εικόνα 4.26: Όψη πορτών εσωτερικών δωματίων

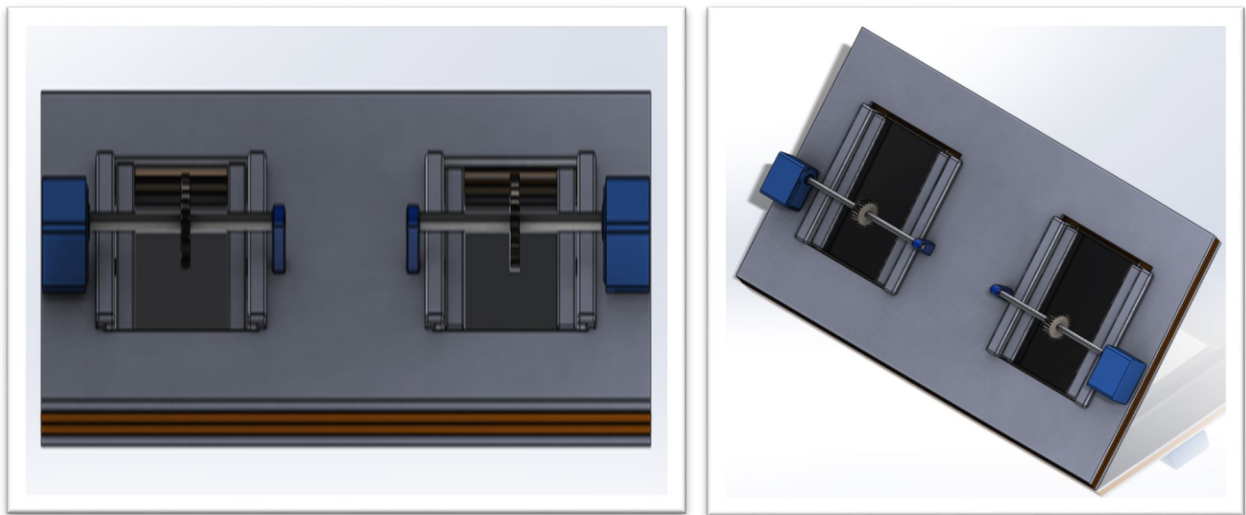


Εικόνα 4.27 : Πάνω όψη πορτών εσωτερικών δωματίων

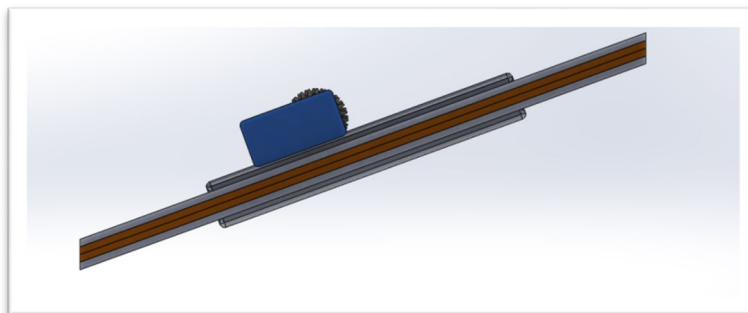
4.2.1.3 Λειτουργία παραθύρων

Για τον μηχανισμό των παραθύρων επιλέγεται σύστημα μετάδοσης δύο γραναζιών, άξονα, κινητήρα και hinges. Τα γρανάζια πάλι θα πρέπει να έχουν κοινό module (Μέγεθος δοντιών) $m = 1.0$, για να συνεργάζονται, ενώ επιλέγονται και με ίδιο αριθμό δοντιών = 16 και άρα με κοινή διάμετρο. Με αυτό τον τρόπο η γωνία κίνησης του κινητήρα μεταφράζεται σε γωνία των παραθύρων που είναι μικρότερη των 180 μοιρών άρα μπορούν πάλι να χρησιμοποιηθούν τα απλά SG90 microservos. Ταυτόχρονα σχεδιάζονται και κατάλληλες κάσες, δύο σταθερές προσαρτημένες στον τοίχο με μία εσοχή και δυο προσαρτημένες στο παράθυρο με ενσωματωμένο μικρό άξονα που υπεισέρχεται στην εσοχή των κασών του τοίχου. Οι κάσες έχουν επίσης κατάλληλη γεωμετρία ούτως ώστε να εφάπτονται στην κλειστή θέση και να ελαχιστοποιούν τα τυχόν διάκενα για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η υλοποίηση σε 3D έχει ως εξής:

Σημειώνεται πως όπως στις θύρες των δωματίων έτσι και εδώ δεν απαιτείται έλεγχος θέσης/γωνίας γιατί τα SG90 διαθέτουν ενσωματωμένο έλεγχο μέσω ποτενσιόμετρων.



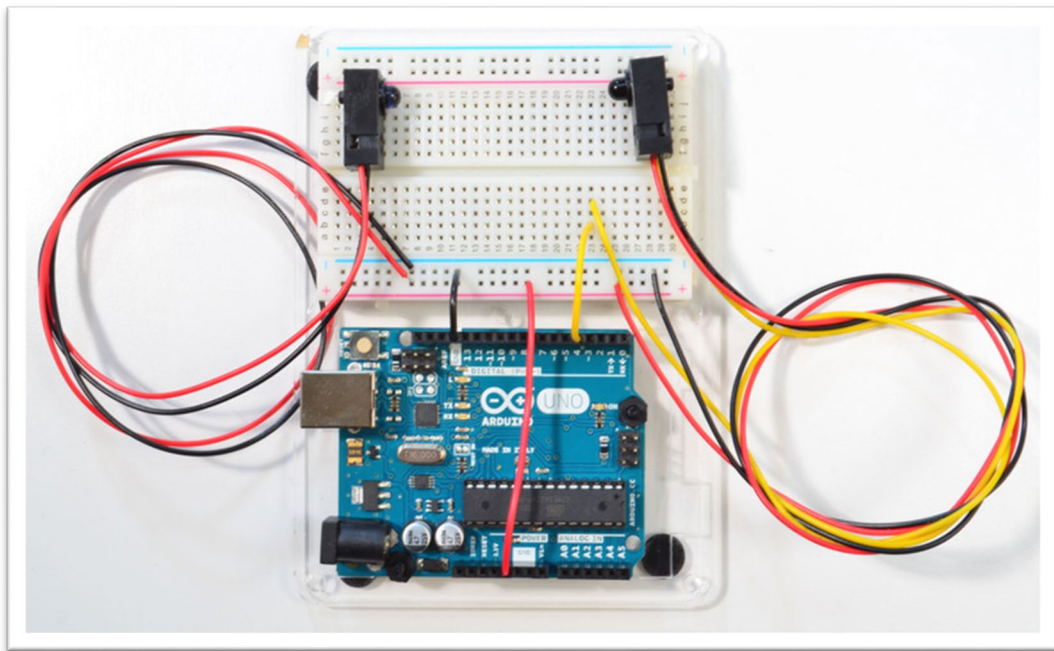
Εικόνα 4.28: Υλοποίηση σε 3D λειτουργίας παραθύρων



Εικόνα 4.29: Πλάγια όψη λειτουργίας παραθύρων

4.2.1.4 Λειτουργία σκίασης οροφής μέσω κινούμενων φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά επιλέγεται να τοποθετηθούν στην οροφή, ενώ με την εισαγωγή συστήματος κίνησης στο ένα εξ' αυτών, μπορούν να επιτελούν διπλό ρόλο. Να παρέχουν σκίαση σε μεγάλες τιμές φωτεινότητας, και σε μικρές τιμές φωτεινότητας το ένα κινητό φωτοβολταϊκό να κινείται κάτω από το άλλο για να αυξήσει τη φωτεινότητα που παρέχεται στους χώρους του κτηρίου. Είναι προφανές πως για να έχει νόημα αυτή η λύση η στέγη θα πρέπει να είναι διάφανη. Επιλέγεται λοιπόν plexiglass πάχους 5mm για την οροφή, και σύστημα γραναζιού, γραναζωτής ράγας, κινητήρα για την κίνηση του φωτοβολταϊκού. Πάλι απαιτείται συνεχόμενη περιστροφή των κινητήρων άρα επιλέγονται οι Feetech FS510 Continuous Servos. Αντί της μέτρησης της γωνίας με χρήση Rotary Encoders εδώ επιλέγονται τα πιο απλά **IR Break Beam Sensors** της **Adafruit** με ένα πομπό και ένα δέκτη υπερύθρων.



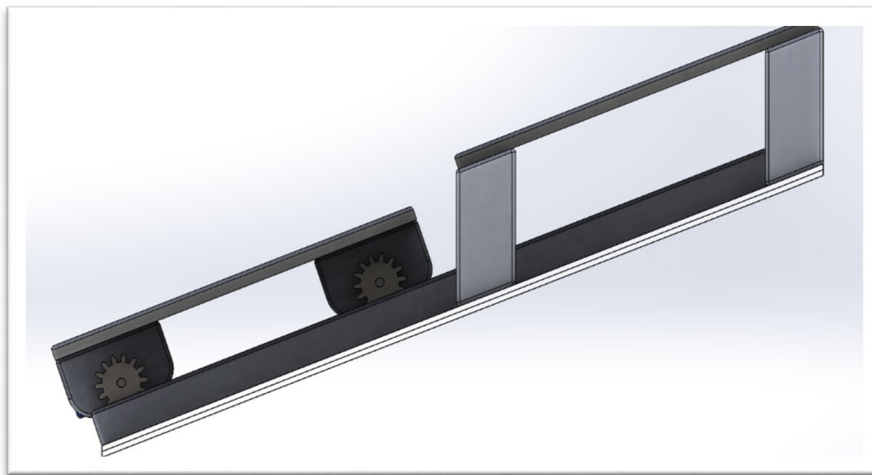
Εικόνα 4.30: Κύκλωμα με IR Break Beam Sensors με ένα πομπό και ένα δέκτη υπερύθρων

Και τα δύο μέρη έχουν δύο ακροδέκτες τροφοδοσίας, ενώ ο δέκτης έχει και ένα ακροδέκτη σήματος που επιστρέφει ψηφιακό 1 εάν λαμβάνει ακτίνα από τον πομπό ενώ επιστρέφει ψηφιακό 0 εάν κάτι μεσολαβεί στο σημείο της δέσμης. Με αυτόν τον τρόπο και με κατάλληλη τοποθέτηση των IR αισθητήρων στην πάνω και στην κάτω θέση κίνησης του φωτοβολταϊκού αντίστοιχα μπορούμε να επιτύχουμε έλεγχο των ακραίων θέσεων. Οι ενδιάμεσες καταστάσεις ούτως ή άλλως δεν είναι εδώ απαραίτητες.

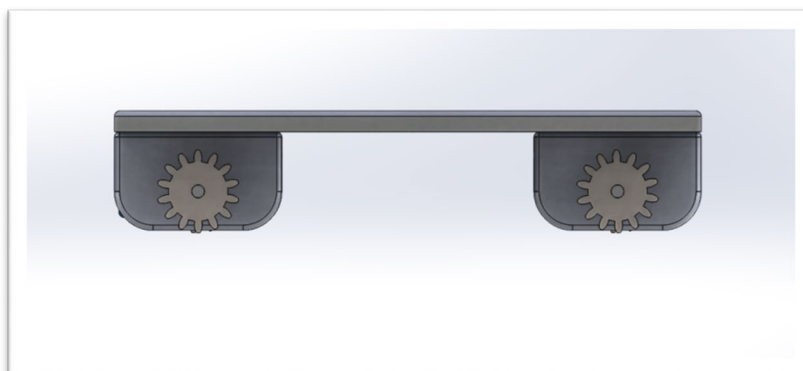
Η 3D υλοποίηση έχεις ως εξής:



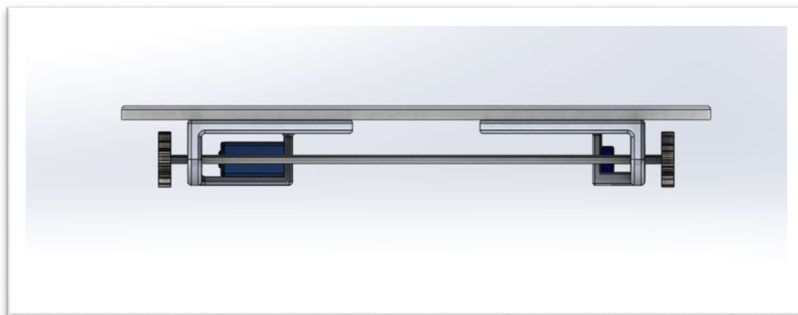
Εικόνα 4.31: Σύστημα κίνησης του φωτοβολταϊκού



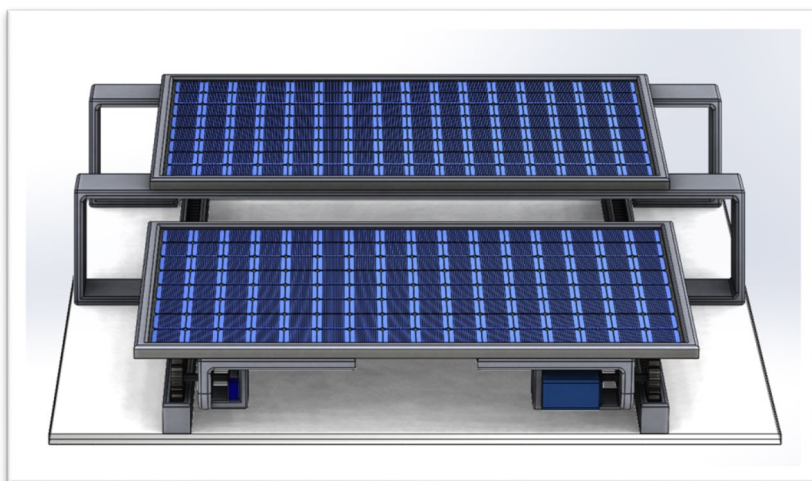
Εικόνα 4.32: Διαφορετική όψη συστήματος κίνησης φωτοβολταϊκού



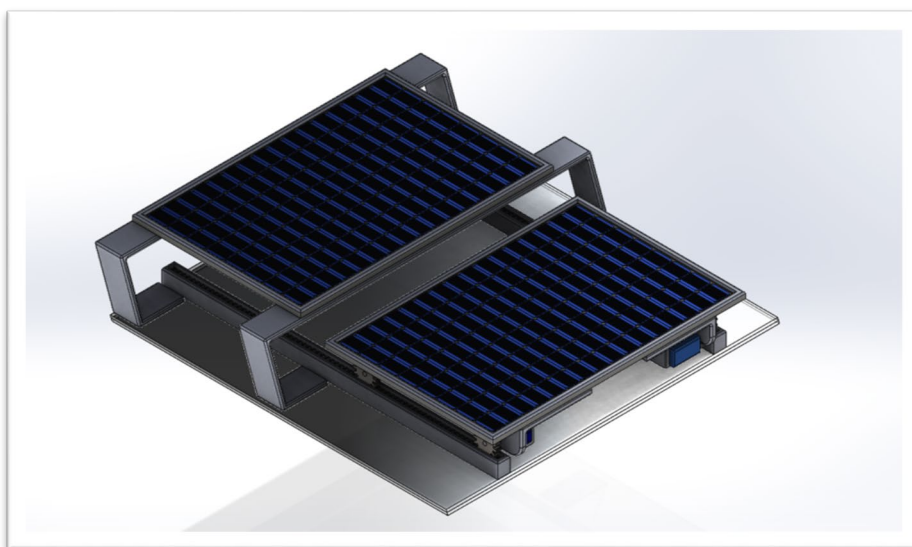
Εικόνα 4.33: Διαφορετική όψη συστήματος κίνησης φωτοβολταϊκού



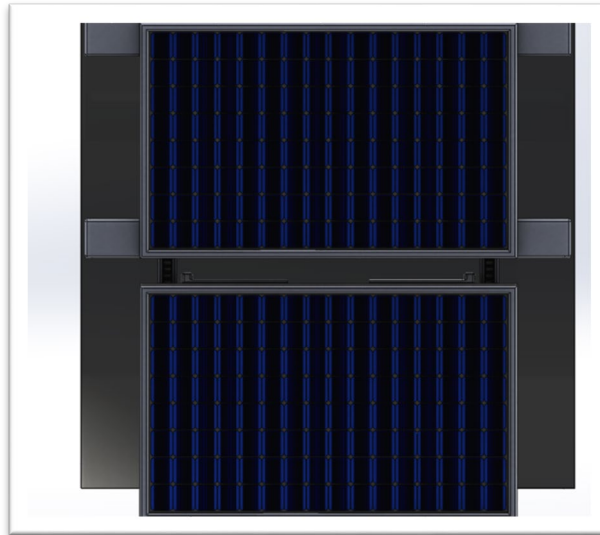
Εικόνα 4.34: Διαφορετική όψη συστήματος κίνησης φωτοβολταϊκού



Εικόνα 4.35: Ολοκληρωμένο το σύστημα κίνησης φωτοβολταϊκού



Εικόνα 4.36: Διαφορετική όψη του ολοκληρωμένου συστήματος φωτοβολταϊκού

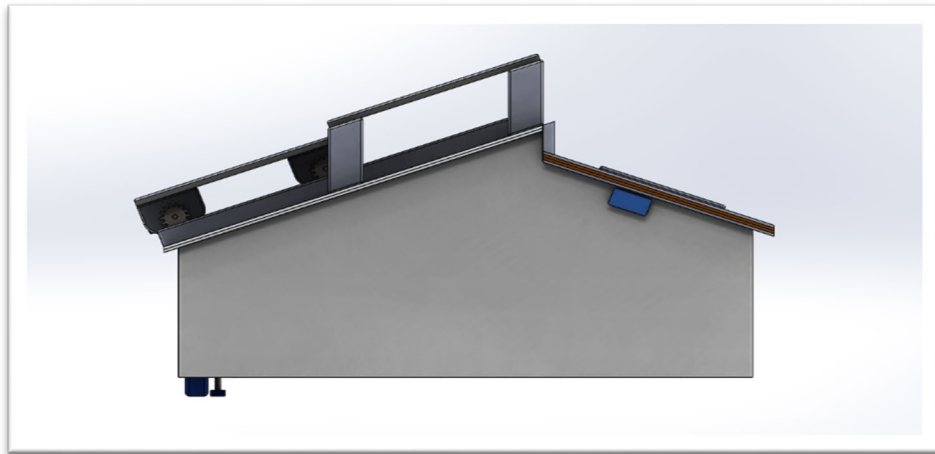


Εικόνα 4.37: Κάτοψη φωτοβολταϊκού συστήματος

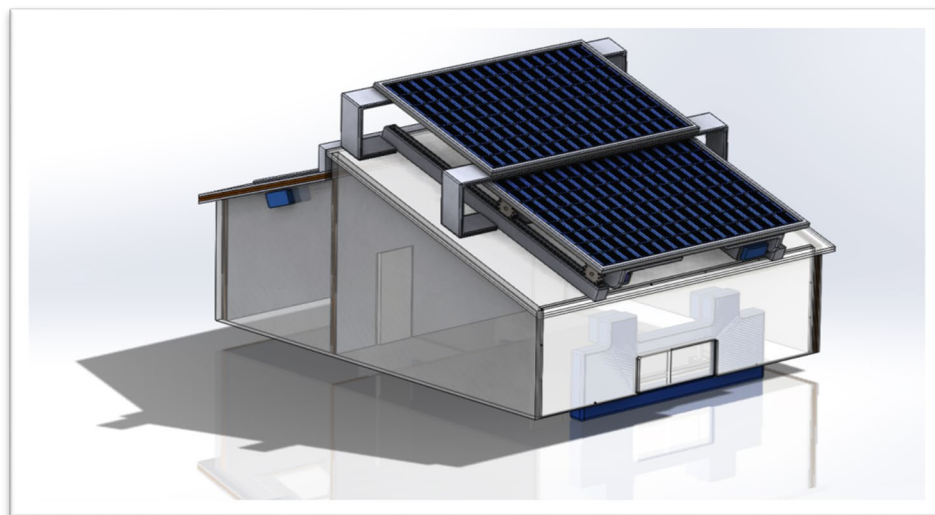
Σημειώνεται επίσης πως για την οροφή επιλέγεται γωνία 20 μοιρών, στις οποίες ο Feetech FS510 έχει την απαιτούμενη ροπή για να μεταφέρει το βάρος του φωτοβολταϊκού.

4.2.1.5 Ολοκληρωμένο κτίριο

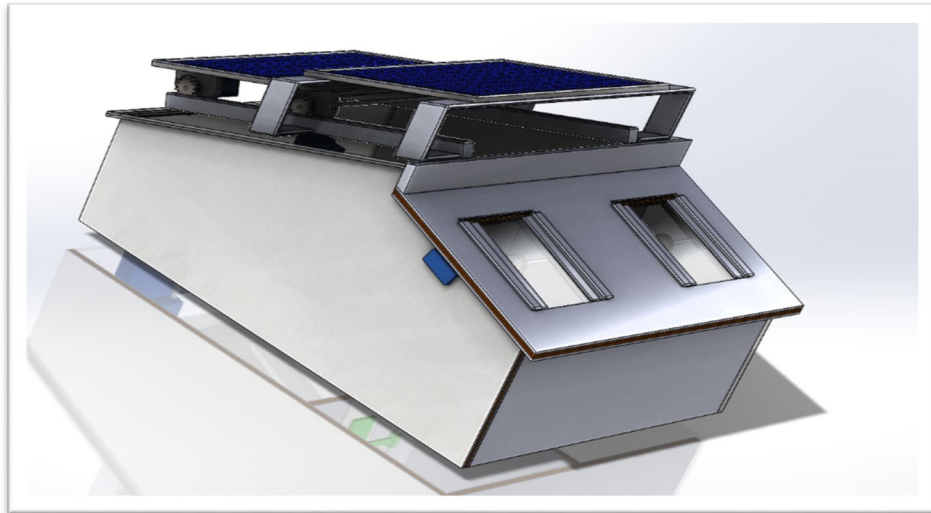
Με βάση τα παραπάνω **sub-assemblies** πραγματοποιείται η τελική συναρμολόγηση όλου του σχολείου:



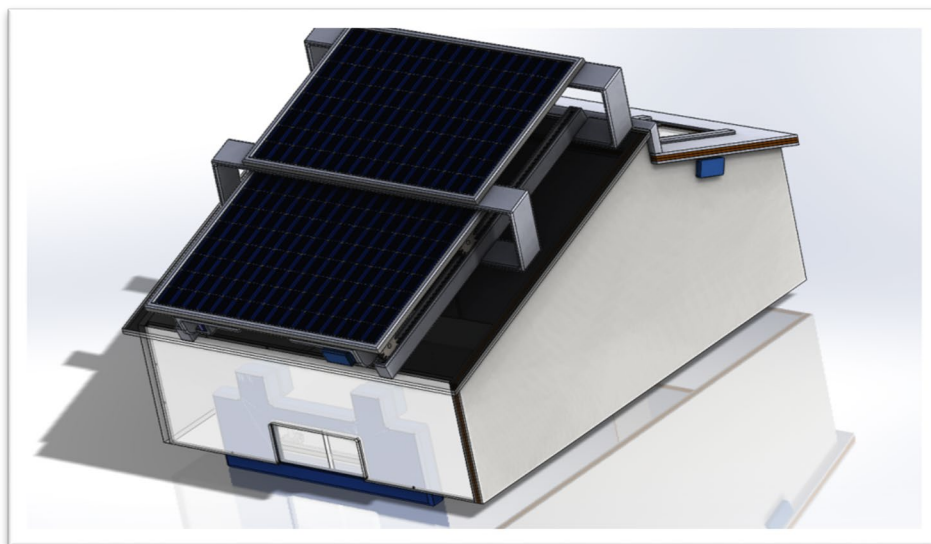
Εικόνα 4.38: Πίσω όψη του 3D μοντέλου κτηρίου



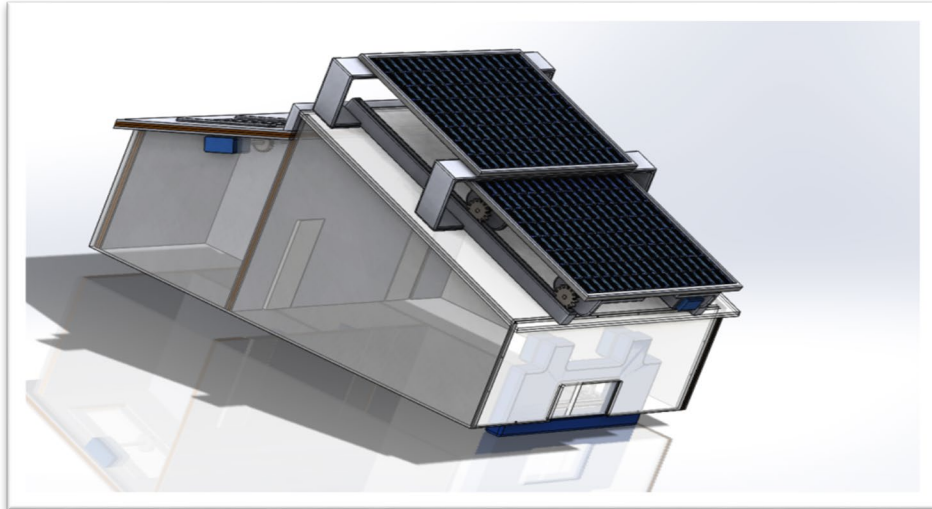
Εικόνα 4.39: Μπροστινή και πλάγια όψη του 3D μοντέλου κτηρίου



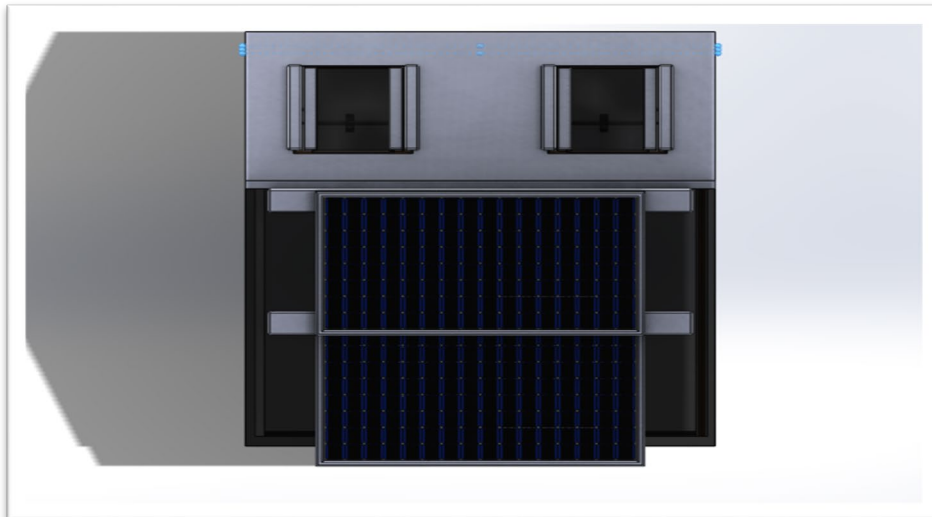
Εικόνα 4.40: Όψη του 3D μοντέλου κτηρίου



Εικόνα 4.41: Όψη του 3D μοντέλου κτηρίου



Εικόνα 4.42: Όψη του 3D μοντέλου κτηρίου



Εικόνα 4.43: Κάτοψη του 3D μοντέλου κτηρίου

4.2.1.6 Τελική διαστασιολόγηση

Με βάση τα παραπάνω και με την παραδοχή ότι η οροφή έχει μήκος και πλάτος ούτως ώστε να φιλοξενεί οριακά τα δύο φωτοβολταϊκά, είναι σαφές ότι καθοριστικός παράγοντας των τελικών μεγεθών είναι το μέγεθος του φωτοβολταϊκού.

Για τον καθορισμό των διαστάσεων αυτών θα πρέπει πρώτα να γίνει αναλυτική καταγραφή όλων των καταναλωτών ενέργειας του κτιρίου. Συνεχίζοντας λοιπόν με την επιλογή των λοιπών αισθητήρων, επιλέγονται:

- 3 αισθητήρες θερμοκρασίας-υγρασίας DHT11 συμβατοί με Arduino
- 6 αισθητήρες IR Break Beam για τον έλεγχο κίνησης στις διάφορες πόρτες
- 12 LED Super Bright 10mm, τέσσερα για τον κάθε χώρο
- 8 φωτοαντιστάσεις, συν μία για την μέτρηση της εξωτερικής φωτεινότητας,
- ένας DC fan 4x4mm για τον εξαερισμό των δωματίων (τοποθετείται στην οροφή)

- 5 ρελέ:
 - 3 για τον έλεγχο των κυκλωμάτων θέρμανσης σε κάθε δωμάτιο ούτως ώστε να ρυθμίζονται ξεχωριστά οι θερμοκρασίες τους
 - 1 για την αλλαγή της τροφοδοσίας από την μπαταρία στο δίκτυο ΔΕΗ όταν η χωρητικότητα της μπαταρίας πέφτει κάτω από τα επιτρεπτά όρια
 - 1 για τον έλεγχο του DC ανεμιστήρα
- 9 Κινητήρες:
 - 4 SG90 MicroServo
 - 5 Feetech FS5106R
- 1 Arduino Uno

Για την υλοποίηση των παραπάνω λειτουργιών εκτυπώθηκαν κομμάτια σε 3D εκτυπωτή .



