



DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Energy autonomy of sensors in the sea

Ενεργειακή αυτονομία αισθητήρων
στην θάλασσα

Αντώνιος Μπαμπαλής

Επιβλέπων καθηγητής : Μιχάλης Κιζήρογλου

Θεσσαλονίκη 2021

Summary

Every day energy production leaves more and more moments on the planet. The aim of the dissertation is to try to harvest energy with minimal impact on the environment. Through the study of the thermoelectric effect and in combination with modern technology we try to create a buoy that will take advantage of the energy of the sun and water through a thermal generator and will give back this energy in the form of information in order to optimise our biotic level.

Περίληψη

Καθημερινα η παραγωγη ενεργειας αφηνει ολο και περισσοτερα στιγματα στον πλανητη. Στοχος την πτυχιακης εργασιας ειναι η προσπαθεια συγκομιδης ενεργειας με μηδαμινες επιπτωσεις στο περιβαλλον . Μεσω της μελετης του θερμοηλεκτρικου φαινομενου και σε συνδυασμό με συγχρονη τεχνολογια προσπαθουμε να δημιουργησουμε μια σημαδουρα που θα εκμεταλλεύεται την ενεργεια του ηλιου και του νερου μεσω θερμο ηλεκτρογεννητριας και θα δινει πισω αυτην την ενεργεια σε μορφη πληροφοριας με σκοπό την βελτιστοποίηση του βιοτικου μας επιπεδου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω κυρίως τον κύριο Μιχάλη Κιζήρογλου για τις γνώσεις και οδηγίες που μου παρέχει , την υπομονή , το κύρος του και τον χρόνο που αφιέρωσε. Τους συμφοιτητες μου για τις συζητήσεις και ανταλλαγες ιδεων που συνεβαλαν στην καθοδήγηση προς την ολοκλήρωση της εργασιας .

Πίνακας περιεχομένων

1 Ιστορική εξέλιξη	8
1.1 Η ανακάλυψη του θερμοηλεκτρικού φαινομένου	8
1.2 Αξιοποίηση του θερμοηλεκτρικού φαινομένου	9
1.3 Μελλοντικές βλέψεις	10
2 Θερμοηλεκτρικό Φαινόμενο	10
2.1 Γενικευση	10
2.2 Φαινομενο Peltier	11
2.3 Φαινόμενο Seebeck	12
2.4 Φαινομενο Thomson	13
2.5 Θερμοζεύγος	13
2.6 Εισαγωγή θερμοηλεκτρικών γεννητριών	14
2.7 Βάση θερμοηλεκτρικών γεννητριών	15
2.8α Σχεδιασμος θερμοηλεκτρικών γεννητριών	16
2.8β Μετρο ποιότητας και διάταξη θερμοζεύγους	17
3 Έξυπνες Σημαδούρες	19
3.1 Αρχή του Αρχιμήδη	19
3.2 Ιστορία των σημαδούρων	20
3.3 Έξυπνες σημαδούρες	21
3.4 Σύστημα αισθητήρων και ανάλυσης	22
3.5 Σύστημα μετάδοσης και επικοινωνίας	22
4 Σημαδούρα	23

4.1 Solidworks	23
4.2 Υλικό αλλαγής φάσης-Phase change material	24
4.3 Μονάδα αποθήκευσης θερμότητας - Heat storage unit	25
4.4 Κατασκευή και Πείραμα	26
5 Μελλοντικές προσθήκες και βελτιώσεις για επέκταση του project	33