Εικόνα 4.44:3D εκτυπωτής Ender Pro 3

4.2.2 Σχεδιασμός υποσυστημάτων μοντέλου προσομοίωσης

4.2.2.1 Σχεδιασμός συστήματος Φωτοβολταϊκού-Μπαταρίας-Battery Charger

Κατά τον σχεδιασμό του παραπάνω συστήματος θα πρέπει να απαντηθούν τα εξής βασικά ερωτήματα, προκειμένου να καταστεί δυνατή η επιλογή του απαιτούμενου εξοπλισμού:

1. Ποιά είναι η απαιτούμενη ισχύς του συστήματος μας ή ποια η καταναλισκόμενη ενέργεια σε ημερήσια βάση.
2. Ποια η μέση ετήσια ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας στην τοποθεσία που σχεδιάζεται να λειτουργήσει το βιοκλιματικό σχολείο.
3. Ποια η κατανομή της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας ως προς την ώρα (για κάθε μήνα του έτους) και ποια η μέση κατανομή της ανά μήνα του έτους.
4. Ποια η γωνία του φωτοβολταϊκού σε σχέση με τη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας.
5. Ποιος ο συντελεστής απόδοσης του φωτοβολταϊκού, δηλαδή τι ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας μπορεί να μετατρέψει σε ωφέλιμη ενέργεια για μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό υλικό κατασκευής.
6. Ποιες οι απώλειες που οφείλονται στις καλωδιώσεις και τον battery charger.
7. Ποιά είναι η εκτιμώμενη μέγιστη διάρκεια χωρίς ηλιοφάνεια που θα ορίσει και την απαιτούμενη χωρητικότητα της μπαταρίας,

1. Απαιτούμενη Ισχύς: Για την εκτίμηση της απαιτούμενης ισχύος θα υποθέσουμε αρχικά ότι κάνουμε ότι προβλέπεται για να μειώσουμε τις δαπάνες του Arduino Uno μέσω κάποιων γνωστών μεθόδων διαθέσιμων στο δίκτυο.

Microcontroller	Reference 9V	Reduce Clock Speed 9V	Reduce Clock Speed and Operation Voltage 3.3V	Enable Low Power Mode 3.3V	Enable Low Power Mode 9V
Arduino Nano	22.1 mA	18.5 mA (-16%)	3.4 mA (-85%)	3.4 mA (-84%)	4.8 mA (-78%)
Arduino Pro Mini 5V	14.6 mA	10.0 mA (-32%)	3.7 mA (-75%)	1.6 mA (-89%)	3.2 mA (-78%)
Arduino Pro Mini 3.3V	5.1 mA	3.8 mA (-25%)	3.7 mA (-27%)	1.6 mA (-69%)	3.2 mA (-38%)
Arduino Uno	98.4 mA	42.8 mA (-57%)	11.6 mA (-88%)	11.5 mA (-88%)	27.9 mA (-72%)
Arduino Mega	73.2 mA	61.8 mA (-16%)	16.7 mA (-77%)	11.9 mA (-84%)	26.9 mA (-63%)

Εικόνα.45: Αποτελέσματα μεθόδων μείωσης κατανάλωσης ενέργειας Arduino Uno [58]

Με βάση τον παραπάνω πίνακα το Arduino Uno μπορεί να μειώσει το καταναλισκόμενο ρεύμα στα 27.9 mA σε τάση 9V δημιουργώντας μείωση 72%. Θα υποθέσουμε μείωση 36% (50% της μείωσης) για ασφάλεια, που μας δίνει ρεύμα 36.5 mA και τελικά ισχύ $P = V * I = 9V * 36.5 mA = 328.5 mW$ ή $0.33 W$. Σημειώνεται επίσης πως το Arduino Uno προβλέπεται να λειτουργεί συνεχώς.

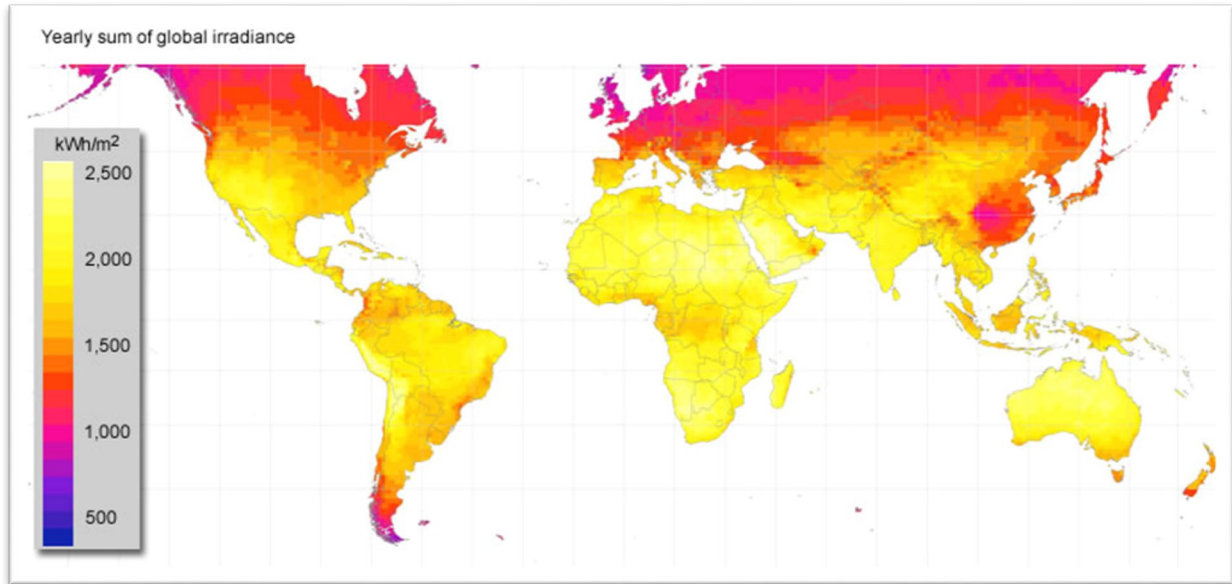
Κατόπιν υπολογίζεται χονδρικά ή καταναλισκόμενη ισχύς των επιμέρους καταναλωτών του συστήματος μας. Όλα τα υποσυστήματα που καταναλώνουν μη-αμελητέα ενέργεια, ο συνολικός αριθμός τους και οι ηλεκτρολογικές προδιαγραφές τους παρέχονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.1: Υπολογισμός καταναλισκόμενης ισχύς των επιμέρους καταναλωτών του συστήματός μας

Σύστημα	Εικόνα	Αριθμός	Τάση (V)	Ρεύμα(mA)	Ημερήσια χρήση	Ενέργεια (Wh)
10mm White LED OSPW0231A-TU		12	3.4	20	5 ώρες	4
IR Laser emitter receiver HD- DS25CM-3MM		6	3.3	20	10 ώρες	3.9
OEM Rotary Encoder		5	5	10	10 ώρες	2.5
Waveshare Αισθητήρας Θερμοκρασίας- Υγρασίας DHT11		3	5	0.5	24 ώρες	2.2
Relay Module - 1 Channel 5V Low Level Trigger (Screw Terminals)		5	3.5	63	10 ώρες	8.84
Φωτοαντίσταση LDR 5mm		8	5	15	24	10
Arduino Uno		1	9	36.5	24	3.3
SG90 MicroServo		4	5	10 (σε αδράνεια)	24 ώρες	5
Feetech FS5106R		5	5	6	24ώρες	3.6
Συνολική Ενέργεια				43.34 Wh / μέρα		

2. *Μέση Ετήσια Ισχύς στην τοποθεσία σχεδιασμού (Φαλάνη Λάρισας):* Για την εξαγωγή του συγκεκριμένου μεγέθους γίνεται χρήση χαρτών ηλιακής ακτινοβολίας όπου αποτυπώνεται η μέση ετήσια τιμή σε βάθος πολλών ετών. Ο Παγκόσμιος χάρτης που είναι διαθέσιμος στην σελίδα

<https://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>



Εικόνα 4.46: Παγκόσμιος χάρτης μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας

είναι καλός για μία αρχική εκτίμηση αλλά δεν παρέχει αρκετές λεπτομέρειες για την συγκεκριμένη περιοχή. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται τα διαθέσιμα δεδομένα στην σελίδα <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/greece>, όπου παρέχονται δεδομένα για την Ελλάδα συγκεκριμένα.

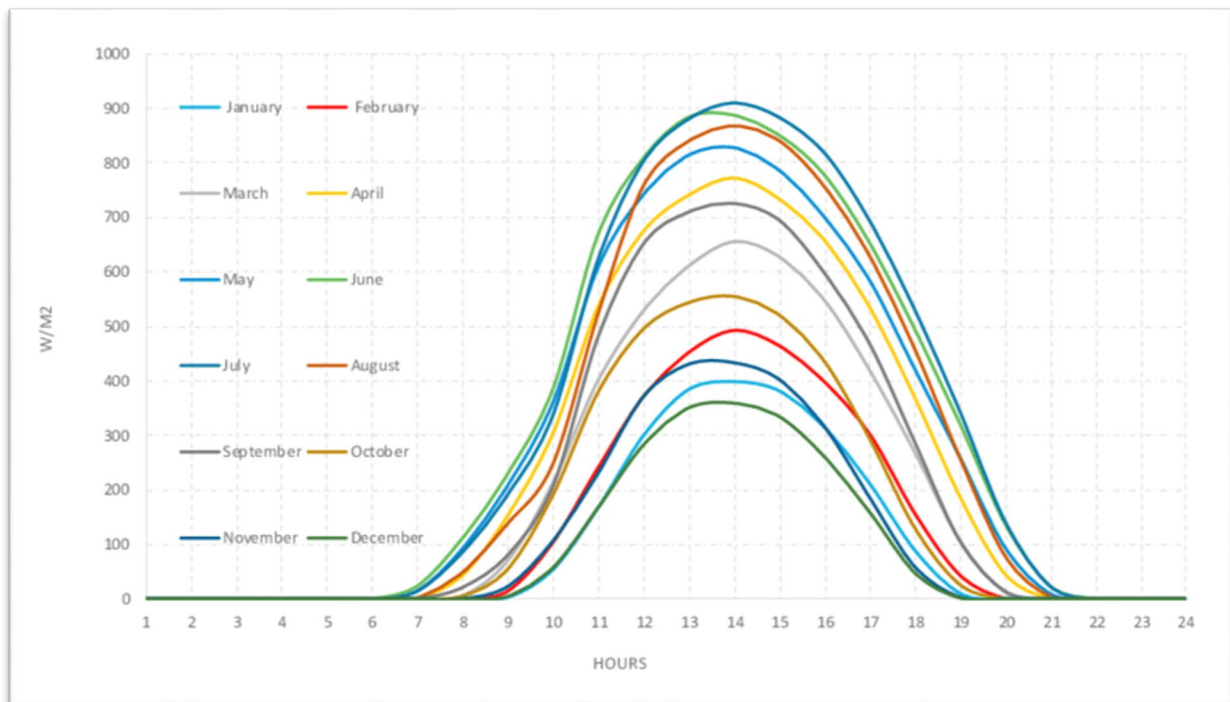


Εικόνα 4.47: Χάρτης Ελλάδας μέσης ισχύς ηλιακής ακτινοβολίας (Ετησίως ή ημερησίως)

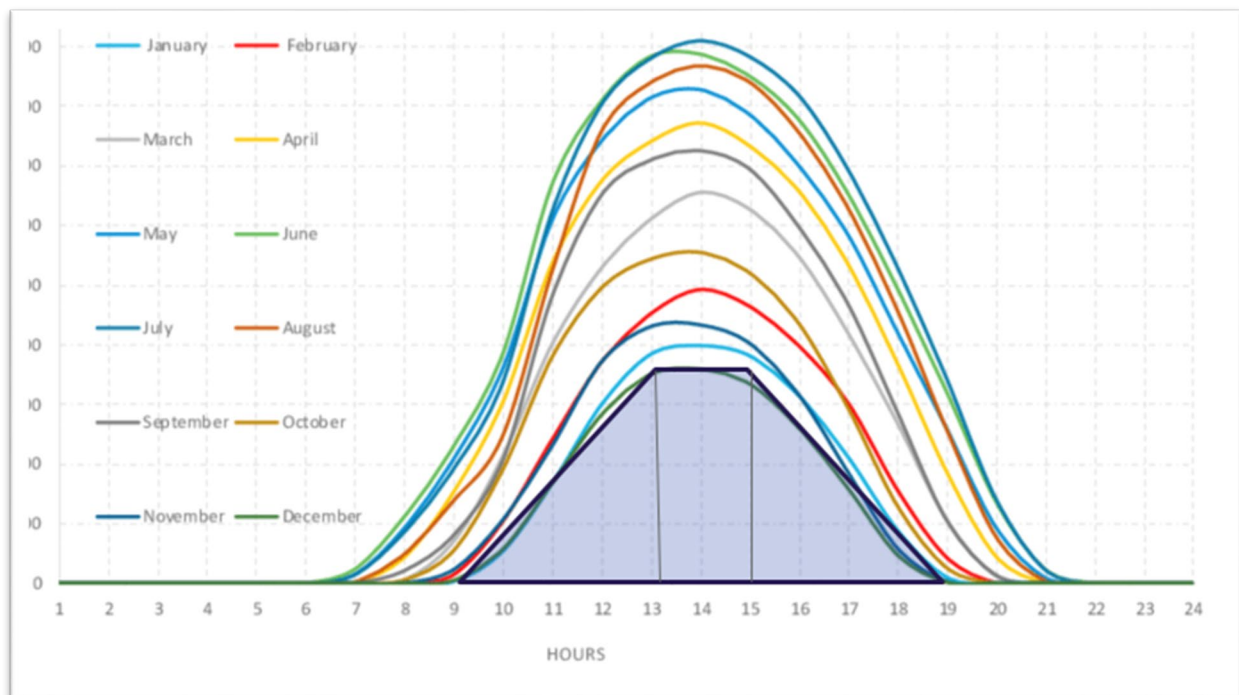
Απ' τον παραπάνω χάρτη εξάγεται η τιμή για την ζητούμενη περιοχή που είναι αυτή των **1650 kW/m²** ετησίως ή **4.6 kWh/m²** ημερησίως. Εάν και αυτά τα μεγέθη είναι χρήσιμα για μία συνολική εικόνα δεν αρκούν για τον κατάλληλο σχεδιασμό, καθώς η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται ανάλογα με τη μέρα και το μήνα του χρόνου όπως επίσης και με την ώρα της ημέρας. Ένας κατάλληλος σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη τις δυσμενέστερες πιθανές συνθήκες και για αυτόν το λόγο θα εξεταστούν αναλυτικά οι παραπάνω κατανομές.

3. Ποια η κατανομή της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας ως προς την ώρα (για κάθε μήνα του έτους) και ποια η μέση κατανομή της ανά μήνα του έτους:

Από τη δημοσίευση των (Theodoros Katopodis , Iason Markantonis , Nadia Politi, Diamando Vlachogiannis and Athanasios Sfetsos, 2020) αντλείται το καταλληλότερο διάγραμμα για τη χρήση μας, όπου δίνονται οι ημερήσιες κατανομές της ηλιακής ακτινοβολίας για όλους τους μήνες του χρόνου και για την Περιοχή της Αθήνας [59].



Εικόνα 4.48: Ημερήσιες κατανομές της ηλιακής ακτινοβολίας για όλους τους μήνες του χρόνου για την Περιοχή της Αθήνας



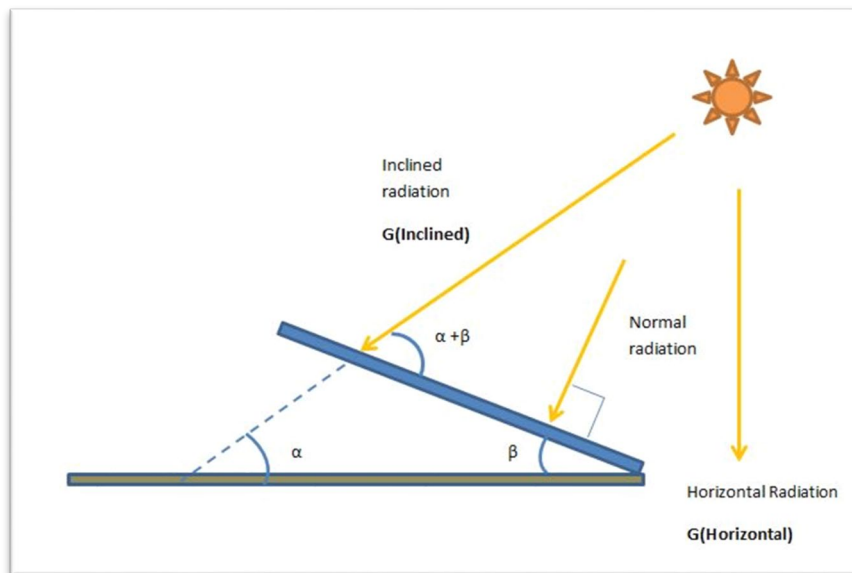
Εικόνα 4.49: Συνολική μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια για τον δυσμενέστερο μήνα στην περιοχή της Αθήνας

Υποθέτοντας παρόμοιες κατανομές με τη ζητούμενη περιοχή σχεδιασμού, η συνολική μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια για τον δυσμενέστερο μήνα θα ληφθεί ολοκληρώνοντας την καμπύλη ως προς τον χρόνο, ή απλουστεύοντας τη διαδικασία παίρνοντας το εμβαδόν του παρακάτω τραπεζίου που μας δίνει τιμή:

$$E = \frac{(\beta + B) * v}{2} = \frac{((15 - 13) + (19 - 9)) * 350}{2} = \frac{(2 + 10) * 350}{2} = 6 * 350$$

$$= 2100 \frac{Wh}{m^2} = 2.1 \frac{kWh}{m^2}$$

4. **Ποια η γωνία του φωτοβολταϊκού σε σχέση με τη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας:** Από τη βασική θεωρία μετάδοσης ενέργειας μέσω ακτινοβολίας προκύπτει ότι η ενέργεια που δέχεται μία επιφάνεια από μία πηγή εξαρτάται από τη γωνία του επιπέδου της επιφάνειας σε σχέση με το επίπεδο κάθετο στην ακτινοβολία.



Εικόνα 4.50: Ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια [60]

Για το Βιοκλιματικό σχολείο επιλέγεται γωνία οροφής ίση με 20 μοίρες. Υποθέτοντας ότι η περισσότερη ηλιακή ενέργεια εκπέμπεται από τον ήλιο στην κάθετη θέση καταλήγουμε σε έναν συντελεστή $c1 = \cos(20) = 0.93$ που μειώνει την προσπίπτουσα στο φωτοβολταϊκό ισχύ σε

$$E_{PV} = E_{SUN} * c = 0.93 * E_{SUN}$$

5. **Ποιος ο συντελεστής απόδοσης του φωτοβολταϊκού, δηλαδή τι ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας μπορεί να μετατρέψει σε ωφέλιμη ενέργεια για μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό υλικό κατασκευής:** Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έχουν έναν συντελεστή απόδοσης 13-16% και έχουν το μειονέκτημα να απαιτούν μεγαλύτερη επιφάνεια για την ίδια ωφέλιμη ισχύ. Αντίθετα τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έχουν συντελεστή απόδοσης 15-20% και απαιτούν μικρότερη επιφάνεια. Για αυτό τον λόγο επιλέγουμε μονοκρυσταλλικό πάνελ και υποθέτουμε συντελεστή απόδοσης 18%, $c2 = 0.18$.

6. **Ποιες οι απώλειες που οφείλονται στις καλωδιώσεις και τον battery charger:** Ο Battery charger είναι μία συσκευή με IC που είναι υπεύθυνη για τη διαδικασία φόρτισης και αποφόρτισης της μπαταρίας. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες χρειάζονται προστασία απέναντι στους κινδύνους της αποφόρτισης κάτω από ένα επίπεδο τάσης, της υπερφόρτωσης πάνω από ένα επίπεδο χωρητικότητας και από την άντληση μεγάλων ρευμάτων από αυτά. Στα Φωτοβολταϊκά πάνελ είναι συχνή ή χρήσης

PWM (Pulse Width Modulation) Battery Chargers που χρησιμοποιούν διαμόρφωση παλμού για να ελέγξουν τις παραπάνω διαδικασίες και να προστατέψουν τις μπαταρίες. Αντί να αφήνουν ελεύθερη όλη τη διαθέσιμη ισχύ να περάσει στις μπαταρίες, ανοιγοκλείνουν ένα διακόπτη περιοδικά, διαιρώντας την ισχύ που περνάει ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας. Ο τυπικός συντελεστής απόδοσης ενός PWM Battery Charger είναι $c3 = 0.85$. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και λοιπές απώλειες σε καλώδια και κυκλώματα υποθέτουμε συντελεστή $c3 = 0.75$

7. **Ποια είναι η εκτιμώμενη μέγιστη διάρκεια χωρίς ηλιοφάνεια που θα ορίσει και την απαιτούμενη χωρητικότητα της μπαταρίας:** Ακριβή δεδομένα για την μέγιστη διάρκεια απώλειας επαρκούς ηλιακής ακτινοβολίας δεν είναι διαθέσιμα. Αντ' αυτού γίνεται μία απλή παραδοχή για 5 μέρες χωρίς καθόλου ακτινοβολία. Έτσι, για να λειτουργήσει το σύστημα μας 5 μέρες χωρίς ενέργεια, απαιτούνται συνολικά

$$E_{tot} = 43.34 \frac{Wh}{\mu\epsilon\rho\alpha} * 5 \mu\epsilon\rho\epsilon\varsigma = 216.7 Wh \text{ ή σε μονάδες χωρητικότητας μπαταρίας } C_{tot} \\ = \frac{E_{tot}}{V} = \frac{216.7 Wh}{9V} = 24 Ah$$

Τελικά Μεγέθη:

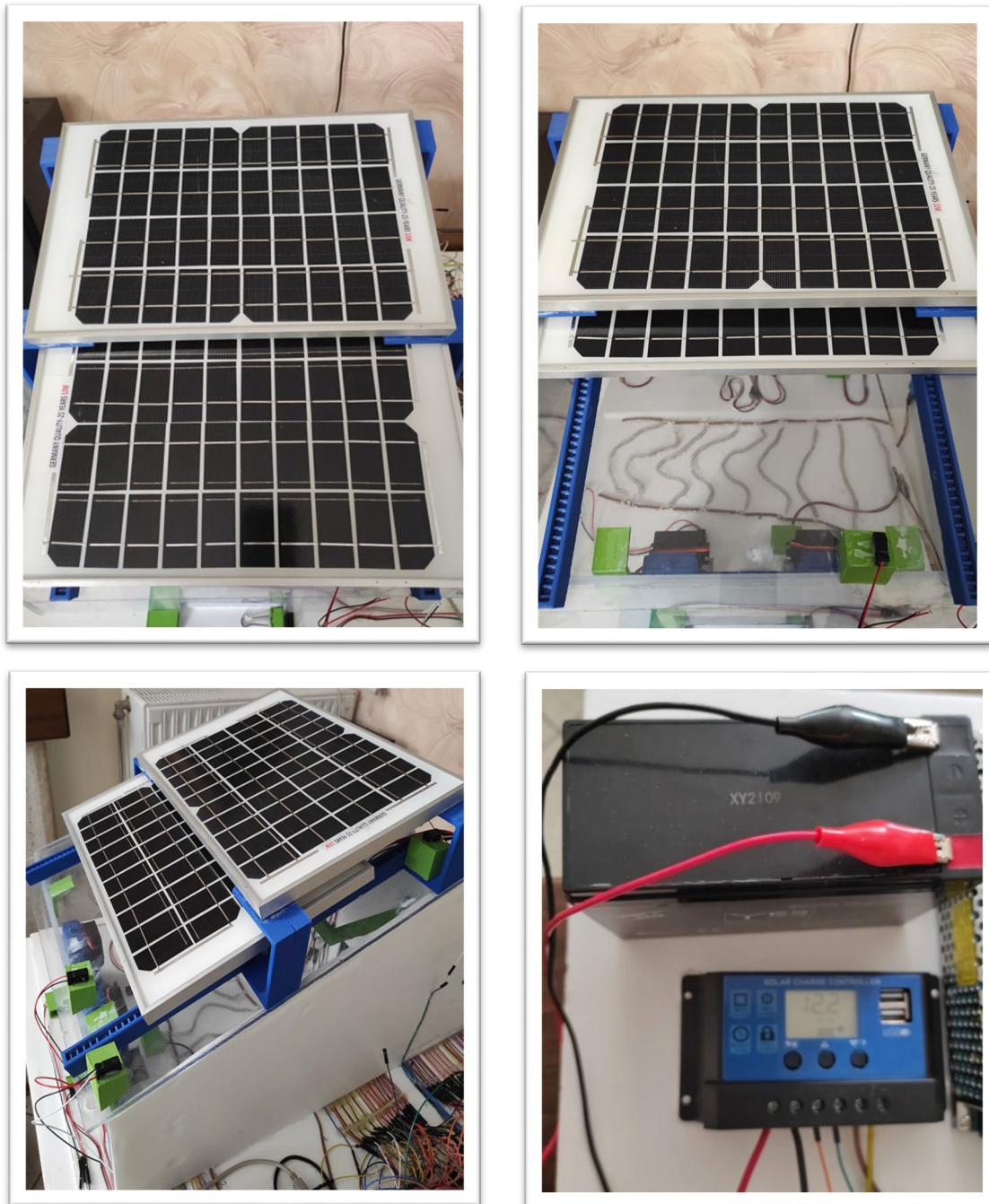
Η τελική ζητούμενη επιφάνεια φωτοβολταϊκού προκύπτει ως εξής:

$$E_{SUN} * A_{tot} * c1 * c2 * c3 = E_{tot} = 43.34 \frac{Wh}{\mu\epsilon\rho\alpha} \text{ άρα:}$$

$$A_{tot} = \frac{43.34 \frac{Wh}{\mu\epsilon\rho\alpha}}{c1 * c2 * c3 * E_{tot}} = \frac{43.34 \frac{Wh}{\mu\epsilon\rho\alpha}}{0.93 * 0.18 * 0.75 * 2100 \frac{Wh}{m^2} * \mu\epsilon\rho\alpha} = 0.1646 m^2$$

Το μονοκρυσταλλικό **PANEL 10WATT BAO-1010** έχει διαστάσεις 34,3 x 1 x 22,8 εκατοστά δίνοντας επιφάνεια $A_{tot} = 0,07752 m^2$. Στον προτεινόμενο σχεδιασμό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο πάνελ με το ένα να είναι πτυσσόμενο και με αυτόν τον τρόπο διπλασιάζεται η ενεργή επιφάνεια σε $A_{tot} = 0,15504 m^2$ καλύπτοντας την ζητούμενη επιφάνεια από την ανάλυση που κάναμε. Το συγκεκριμένο πάνελ παράγει ισχύ 10W σε 12V. Συνδέοντας δύο παράλληλα θα έχουμε διαθέσιμη ισχύ 20W στα 12V δίνοντας μας μέγιστο ρεύμα εξόδου $I_{max} = \frac{20W}{12V} = 1.7 A$. Η επιλογή του PWM Battery Charger γίνεται ούτως ώστε το ρεύμα της προδιαγραφής του να ξεπερνά σε ικανοποιητικό βαθμό το μέγιστο ρεύμα των φωτοβολταϊκών και γι' αυτό το λόγο επιλέγεται ο **10A PWM Battery Charge Controller της OEM**. Ο συγκεκριμένος Charger συνδέεται μόνο σε μπαταρίες μολύβδου οπότε χρειαζόμαστε μπαταρίες μολύβδου χωρητικότητας 24Ah (κατά το δυνατόν) και τάσης 12V. Δύο μπαταρίες **Μολύβδου 12V 9Ah - Ακροδέκτες F2 (6.35mm)** ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στις προδιαγραφές και δίνουν χωρητικότητα 18 Ah πολύ κοντά στη ζητούμενη τιμή των 24 Ah.

Έχοντας διαλέξει φωτοβολταϊκό επιλέγονται οι διαστάσεις της οροφής να είναι $\text{Πλάτος} = \text{Πλάτος_Φωτοβολταϊκού}$ και $\text{Μήκος} = 2 * \text{Μήκος_Φωτοβολταϊκού}$. Επειδή το σχέδιο που πραγματοποιήθηκε, αρκεί η αλλαγή των δύο αυτών διαστάσεων για την προσαρμογή όλου του υπόλοιπου σχεδίου μέσω των equations που ορίστηκαν.

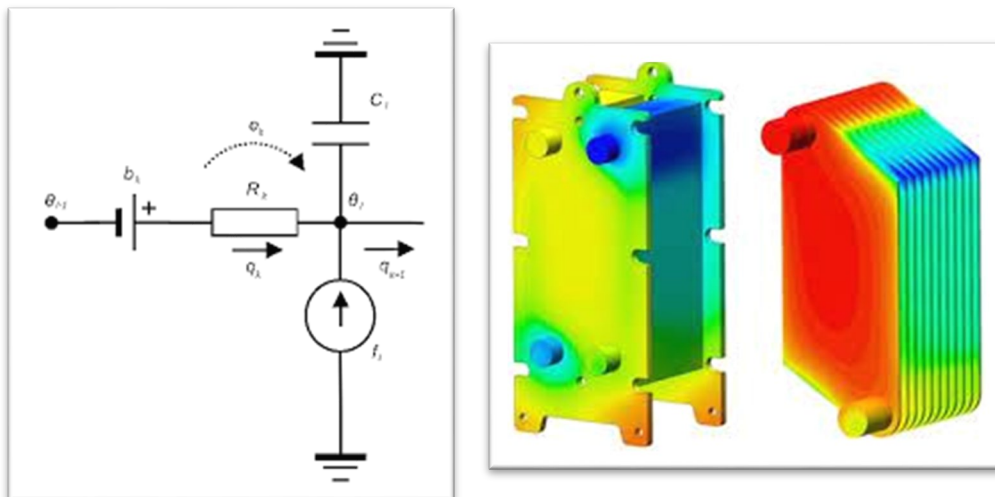


Εικόνα 4.51:Υλοποίηση συστήματος Φωτοβολταϊκού-Μπαταρίας-Battery Charger

4.2.2.2 Σχεδιασμός Συστήματος Θέρμανσης

Για την θέρμανση των χώρων η μόνη δυνατή λύση με δεδομένη την μικρή κλίμακα του μοντέλου είναι η χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων. Τυπικά ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία αποτελούν τα σύρματα **Nichrome** και **Kanthal** που κυριαρχούν στα περισσότερα προϊόντα, από πιστολάκια μαλλιών μέχρι και ηλεκτρονικά τσιγάρα. Για την παρούσα εργασία επιλέγεται σύρμα nichrome g28 με αντίσταση ανά μήκος: $R = 3.3 \text{ Ohm/ feet}$, πάχος αρκετά μικρό ώστε να είναι εύκαμπτα και να μπορούν να δημιουργήσουν πηνία, ενώ λόγω του μικρού πάχους μιλάμε για αρκετά μεγάλη αντίσταση ανά μονάδα μήκους σε σχέση με σύρματα μεγαλύτερου πάχους και άρα για καλύτερη οικονομία χώρου (τα πηνία θα χωράνε στο σχολείο με τις συγκεκριμένες διαστάσεις).

Για την εξαγωγή της απαιτούμενης ισχύος θέρμανσης για κάθε χώρο μπορούν χρησιμοποιούνται πακέτα Πεπερασμένων Στοιχείων FEA (Finite Element Analysis) που σπάνε τον χώρο σε πεπερασμένο αριθμό υπο-όγκων (συνήθως αυτόματα) και τους συνδέουν μεταξύ τους με μία θερμική αντίσταση και έναν θερμικό πυκνωτή σε σειρά ούτως ώστε να μοντελοποιήσουν τις βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας της φυσικής μεταξύ των υποόγκων.



Εικόνα 4.52: Κόμβος του γράφου πεπερασμένων στοιχείων [61]

Στο παραπάνω μοντέλο φαίνεται ένας κόμβος του γράφου πεπερασμένων στοιχείων που παίρνει μία τιμή θερμοκρασίας και συνδέεται με τους γειτονικούς μέσω θερμικών ταμιευτήρων (C_f -θερμικό ανάλογο του ηλεκτρικού πυκνωτή) και θερμικών αντιστάσεων (R_k - θερμικό ανάλογο της ηλεκτρικής αντίστασης) που μοντελοποιούν την θερμοχωρητικότητα και την θερμική αγωγιμότητα αντίστοιχα.

Τα λογισμικά αυτά αρχικά κατασκευάζουν τον γράφο με τους κόμβους για τη γεωμετρία που δίνει ο χρήστης και κατόπιν, βάσει αρχικών συνθηκών υπολογίζουν τις θερμοκρασίες στους κόμβους σε βάθος χρόνου. Για την εργασία επιλέγεται το Open Source πακέτο EnergyPlus στο οποίο εισάγονται η γεωμετρία, τα υλικά και οι ιδιότητες τους, οι εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας ανέμου και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς για να κρατήσει την θερμοκρασία στην επιθυμητή τιμή στη φάση θερμικής ισορροπίας (steady state). Τα στοιχεία που εισάγονται στο πρόγραμμα για τις ιδιότητες των υλικών είναι τα ακόλουθα:

Για το λευκό μακετόχαρτο:

Material	
CARDBOARD1	- Name
MediumSmooth	- Roughness
0.006	- Thickness {m}
0.025	- Conductivity {W/m-K}
60.000	- Density {kg/m3}
2440.00	- Specific Heat {J/kg-K}
0.900000	- Thermal Absorptance
0.600000	- Solar Absorptance
0.600000	- Visible Absorptance

Για το plexiglass

Material	
PLEXIGLASS	- Name
Rough	- Roughness
0.00318	- Thickness {m}
0.040	- Conductivity {W/m-K}
12.000	- Density {kg/m3}
840.00	- Specific Heat {J/kg-K}
0.900000	- Thermal Absorptance
0.600000	- Solar Absorptance
0.600000	- Visible Absorptance

Αποτελέσματα:

Για τα δύο μικρά δωμάτια και για επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία 21 Κελσίου το πρόγραμμα υπολογίζει **25W** απαιτούμενη ισχύ θέρμανσης, ενώ για τον μεγάλο χώρο εισόδου 40 W. Για την υπερκάλυψη των αναγκών επιλέγονται εν τέλει 45 W για κάθε χώρο.

Καλούμαστε τώρα να ορίσουμε την διάταξη των αντιστάσεων σύρματος nichrome και την τάση τροφοδοσίας.

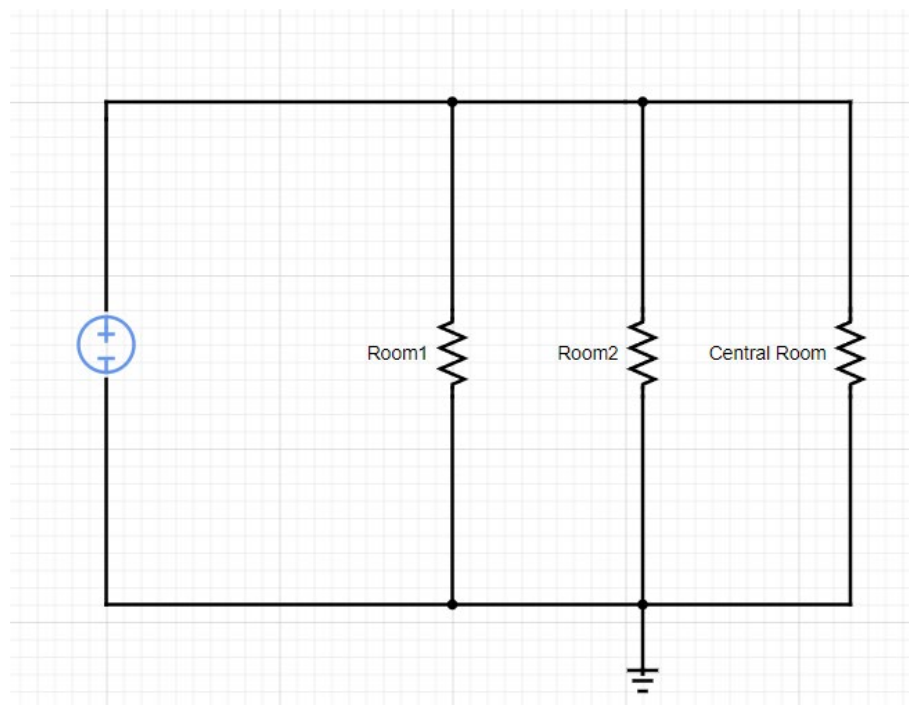
Μία ικανοποιητική τάση τροφοδοσίας για να μην απαιτούνται πολύ μικρές αντιστάσεις αλλά και να μην υπερβαίνουν τα άνω όρια ρεύματος των συρμάτων είναι αυτή των 12 V. Με μεγαλύτερη τάση θα χρειαζόμαστε πολύ μεγάλα σύρματα για να περιορίσουμε το ρεύμα και για να μην αυξηθούν δραματικά οι θερμοκρασίες, ενώ για μικρότερη, θα απαιτούνταν πολύ μικρές αντιστάσεις που δεν θα μπορούσαν να καλύψουν ομοιόμορφα τον χώρο.

Επίσης με βάσει πειραματικά αποτελέσματα για τάση 12V η ασφαλής αντίσταση σύρματος είναι πάνω των 12 Ohm προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση και η υπέρβαση των ορίων ρεύματος του σύρματος. Η αντίσταση των 18Ohm ανα σύρμα κρίνεται ικανοποιητική.

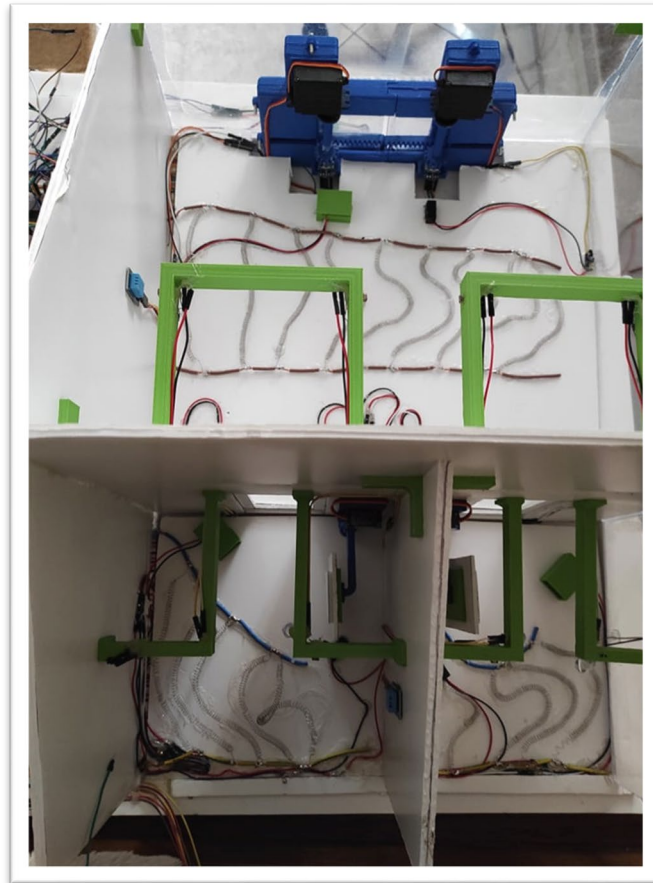
Θεωρώντας παράλληλη σύνδεση των αντιστάσεων 18 Ohm, για ισχύ ανά δωμάτιο 45W και για τάση τροφοδοσίας $V_{in} = 12\text{ V}$, υπολογίζουμε τον τελικό αριθμό των αντιστάσεων ανά δωμάτιο ως εξής:

$P_{tot} = n * (V_{in}^2 / R) \Rightarrow 45 = n * (144 / 18) \Rightarrow n = (45 * 18) / 144 = 5.625 = 6$ αντιστάσεις ανά δωμάτιο.

Το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για όλα τα δωμάτια έχει ως εξής:

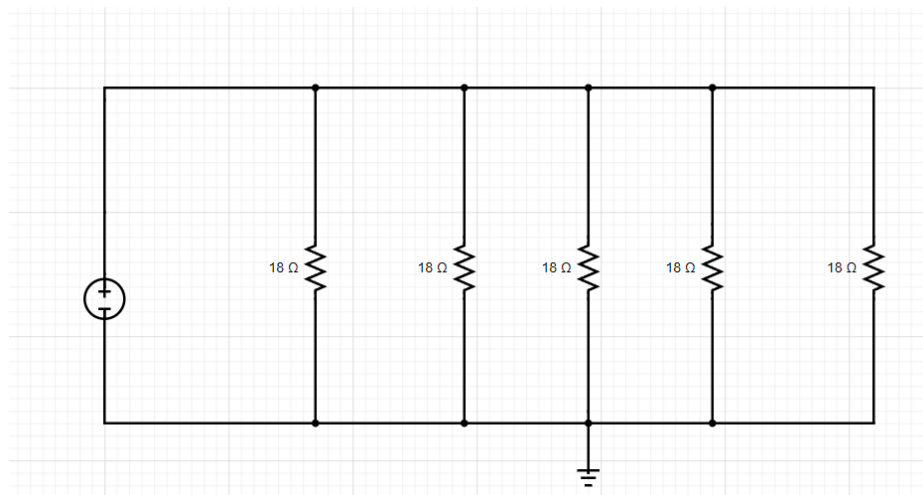


Σχήμα 4.1: Ηλεκτρολογικό διάγραμμα του κτηρίου



Εικόνα 4.53: Υλοποίηση ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

Ενώ για κάθε δωμάτιο:



Σχήμα 4.2: Ηλεκτρολογικό διάγραμμα δωματίου



Εικόνα 4.54: Ηλεκτρολογική εγκατάσταση κεντρικού δωματίου



Εικόνα 4.55: Ηλεκτρολογική εγκατάσταση δωματίου1



Εικόνα 4.56: Ηλεκτρολογική εγκατάσταση δωματίου2

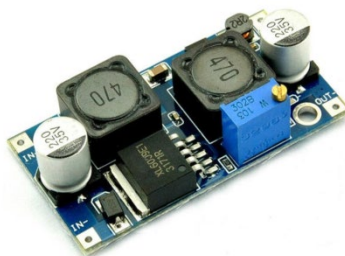
Ανάλυση Τροφοδοσίας

Το δεδομένο φωτοβολταϊκό έχει τάση εξόδου 12V ενώ ο charge controller του είναι συμβατός με μπαταρίες Lead-Acid (Μολύβδου). Σημειώνεται επίσης ότι η τάση της μπαταρίας πρέπει να ισούται με την τάση εξόδου του φωτοβολταϊκού. Επίσης όλοι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές (κινητήρες, LED) έχουν τάση τροφοδοσίας, ενώ η εξωτερική τροφοδοσία του Arduino μέσω jack καλωδίου έχει ενδεικνυόμενο από τον κατασκευαστή εύρος τάσεων 7-11 V. Για το Arduino επιλέγεται η τάση τροφοδοσίας να είναι 9V. Έχουμε συνεπώς τρεις επιθυμητές τάσεις αναφοράς. 12,9,5 V.

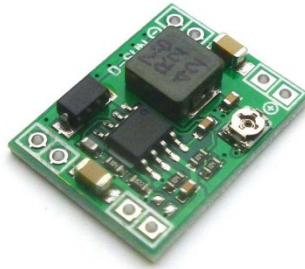
Την στιγμή που η τροφοδοσία των αντιστάσεων θέρμανσης απαιτούν 12 V και οι υπόλοιπες τάσεις είναι χαμηλότερες επιλέγεται μετασχηματιστής Βιομηχανικού τύπου 220V AC -> 12V DC με μέγιστη ισχύ 150 W ούτως ώστε να καλύπτει τα 135 W της θέρμανσης + την ισχύ για arduino και αισθητήρες και ενεργοποιητές που σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνουν τα 15 W.

Στη συνέχεια χρειαζόμαστε πτώση τάσης στα 9 V και κατόπιν στα 5 V. Γι' αυτό τον σκοπό επιλέγονται τα τσιπ:

1. [DC-DC Boost Buck Adjustable Step Up and Step Down Automatic Converter XL6009 Module](#) για πτώση τάσης στα 5 V, Κωδικός Κατασκευαστή (MPN): HR0145-2



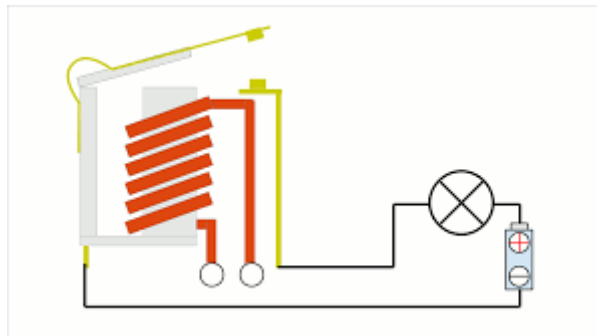
2. [Mini 3A DC-DC Converter Step Down Module super LM2596](#), Κωδικός Κατασκευαστή (MPN): HR0041



Σημειώνεται πως και τα δύο τσιπ έχουν ρυθμιζόμενη τάση εξόδου με περιστρεφόμενο στοιχείο.

Αρχή Λειτουργίας Ρελέ

Τα ρελέ αποτελούν διακόπτες, των οποίων η κατάσταση ορίζεται όχι χειροκίνητα αλλά από ένα εξωτερικό σήμα χαμηλής ισχύος. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν κυκλώματα υψηλής ισχύος με σήματα χαμηλής. Άλλοτε Χρησιμοποιούν Ηλεκτρομηχανικά μέσα για να πετύχουν την αλλαγή της κατάστασης και άλλοτε ηλεκτρονικά (Τρανζιστορ).



Εικόνα 4.57: Ηλεκτρομαγνητικό ρελέ [62]

Στο παραπάνω σχήμα όταν το τύλιγμα του πηνίου (πορτοκαλί) τροφοδοτείται με ρεύμα, μαγνητίζει τον πυρό, ο οποίος με τη σειρά του έλκει το έλασμα και ενώνει τους δύο ακροδέκτες.

Το συγκεκριμένο ρελέ που επιλέγεται για την εργασία είναι τύπου SMD της Songle με τις παρακάτω προδιαγραφές:

Πίνακας 4.2: Προδιαγραφές Songle Relay 5V - 5 Pin [63]

Specification
Maximum load: AC 250V/10 A, DC 30 V/10A
Trigger current : 5mA

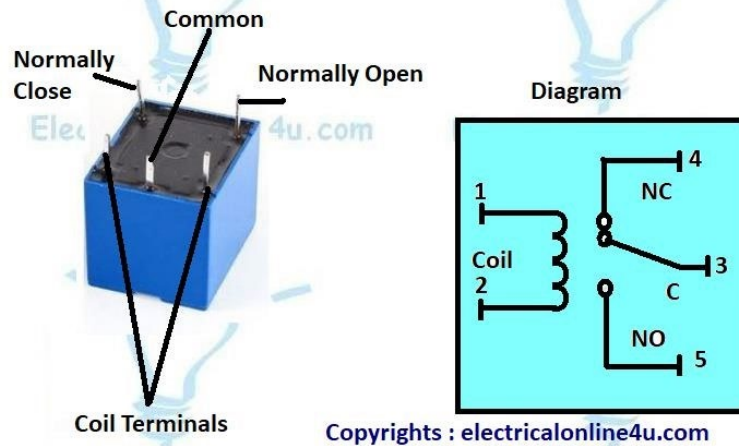
Working voltage : 5V

Module size : 50 x 26 x 18.5 mm (L x W x H)

Four mounting bolts holes, diameter 3.1 mm

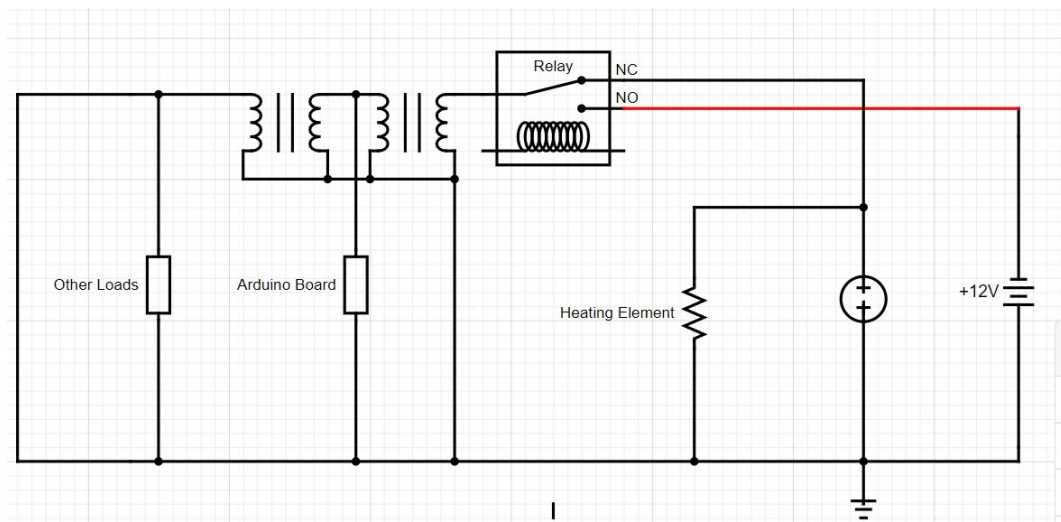
Η διάταξη των ακροδεκτών έχει ως εξής:

5 Pin Relay (SPDT) Wiring



Εικόνα 4.58: Διάγραμμα καλωδίωσης ρελέ 5 ακίδων [64]

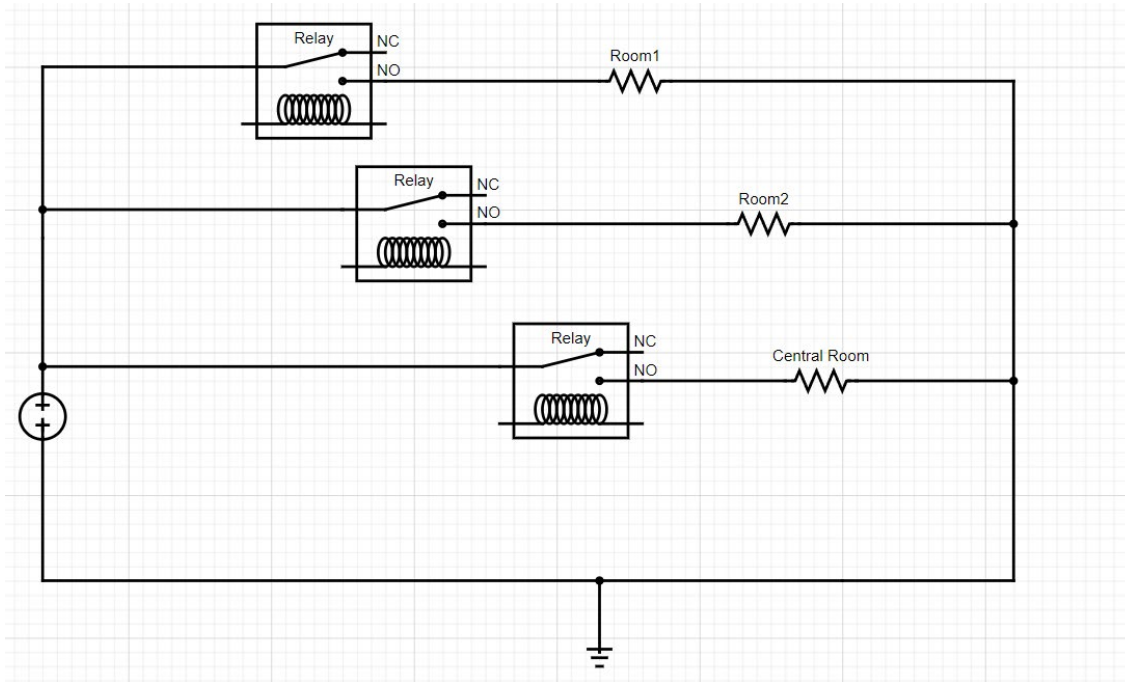
Τα coil terminals αναφέρονται στη τάση εισόδου του κυκλώματος χαμηλής ισχύος, το οποίο όταν είναι ενεργοποιημένο βραχυκυκλώνει τους ακροδέκτες **Normally Open και Common** ενώ όταν δεν είναι ενεργοποιημένος βραχυκυκλώνει τους **Normally Closed και Common**. Όπως δηλώνει και η ονομασία του ο Normally Closed ακροδέκτης είναι βραχυκυκλωμένος (closed) στην κατάσταση ηρεμίας, ενώ ο ακροδέκτης Normally Open είναι ανοιχτός στην κατάσταση ηρεμίας. Το ένα ρελέ χρησιμοποιείται για την αλλαγή της τροφοδοσίας από μπαταρία σε δίκτυο. Το συνολικό κύκλωμα με μπαταρίες, τροφοδοτικό, μετασχηματιστές καταναλωτές και ρελέ τροφοδοσίας έχει ως εξής:



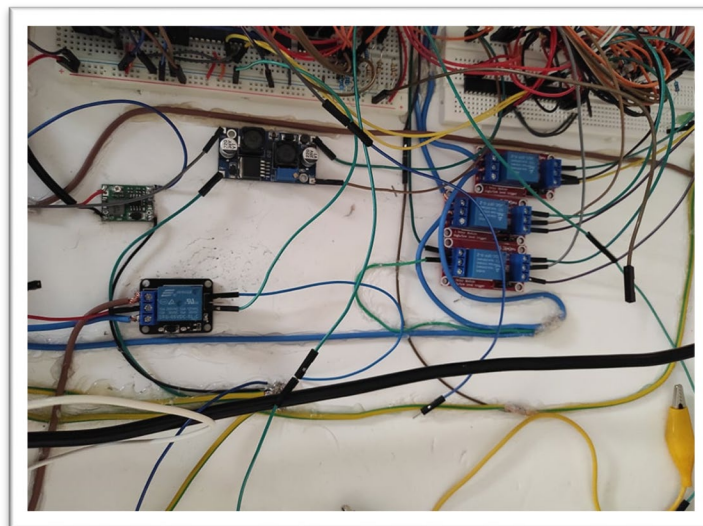
Σχήμα 4.3: Συνολικό κύκλωμα με μπαταρίες, τροφοδοτικό, μετασχηματιστές καταναλωτές και ρελέ τροφοδοσίας

Παρατηρείστε πως το στοιχείο θέρμανσης βρίσκεται πριν το ρελέ και είναι συνδεδεμένο με το μετασχηματιστή AC220-> DC12 πράγμα που σημαίνει ότι είναι συνδεδεμένα μονίμως με το δίκτυο ανεξάρτητα από την κατάσταση του ρελέ τροφοδοσίας. Ταυτόχρονα το κύκλωμα των θερμαντικών στοιχείων διαθέτει τα δικά του ρελέ για το ανοιγόκλεισμα των αντίστοιχων αντιστάσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία του δωματίου.

Το διάγραμμα των θερμαντικών στοιχείων με τα ρελέ έχει ως εξής:



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα θερμαντικών στοιχείων με τα ρελέ



Εικόνα 4.59: Υλοποίηση των κυκλωμάτων ρελέ

Μέτρηση ποσοστού μπαταρίας μέσω Arduino

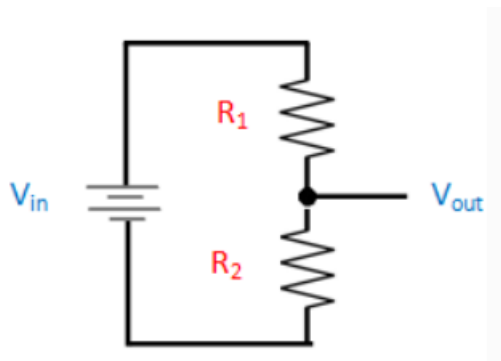
Το Arduino διαθέτει αναλογικές εισόδους οι οποίες λαμβάνουν τιμές από 0 μέχρι 1023 με το 1023 να αντιστοιχεί σε 5V τάση εισόδου και το 0 σε 0 V. Εάν μια αναλογική είσοδος λάβει είσοδο μεγαλύτερης από 5V τάσης καίγεται ή κινδυνεύει. Οι αναλογικές είσοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαθέτει το έξυπνο κτήριο γνώση της υπολειπόμενης μπαταρίας και να ανοιγοκλείνει το ρελέ τροφοδοσίας αντίστοιχα. Παρ' όλα αυτά η σύνδεση του θετικού ακροδέκτη της μπαταρίας με ένα analog pin του Arduino είναι αδύνατη καθ' ότι η μπαταρία τροφοδοτεί με 12 V > 5 V. Γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται ένας διαιρέτης τάσης ούτως ώστε να μετατρέψει την τάση της μπαταρίας σε:

$$V_{divider} = c * V_{bat} \quad (4.1)$$

και θέλουμε για $V_{bat_max} = 12.7 \text{ V} \rightarrow V_{divider} < 5 \text{ V}$.

Επιλέγεται $V_{divider_max} = 3 \text{ V}$ και έχουμε $c = 0.236$

Ο διαιρέτης τάσης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Εικόνα 4.60: Διαιρέτης τάσης [65]

Προκειμένου να πετύχουμε το επιθυμητό συντελεστή c επιλέγονται

$$R1 = 220 \text{ Ohm και } R2 = 1000 \text{ Ohm}$$

Στην συνέχεια η τιμή που διαβάζει το Arduino μετατρέπεται στην τάση ως εξής:

$$V_{actual} = (V_{in} / 1023) * 5 * (1 / c)$$

Τέλος με χρήση του παρακάτω look up table και με γραμμική παραβολή λαμβάνεται το ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας.

Πίνακας 4.3: Κατάσταση φόρτισης μπαταρίας μολύβδου [66]

Lead Acid Battery State of Charge

After 3 hour rest

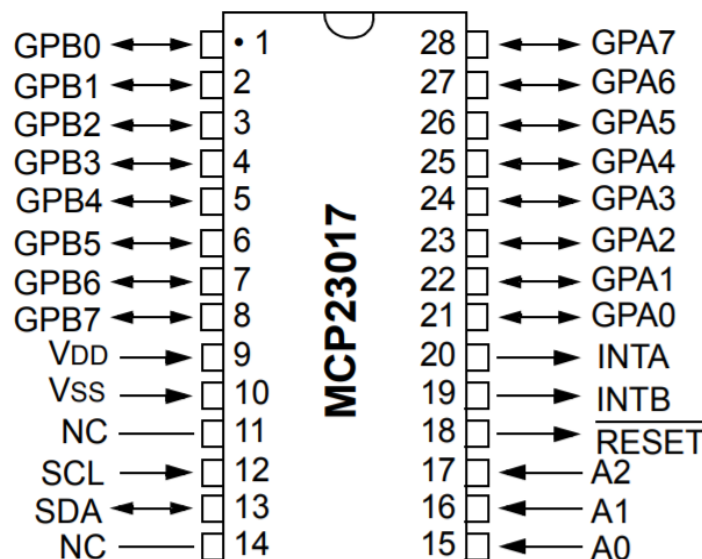
State of Charge	12 Volt battery	Volts per Cell
100%	12.7	2.12
90%	12.5	2.08
80%	12.42	2.07
70%	12.32	2.05
60%	12.2	2.03
50%	12.06	2.01
40%	11.9	1.98
30%	11.75	1.96
20%	11.58	1.93
10%	11.31	1.89
0	10.5	1.75

Για τιμές μικρότερες του **20%** το ρελέ αλλάζει στην τροφοδοσία δικτύου ενώ για τιμές φόρτισης μεγαλύτερες του **20%** το ρελέ αλλάζει στην τροφοδοσία της μπαταρίας.

Αύξηση Ψηφιακών Pins

Λόγω των περιορισμένων digital pins του Arduino Uno, χρησιμοποιείται το chip MCP23017 16 bit που χρησιμοποιεί τον δίαυλο I2C του Arduino. Το arduino υπο διαθέτει επίσης 3 bit διευθύνσεων πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να διαβαστούν $2^3 = 8$ διαφορετικά MCP23017 δημιουργώντας έτσι ένα σύνολο $16 * 8 = 128$ πρόσθετα digital pins μόνο με την χρήση των SCL (Clock), SDA(Data) pins.