Επεξήγηση ακρωνυμίων

TEG: θερμοηλεκτρικές γεννήτριες - thermoelectric generator

HSU: μονάδας αποθήκευσης θερμότητας-Heat storage unit

PCM: υλικο αλλαγής φάσης- phase change material

TC : θερμοζεύγος- Thermocouple

Tc : Χαμηλή θερμοκρασία

Th : Υψηλή θερμοκρασία

Z αριθμό αξίας

α : συντελεστής Seebeck

ρ : ηλεκτρική αντίσταση

λ : θερμική αγωγιμότητα

TE θερμοηλεκτρικού υλικού

T απόλυτη θερμοκρασία

KTEG η θερμική αγωγιμότητα της γεννήτριας

RTEG εσωτερική ηλεκτρική αντίσταση

P ηλεκτρική ισχύς

Qh εισερχόμενη ροή θερμότητας στη θερμή πλευρά του TEG

WSN ασύρματα δίκτυα αισθητήρων- wireless sensor network

CAD : σχεδιασμός με βοήθεια υπολογιστή-computer aided design

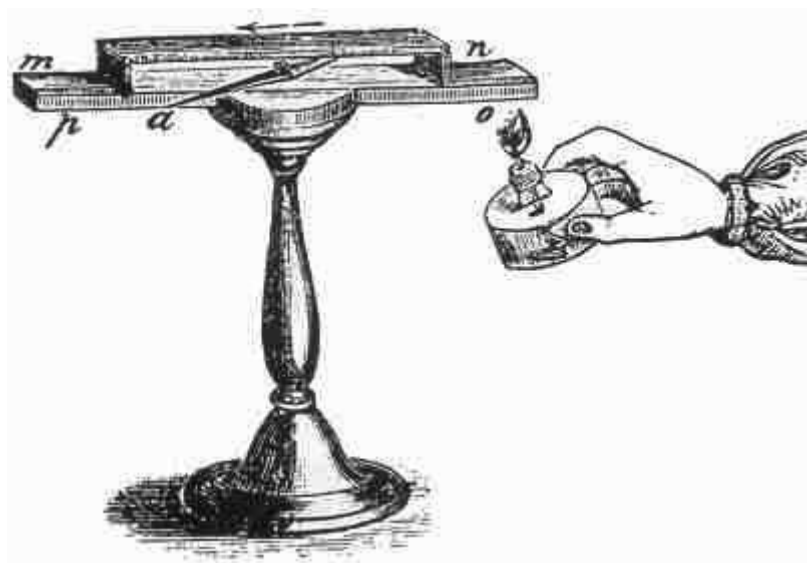
Mm: χιλιοστά - millimeter

ΔT διαφορά θερμοκρασίας

1 Ιστορική εξέλιξη

1.1 Η ανακάλυψη του θερμοηλεκτρικού φαινομένου

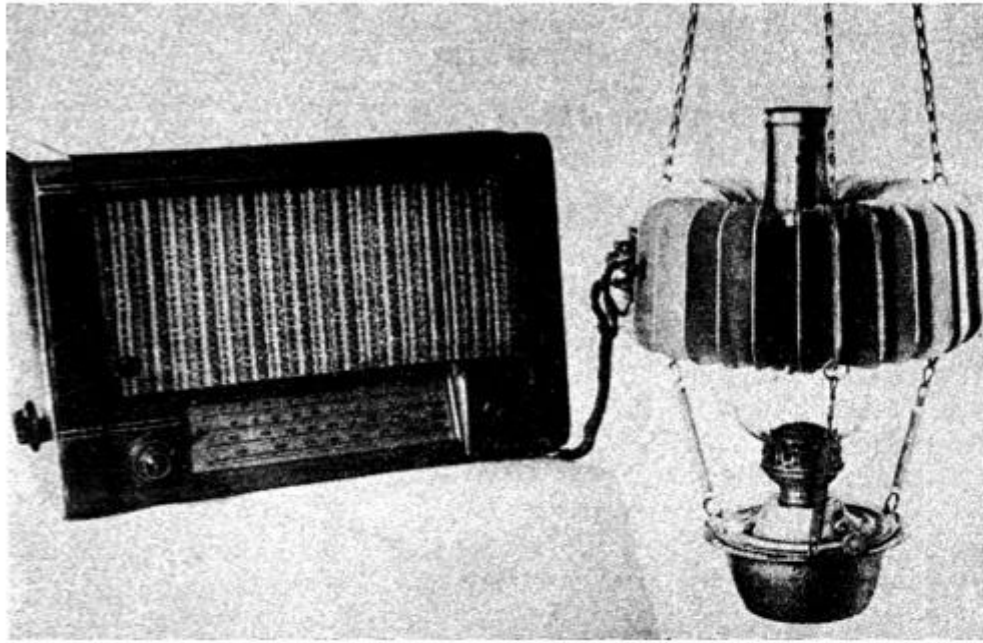
Ήδη το 1794, ο Ιταλός φυσικός Alessandro Volta παρατήρησε, ότι μια μεταλλική ράβδος που τελειώνει ήταν σε διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλεί σπασμό στους μυς βατράχων. Από τη σημερινή προοπτική, η διαφορά θερμοκρασίας στο μέταλλο προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα που διεγείρει τον μυ. Εκείνη την εποχή όμως, η κατανόηση της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν πολύ περιορισμένη και η αιτία της επίδρασης είναι ασαφής. Δεν ήταν πριν από το 1822, ο Thomas Johann Seebeck ανακάλυψε το ίδιο αποτέλεσμα όταν παρατήρησε την εκτροπή μιας βελόνας πυξίδας κοντά σε δύο συνδέσεις μετάλλων που διατηρήθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Προς τιμήν του, η άμεση μετατροπή από θερμότητα σε ηλεκτρισμό στη διασταύρωση δύο αγωγών ονομάστηκε αργότερα το φαινόμενο Seebeck. Μαζί με το φαινόμενο Peltier, που ανακαλύφθηκε το 1834 και το φαινόμενο Thomson, που ανακαλύφθηκε το 1851, το εφέ Seebeck περιγράφει το άθροισμα των φυσικών διεργασιών που γνωρίζουμε σήμερα ως θερμοηλεκτρικά. Αν και τα θερμοηλεκτρικά ήταν γνωστά για πολλά χρόνια, χρειάστηκε σχεδόν ένας αιώνας από την ανακάλυψη της επίδρασης στην ενεργή έρευνα στον τομέα. Στις αρχές του 20ού αιώνα, θερμοηλεκτρικά υλικά μελετήθηκαν εκτενώς για εφαρμογές σε στρατιωτική και στρατιωτική χρήση. Μέχρι το 1950, πολλοί επιστήμονες ήταν πεπεισμένοι ότι τα θερμοηλεκτρικά θα αντικαταστήσουν σύντομα τα συμβατικά ψυγεία και τους κινητήρες θερμότητας.