Η διάταξη των pins είναι η παραπάνω. Τα pins **GPB** και **GPA** αφορούν σε digital inputs/outputs. Τα



Εικόνα 4.61: Διάταξη των Pins του MCP23017 [67]

pins **SCL**, **SDA** πρέπει να συνδεθούν με τα αντίστοιχα του Arduino και για περισσότερες συσκευές MCP23017 όλα τα **SCL**, **SDA** των συσκευών πρέπει να βραχυκυκλωθούν. Τα pins **A0**, **A1**, **A2** χρησιμοποιούνται για την ανάθεση σταθερής διεύθυνσης στην κάθε συσκευή. Αν για παράδειγμα θέσουμε και τα τρία στην γείωση η διεύθυνση που λαμβάνεται για τη συσκευή είναι το δυαδικό **000** ή

0. Ενώ αν τεθεί το **A2** στα 5V η διεύθυνση γίνεται το δυαδικό **100 ή το δεκαδικό 7**. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πρέπει να τεθούν διαφορετικές διευθύνσεις σε κάθε τσιπ αλλιώς δεν μπορούν να διαβαστούν. Τέλος πρέπει το ρεύμα σε κάθε input/output pin να μην υπερβαίνει τα 20 mA και το συνολικό ρεύμα του κάθε τσιπ να μην υπερβαίνει τα 125 mA. Γι' αυτό πρέπει να γίνει σωστός διαμοιρασμός των πόρων και χρήση των pins τέτοια που να γίνονται σεβαστά τα όρια ρεύματος.

Στο Arduino:

```
#include "Adafruit_MCP23X17.h"

#define addr 0

Adafruit_MCP23X17 mcp1;

mcp1.begin_I2C(addr); // Create mcp1 and give it the address 0 or 000

mcp1.pinMode(8, INPUT); // Set mcp1 pin 8 as input

mcp1.pinMode(9, OUTPUT); // Similarly

mcp1.digitalRead(8); // Read input pin 8

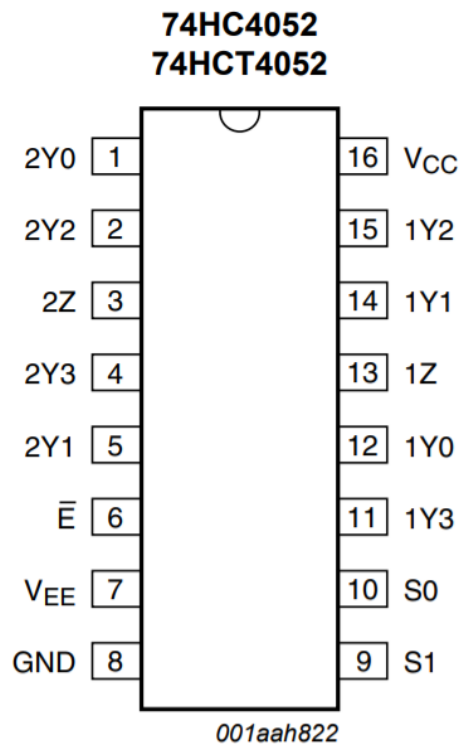
mcp1.digitalWrite(9); // Write to output pin 9
```

Αύξηση αναλογικών pins

Παρόμοια απαιτείται αύξηση των αναλογικών Pins του arduino που είναι 5 ενώ εμείς χρειαζόμαστε 11 για φωτοαντιστάσεις και 1 για μέτρηση τάσης μπαταρίας, 12 το σύνολο.

Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται **Analog Multiplexers-Demultiplexers**, που επί της ουσίας αποτελούν διακόπτες που αντιστοιχίζουν μία είσοδο σε μία έξοδο τους ανάλογα με την είσοδο που δέχονται στα pin της διεύθυνσης.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται το τσιπ 74HC4052 - Serial/Analog Mux/Demux με ακόλουθη διάταξη Pins:



Εικόνα 4.62: Διάταξη των Pins του 74HC4052 [68]

Εδώ τα pins E και VEE χρησιμοποιούνται για την περίπτωση που είναι επιθυμητές τάσεις χαμηλότερες από το ουδέτερο δυναμικό και στην περίπτωση μας δεν είναι απαραίτητα γι' αυτό και τοποθετούνται μαζί με το GND και τα τρία στη γείωση. Τα pins 2Z και 1Z είναι τα σταθερά κοινά pin. Δηλαδή ανεξάρτητα από τις θέσεις των εσωτερικών διακοπών στη μία άκρη βρίσκονται τα 2Z και 1Z. Τα pins 1Y και 2Y βρίσκονται στην άλλη μεριά και εναλλάσσονται ανάλογα με τις εισόδους στα pin S0 και S1. Αν για παράδειγμα τα S0 και S1 είναι τοποθετημένα στο GND, το 2Y0 επικοινωνεί με το 2Z και το 1Y0 με το 1Z και ούτω καθ' εξής:

Παρουσιάζεται και ο λογικός πίνακας:

Πίνακας 4.5: Λογικός πίνακας ανάλογα με τις εισόδους στα pin S0 και S1 [68]

7.1 Function table			
Function table ^[1]			
	S1	S0	Channel on
	L	L	nY0 and nZ
	L	H	nY1 and nZ
	H	L	nY2 and nZ
	H	H	nY3 and nZ
	X	X	none

Στο Arduino**Για servo:**

```
#include "Servo.h"
```

```
Servo myservo;
```

```
myservo.attach(6); // Attach myservo to digitalPin 6
```

```
myservo.write(45); // Moves to 45 degrees for non-continuous servo, moves in the negative direction with half the speed
```

Για pinModes:

```
pinMode(pinNum, mode); // mode can be INPUT OUTPUT, INPUT_PULLUP
```

Διάβασμα, γράψιμο σε pin

```
digitalWrite(pinNum, HIGH or LOW);
```

```
digitalRead(pinNum);
```

Για αισθητήρα θερμοκρασία υγρασίας DHT11

```
#include "DHT.h"
```

```
#define DHTTYPE DHT11 //για αισθητήρα τύπου DHT11
```

```
DHT mydht(pinNum, DHTTYPE);
```

```
mydht.begin(); // Initialize mydht object
```

```
float temp = mydht.readTemperature();
```

```
float humid = mydht.readHumidity();
```


4.2.2.3 Σχεδιασμός συστήματος καταμέτρησης ατόμων

Ανίχνευση κίνησης

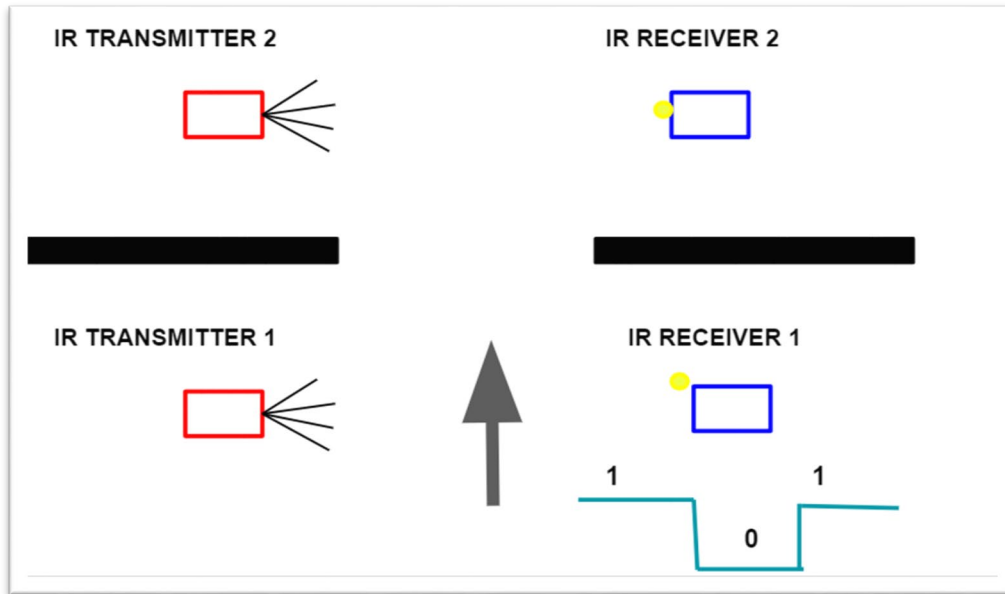
Ιδανικά για την ανίχνευση κίνησης και την ενεργοποίηση θυρών και καταγραφών ατόμων είναι οι αισθητήρες Υπερύθρων-δέσμης, πομπού δέκτη (Laser IR transmitter/receiver), των οποίων βασική αρχή λειτουργίας είναι η διακοπή του σήματος όταν μεσολαβήσει κάτι στο πεδίο της δέσμης πομπού δέκτη. Με δύο ζεύγη πομπού/δέκτη στην είσοδο και έξοδο αντίστοιχα των θυρών είναι δυνατή η πρόσθεση ή η αφαίρεση ατόμων από χώρους, καθότι η διαδοχή ενεργοποιήσεων των ζευγών των αισθητήρων 1-2 και 2-1 αντίστοιχα, υποδηλώνει την είσοδο και την έξοδο ατόμων.



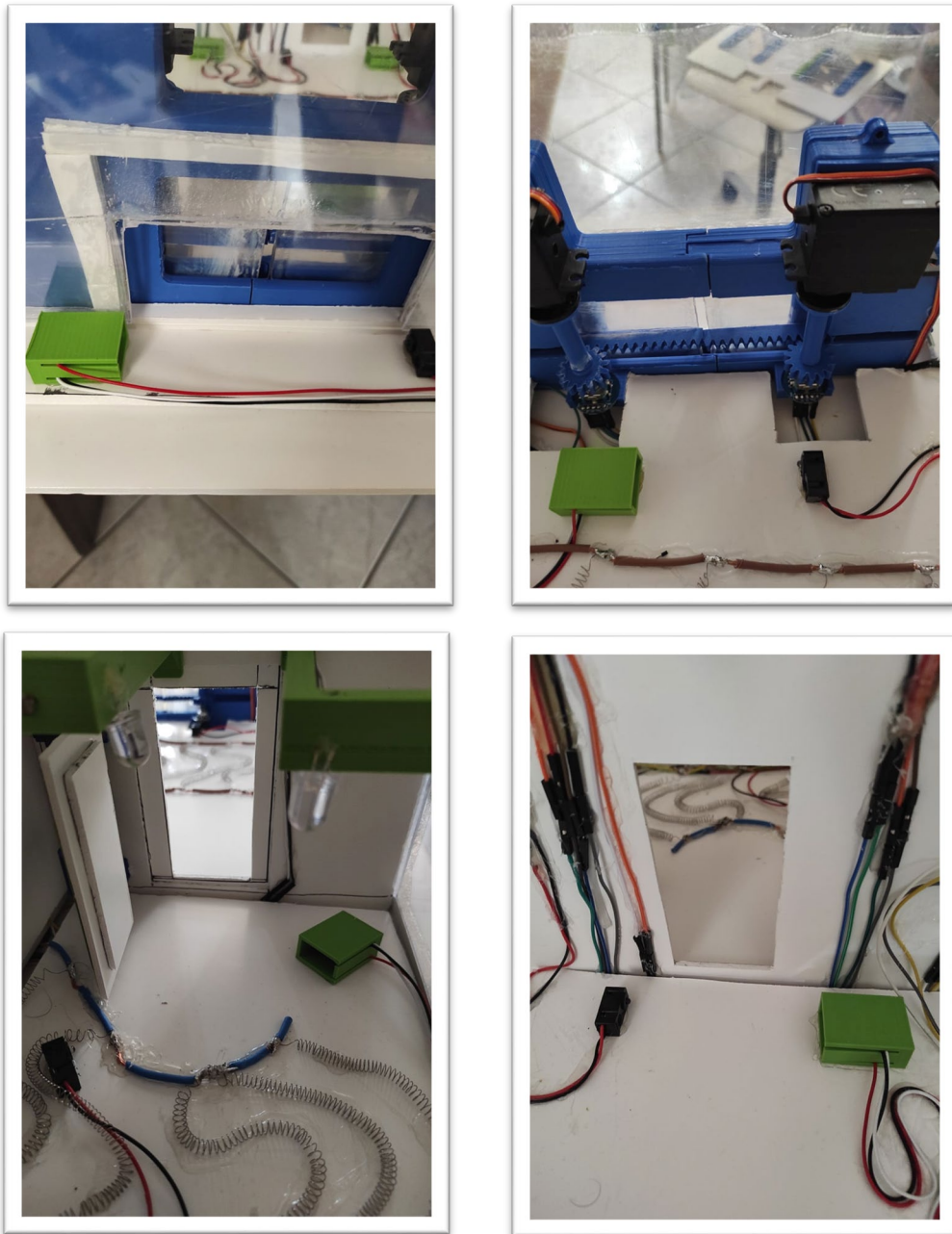
Εικόνα 4.63: Αισθητήρες δέσμης υπερύθρων (IR) Adafruit IR Break Beam Sensor - LED 3mm [69]

Ο κώδικας καταγράφει τις αλλαγές τιμής κάθε IR RECEIVER. Όταν ένα εμπόδιο περνάει τον RECEIVER δημιουργείται παλμός και ο αριθμός των αλλαγών τιμής είναι 2, από 1 σε 0 και μετά από 0 σε 1, ενώ ανοίγει και η πόρτα και αυξάνεται και ο αριθμός των ατόμων στο μεσοδιάστημα της θύρας κατά 1. Όταν συμβαίνει αυτό ο κώδικας καταγράφει το δωμάτιο εισόδου που αντιστοιχεί στον IR RECEIVER που ενεργοποιείται πρώτος.

Όταν δημιουργηθεί αντίστοιχος παλμός στο IR RECEIVER η πόρτα κλείνει και ο κώδικας προσθέτει ένα άτομο από στο δωμάτιο εισόδου και αφαιρεί ένα άτομο από το δωμάτιο εξόδου. Ο κώδικας προβλέπει επίσης την περίπτωση όπου μπαίνουν και άλλα άτομα χωρίς να έχουν προλάβει να βγουν τα προηγούμενα. Σε αυτή την περίπτωση ο δεύτερο RECEIVER περιμένει να ενεργοποιηθεί τόσες φορές όσες και τα άτομα στο μεσοδιάστημα της πόρτας και τότε δίνει σήμα στον κινητήρα να κλείσει.



Εικόνα 4.64: Σχεδιάγραμμα λειτουργίας συστήματος ανίχνευσης κίνησης



Εικόνα 4.65: Υλοποίηση λειτουργίας συστήματος ανίχνευσης κίνησης

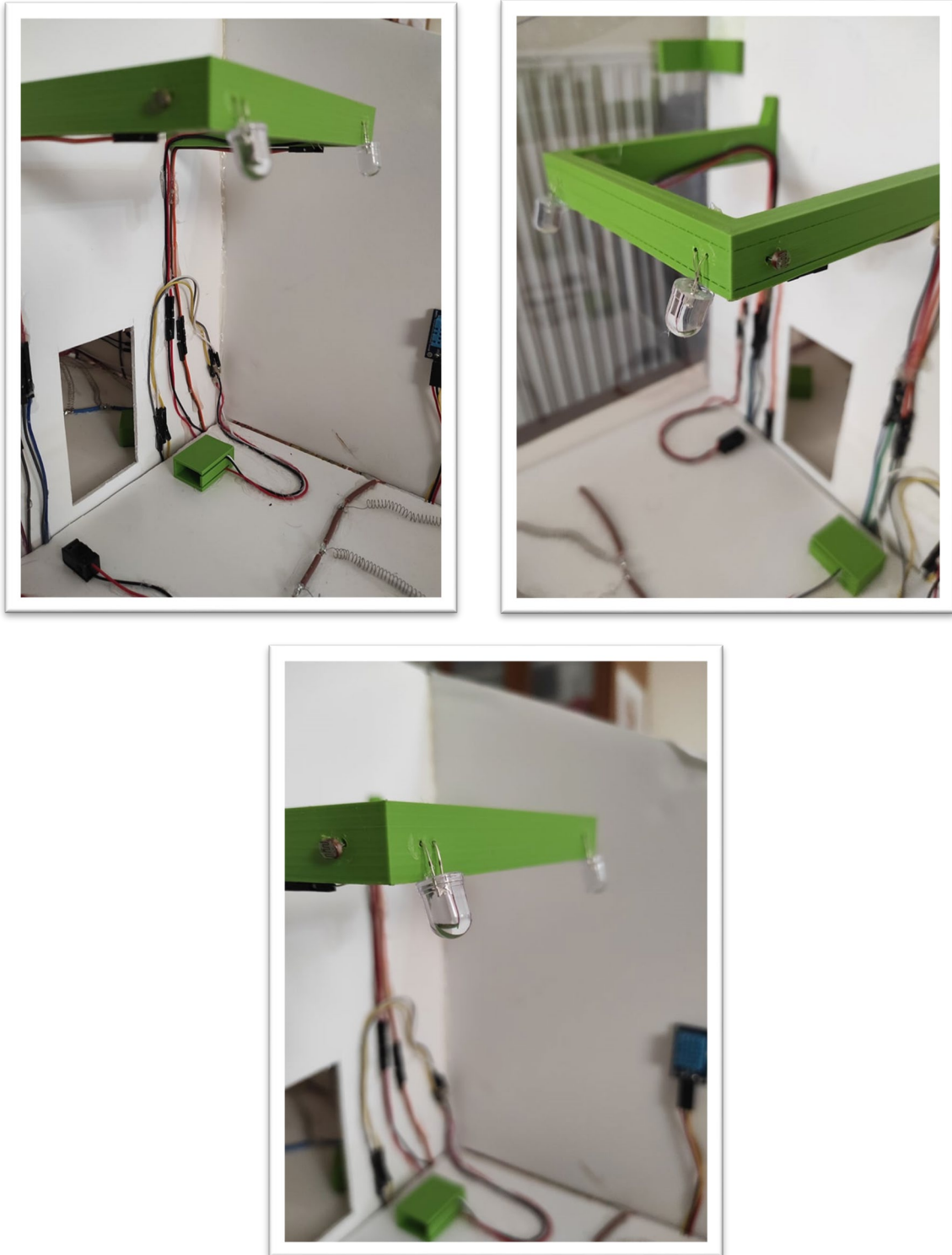
4.2.2.4 Σχεδιασμός συστήματος LED, Φωτοαντιστάσεις και το φαινόμενο του ανοιγοκλεισίματος.

Στο ζευγάρι LED, Φωτοαντίσταση, παρατηρείται το φαινόμενο όπου όταν το LED είναι κλειστό και η φωτεινότητα, του χώρου που ανιχνεύεται από την φωτοαντίσταση, του προστάζει κάποια στιγμή να ανοίξει, το φως που παράγει αυξάνει πάλι τη μέτρηση της φωτοαντίστασης και το προστάζει να ξανακλείσει, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία με συνέπεια το LED να αναβοσβήνει διαρκώς. Αυτό αντιμετωπίζεται με την εξής λογική:

Όταν η φωτοαντίσταση δίνει σήμα στο LED να ανάψει, καταγράφεται η τιμή αμέσως πριν ανάψει το LED και αφαιρείται από την επόμενη. Αυτό μας δίνει ένα offset φωτεινότητας που οφείλεται στην αυτόφωτη ακτινοβολία και το οποίο όσο είναι αναμμένο το LED αφαιρείται από τις επόμενες μετρήσεις της φωτοαντίστασης. Όταν το LED σβήσει το offset μηδενίζεται και η τιμή που διαβάζει η φωτοαντίσταση επιστρέφει στην πραγματική. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται τα ταλαντωτικά φαινόμενα που περιγράφηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 4.66: Υλοποίηση συστήματος LED στον κεντρικό χώρο



Εικόνα 4.67: Υλοποίηση συστήματος LED στις αίθουσες

Κεφάλαιο 5ο: Μεθοδολογία Έρευνας

5.1. Ερευνητικοί στόχοι

Στην έρευνα που πραγματοποιήσαμε τέθηκε το αν και κατά πόσο ήταν επιτυχημένη η εκπαιδευτική προσέγγιση STEM του θέματός μας. Εστιάσαμε στην κατανόηση και εμπέδωση των όρων που εξετάσαμε μέσω του project και ελέγξαμε εάν δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να καλλιεργήσουν διάφορες δεξιότητες κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης του project. Παράλληλα, καθώς τα ενδιαφέροντα των μαθητών επηρεάζουν την προσοχή και συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία, θεωρήσαμε σημαντικό να εξετάσουμε και αυτό ως παράγοντα. Το βασικό ερευνητικό μας ερώτημα ήταν το εξής:

- Μπορεί μία παρέμβαση STEM να οδηγήσει στην κατανόηση των θεματικών ενοτήτων που επιθυμούμε να διδάξουμε και στην επίτευξη των διδακτικών στόχων και εκπαιδευτικών σκοπών που έχουμε θέσει;

5.2. Εργαλεία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων

Ως εργαλείο για τη διερεύνηση των παραπάνω ερωτημάτων και τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε ένα ερωτηματολόγιο. Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου λήφθηκαν υπόψιν οι αρχές σχεδιασμού ερωτηματολογίου, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι ερωτηματολόγιο θεωρείται πολύ απλά ένα έντυπο που περιλαμβάνει συνήθως τυποποιημένες ερωτήσεις για τη συλλογή στοιχείων. Η σύνταξη ενός ερωτηματολογίου είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των στοιχείων που θα συλλεγούν. Η διαδικασία σχεδιασμού ενός καλού ερωτηματολογίου αποτελείται από επτά στάδια. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι παρόλο που τα στάδια αυτά είναι διαδοχικά, αλληλεξαρτώνται μεταξύ τους.

Κατά το **πρώτο στάδιο**, προτού ο ερευνητής προχωρήσει στο σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, πρέπει να καθορίσει:

1. Τι είδους πληροφορίες είναι αναγκαίο να συλλεγούν
2. Από ποιους θα συλλεγούν οι πληροφορίες
3. Με ποια μέθοδο θα συλλεγούν οι πληροφορίες.

Το **δεύτερο στάδιο** περιλαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το περιεχόμενο των ερωτήσεων. Σε αυτό το σημείο μας ενδιαφέρει να καθορίσουμε αν μία ερώτηση είναι αναγκαία και αν είναι ικανοποιητική/επαρκής, ή αν απαιτείται η χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων ερωτήσεων.

Το **τρίτο στάδιο** αφορά τη φρασεολογία και το λεξιλόγιο που θα χρησιμοποιηθούν για να διατυπωθεί η κάθε ερώτηση. Το σημείο αυτό είναι πολύ κρίσιμο, καθώς η κακή διατύπωση των ερωτήσεων μπορεί να οδηγήσει τον ερωτώμενο να αρνηθεί να απαντήσει ή να απαντήσει λανθασμένα επειδή δεν κατανόησε την ερώτηση. Πρέπει να γίνει χρήση απλών λέξεων και να αποφευχθούν λέξεις με αμφίβολη ή ασαφή έννοια.

Κατά το **τέταρτο στάδιο**, ο ερευνητής πρέπει να αποφασίσει για τον τύπο των ερωτήσεων που θα χρησιμοποιήσει. Υπάρχουν τρεις τύποι ερωτήσεων ανάμεσα στις οποίες μπορεί να επιλέξει: ανοιχτές ερωτήσεις, ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και διχοτομικές ερωτήσεις (οι ερωτήσεις της μορφής αυτής επιτρέπουν στον ερωτώμενο να επιλέξει μόνο μία από δύο δυνατές απαντήσεις). Συνήθως τα περισσότερα ερωτηματολόγια περιλαμβάνουν και τους τρεις τύπους των ερωτήσεων.

Το **πέμπτο** στάδιο περιλαμβάνει αποφάσεις σχετικά με τη σειρά των ερωτήσεων. Μία γενική κατεύθυνση που μπορεί να ακολουθηθεί είναι η τοποθέτηση των απλών ερωτήσεων που προκαλούν το ενδιαφέρον στην αρχή και έπειτα λογική ταξινόμηση των ερωτήσεων. Οι αλληλεξαρτώμενες ερωτήσεις πρέπει να τοποθετηθούν η μία μετά την άλλη, ενώ οι δύσκολες ερωτήσεις καλό είναι να τοποθετηθούν στο τέλος του ερωτηματολογίου.

Το **έκτο στάδιο** αναφέρεται στις αποφάσεις που πρέπει να παρθούν για τη διάταξη και την εμφάνιση του ερωτηματολογίου

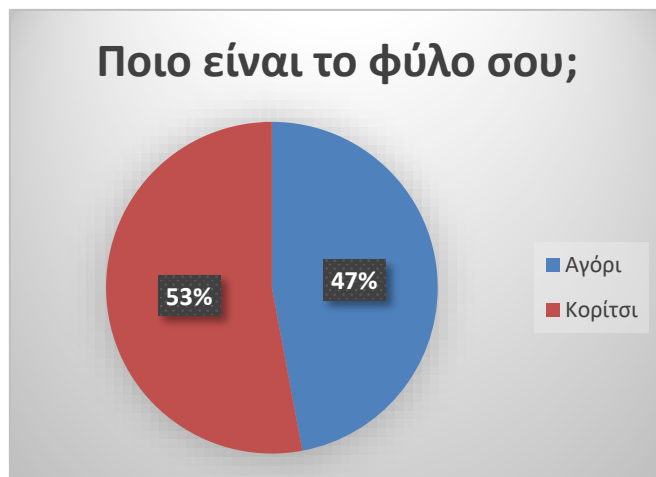
Ενώ το **έβδομο** και **τελευταίο στάδιο** αφορά ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τον προέλεγχο και την αναθεώρηση του ερωτηματολογίου.

Δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που απαντήθηκε από τους μαθητές κάνοντας χρήση του εργαλείου Google Forms. Αρχικά δόθηκε στους μαθητές πριν τη διδασκαλία (Pre test) και το συμπλήρωσαν ατομικά σε χρόνο 30 λεπτών. Περιείχε 22 ερωτήσεις, με ερωτήσεις προσανατολισμένες στους διδακτικούς στόχους που τέθηκαν και με ερωτήσεις δημογραφικού περιεχομένου και προτιμήσεων των παιδιών. Έπειτα δόθηκε στους μαθητές μετά τη διδασκαλία (Post test) και στον ίδιο χρόνο.

Στόχος μας ήταν να διερευνήσουμε τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών πάνω στα θέματα που θέλαμε να εξετάσουμε και να τις συγκρίνουμε με τις μετέπειτα απαντήσεις τους, ώστε να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα της παρέμβασής μας όσον αφορά στην επίτευξη των διδακτικών στόχων, που είχαμε θέσει και την κατανόηση των θεμάτων που επιλέξαμε να μελετήσουμε με τους μαθητές καθώς και την αλλαγή ιδεών, αντιλήψεων και στάσεων. Κατά τη διαδικασία σύνταξης των ερωτηματολογίων, έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί λεξιλόγιο κατανοητό και σύμφωνο με την ηλικιακή ομάδα στην οποία απευθύνεται. Προσπαθήσαμε να γίνει σύντομο, όμως οι διδακτικοί στόχοι που είχαμε θέσει για τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική παρέμβαση ήταν αρκετοί -λόγω του πλούσιου σε έννοιες και ζητήματα των φυσικών επιστημών θέματος. Τα ερωτηματολόγια που κατασκευάστηκαν παρουσιάζονται στο Παράρτημα II. Για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε με τα ερωτηματολόγια, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Microsoft Excel, στο οποίο καταχωρήσαμε τα δεδομένα μας και δημιουργήσαμε γραφήματα απεικόνισης των αποτελεσμάτων. Στόχος της έρευνας, ήταν να λάβουμε ανατροφοδότηση για την παρέμβαση STEM που πραγματοποιήσαμε, για τον λόγο αυτό η έρευνα και η ανάλυσή μας είναι περιορισμένης έκτασης. Αποτελεί, ωστόσο πρόταση για μια ευρύτερη διδακτική προσέγγιση και πραγματοποίηση έρευνας με πιο γενικευμένα αποτελέσματα [70], [71].

5.3. Περιγραφή και σύγκριση αποτελεσμάτων Pre-test και Post-test

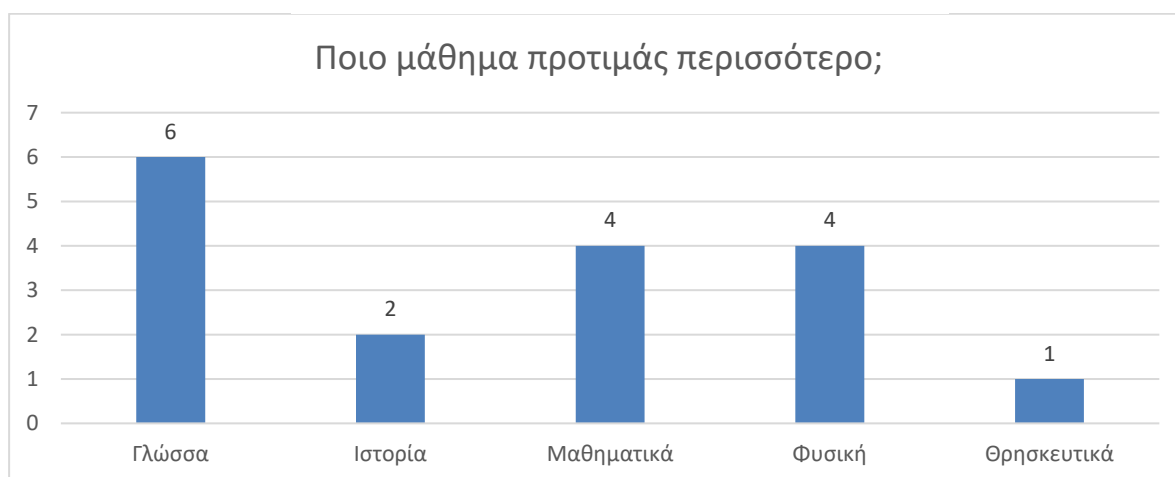
Σε αυτό το σημείο θα παραθέσουμε, θα περιγράψουμε και θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που συλλέξαμε από τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια που τους μοιράσαμε. Θα παρατεθούν αρχικά τα δημογραφικά στοιχεία και οι προτιμήσεις των μαθητών. Θα ακολουθήσουν σχεδιαγράμματα με τις απαντήσεις των μαθητών. Οι απαντήσεις που δόθηκαν πριν το «Project» απεικονίζονται με μπλέ χρώμα, ενώ οι απαντήσεις που δόθηκαν μετά το «Project»- απεικονίζονται με πράσινο χρώμα.