Εικόνα 1: όργανο που χρησιμοποιείται από τον Seebeck για να παρατηρήσει την εκτροπή μιας βελόνας πυξίδας (α) λόγω ενός θερμοηλεκτρικού ρεύματος που προκαλείται από τη θέρμανση της ένωσης δύο διαφορετικών μετάλλων (n και ο). [1]

1.2 Αξιοποίηση του θερμοηλεκτρικού φαινομένου

Το 1948, η πρώτη εμπορική θερμοηλεκτρική γεννήτρια (TEG) αναπτύχθηκε στην ΕΣΣΔ. Τοποθετήθηκε στην κορυφή από μια λάμπα καύσης λαδιού και μπόρεσε να τροφοδοτήσει ένα συνδεδεμένο ραδιόφωνο. Η πρόοδος στην επεξεργασία υλικών ημιαγωγών οδήγησε σύντομα σε TEG και μονάδες ψύξης με υψηλότερη απόδοση και, ως αποτέλεσμα, σε πιο εμπορική εξερεύνηση. Ωστόσο, η επιτυχία των θερμοηλεκτρικών συσκευών επισκιάστηκε σύντομα από τη μαζική πρόοδο και την επιτυχία στον τομέα των μπαταριών. Παρά τα πλεονεκτήματα, τα θερμοηλεκτρικά ωθήθηκαν σε εξειδικευμένες αγορές όπως η παραγωγή ενέργειας στο διάστημα ή η ψύξη Peltier στην οπτοηλεκτρονική και τα μικρά ψυγεία. Αλλά αυτό δεν ήταν το τέλος των θερμοηλεκτρικών. Τα τελευταία χρόνια, η μικροκατασκευή επιτρέπει μικρότερες, φθηνότερες και αποδοτικότερες ενότητες. Σήμερα, τα TEG μπορούν να έχουν μήκος μόνο μερικά χιλιοστά, πάχος μικρότερο από ένα χιλιοστό και να περιέχουν εκατοντάδες θερμοζεύγη. Ως αποτέλεσμα, σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να παραχθούν από διαφορές θερμοκρασίας μόνο μερικών βαθμών. Ο συνδυασμός μικρού μεγέθους και υψηλής απόδοσης επιτρέπει εφαρμογές που ήταν αδιανόητες πριν από 20 χρόνια.