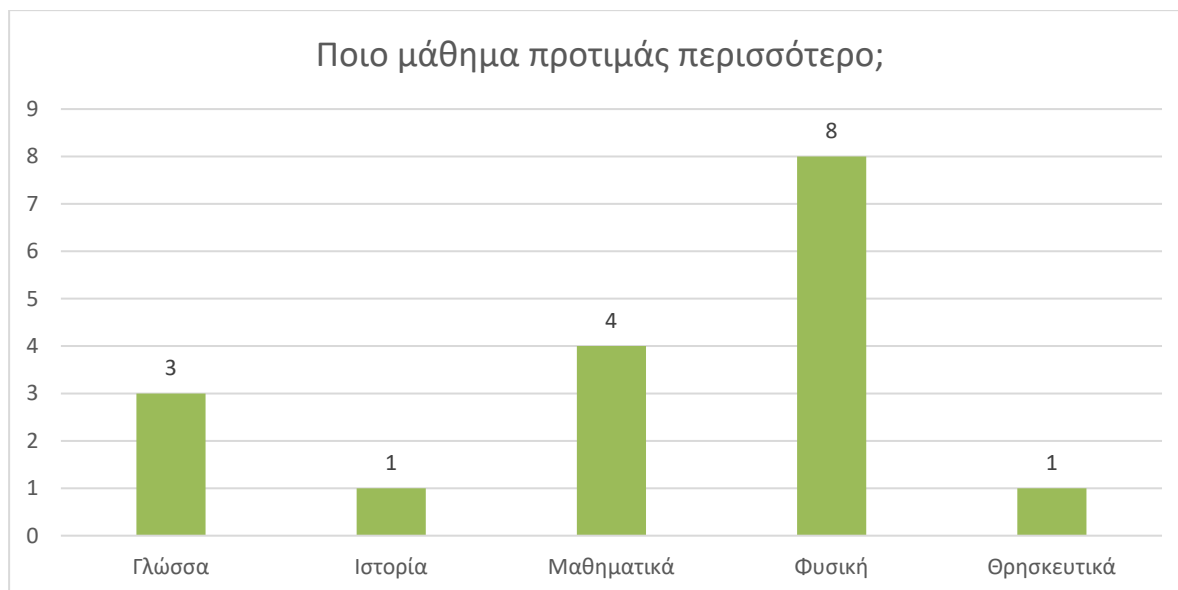
Εικόνα 5.1: Ερώτηση 1



Εικόνα 5.2: Ερώτηση 2

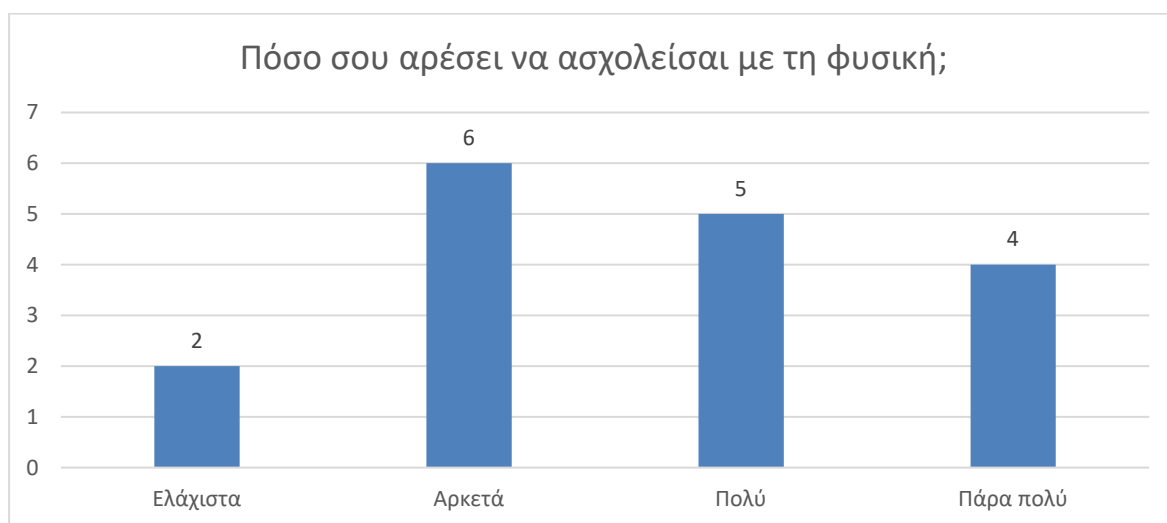


Εικόνα 5.3: Ερώτηση 3-Pre test

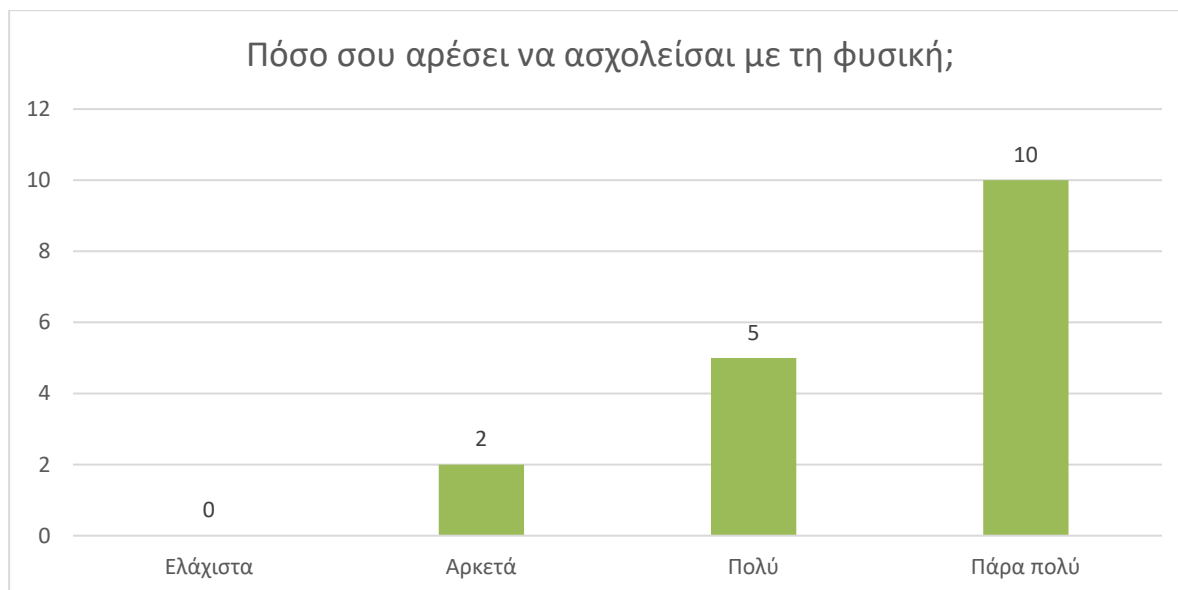


Εικόνα 5.4: Ερώτηση 3-Post test

Εδώ παρατηρούμε ότι οι μαθητές που προτιμούσαν ένα από τα μαθήματα των επιστημών (μαθηματικά-φυσική) πριν τη διδακτική μας παρέμβαση ήταν λιγότεροι από αυτούς που τελικά τα προτίμησαν μετά. Βλέπουμε μια εμφανή αλλαγή στάσης απέναντι σε αυτά τα μαθήματα.

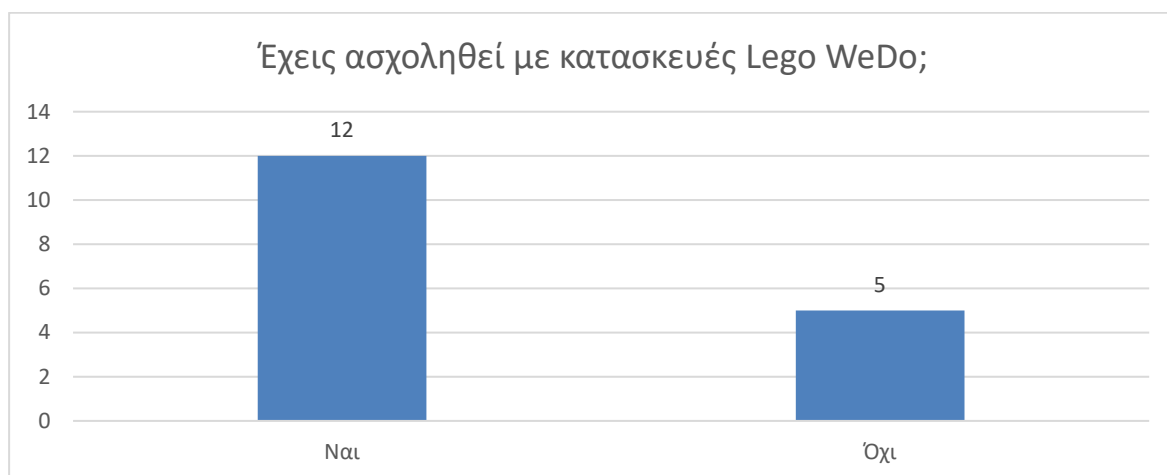


Εικόνα 5.5: Ερώτηση 4-Pre test



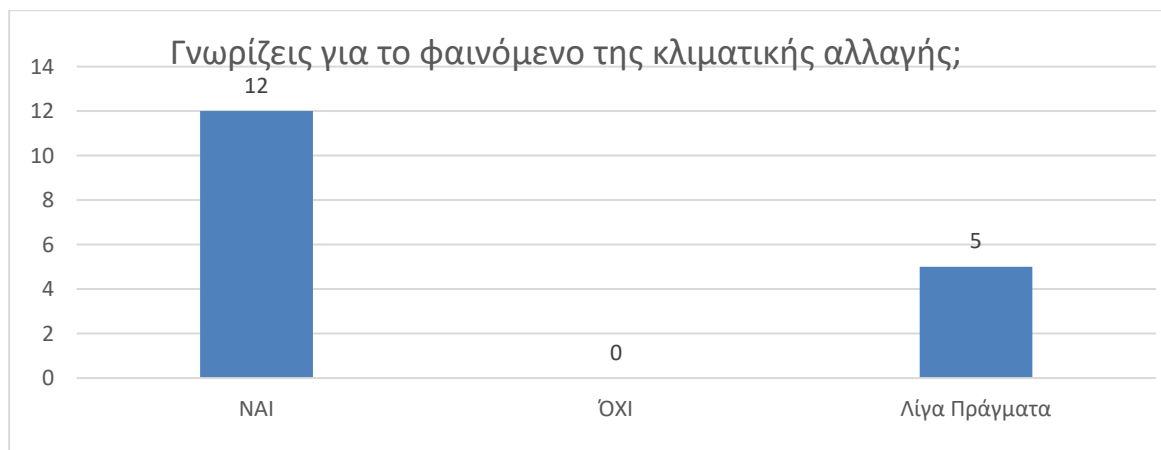
Εικόνα 5.6:Ερώτηση 4-Post test

Οι περισσότεροι διδακτικοί στόχοι αφορούσαν το μάθημα της φυσικής. Κι εδώ παρατηρούμε μια μαζική αλλαγή στη στάση των μαθητών, αφού όλοι αγάπησαν το μάθημα της φυσικής περισσότερο.

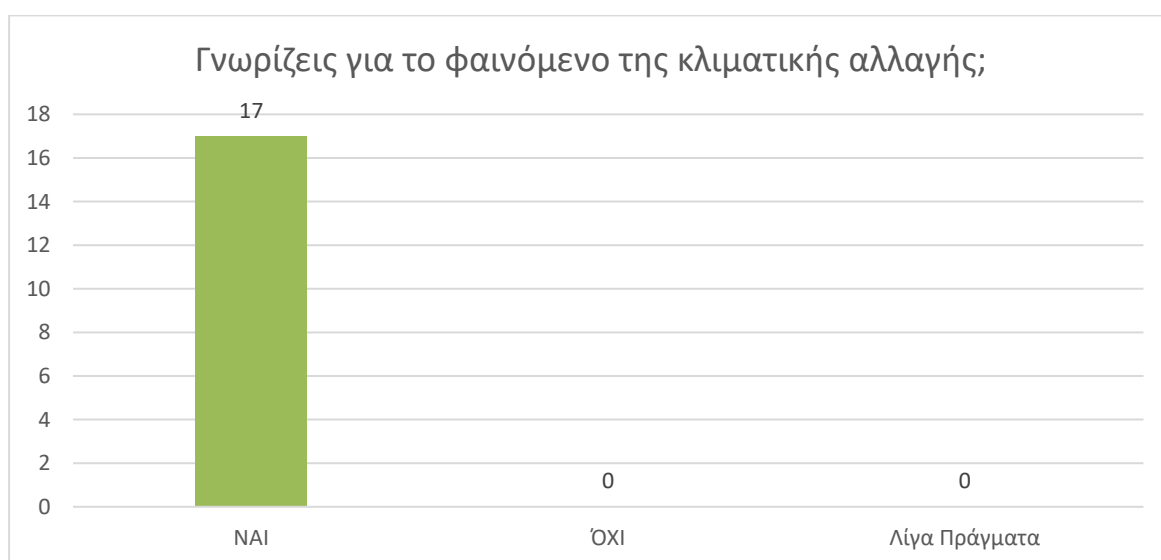


Εικόνα 5.7:Ερώτηση 5- Pre test

Οι περισσότεροι μαθητές είχαν ασχοληθεί πριν το «Project» με κατασκευές Lego WeDo. Ωστόσο, αυτή η ερώτηση δεν δόθηκε στο Post test γιατί αφορούσε την αναζήτηση πληροφοριών για το πόσοι μαθητές θα ερχόντουσαν για πρώτη φορά σε επαφή με τα αντίστοιχα εργαλεία.

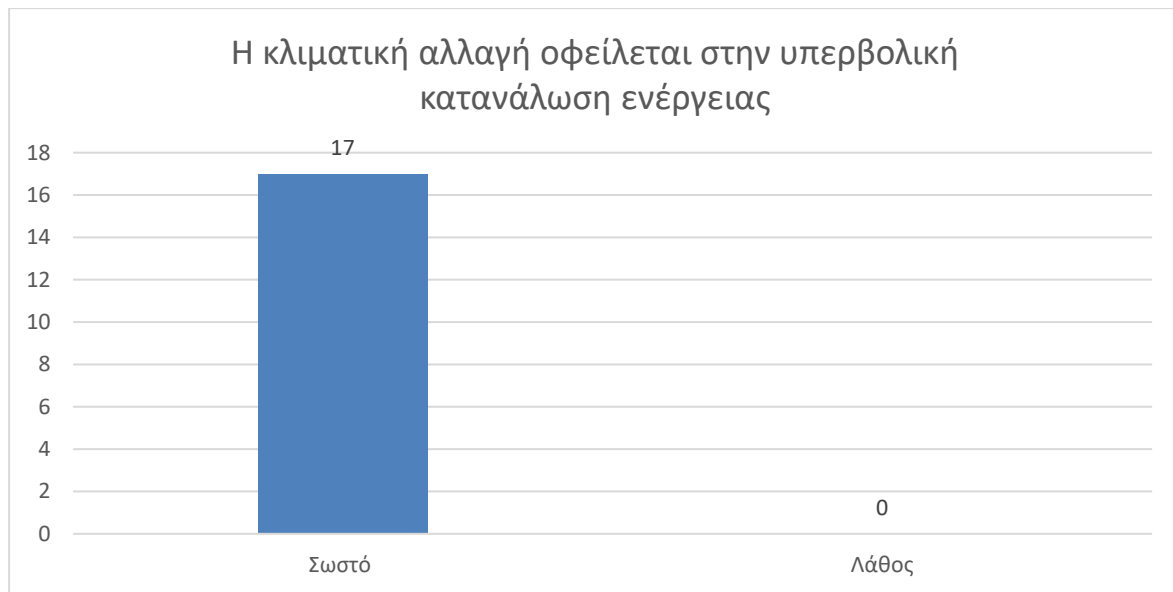


Εικόνα 5.8:Ερώτηση 6- Pre test



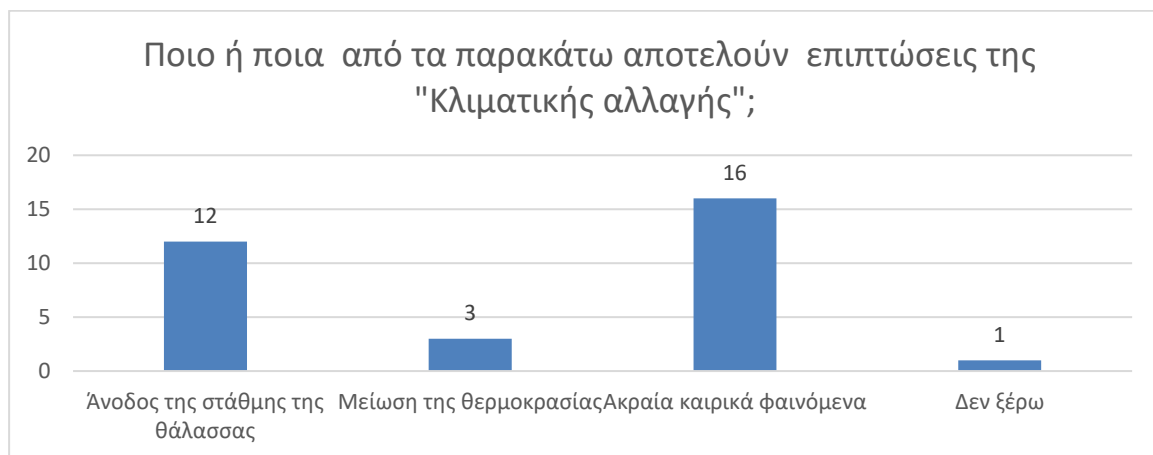
Εικόνα 5.9:Ερώτηση 6- Post test

Πριν το «Project» οι μαθητές που απάντησαν ότι γνωρίζουν για το φαινόμενο της κλιματική αλλαγής ήταν 12 ενώ 5 από αυτούς γνώριζαν λίγα πράγματα. Μετά τη διδακτική διαδικασία που ακολούθησε, όλοι γνώριζαν για αυτό φαινόμενο.

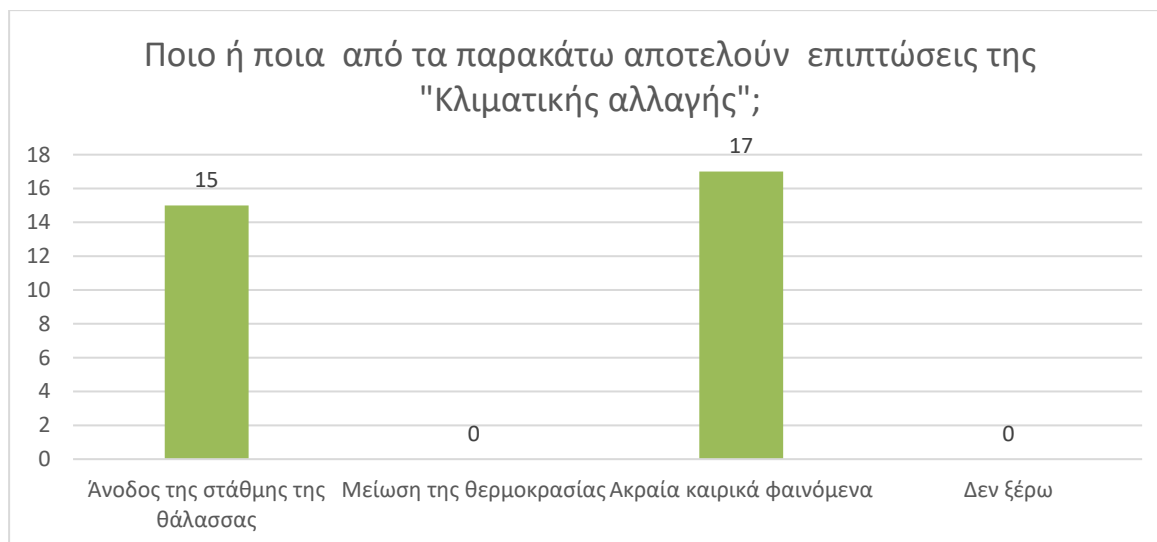


Εικόνα 5.10:Ερώτηση 7 Pre test

Στην ερώτηση που τέθηκε στους μαθητές πριν την παρέμβασή μας, αν η κλιματική αλλαγή οφείλεται στην υπερβολική κατανάλωση ενέργειας αποκρίθηκαν θετικά.

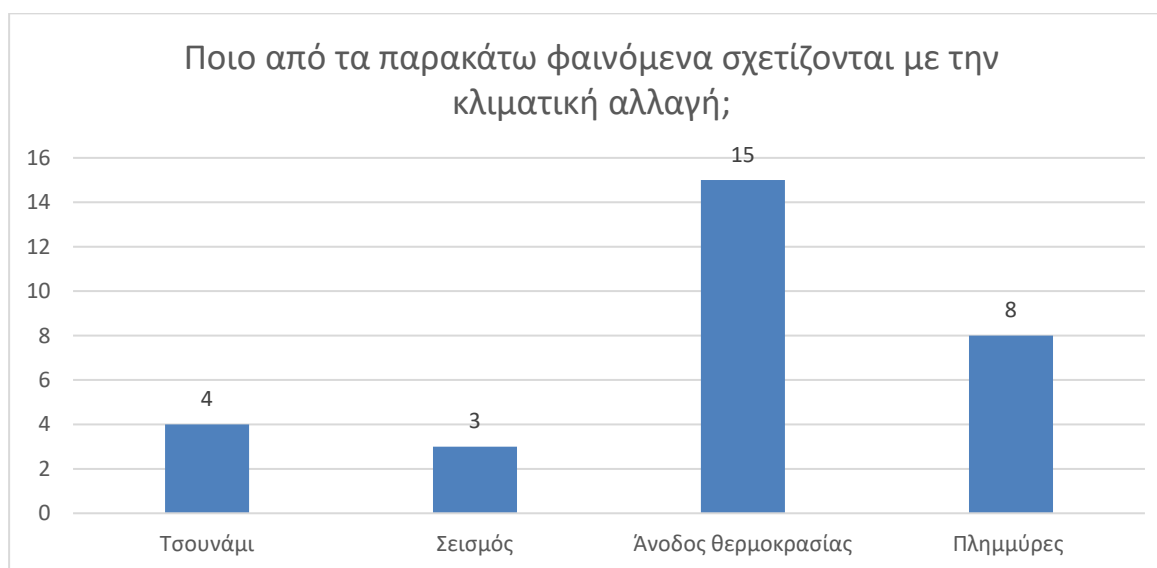


Εικόνα 5.11:Ερώτηση 8- Pre test

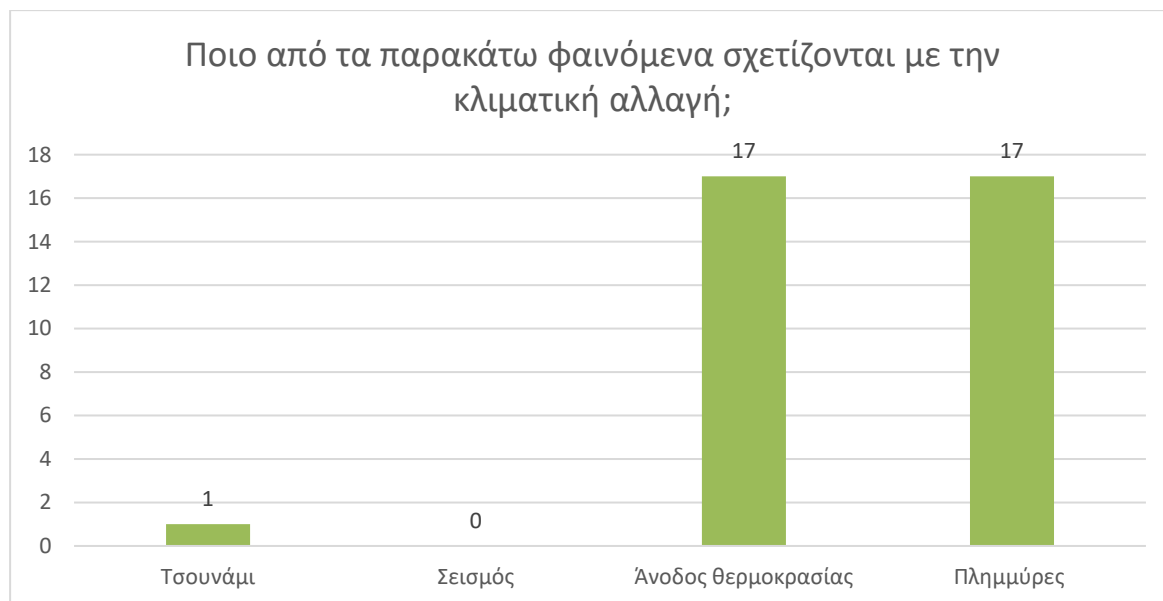


Εικόνα 5.12:Ερώτηση 8- Post test

Οι περισσότεροι μαθητές πριν την παρέμβαση γνώριζαν ότι «τα ακραία καιρικά φαινόμενα» και η «άνοδος της στάθμης της θάλασσας» αποτελούν επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Υπήρχαν όμως 3 μαθητές που απάντησαν λανθασμένα και ακόμη ένας που δεν ήξερε να απαντήσει. Μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής διαδικασίας το συντριπτικό ποσοστό των μαθητών απάντησε σωστά.

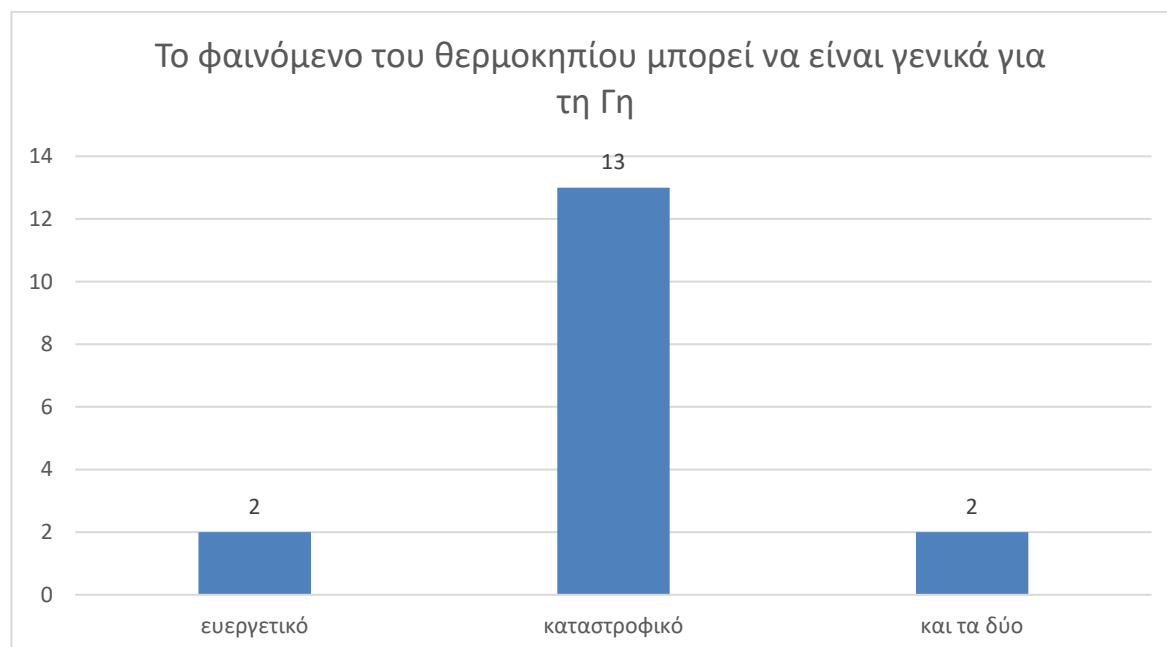


Εικόνα 5.13:Ερώτηση 9- Pre test

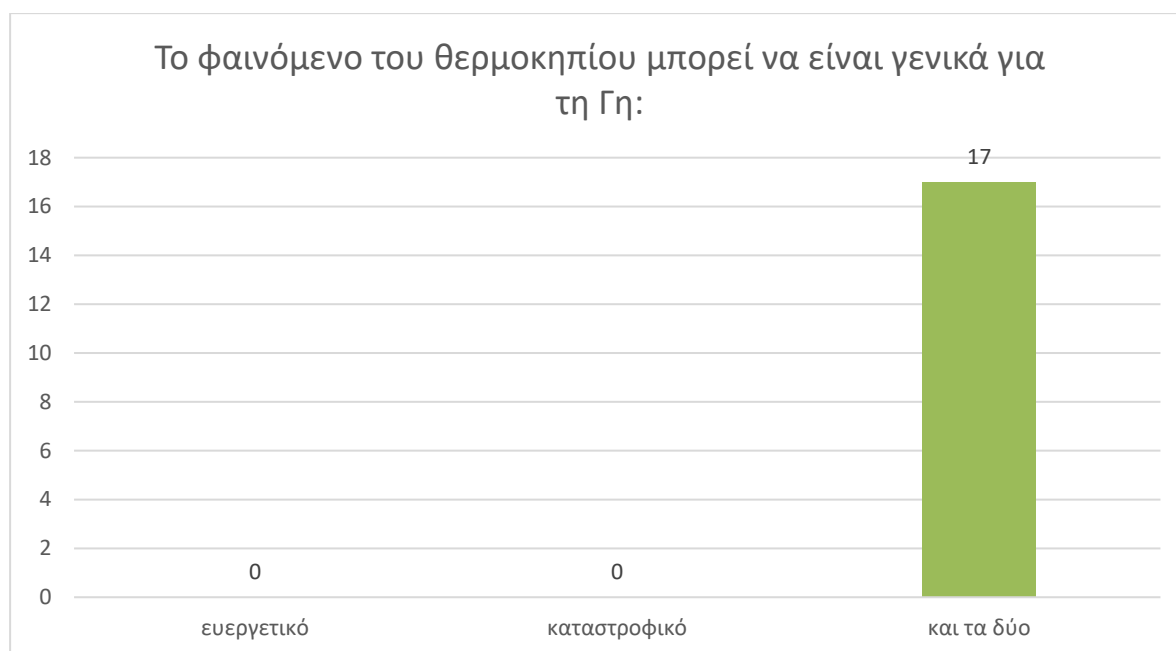


Εικόνα 5.14:Ερώτηση 9- Post test

Πριν τη διδακτική διαδικασία οι περισσότεροι μαθητές συσχετίζουν την άνοδο της θερμοκρασίας με τις πλημμύρες και την κλιματική αλλαγή ενώ το υπόλοιπο ποσοστό λανθασμένα υποστήριξε ότι το τσουνάμι και ο σεισμός είναι επίσης επιπτώσεις. Μετά τη διδακτική μας παρέμβαση όλοι οι μαθητές συσχετίσαν το φαινόμενο της ανόδου της θερμοκρασίας και αυτό των πλημμυρών με την κλιματική αλλαγή. Ένας μαθητής συνέχισε να πιστεύει ότι το τσουνάμι σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή. Όταν τον ρωτήσαμε γιατί το πιστεύει αυτό μας είπε ότι το τσουνάμι συνδέεται με την άνοδο της στάθμης των θαλασσών, σχετικό με την κλιματική αλλαγή.