Εικόνα 1.1: Λάμπα καύσης λαδιού που τροφοδοτεί ένα ραδιόφωνο χρησιμοποιώντας την πρώτη εμπορική θερμοηλεκτρική γεννήτρια, ΕΣΣΔ 1948 [2](M.V. Vedernikov, E.K. Iordanishvili)

1.3 Μελλοντικές βλέψεις

Πολλοί επιστήμονες παγκοσμίως προωθούν τα σύνορα των θερμοηλεκτρικών. Η νανοτεχνολογία υπόσχεται σημαντική αύξηση της αξίας της θερμοηλεκτρικής μορφής με το διαχωρισμό των ηλεκτρικών και θερμικών ιδιοτήτων ενός υλικού. Παράλληλα, οι ερευνητές ερευνούν εύκαμπτα υποστρώματα, θερμοηλεκτρικά υφάσματα και υλικά χαμηλού κόστους. Σύντομα, θα μπορούσαμε να έχουμε θερμοηλεκτρικά φύλλα ή ίνες, απευθείας υφασμένα στα ρούχα μας. Οι γεννήτριες θα μπορούν να καλύπτουν μεγάλες περιοχές του σώματός μας ή άλλες αυθαίρετες επιφάνειες χωρίς να είναι αισθητές. Η ισχύς που παράγεται με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να τροφοδοτήσει αισθητήρες και ενεργοποιητές απευθείας ενσωματωμένους στο ρούχο χωρίς την ανάγκη επαναφόρτισης.

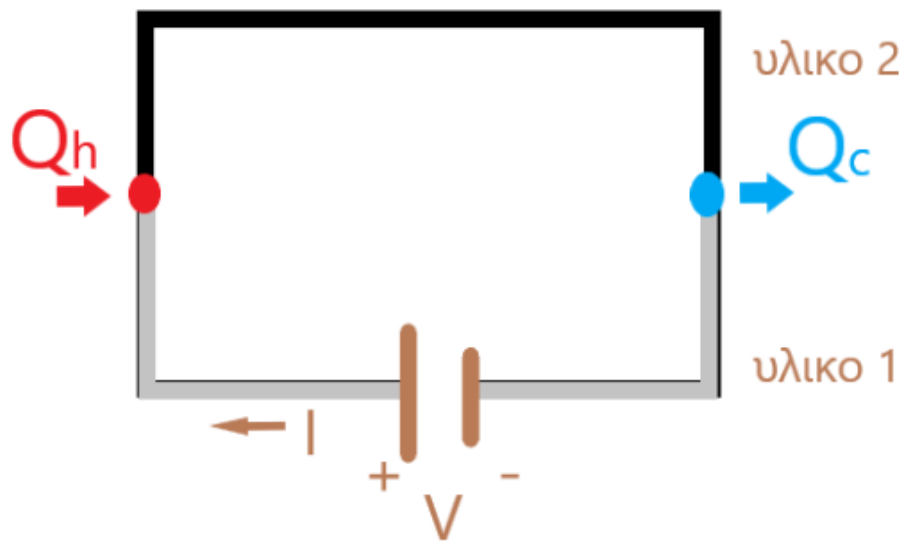
2 Θερμοηλεκτρικό Φαινόμενο

2.1 Γενικευση

Το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο είναι η άμεση μετατροπή των διαφορών θερμοκρασίας σε ηλεκτρική τάση και αντιστρόφως μέσω ενός θερμοζεύγους. Μια θερμοηλεκτρική συσκευή δημιουργεί μια τάση όταν υπάρχει διαφορετική θερμοκρασία σε κάθε πλευρά. Αντίθετα, όταν εφαρμόζεται μια τάση, η θερμότητα μεταφέρεται από τη μία πλευρά στην άλλη, δημιουργώντας μια διαφορά θερμοκρασίας. Στην ατομική κλίμακα, μια εφαρμοζόμενη βαθμίδα θερμοκρασίας προκαλεί διάχυση των φορέων φόρτισης στο υλικό από την καυτή πλευρά στην ψυχρή πλευρά. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη μέτρηση της θερμοκρασίας ή την αλλαγή της θερμοκρασίας των αντικειμένων. Επειδή η κατεύθυνση της θέρμανσης και της ψύξης επηρεάζεται από την εφαρμοζόμενη τάση, οι θερμοηλεκτρικές συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ελεγκτές θερμοκρασίας. Ο όρος θερμοηλεκτρικό φαινόμενο περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά αναγνωρισμένα εφέ: το φαινόμενο Seebeck, το φαινόμενο Peltier και το φαινόμενο Thomson. Τα εφέ Seebeck και Peltier είναι διαφορετικές εκδηλώσεις της ίδιας φυσικής διαδικασίας. Τα εγχειρίδια μπορεί να αναφέρονται σε αυτήν τη διαδικασία ως το φαινόμενο Peltier-Seebeck (ο διαχωρισμός προέρχεται από τις ανεξάρτητες ανακαλύψεις του Γάλλου φυσικού Jean Charles Athanase Peltier και του Γερμανού φυσικού της Βαλτικής Thomas Johann Seebeck). Το εφέ Thomson είναι μια επέκταση του μοντέλου Peltier-Seebeck και πιστώνεται στον Λόρδο Kelvin.

2.2 Φαινομενο Peltier

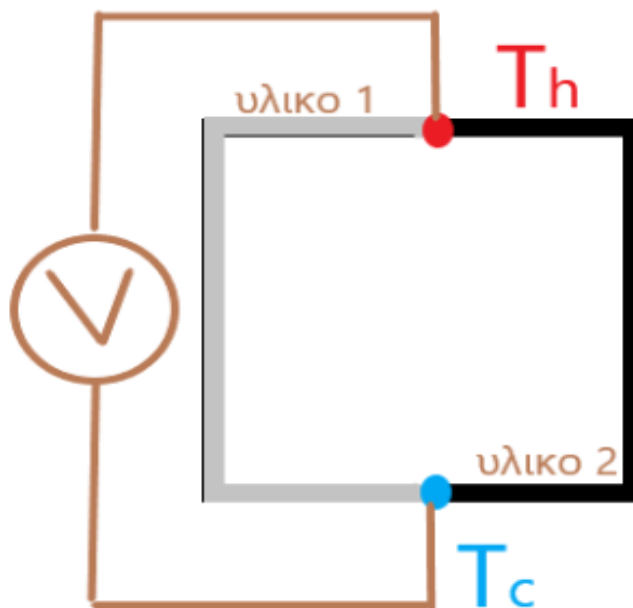
Το φαινομενο δημιουργει διαφορα θερμοκρασιας μεταφερνοντας θερμοτητα μεταξυ δυο ηλεκτρικων συνδεσεων. Εφαρμόζεται τάση στους ενωμένους αγωγούς για τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν το ρεύμα ρέει μέσω των κόμβων των δύο αγωγών η θερμότητα απομακρύνεται σε μία διασταύρωση και ξεκινάει ψύξη ενώ η θερμότητα εναποτίθεται στην άλλη διασταύρωση [3]. Ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής του ρευματος, η θερμότητα απορροφάται ή σκορπίζεται κατα την συνδεση. Οι κύριες εφαρμογες του εφε Peltier είναι η ψύξη θέρμανση και ο ελεγχος θερμοκρασιας και απαραίτητη είναι η χρήση DC τασης.



Εικονα 2: Φαινομενο Peltier

2.3 Φαινόμενο Seebeck

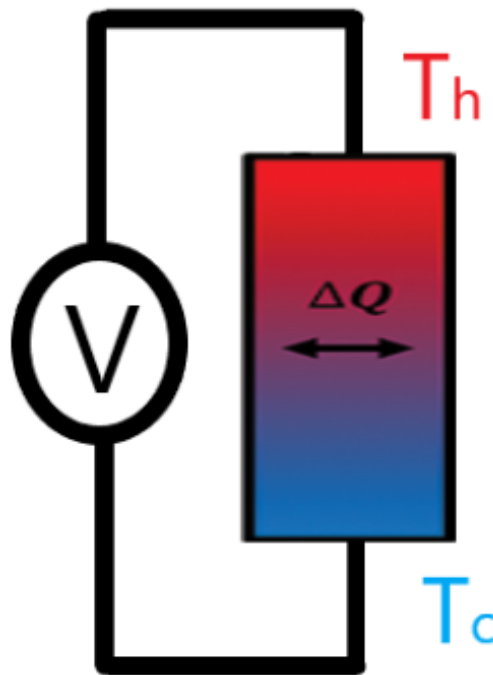
Το εφέ Seebeck περιγράφει την επαγωγή τάσης, όταν οι συνδέσεις δύο διαφορετικών αγώγιμων υλικών διατηρούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η αναλογία μεταξύ της διαφοράς ηλεκτροκινητικής δύναμης και θερμοκρασίας είναι ο συντελεστής Seebeck. Το φαινόμενο Seebeck αυξάνεται σε μέγεθος, όταν αυξάνεται ο συντελεστής Seebeck αγώγιμων υλικών ή / και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των συνδέσεών τους.[1]