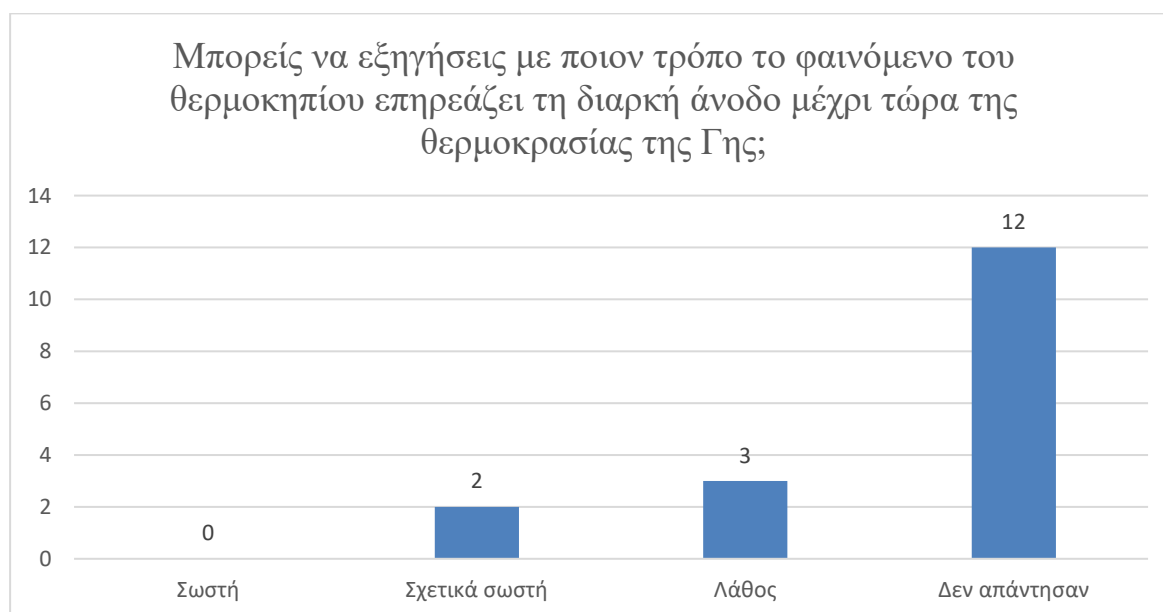


Εικόνα 5.15:Ερώτηση 10- Pre test

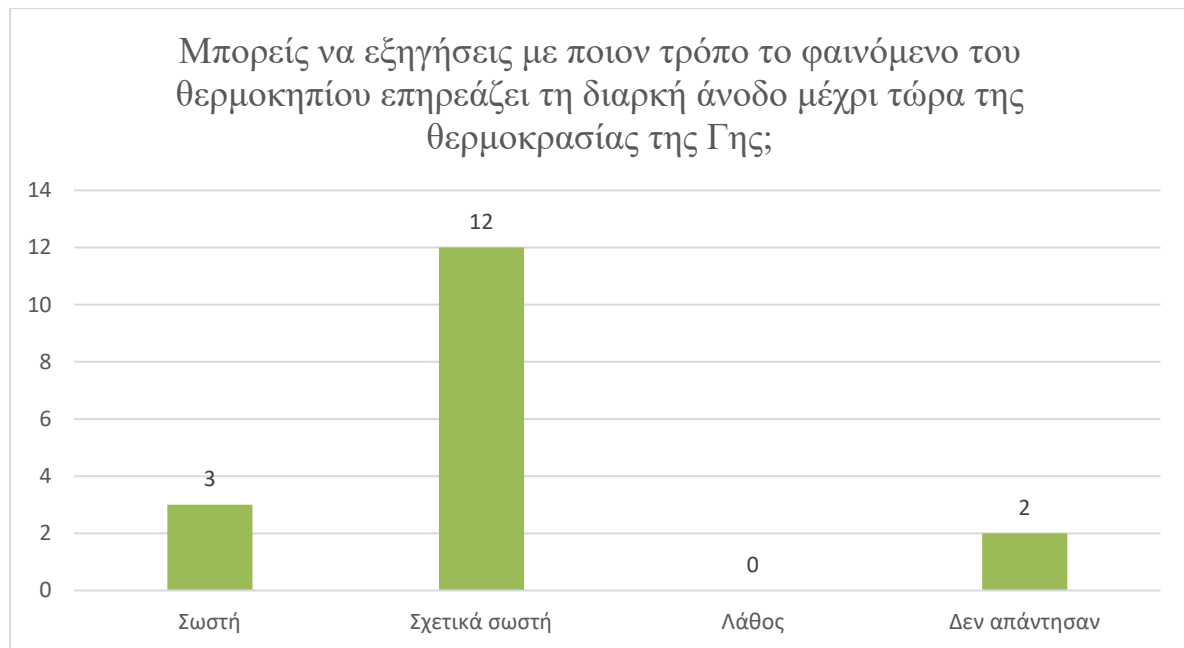


Εικόνα 5.16:Ερώτηση 10- Post test

Σε αυτή την πρόταση οι περισσότεροι μαθητές πριν τη διδακτική μας παρέμβαση επέλεξαν λανθασμένα ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μόνο καταστροφικό. Σωστά απάντησαν μόνο δύο. Μετά την παρέμβαση όλοι οι μαθητές επέλεξαν τη σωστή απάντηση. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι σε αυτή την ερώτηση υπάρχει μεγάλη απόκλιση πριν και μετά την παρέμβαση.



Εικόνα 5.17:Ερώτηση 11- Pre test



Εικόνα 5.18:Ερώτηση 11- Post test

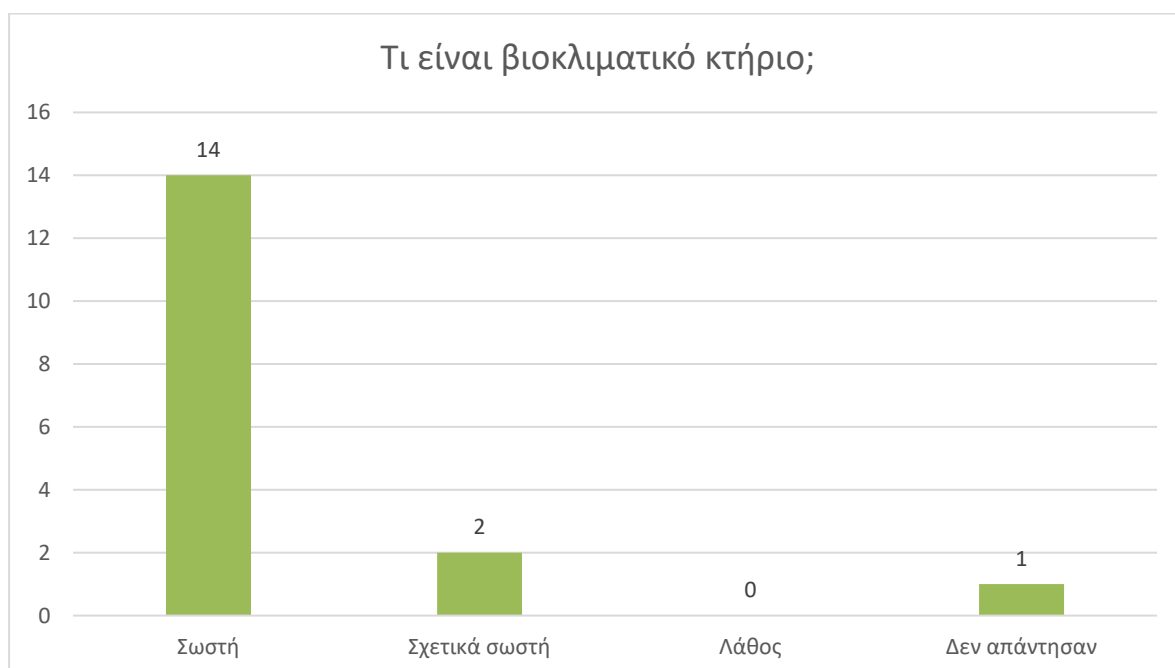
Πρόκειται για μια ερώτηση ανοιχτού τύπου και θεωρούμε ως:

- Σωστές απαντήσεις τις απαντήσεις οι οποίες περιγράφουν μερικές **ανθρωπογενείς δραστηριότητες** (παραγωγή καυσαερίων από τα αυτοκίνητα, εργοστάσια κ.α.) που αυξάνουν την ποσότητα κάποιων αερίων όπως το CO₂ στην ατμόσφαιρα της γης, με αποτέλεσμα να δεσμεύονται περισσότερες ηλιακές ακτίνες από αυτές που χρειάζονται κι έτσι να αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της γης περισσότερο από ότι πρέπει (περίπου 1°C).
- Σχετικά σωστές τις απαντήσεις που περιλαμβάνουν **μέρος της επιστημονικής αλήθειας**.
- Λανθασμένες τις απαντήσεις που **δεν συμφωνούν με την επιστημονική γνώση**.

Πριν τη διδακτική μας παρέμβαση το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών δεν ήξερε να απαντήσει ενώ δεν λήφθηκε καμιά σωστή απάντηση. Μετά τη διδακτική μας παρέμβαση παρατηρήσαμε ότι κανένας μαθητής δεν απάντησε λάθος, ενώ αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό των μαθητών που δημιουργήσαν μια πρώτη σωστή εντύπωση. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ερώτησης αυτής συμπεραίνουμε ότι το θέμα του φαινομένου του θερμοκηπίου δημιούργησε σύγχυση στους μαθητές άρα πρέπει με την αξιοποίηση πρόσθετων μέσων να πετύχουμε την κατανόηση του.



Εικόνα 5.19:Ερώτηση 12- Pre test

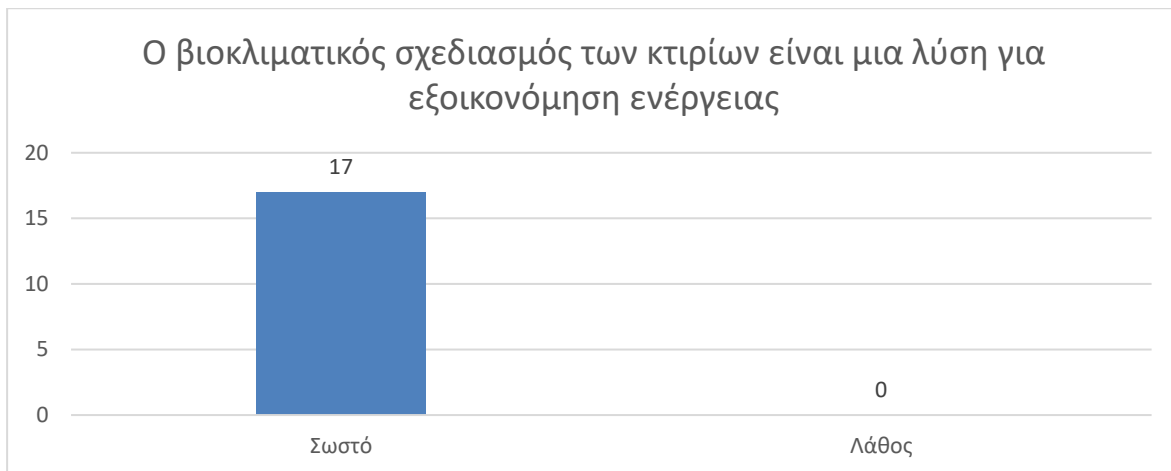


Εικόνα 5.20:Ερώτηση 12- Post test

Συνεχίζουμε με μια ακόμη ερώτηση ανοιχτού τύπου και δεχόμαστε ως:

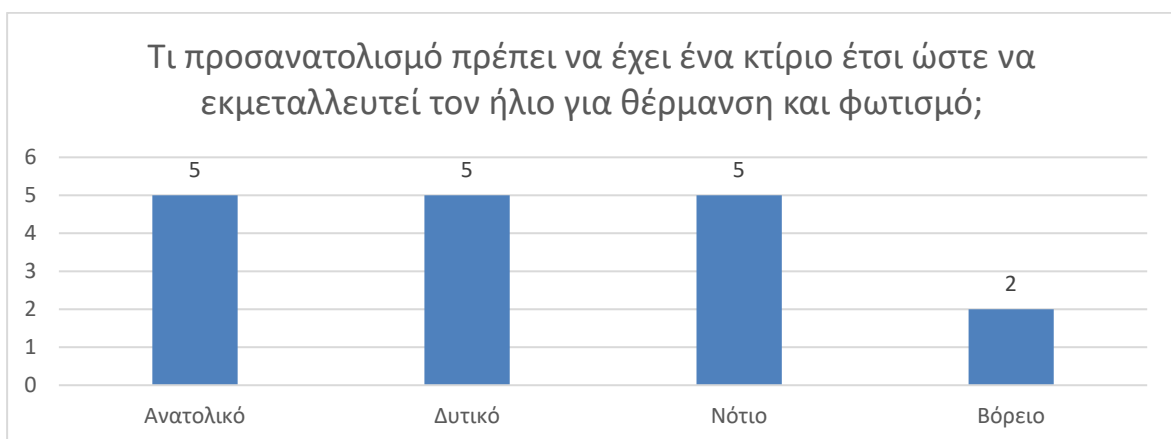
- Σωστές τις απαντήσεις που κάνουν λόγο στα κτήρια τα οποία εξοικονομούν ενέργεια και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Σχετικά σωστές τις απαντήσεις που έχουν μέρος της επιστημονικής αλήθειας
- Λανθασμένες τις απαντήσεις που δεν συμφωνούν με την επιστημονική γνώση.

Πριν τη διδακτική μας παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σχετικά σωστά, 2 δεν απάντησαν καθόλου ενώ πήραμε 3 σωστές απαντήσεις και 2 λανθασμένες. Μετά την παρέμβαση το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών απάντησε σωστά.

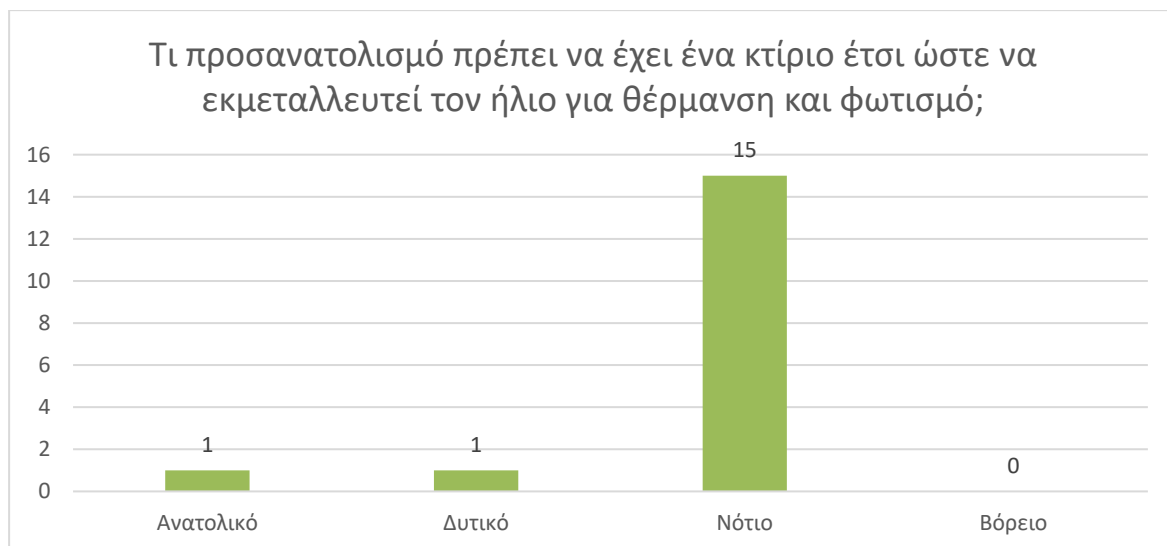


Εικόνα 5.21:Ερώτηση 13 Pre test-Post test

Στην ερώτηση που τέθηκε στους μαθητές πριν την παρέμβασή μας, αν ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτηρίων είναι μια λύση για εξοικονόμηση ενέργειας, αποκρίθηκαν θετικά

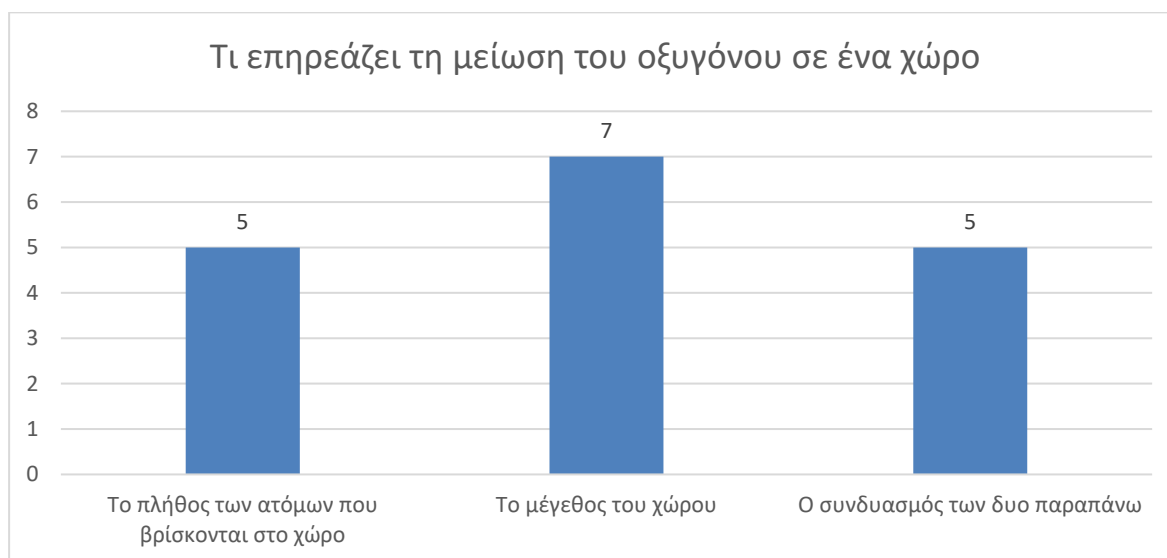


Εικόνα 5.22:Ερώτηση 14 Pre test

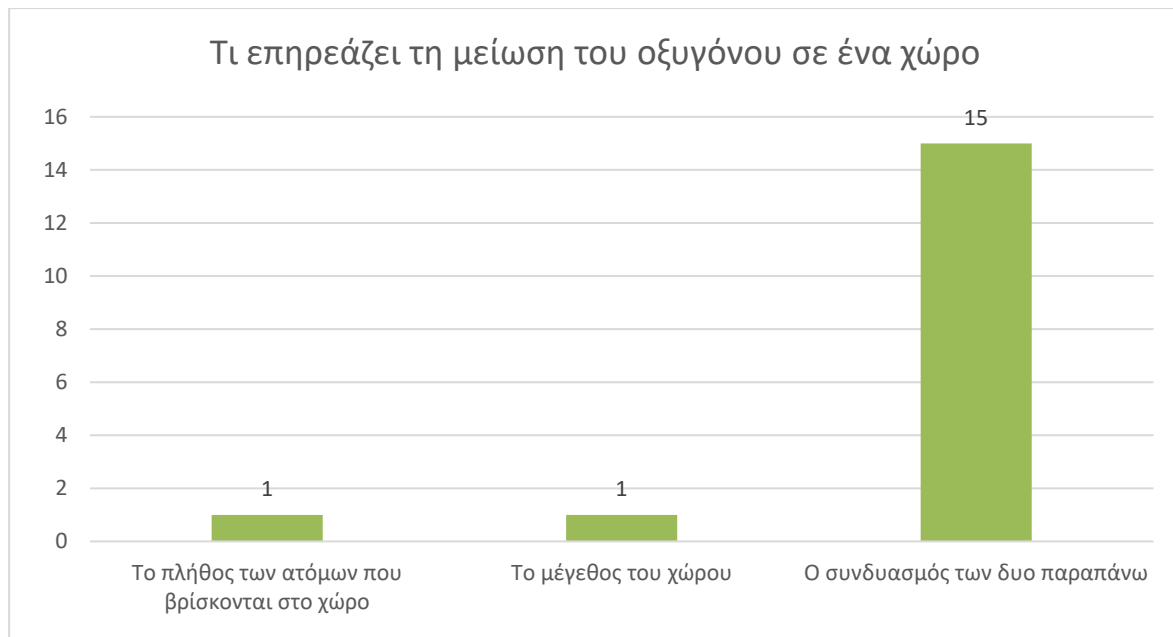


Εικόνα 5.23:Ερώτηση 14- Post test

Πριν τη διδακτική παρέμβαση 15 μαθητές ισομοιράστηκαν τον ανατολικό, τον δυτικό και τον νότιο προσανατολισμό ενώ 2 τον βόρειο. Μετά την διδασκαλία μας το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών απάντησε σωστά με 2 μαθητές να παρεκκλίνουν από την επιστημονική γνώση. Παρατηρούμε ότι πριν την παρέμβασή μας υπήρχε μια σύγχυση στους μαθητές η οποία ξεκαθαρίστηκε στη συνέχεια.

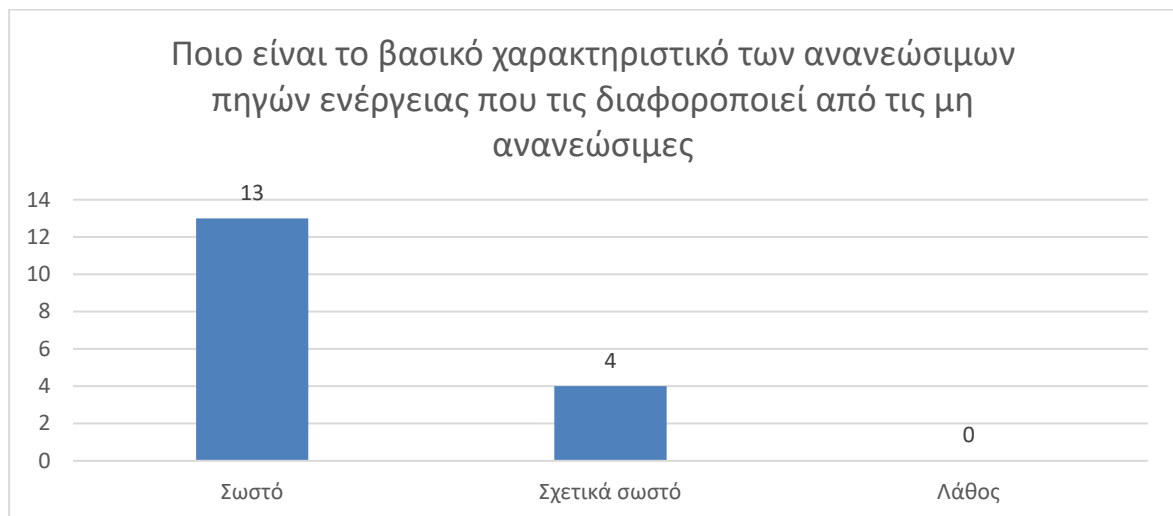


Εικόνα 5.24:Ερώτηση 15- Pre test

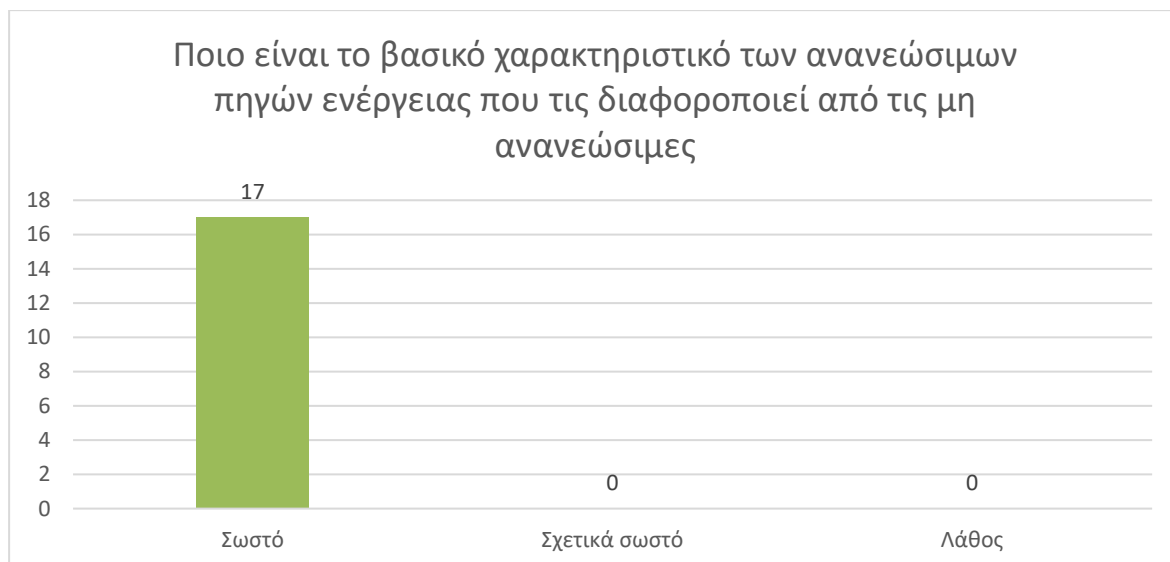


Εικόνα 5.25:Ερώτηση 15- Post test

Στην ερώτηση τι επηρεάζει τη μείωση του οξυγόνου σε ένα χώρο οι μαθητές πριν την παρέμβασή μας απάντησαν σωστά 5 ενώ οι υπόλοιποι απάντησαν μερικώς σωστά. Μετά το τέλος της οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σωστά



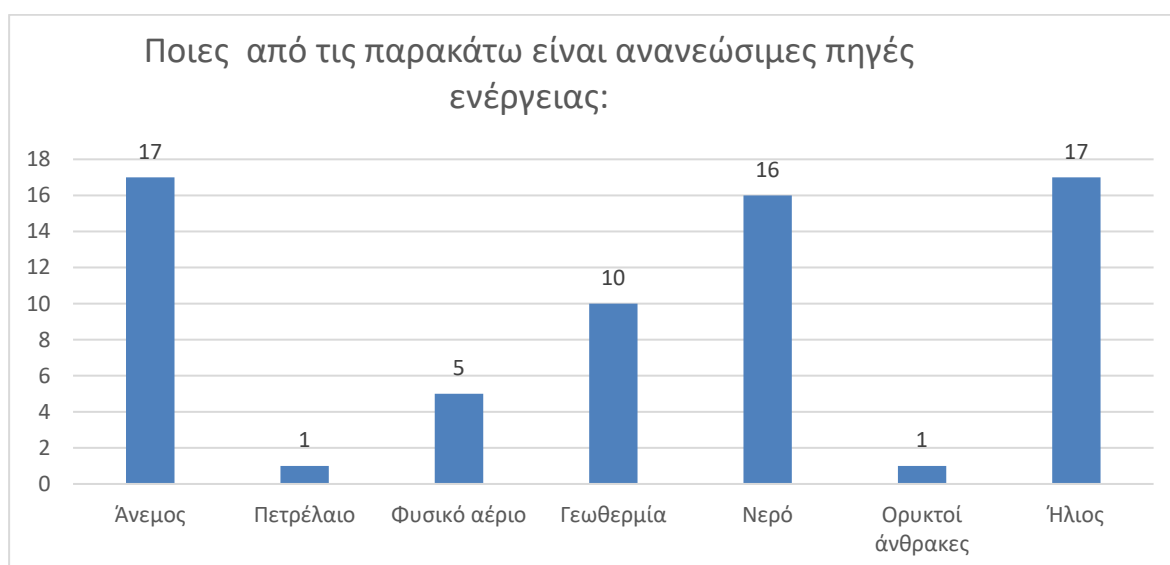
Εικόνα 5.26:Ερώτηση16- Pre test



Εικόνα 5.27:Ερώτηση16- Post test

Στην ερώτηση «ποιο είναι το χαρακτηριστικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που τις διαφοροποιεί από τις μη ανανεώσιμες» θεωρήσαμε ως:

- Σωστές τις απαντήσεις που είτε χαρακτήρισαν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως «ανεξάντλητες» είτε σημείωσαν ότι «ανανεώνονται συνεχώς», «ποτέ δεν εξαντλούνται» ή «ότι η φύση τις αναπληρώνει κάθε φορά που τις καταναλώνουμε».
- Σχετικά σωστές τις δηλώσεις που θα περιλάμβαναν μέρος της σωστής απάντησης ή που θα έδιναν τη σωστή απάντηση προσθέτοντας όμως και κάποιο άλλο στοιχείο το οποίο δε θα ήταν σύμφωνο με την επιστημονική γνώση.
- Λανθασμένες τις απαντήσεις που δεν ήταν σύμφωνες με την επιστημονική γνώση. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι πριν τη διδακτική μας παρέμβαση 13 μαθητές απάντησαν σωστά, 4 μαθητές έδωσαν σχετικά σωστή απάντηση ενώ κανείς δεν απάντησε λάθος. Μετά την παρέμβασή μας το 100% των μαθητών απάντησαν σωστά.

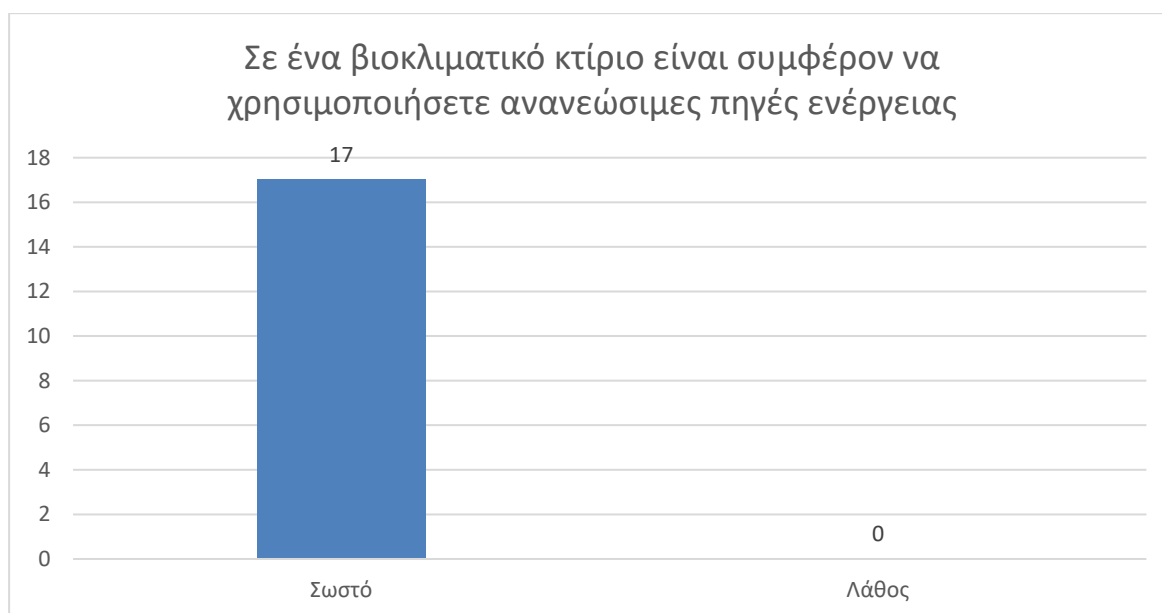


Εικόνα 5.28:Ερώτηση 17- Pre test



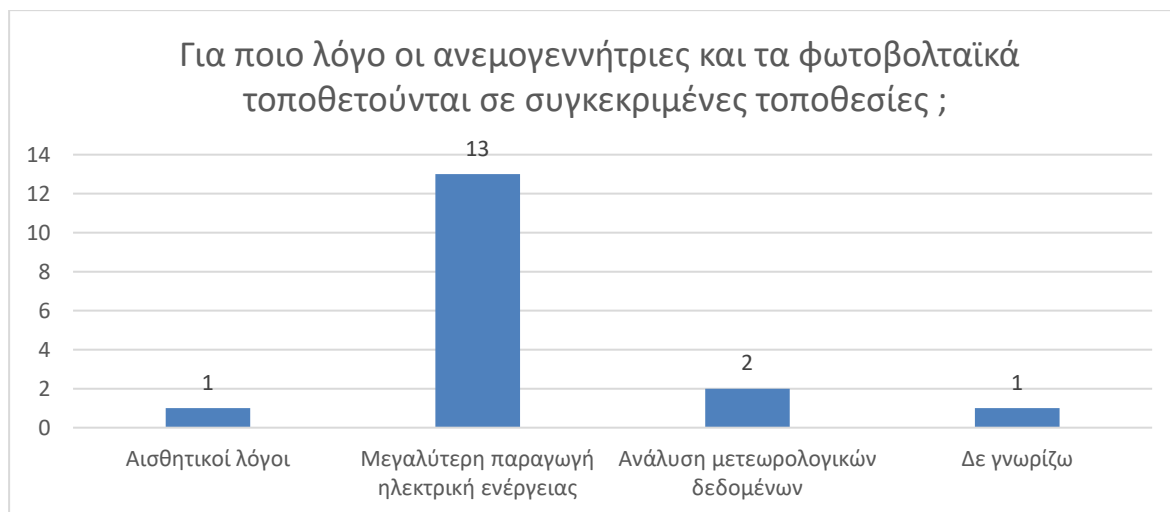
Εικόνα 5.29:Ερώτηση 17- Post test

Σύμφωνα με τις αντιλήψεις των μαθητών πριν την διδακτική μας παρέμβαση όλοι γνώριζαν ότι ο ήλιος και ο άνεμος αποτελούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ λανθασμένα ένας επέλεξε πετρέλαιο, ένας ορυκτούς άνθρακες και 5 φυσικό αέριο. Μετά την παρέμβασή μας όλοι οι μαθητές επέλεξαν τον ήλιο, το νερό και τον άνεμο ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, 14 τη γεωθερμία και 2 το φυσικό αέριο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι αντιλήψεις των μαθητών πλησίασαν πιο πολύ την επιστημονική γνώση .

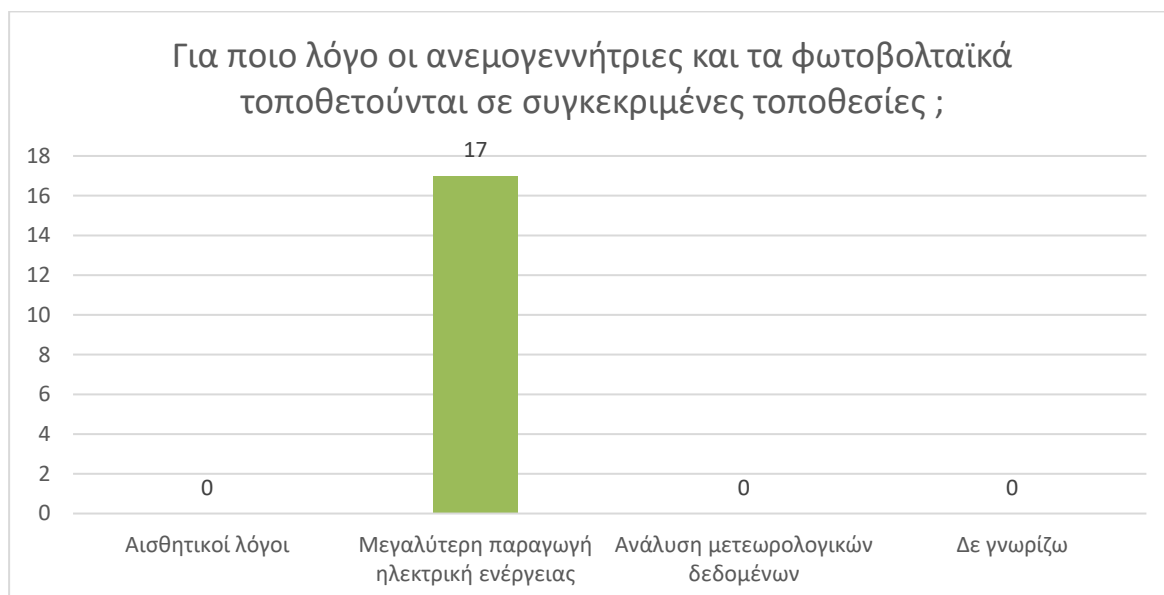


Εικόνα 5.30:Ερώτηση18- Pre test- Post test

Σε αυτή την ερώτηση δεν χρειάστηκε η περαιτέρω συμπλοκή μας, αφού όλοι οι μαθητές γνώριζαν πόσο επωφελής είναι η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

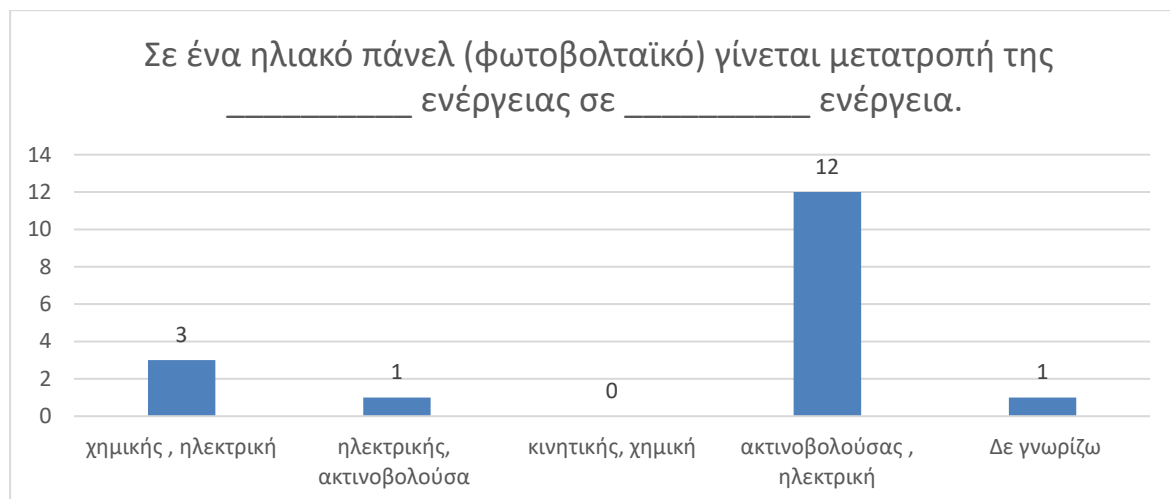


Εικόνα 5.31:Ερώτηση19- Pre test

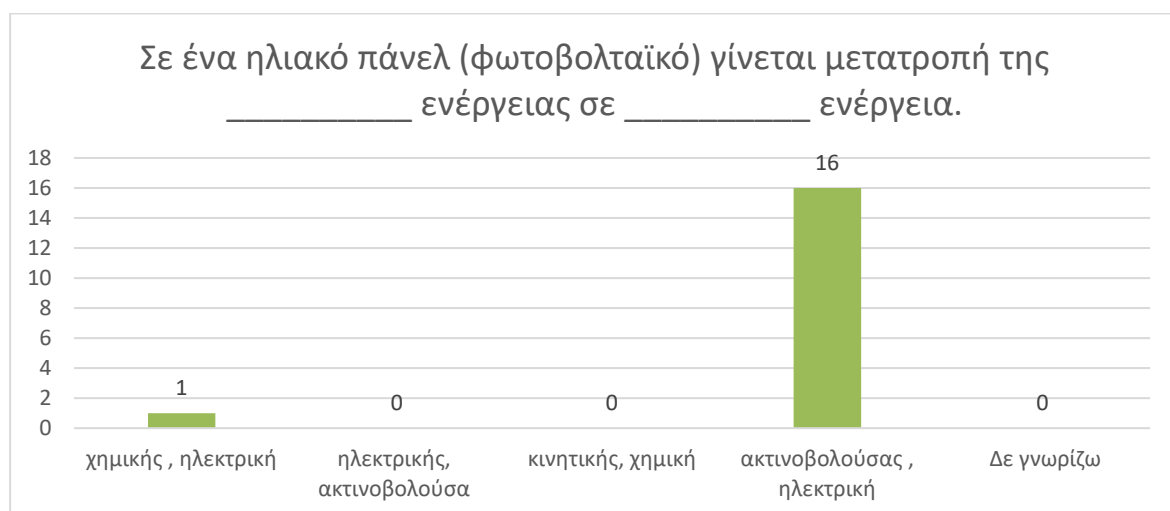


Εικόνα 5.32:Ερώτηση19- Post test

Οι περισσότεροι μαθητές σε αυτή την ερώτηση γνώριζαν ότι ο τρόπος που τοποθετούνται οι φωτοβολταϊκές πλάκες και οι ανεμογεννήτριες έχει να κάνει με τη μέγιστη απόδοσή τους. Ενώ μετά την παρέμβασή μας το ποσοστό αυτό μεγιστοποιήθηκε.

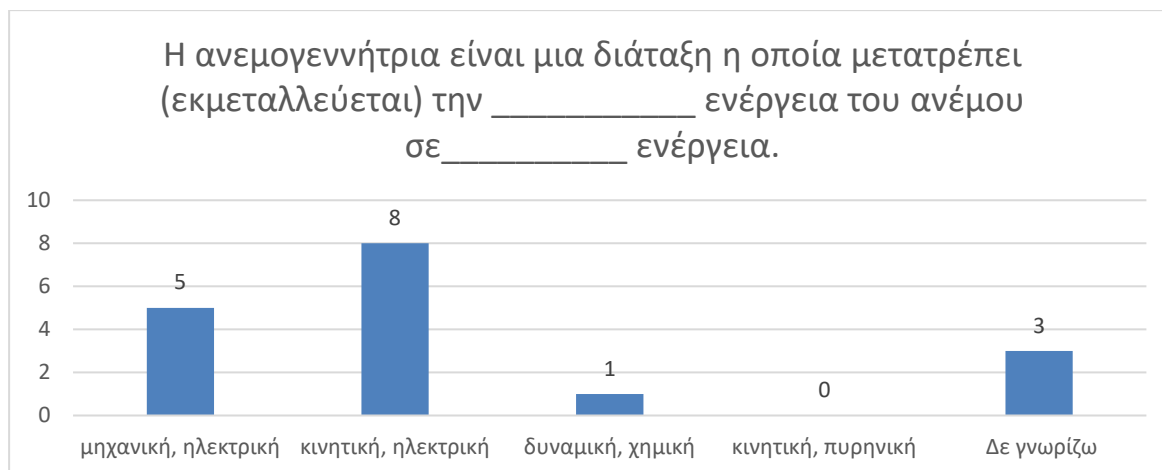


Εικόνα 5.33:Ερώτηση 20- Pre test

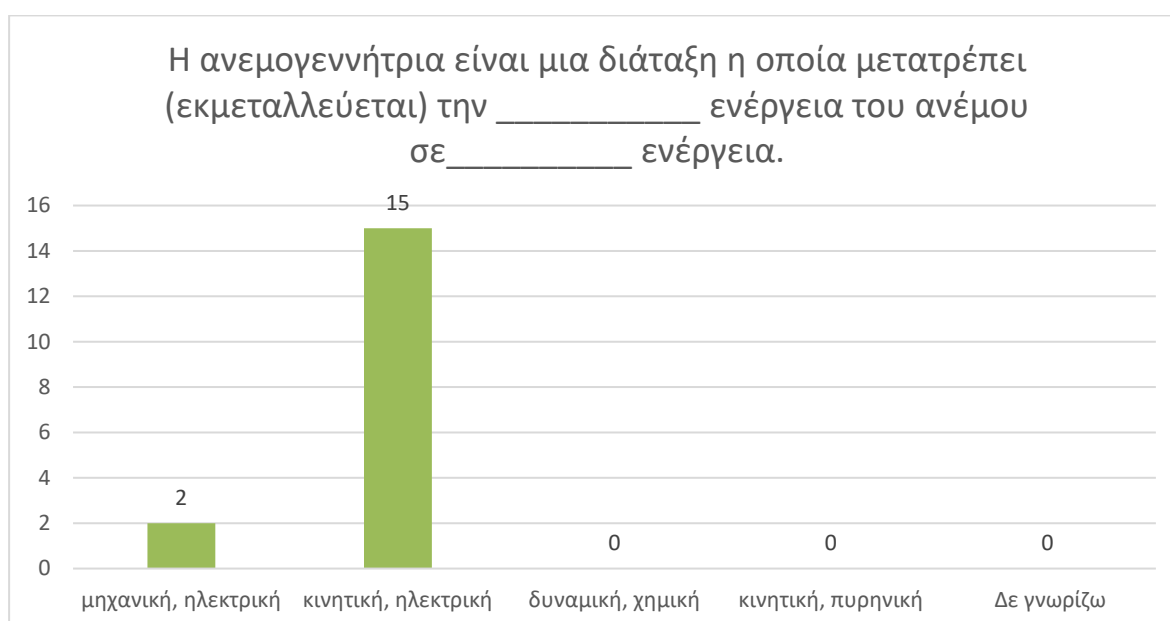


Εικόνα 5.34:Ερώτηση 20- Post test

Από το μάθημα της φυσικής οι μαθητές γνώριζαν ότι η ενέργεια δεν παράγεται από το μηδέν ούτε καταστρέφεται παρά μόνο αλλάζει μορφή. Με βάση αυτή τη γνώση τους τέθηκε το ερώτημα ποια ενέργεια και τί μετατροπή δέχεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της από το φωτοβολταϊκό. Το μεγαλύτερο ποσοστό από την αρχή απάντησε σωστά ενώ μετά μόνο ένας είχε λάθος.

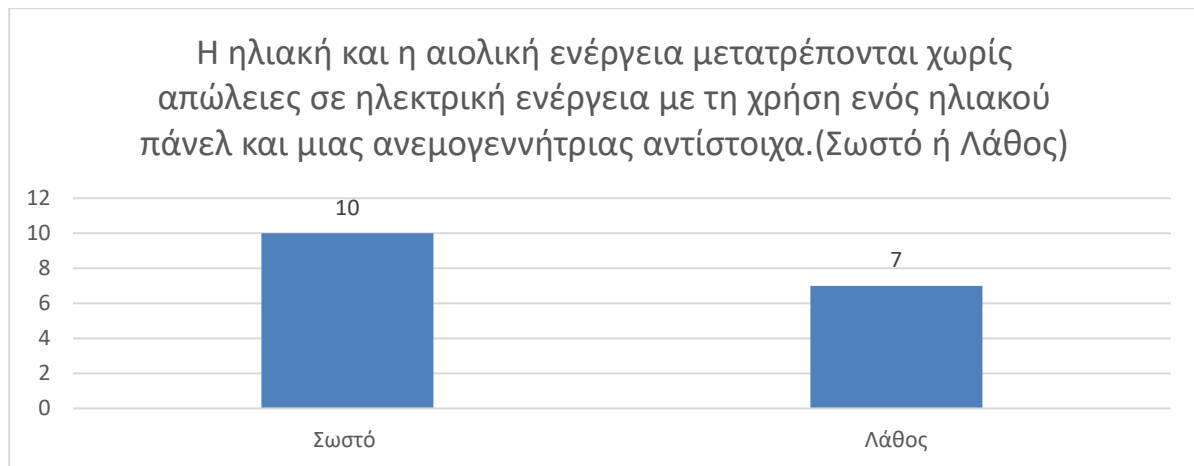


Εικόνα 5.35:Ερώτηση 21- Pre test

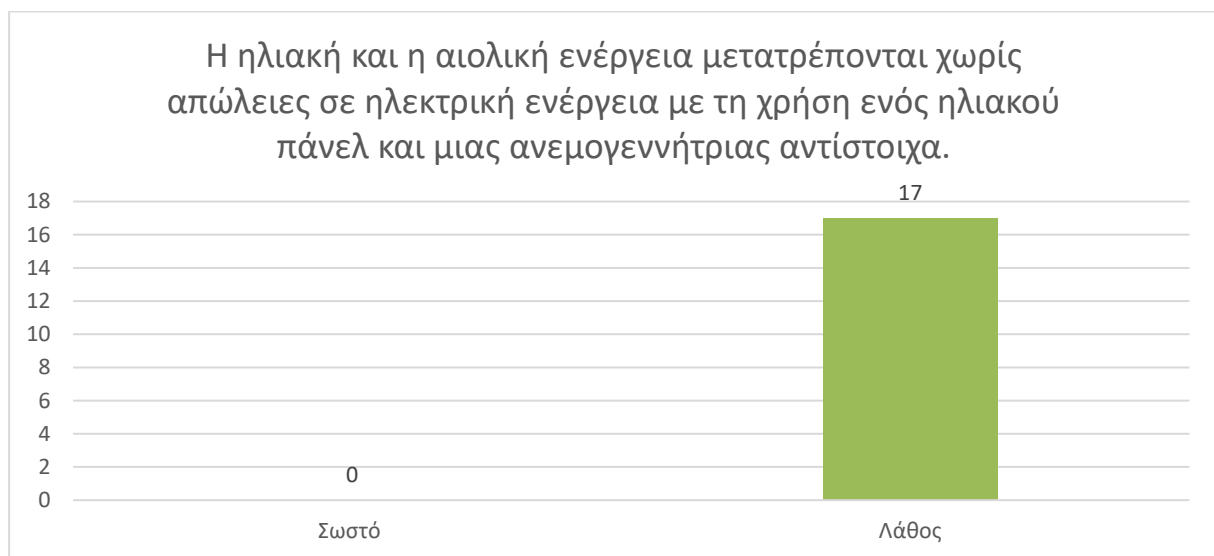


Εικόνα 5.36:Ερώτηση 21- Post test

Με την ίδια λογική της προηγούμενης ερώτησης τους τέθηκε το ερώτημα ποια ενέργεια και τί μετατροπή δέχεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της από την ανεμογεννήτρια. Οι περισσότεροι μπέρδεψαν την κινητική με τη μηχανική ενέργεια άρα το ποσοστό των μαθητών που επέλεξε μεταξύ των δύο αυτών επιλογών ήταν πολύ κοντά. Ωστόσο μετά το «Project» το πεδίο ξεκαθάρισε και οι περισσότεροι απάντησαν σωστά.



Εικόνα 5.37: Ερώτηση 22- Pre test



Εικόνα 5.38: Ερώτηση 22 Post test

Οι περισσότεροι μαθητές στην αρχή, λανθασμένα πίστευαν ότι δεν υπάρχει καμία απόκλιση μεταξύ της λαμβάνουσας και παραγόμενης ενέργειας. Ενώ μετά την διδασχή τους όλοι προσανατολίστηκαν σωστά.

Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα-Προτάσεις

6.1. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να αναπτυχθεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα STEM προσαρμοσμένη στις ανάγκες της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αρχικά σχεδιάστηκε μια εκπαιδευτική προσέγγιση STEM ξεκινώντας από τον καθορισμό του προβλήματος. Πραγματοποιήθηκε έρευνα, προσδιορίστηκαν οι απαραίτητες προϋποθέσεις, αναπτύχθηκαν ιδέες, έγινε επιλογή της βέλτιστης λύσης, κατασκευάστηκε πρότυπο και ύστερα από τον απαραίτητο έλεγχο επανασχεδιάστηκε όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Μέσα από αυτή την προσέγγιση οι μαθητές οδηγήθηκαν σε ουσιαστικότερη κατανόηση των φυσικών επιστημών. Είχαν την ευκαιρία να πειραματιστούν με μοντέλο προσομοίωσης βιοκλιματικού κτηρίου, που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Το μοντέλο προσομοίωσης βασίστηκε στη γνωστή πλατφόρμα Arduino και σε πληθώρα άλλων εργαλείων.

Αρχικά υλοποιήθηκε ο ψηφιακός σχεδιασμός του μοντέλου με χρήση CAD λογισμικού. Αυτός ο τρόπος αναπαράστασης βοήθησε στον παραμετρικό σχεδιασμό της κατασκευής. Αφού μας έδινε τη δυνατότητα μεταβολής διαστάσεων ανάλογα με τις απαιτήσεις του project. Στη συνέχεια, με την παραπάνω μέθοδο ερευνήθηκε η ποιότητα καθώς και η ποσότητα των υλικών που έπρεπε να αγοραστούν ώστε το μοντέλο να πραγματοποιηθεί. Ιδιαίτερα σημαντική κρίθηκε η χρήση του φωτοβολταϊκού και της μπαταρίας, αφού δεν υφίσταται σύγχρονο πράσινο κτήριο χωρίς αυτά. Τα περαιτέρω συστήματα που ερευνήθηκαν επέβλεπαν στην εξοικονόμηση ενέργειας (θέρμανσης, καταμέτρησης ατόμων, παράθυρα για δροσισμό και αυτόματο σύστημα φωτισμού και θυρών).

Έπειτα, μεγάλη βοήθεια προσέφερε ένας 3D εκτυπωτής ο οποίος δημιούργησε κομμάτια που ήταν αδύνατο να αγοραστούν. Ωστόσο σε αυτό το στάδιο σημαντικό τροχοπέδη αποτέλεσε η κατάλληλη επιλογή νήματος, αφού ο τύπος ABS ήταν δύσκολο να πάρει την κατάλληλη μορφή και έτσι αντικαταστάθηκε από PLA. Τέλος, οι συνδέσεις που ήταν απαραίτητες για τη λειτουργία του μοντέλου έγιναν με τέτοιο τρόπο που κατέστησαν τη μεταφορά δύσκολη αφού υπήρχε κίνδυνος καταστροφής κάποιας σύνδεσης.

Μέσω αυτής της εργασίας, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν τα χαρακτηριστικά ενός πραγματικού βιοκλιματικού κτηρίου που διαφορετικά δεν θα μπορούσαν. Ανέλυσαν τα προβλήματα που προέκυψαν και βάσει των διαθέσιμων υλικών βρήκαν λύσεις για τη βέλτιστη λειτουργία του συστήματος.

Σύμφωνα με την έρευνα που διεξήχθη μέσω ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι μαθητές πριν και μετά την διδακτική μας παρέμβαση μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα. Όπως φάνηκε από την παρουσίαση και την σύντομη ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτηματολόγια, οι εκπαιδευτικοί μας στόχοι στην πλειονότητά τους επιτευχθήκαν. Πολλές από τις προϋπάρχουσες ιδέες, αντιλήψεις και στάσεις των μαθητών μετά την παρέμβασή μας άλλαξαν ριζικά με αποτέλεσμα να οδηγηθούν στην Εννοιολογική Αλλαγή. Όλο αυτό έγινε όχι απλά παρακολουθώντας την διαδικασία αλλά συμμετέχοντας ενεργά σε αυτήν παίρνοντας ρόλους κάθε φορά που χρειαζόταν, για μπορέσουν να ολοκληρώσουν τα στάδιά της.

Μετά την ολοκλήρωση του «Project» έγινε συζήτηση με τα παιδιά με σκοπό να λάβουμε ανατροφοδότηση πάνω στο τι τους άρεσε περισσότερο. Οι μαθητές έδειξαν ασύλληπτο ενδιαφέρον για όλα τα στάδια του, αλλά περισσότερο τους άρεσε η διαδικασία των μετρήσεων θερμοκρασίας -

φωτεινότητας των αιθουσών τους και η κατασκευή και προγραμματισμός αυτοματισμών με το πακέτο Lego WeDo. Επίσης εντυπωσιάστηκαν με τις κατασκευές κυκλωμάτων με Arduino όπως επίσης με τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης. Τα παιδιά δήλωσαν ότι η συγκεκριμένη παρέμβαση τους βοήθησε να καταλάβουν περίπλοκες έννοιες των Φυσικών επιστημών με τις οποίες ασχοληθήκαμε αλλά και να καλλιεργήσουν δεξιότητες συνεργασίας. Πολλά δήλωσαν ότι η φυσική έγινε το αγαπημένο τους μάθημα και ανυπομονούν να ξανασυμμετάσχουν σε άλλο «Project» που να ασχολείται με φυσική, επίλυση προβλημάτων και κατασκευές με ρομποτικά πακέτα. Επίσης φρόντισαν να μας γνωστοποιήσουν ότι ανυπομονούν να μεγαλώσουν και να κάνουν μια πολύπλοκη κατασκευή σαν το μοντέλο του βιοκλιματικού κτηρίου που «έπαιξαν». Από τις απαντήσεις τους παρατηρούμε ότι απόλαυσαν όλη την διαδικασία της προσέγγισης STEM, την οποία θεώρησαν διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα.

6.2. Προτάσεις

Σε αυτό το σημείο κρίθηκε απαραίτητη η πρόταση κάποιων ενεργειών. Πρώτα από όλα είναι σημαντική η προσθήκη της απαιτούμενης ευφύιας. Αναλυτικότερα η αλληλεπίδραση όλων των αυτοματισμών και η προσαρμογή της συμπεριφοράς του κτηρίου στο χρήστη, θα ήταν ένα καλό πρώτο βήμα. Επίσης η αποθήκευση δεδομένων από τις διάφορες ενέργειες των αισθητήρων σε Cloud κρίνεται απαραίτητη για την αυτόνομη λειτουργία και ενημέρωση του χρήστη για την κατάσταση του κτιρίου. Όσον αφορά τη διδακτική σκοπιά, η συμμετοχή περισσότερων μαθητών θα ήταν πιο επωφελής καθώς τα αποτελέσματα της έρευνας θα ήταν πιο έγκυρα. Ακόμη η προσαρμογή του project στις ανάγκες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης θα βοηθούσε πολλούς μαθητές να γνωρίσουν τον εαυτό τους και να ανακαλύψουν τις κλίσεις τους.