Εικόνα 2.1: Φαινόμενο Seebeck

2.4 Φαινομενο Thomson

Το εφέ Thomson περιγράφει τη διάχυση ή την απορρόφηση της θερμότητας όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από ένα κύκλωμα που αποτελείται από ένα μόνο υλικό, το οποίο έχει διακύμανση θερμοκρασίας κατά μήκος. Το ΔQ αντιπροσωπεύει την απαγωγή θερμότητας όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω ενός ομοιογενούς αγωγού.[4]

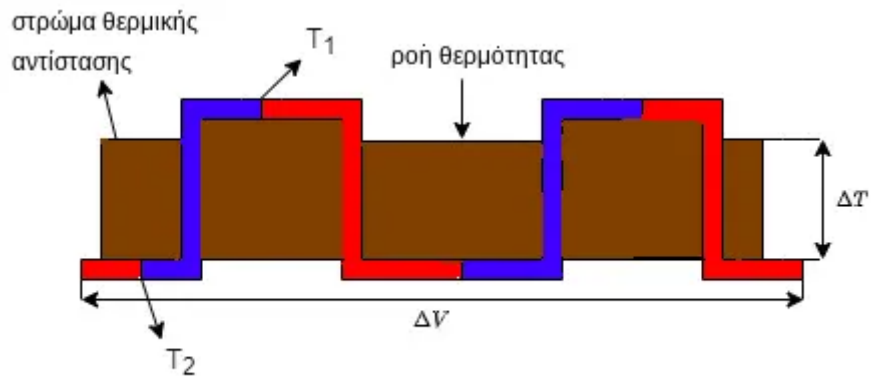


Εικόνα 2.2: Φαινόμενο Thomson

2.5 Θερμοζεύγος

Το θερμοζεύγος είναι μια απλή συσκευή που αποτελείται από δύο διαφορετικούς ηλεκτρικούς αγωγούς που στο τέλος σχηματίζουν μια ηλεκτρική σύνδεση το οποίο παράγει μια εξαρτώμενη από θερμοκρασία τάση. Αυτή η τάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρηθεί η θερμοκρασία στο περιβάλλον απλά συνδέοντας το θερμοζεύγος σε ένα πολύμετρο χωρίς να απαιτείται κάποια εξωτερική διέγερση διότι είναι αυτοδύναμο. Υπάρχουν τρεις αρχές λειτουργίας που βασίζονται στα φαινόμενα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στοιβαγμένα θερμοζευγοι συνδεδεμένα συνήθως σε σειρά ή, σπανιότερα, παράλληλα δημιουργουν μια ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα θερμοστοιχεία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ως ζεύγη

θερμοστοιχείων με μια διασταύρωση που βρίσκεται εκατέρωθεν ενός στρώματος θερμικής αντίστασης. Η έξοδος από το ζεύγος θερμοστοιχείων θα είναι μια τάση που είναι ευθέως ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας κατά μήκος του στρώματος θερμικής αντίστασης και επίσης με τη ροή θερμότητας μέσω του στρώματος θερμικής αντίστασης. Η προσθήκη περισσότερων ζευγών θερμοστοιχείων σε σειρά αυξάνει το μέγεθος της τάσης εξόδου.

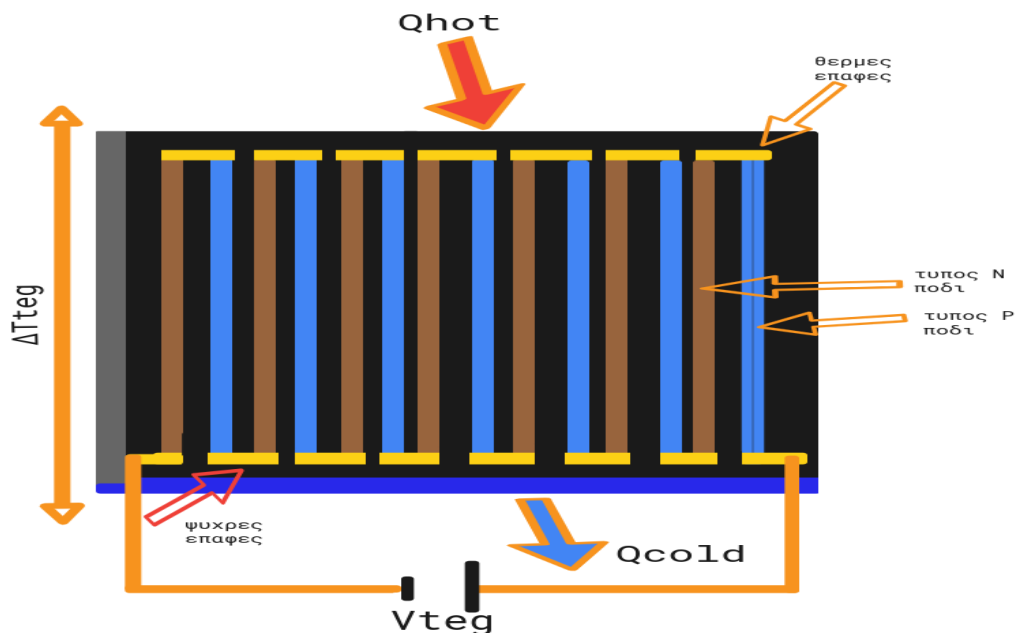


Εικόνα 2.5: Διαταξη Θερμοζευγων

2.6 Εισαγωγή θερμοηλεκτρικών γεννητριών

Η θερμική ενέργεια είναι μια από τις άφθονα διαθέσιμες ενέργειες που θα μπορούσαν να βρεθούν σε πολλούς τομείς, όπως η λειτουργία ηλεκτρονικών συσκευών (ολοκληρωμένα κυκλώματα, τηλέφωνα, υπολογιστές), οχήματα που λειτουργούν, εσωτερικά κτίρια, ακόμη και στο ανθρώπινο σώμα. Οι θερμοηλεκτρικές γεννήτριες (TEG) είναι ενεργές συσκευές που συνίστανται στη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα TEG αποτελούνται από ανόμοια θερμοστοιχεία κατασκευασμένα από συνδεδεμένο υλικό τύπου n και p, βασισμένα στο εφέ Seebeck, που συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά και θερμικά παράλληλα. Τα

TEG χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς τομείς λόγω των ελκυστικών χαρακτηριστικών τους, όπως η ενεργειακή απόδοση, η δωρεάν συντήρηση και η μεγάλη διάρκεια ζωής.[5]



Εικόνα 2.6: TEG Πλευρική ροή θερμότητας-πλαγια διαταξη TC

2.7 Βάση θερμοηλεκτρικών γεννητριών

Οι θερμοηλεκτρικές γεννήτριες βασίζονται στο φαινόμενο Seebeck και χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα TEG παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως η απλότητα του σχεδιασμού, η απουσία κινούμενων εξαρτημάτων, η μεγάλη διάρκεια ζωής, η περιττή συντήρηση και η φιλικότητα προς το περιβάλλον (δεν περιέχει χημικά προϊόντα). Κάθε θερμοζεύγος αποτελείται από πολλά θερμοστοιχεία που συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά και θερμικά παράλληλα [5]. Το θερμοστοιχείο είναι κατασκευασμένο με δύο διαφορετικά υλικά, με αντίθετο συντελεστή Seebeck, ενωμένα στα άκρα τους. Λόγω του φαινομένου Seebeck, η εμφάνιση μιας κλίσης θερμοκρασίας, $\Delta T = T_{\text{ζεστο}} - T_{\text{κρυο}}$, μεταξύ των δύο άκρων TC, παράγει μια ηλεκτρική τάση που εκφράζεται ως :

$$V_{\text{out}} = N \cdot \alpha_{AB} \cdot \Delta T$$

όπου N είναι ο αριθμός των συνδεδεμένων θερμοζευγών, α_{AB} είναι οι συντελεστές Seebeck των δύο ενώσεων υλικών A και B που σχηματίζουν το θερμοζεύγος ($\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B$). Όταν