Βιβλιογραφία

- [1] Αλαχιώτης, Σ. (2002). «Για ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό σύστημα» Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, 7, 7- 16. Ανακτήθηκε στις 06 Δεκεμβρίου 2021 από http://www.pischools.gr/download/publications/epitheorisi/teyxos7/epitheor_7.pdf
- [2] Γκόλτσιου Α., Σοφianoπούλου Χ, «Καλλιεργώντας τον ψηφιακό γραμματισμό σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης», 10th Pan-Hellenic and International Conference “ICT in Education”, Ioannina 2016
- [3] Δημητριάδης Σ., «Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό»[ηλεκτρ.βιβλ.]Αθήνα 2015, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Ανακτήθηκε στις 02/12/2021 από <http://hdl.handle.net/11419/3397>
- [4] Χαλκιά Κ., «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών». [Σημειώσεις Μαθήματος, Α' Τόμος]. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτική Εκπαίδευσης, Τομέας Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Αθήνα(2011)
- [5] Αγγελίδης Ν., Ευθυμιόπουλος Α., Λιούτα Χ., & Μασούρου Β. «Θεωρίες Μάθησης, Διδακτικές Πράξεις & Σύγχρονες μορφές Εκπαίδευσης». Ανακτήθηκε στις 01/12/2021 από https://et-in-arcadia-ego8.webnode.gr/_
- [6] Driver R., & Oldham V. (1986). «A constructivist approach to curriculum development in science». Studies in Science Education, 18, 105-122
- [7] Παπαευθυμίου Ε., «Διδακτική Αξιοποίηση της Ψηφιακής Αφήγησης στην εκμάθηση του ηλεκτρισμού (αγωγοί, μονωτές, ημιαγωγοί) μέσω της μεθοδολογίας STEM», ΜΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών και Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πάτρα 2020
- [8] Alfieri L., Brooks P. J., Aldrich N. J., & Tenenbaum H. R. (2011). «Does discovery-based instruction enhance learning?» Journal of Educational Psychology, 103(1), 1–18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- [9] Harlen, W., Elstgeest J. (1992). «UNESCO sourcebook for science in the primary school - A workshop approach to teacher education». Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- [10] Καριώτογλου Π., Κουμαράς Π. (1994). «Εκπαιδευτική Τεχνολογία II. Θέματα Διδακτικής Μεθοδολογίας». Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.
- [11] Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (1998). «Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών». Εκδόσεις τυπωθήτω
- [12] Harlow D., & Otero V. (2007). «Beyond Concepts: Transfer From Inquiry-Based Physics To Elementary Classrooms. In: McCullough, L., Hsu, L. & Heron, P. (Eds)», Proceedings in the Series of Physics Education Research Conferences, Melville, New York, pp. 73-76.
- [13] Brown E. (2006). «Discovery Learning in the Classroom». Ανακτήθηκε στις 12/11/2021 από <https://www.researchgate.net/publication/305174476>
- [14] Bruner J. S. (2009). «The Process of Education, Revised Edition». Harvard University Press

- [15] Σπύρτου Α., 2017 «Προσέγγιση των μοντέλων ωριαίας διδασκαλίας για τις φυσικές επιστήμες» Ανακτήθηκε στις 15/12/2021 από https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjwgf_x7v_1AhUgQ_EDHdehAegQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fclass.uowm.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Findex.php%3Fcourse%3DELED109%26download%3D%2F5e61417bfpXC%2F5e84a9cc4DHv%2F5e6141a68RAA.pdf&usg=AOvVaw1-S0A3qPxa_ScQZF0T1MXd
- [16] Forawi S, «Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education: Meaningful Learning Contexts and Frameworks,» 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), 2018, pp. 1-4.
- [17] Tsupros N., Kohler R, and Hallinen J., (2009). «STEM education: A project to identify the missing components. Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania». Ανακτήθηκε στις 15/12/2021 από τη διεύθυνση: http://www.iu1stemcenter.org/files/CMU_and_IU_STEM_Survey.pdf
- [18] Kennedy, Teresa J. and Michael R. L. Odell. «Engaging Students In STEM Education.» Science education international 25 (2014): 246-258.
- [19] Bybee R. W. (2010). «What Is STEM Education?» SCIENCE, 329. Retrieved on 10 March, 2018 from <http://science.sciencemag.org/content/329/5995/996>
- [20] Βασιλού Μ.(2021), "Ανακατασκευή μηχανών και μηχανισμών από τις σημειώσεις του Da Vinci", [ΜΔΕ], ΕΚΠΑ-Πανεπιστήμιο Πατρών
- [21] Morrison J. (2006). «TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education». Baltimore, MD: TIES.
- [22] Dewey, J. (1938). Experience and education. New York, NY: Collier Books.
- [23] Kilpatrick W. (1918). «The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Education» Process. Teachers College Record(19), σσ. 319- 335.
- [24] Mayes R., & Gallant B. (2018). «The 21st Century STEM Reasoning». US-China Education Review B, 8(2), σσ. 67-74
- [25] Kelley T. R., & Knowles, G. J. (2016). «A conceptual framework for integrated STEM education». International Journal of STEM Education, 3(11). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- [26] D. J. Cook, J. C. Augusto and V. R. Jakkula, «Ambient intelligence: Technologies applications and opportunities», Pervasive Mobile Comput., vol. 5, no. 4, pp. 277-298, Aug. 2009.
- [27] Diane J. Cook, Juan C. Augusto, Vikramaditya R. Jakkula, «Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities», Pervasive and Mobile Computing, 2009, Volume 5, Issue 4, Pages 277-298, <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.04.001>.
- [28] E. Aarts, J. Encarnacao True Visions: The Emergence of Ambient Intelligence Springer(2006)
- [29] I.A. Group, Scenarios for ambient intelligence in 2010, 2001
- [30] Phillips Research, Ambient intelligence: Changing lives for the better, 2007

- [31] A. Vasilakos, W. Pedrycz, «Ambient Intelligence, Wireless Networking, and Ubiquitous Computing», Artech House Publishers (2006)
- [32] Phillips Research, Other perspectives on ambient intelligence, 2007
- [33] https://el.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel, Ανακτήθηκε στις 17/12/2021
- [34] Κολιού Α., «Ρομποτικά Εργαλεία για τη διδασκαλία Εννοιών προγραμματισμού στο Γυμνάσιο», ΜΔΕ, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Αθήνα, 2018
- [35] Νικολός Δ., Μπακόπουλος Ν., Μισιρλή Α., Λαβράζος Γ., Κόμης Β., «Δραστηριότητες Scratch και Lego WeDo για το Δημοτικό», 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής, Θεσσαλονίκη 2013
- [36] Γνεσούλη Ε., «Πιλοτική Εφαρμογή του Scratch στη διδασκαλία του φαινομένου του σεισμού σε μαθητές Γυμνασίου», ΜΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2017
- [37] Γεωργιτζίκη Ν., «Δημιουργώ με Arduino και προγραμματίζω με το Ardublock», ISBN:978-618-00-1084-8
- [38] S. B. Nite, M. Margaret, R. M. Capraro, J. Morgan and C. A. Peterson, «Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A longitudinal examination of secondary school intervention», 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, 2014, pp. 1-7, doi: 10.1109/FIE.2014.7044214
- [39] Αλεβυζάκη Ε. (2008). «Ρομπρικές Αξιολόγησης της Επίδοσης Μαθητών σε Συνεργατικά Περιβάλλοντα Μάθησης», ΜΔΕ: Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων, Αθήνα
- [40] <http://buildinggreen.gr/vasikes-arxes-vioklimatikou-sxediasmou-1/> Ανακτήθηκε στις 18/12/2021
- [41] «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα», εκδόσεις ΚΑΠΕ 2002 14. Κωνσταντίνος Τσίππρας, «Οικολογική Αρχιτεκτονική», εκδ. Κέδρος 2005
- [42] «Κλίμα και εσωτερικό περιβάλλον- Βιοκλιματικός σχεδιασμός Κτιρίων» εκδόσεις Τ.Ε.Ε., έκδοση 2011
- [43] «Φυσικός αερισμός», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, ανακτήθηκε στις 12/12/2021 από http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
- [44] «Ηλιοπροστασία», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, ανακτήθηκε στις 12/12/2021 από http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.
- [45] Γεωργαντζάκος Γ., «Βιοκλιματικός Ανασχεδιασμός Σχολικού κτηρίου μέσω προσομοίωσης», ΜΔΕ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2017
- [46] «Οικολογική Δόμηση», εκδόσεις ελληνικά γράμματα, ΔΙΠΕ, 2000
- [47] «Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης» ανακτήθηκε στις 15/12/2021 από http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm

- [48] «Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού» ανακτήθηκε στις 15/12/2021 από http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_fotismos.htm
- [49] «Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού» ανακτήθηκε στις 15/12/2021 από http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_drosismos.htm
- [50] Πιριπίτση, Κ., «Σύγχρονα Ενεργειακά ζητήματα, Σημασία των ΑΠΕ και ΕΞΕ, Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας», Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου, 2010. Ανακτήθηκε από <http://www.mcit.gov.cy>
- [51] Kathy Velikov, Geoffrey Thun, Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms / Design and Construction of High-Performance Homes – Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice, Routledge, 2013
- [52] Καπετανίδης Β., «Εξυπνα Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτήρια και Βιομηχανίες», ΜΔΕ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2015
- [53] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, Επίσημη Ιστοσελίδα, www.cres.gr
- [54] Παπαδόπουλος Α., Αυγελής Α., 2003. «Ποιότητα εσωτερικού αέρα σε εκπαιδευτικά κτίρια». Θεσσαλονίκη: Εισήγηση στην ημερίδα: «Ασφάλεια και υγιεινή στα σχολικά κτίρια»
- [55] ΟΣΚ, 2008. Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων. Αθήνα ΟΣΚ.Α.Ε.
- [56] «Κτιριακές Υποδομές Α.Ε.
http://www.ktyp.gr/files/prodiagrafes/ypodomes_paideias/Odigos_Meleton.pdf
- [57] TOTEE 20702-5/2010. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων. Αθήνα: TEE
- [58] «Guide to reduce the Arduino Power Consumption» <https://diyi0t.com/arduino-reduce-power-consumption> Ανακτήθηκε 10/01/2022
- [59] Katopodis, Theodoros & Markantonis, Iason & Vlachogiannis, Diamando & Politi, Nadia & Sfetsos, Athanasios, 2020. High-Resolution Solar Climate Atlas for Greece under Climate Change Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model
- [60] «Calculating Incident Solar Radiation on Inclined Surface (Easy Method)»
<http://synergyfiles.com/2015/10/calculating-incident-solar-radiation-on-inclined-surface-easy-method/>
Ανακτήθηκε 11/01/2022
- [61] FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA) <https://zishanengineers.com/services/finite-element-analysis-fea> Ανακτήθηκε 15/01/2022
- [62] Advantages and Disadvantages of Electromagnetic Relay
<https://worldofelectricalengineering21.blogspot.com/2019/08/electromagnetic-relay.html> Ανακτήθηκε 15/01/2022
- [63] Songle Relay 5V - 5 Pin for Arduino (SRD-05VDC-SL-C)
<https://topelectronics.gr/electronics/relays/songle-relay-5v-5-pin-for-arduino-srd-05vdc-sl->
Ανακτήθηκε 15/01/2022

- [64] 5 Pin Relay Wiring Diagram - Use Of Relay <https://www.electricalonline4u.com/2020/11/5-pin-relay-wiring-diagram-use-of-relay.html> Ανακτήθηκε 14/01/2022
- [65] Κύκλωμα διαιρέτη τάσης <https://riverglennapts.com/el/current-voltage/240-voltage-divider.html> Ανακτήθηκε 13/01/2022
- [66] Battery Voltage State Of Charge Table / Battery "State Of Charge" Chart - SHTF Prepping .. <https://astrodinamis.blogspot.com/2021/05/battery-voltage-state-of-charge-table.html> Ανακτήθηκε 17/01/2022
- [67] MCP23017-E/SO Datasheet (PDF) - Microchip Technology <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/195336/MICROCHIP/MCP23017-E/SO.html> Ανακτήθηκε 15/01/2022
- [68] 74HC4052; 74HCT4052 Dual 4-channel analog multiplexer/demultiplexer <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/74HC4052.pdf> Ανακτήθηκε 14/01/2022
- [69] Adafruit IR Break Beam Sensor - 3mm LEDs <https://grobotronics.com/ir-break-beam-sensor-3mm-leds.html?s> Ανακτήθηκε 14/01/2022
- [70] ΣΤΑΘΑΚΟΠΟΥΛΟΣ,Β., «Μέθοδοι Έρευνας Αγοράς», Αθήνα: ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, 2005.
- [71] Τριπαλιτάκη, Μ., «Διδακτική παρέμβαση STEM στην Στ' Δημοτικού με θέμα: Μια ανθρώπινη αποικία στον πλανήτη Άρη», ΜΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών και Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2020

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι

ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η τάξη σας καλείται να συμμετέχει στο πρόγραμμα «Προτείνω λύσεις για τη βελτίωση συνθηκών στο μέρος που ζω». Η πλειοψηφία αποφάσισε να σχεδιάσει και να προτείνει λύσεις για τη μετατροπή του σχολικού σου κτιρίου σε βιοκλιματικό. Η αποστολή της ομάδας σας είναι να σχεδιάσει και να κατασκευάσει το μοντέλο ενός βιοκλιματικού κτιρίου.

Οι βασικοί σας στόχοι είναι:

- Οι άνθρωποι που θα χρησιμοποιούν τους χώρους του βιοκλιματικού σχολείου να έχουν την θερμική και οπτική άνεση που χρειάζονται κάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας.
- Το κτίριο να αξιοποιεί ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή.

Ονόματα μελών της ομάδας σας:



Φύλλο Εργασίας 1

Διερεύνηση του προβλήματος

Κάνω μια έρευνα για το τι είναι βιοκλιματικό κτήριο διαβάζοντας κάποια άρθρα και βλέποντας βίντεο. Στη συνέχεια καταγράφω τα αποτελέσματα που βρήκα κατά την αναζήτηση.

Βιοκλιματικό Κτίριο

Φύλλο Εργασίας 2

Αναγνώριση προβλήματος

Για να μετατρέψουμε ένα κτήριο σε βιοκλιματικό θα πρέπει να αναλογιστούμε ποιες ανάγκες χρειάζεται να καλύψει η χρήση αυτού του κτηρίου....

Τι ανάγκες έχουν οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν το κτίριο; (Στη συγκεκριμένη περίπτωση σχολικό κτίριο).

Πιστεύετε ότι ο κάθε χώρος του σχολικού κτιρίου πρέπει να έχει τις ίδιες συνθήκες;

Μπορείτε να προτείνετε κάποιους τρόπους για να έχω δωρεάν ενέργεια;

Που θα αξιοποιούσατε την ενέργεια που θα εξοικονομούσατε;

Φύλλο εργασίας 3

Κάντε έρευνα για να δείτε ποιες είναι οι ενδεικτικές θερμοκρασίες που πρέπει να έχουν οι χώροι ενός σχολικού κτιρίου, όπως επίσης και την ενδεικτική φωτεινότητα των αιθουσών διδασκαλίας.

Χώρος	Θερμοκρασία	Φωτεινότητα

Η κάθε ομάδα συμπληρώστε έναν πίνακα καταγραφής θερμοκρασίας ή φωτεινότητας για δυο εβδομάδες κάνοντας μετρήσεις σε μια αίθουσα της επιλογής σας (η κάθε ομάδα πρέπει να επιλέξει μια διαφορετική αίθουσα). Στη συνέχεια καταχωρίστε τις μετρήσεις που κάνατε στο Microsoft Excel και δημιουργείστε γραφήματα στήλης.

Παρατηρείστε τα αποτελέσματά σας και γράψτε τα συμπεράσματά σας. Επικοινωνήστε τα συμπεράσματά σας με τις υπόλοιπες ομάδες.

Συμπεράσματα

Φύλλο καταγραφής θερμοκρασίας

Καταγραφή θερμοκρασίας σε °C			
ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
Αίθουσα			
Προσανατολισμός			
Δευτέρα			
	Θερμοκρασία	Πρωί	
		Μεσημέρι	
Τρίτη			
	Θερμοκρασία	Πρωί	
		Μεσημέρι	
Τετάρτη			
	Θερμοκρασία	Πρωί	
		Μεσημέρι	
Πέμπτη			
	Θερμοκρασία	Πρωί	
		Μεσημέρι	
Παρασκευή			
	Θερμοκρασία	Πρωί	
		Μεσημέρι	

Φύλλο καταγραφής φωτεινότητας

Καταγραφή φωτός σε LUX			
ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
Αίθουσα			
Προσανατολισμός			
Δευτέρα			
	Φως	κοντά στο παράθυρο	
		κοντά στην πόρτα	
		πίσω στην αίθουσα	
Τρίτη			
	Φως	κοντά στο παράθυρο	
		κοντά στην πόρτα	
		πίσω στην αίθουσα	
Τετάρτη			
	Φως	κοντά στο παράθυρο	
		κοντά στην πόρτα	
		πίσω στην αίθουσα	
Πέμπτη			
	Φως	κοντά στο παράθυρο	
		κοντά στην πόρτα	
		πίσω στην αίθουσα	
Παρασκευή			
	Φως	κοντά στο παράθυρο	
		κοντά στην πόρτα	
		πίσω στην αίθουσα	

Φύλλο εργασίας 4

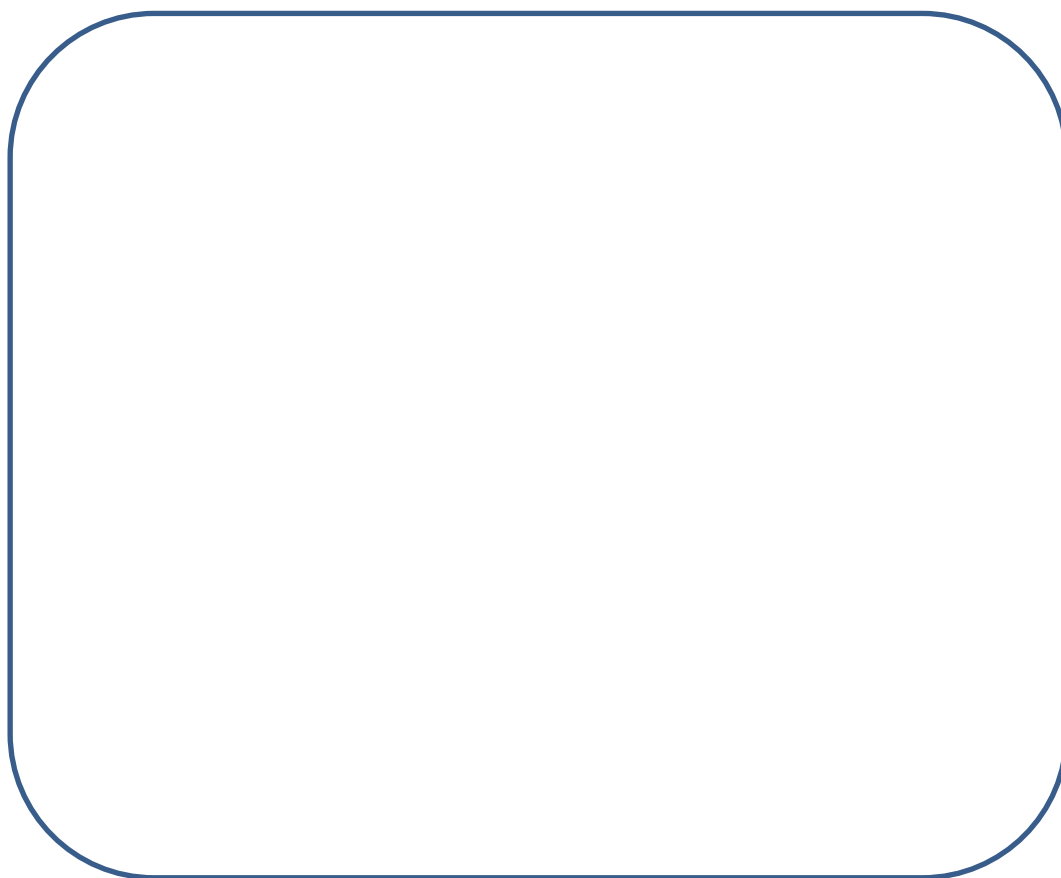
Μπράβο! Καταφέρατε να κάνετε μετρήσεις και να βγάλετε συμπεράσματα.

1. Τι προβλήματα προκύπτουν ως προς την κατανάλωση ενέργειας μετά τα συμπεράσματά σας;
Πιστεύετε ότι γίνεται άσκοπη κατανάλωση ενέργειας;

2. Τι λύσεις θα προτείνατε έτσι ώστε να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας στο σχολείο σας;

Φύλλο εργασίας 5

- ✓ Σχεδιάστε και στη συνέχεια κατασκευάστε ένα μοντέλο βιοκλιματικού σχολείου με υλικά της επιλογής σας.



- ✓ Τι αυτοματισμούς θα βάζατε ώστε να εξοικονομήσετε ενέργεια;

Φύλλο εργασίας 6

Τεχνητή νοημοσύνη

1. Επισκεφτείτε τη σελίδα <https://www.autodraw.com/>
 - Ζωγραφίστε κάτι. Τι παρατηρείτε;
«Η Τ.Ν. μαντεύει τι προσπαθείτε να ζωγραφίσετε...»
2. Επισκεφτείτε τη σελίδα <https://magic-sketchpad.glitch.me/>
 - Ζωγραφίστε κάτι. Τι παρατηρείτε;
«Η Τ.Ν. συνεχίζει τη ζωγραφιά σας...Πως γίνεται αυτό;»
3. Επισκεφτείτε τη σελίδα <https://studio.code.org/s/oceans/>

AI για τους ωκεανούς

- Μάθετε πώς η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση παγκόσμιων προβλημάτων. Ακολουθείστε όλα τα βήματα της δραστηριότητας.
- Ποιες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης είδατε στα βίντεο;

- Τι νομίζετε ότι είναι τεχνητή νοημοσύνη με απλά λόγια;

4. Έχετε ακούσει για τα έξυπνα κτήρια; Πότε πιστεύετε ότι ένα κτήριο χαρακτηρίζεται «έξυπνο»; Ποιο είναι το χαρακτηριστικό του γνώρισμα;

Παράρτημα II

Ερωτηματολόγιο

1. Ποιο είναι το φύλο σου;
2. Ποια είναι η ηλικία σου;
3. Ποιο μάθημα προτιμάς περισσότερο;
 - Γλώσσα
 - Ιστορία
 - Μαθηματικά
 - Φυσική
 - Θρησκευτικά
4. Πόσο σου αρέσει να ασχολείσαι με τη φυσική;
 - Ελάχιστα
 - Αρκετά
 - Πολύ
 - Πάρα πολύ
5. Έχεις ασχοληθεί με κατασκευές Lego WeDO;
 - Ναι
 - Όχι
6. Γνωρίζεις για το φαινόμενο της "κλιματικής αλλαγής";
 - Ναι
 - Όχι
 - Λίγα Πράγματα
7. Η κλιματική αλλαγή οφείλεται στην υπερβολική κατανάλωση ενέργειας.
 - Σωστό
 - Λάθος
8. Ποιο ή ποια από τα παρακάτω αποτελούν επιπτώσεις της "Κλιματικής αλλαγής";
 - Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
 - Μείωση της θερμοκρασίας
 - Ακραία καιρικά φαινόμενα
 - Δεν ξέρω
9. Ποιο από τα παρακάτω φαινόμενα σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή; (Δώστε 1 ή παραπάνω απαντήσεις)
 - Τσουνάμι
 - Σεισμός
 - Άνοδος θερμοκρασίας
 - Πλημμύρες
10. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να είναι γενικά για τη Γη:
 - ευεργετικό
 - καταστροφικό
 - και τα δύο
11. Μπορείς να εξηγήσεις με ποιον τρόπο το φαινόμενο του θερμοκηπίου επηρεάζει τη διαρκή άνοδο μέχρι τώρα της θερμοκρασίας της Γης;
12. Τι είναι βιοκλιματικό κτήριο;
13. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων είναι μια λύση για εξοικονόμηση ενέργειας
 - Σωστό

- Λάθος
14. Τι προσανατολισμό πρέπει να έχει ένα κτίριο έτσι ώστε να εκμεταλλευτεί τον ήλιο για θέρμανση και φωτισμό;
- Ανατολικό
 - Δυτικό
 - Νότιο
 - Βόρειο
15. Τι επηρεάζει τη μείωση του οξυγόνου σε ένα χώρο
- Το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο
 - Το μέγεθος του χώρου
 - Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω
16. Ποιο είναι το βασικό χαρακτηριστικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που τις διαφοροποιεί από τις μη ανανεώσιμες;
17. Ποιες από τις παρακάτω είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;
- Άνεμος
 - Πετρέλαιο
 - Φυσικό αέριο
 - Γεωθερμία
 - Νερό
 - Ορυκτοί άνθρακες
 - Ήλιος
18. Σε ένα βιοκλιματικό κτίριο είναι συμφέρον να χρησιμοποιήσετε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Σωστό
 - Λάθος
19. Για ποιο λόγο οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ;
- Αισθητικοί λόγοι
 - Μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας
 - Ανάλυση μετεωρολογικών δεδομένων
 - Δε γνωρίζω
20. Σε ένα ηλιακό πάνελ (φωτοβολταϊκό) γίνεται μετατροπή της _____ ενέργειας σε _____ ενέργεια.
- χημικής , ηλεκτρική
 - ηλεκτρικής, ακτινοβολούσα
 - κινητικής, χημική
 - ακτινοβολούσας , ηλεκτρική
 - Δε γνωρίζω
21. Η ανεμογεννήτρια είναι μια διάταξη η οποία μετατρέπει (εκμεταλλεύεται) την _____ ενέργεια του ανέμου σε _____ ενέργεια.
- μηχανική, ηλεκτρική
 - κινητική, ηλεκτρική
 - δυναμική, χημική
 - κινητική, πυρηνική
 - Δε γνωρίζω

22. Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια μετατρέπονται χωρίς απώλειες σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση ενός ηλιακού πάνελ και μιας ανεμογεννήτριας αντίστοιχα.
- Σωστό
 - Λάθος

Παράρτημα III

Τμήμα κώδικα

Συστήμα αυτόματου φωτισμού

```
#include "Adafruit_MCP23X17.h"
#include <EEPROM.h> // Header for ROM
#include "Servo.h"
#include "DHT.h"

#define PR_THRESHOLD 650
#define del 40
#define LED_SIZE 4

Adafruit_MCP23X17 mcp1, mcp2, mcp3, mcp4, mcp5;

int LED1[4] = {8, 9, 10, 11};
int LED2[4] = {7, 6, 5, 4};

int PR2[4];
int PR1[4];

int AM3_S0 = 7;
int AM3_S1 = 4;
int AM2_S0 = 6;
int AM2_S1 = 5;

int PR2_S[4][2] = {{1, 0}, {0, 1}, {1, 1}, {0, 0}};
int PR1_S[4][2] = {{0, 1}, {1, 1}, {0, 0}, {1, 1}}; // For PR1[1] read A3 from Arduino

int IR_PIN[6] = {14, 15, 5, 6, 4, 7};
int IR_MCP[6] = {2, 2, 2, 5, 2, 5};

int RE_PIN[4] = {10, 11, 12, 13};
int IR[6];

bool set_high_LED1[4] = {false, false, false, false};
bool set_high_LED2[4] = {false, false, false, false};

int offset_PR1[4] = {0, 0, 0, 0};
int offset_PR2[4] = {0, 0, 0, 0};

float Temp[3];
float Humid[3];

////////// SETUP //////////////////////////////////////

void setup() {
  Serial.begin(9600);
```

```

//Set LEDS to low////////////////////////////////////////

for (int i = 0; i < LED_SIZE; i++)
{
  mcp3.digitalWrite(LED1[i], LOW);
  mcp4.digitalWrite(LED2[i], LOW);

  Serial.println(i);

  Serial.println("====LEDS====");
  Serial.println("LED1");
  Serial.println(LED1[i]);
  Serial.println("LED2");
  Serial.println(LED2[i]);
}
// Set pin Modes////////////////////////////////////////
// LEDS

for (int i = 0; i < LED_SIZE; i++)
{
  mcp3.pinMode(LED1[i], OUTPUT);
  mcp4.pinMode(LED2[i], OUTPUT);
}

// Analog Multiplexer Inputs

mcp3.pinMode(AM2_S0, OUTPUT);
mcp3.pinMode(AM2_S1, OUTPUT);
mcp3.pinMode(AM3_S0, OUTPUT);
mcp3.pinMode(AM3_S1, OUTPUT);

}

void loop() {

  // Read photoresistors////////////////////////////////

  for (int i = 0; i < LED_SIZE; i++)
  {
    // PHOTO1

    if (PR1_S[i][0])
      mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
    else
      mcp3.digitalWrite(AM2_S0, LOW);

    if (PR1_S[i][1])
      mcp3.digitalWrite(AM2_S1, HIGH);
    else
      mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);
  }
}

```



```

    if (i == 1)
        PR1[i] = analogRead(A3);
    else
        PR1[i] = analogRead(A2);
        Serial.println(PR1[i]);
        delay(500);

// PHOTO 2
mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);

if (PR2_S[i][0])
    mcp3.digitalWrite(AM3_S0, HIGH);
else
    mcp3.digitalWrite(AM3_S0, LOW);

if (PR2_S[i][1])
    mcp3.digitalWrite(AM3_S1, HIGH);
else
    mcp3.digitalWrite(AM3_S1, LOW);

PR2[i] = analogRead(A2);

}

// Actuate leds accordingly
for (int i = 0; i < LED_SIZE; i++)
{
    // PHOTO1
    if ( PR1[i] - offset_PR1[i] <= PR_THRESHOLD && !set_high_LED1[i])
    {
        mcp3.digitalWrite(LED1[i], HIGH);
        set_high_LED1[i] = true;
        delay(del);

        // PHOTO1
        if (PR1_S[i][0])
            mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
        else
            mcp3.digitalWrite(AM2_S0, LOW);

        if (PR1_S[i][1])
            mcp3.digitalWrite(AM2_S1, HIGH);
        else
            mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);

        if (i == 1)
            offset_PR1[i] = analogRead(A3) - PR1[i];
        else
            offset_PR1[i] = analogRead(A2) - PR1[i];
    }
}

```

```

if ( PR2[i] - offset_PR2[i] <= PR_THRESHOLD && !set_high_LED2[i])
{
    mcp4.digitalWrite(LED2[i], HIGH);
    set_high_LED2[i] = true;
    delay(del);

    // Change offsets
    //PHOTO2
    mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
    mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);

    if (PR2_S[i][0])
        mcp3.digitalWrite(AM3_S0, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM3_S0, LOW);

    if (PR2_S[i][1])
        mcp3.digitalWrite(AM3_S1, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM3_S1, LOW);

    offset_PR2[i] = analogRead(A2) - PR2[i];
}

// TURN LEDS LOW//////////////////////////////////////////
// LED1

if (PR1[i] - offset_PR1[i] >= PR_THRESHOLD && set_high_LED1[i])
{
    mcp3.digitalWrite(LED1[i], LOW);
    delay(del);
    set_high_LED1[i] = false;

    // PHOTO1
    if (PR1_S[i][0])
        mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM2_S0, LOW);

    if (PR1_S[i][1])
        mcp3.digitalWrite(AM2_S1, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);

    if (i == 1)
        offset_PR1[i] = 0;
    else
        offset_PR1[i] = 0;

}
// LED2

```

```

if (PR2[i] - offset_PR2[i] >= PR_THRESHOLD && set_high_LED2[i])
{
    mcp4.digitalWrite(LED2[i], LOW);
    delay(del);

    set_high_LED2[i] = false;

    //PHOTO2
    mcp3.digitalWrite(AM2_S0, HIGH);
    mcp3.digitalWrite(AM2_S1, LOW);

    if (PR2_S[i][0])
        mcp3.digitalWrite(AM3_S0, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM3_S0, LOW);

    if (PR2_S[i][1])
        mcp3.digitalWrite(AM3_S1, HIGH);
    else
        mcp3.digitalWrite(AM3_S1, LOW);

    offset_PR2[i] = 0;

}
}
delay(5);
}

```