τα TC συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά, η συνολική εσωτερική αντίσταση είναι ανάλογη με τον αριθμό τους N. Έτσι, παρόλο που ένας μεγάλος αριθμός TC θα αυξήσει την τάση που παράγεται από τα TEG, ο αντίκτυπος του στην εσωτερική αντίσταση είναι αρνητικός. Πράγματι, οι αυξήσεις του αριθμού των συνδεδεμένων με TC σειρών θα οδηγήσουν σε αύξηση της εσωτερικής αντίστασης του TEG που εκφράζεται ως :

$$R_{TEG} = N (\rho_{ALA} / SA + \rho_{BLB} / SB + 2 \rho_{CLC} / SC)$$

όπου ρ_A , ρ_B και ρ_C είναι, αντίστοιχα, η ηλεκτρική αντίσταση των υλικών A, B και η μεταλλική επαφή. L_A και L_B είναι τα μήκη των βραχιόνων του θερμοστοιχείου που διασχίζονται από τη ροή θερμότητας και L_C είναι το μήκος επαφής. Τα SA , SB και SC είναι, αντίστοιχα, τα θερμοστοιχεία A και B και οι περιοχές διατομής επαφών. Η ισχύς εξόδου της γεννήτριας δίνεται από:

$$P = V_{out}^2 * RL / (R_{TEG} + RL)^2$$

όπου RL και R_{TEG} είναι, αντίστοιχα, το εξωτερικό φορτίο και οι εσωτερικές αντιστάσεις. Εάν η αντίσταση φορτίου ταιριάζει με την εσωτερική αντίσταση TEG, R_{TEG} , η μέγιστη ισχύς εξόδου εκφράζεται ως:

$$P_{max} = V_{out}^2 / 4R_{TEG}$$

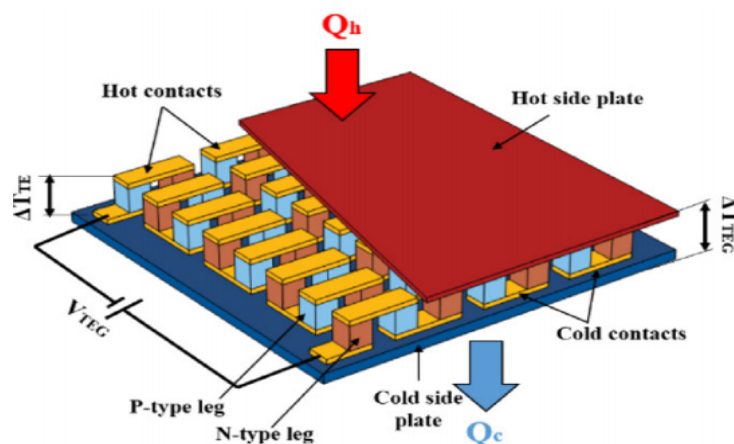
2.8α Σχεδιασμός θερμοηλεκτρικών γεννητριών

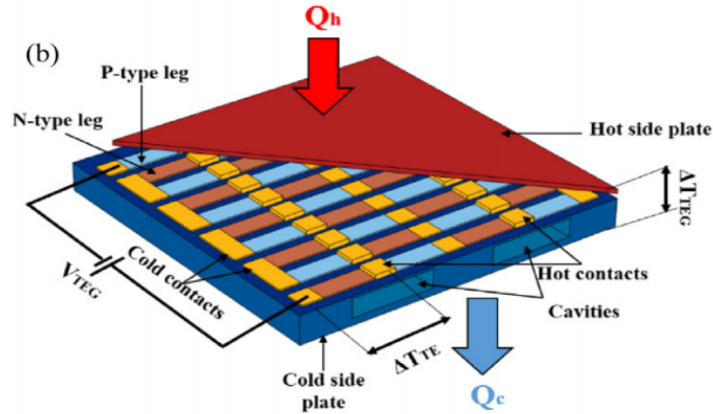
Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις σχεδιασμού των TEG που διαφέρουν ανάλογα με τη διάταξη των θερμοζευγών στο υπόστρωμα σχετικά με την κατεύθυνση της ροής θερμότητας, οι οποίες είναι: Πλευρική ροή θερμότητας, πλάγια διάταξη TCs. Κάθετη ροή θερμότητας, κάθετη διάταξη TCs. και Κάθετη ροή θερμότητας, πλευρική διάταξη TC.

Ο πρώτος σχεδιασμός TEG χρησιμοποιεί μια πλευρική διάταξη TC για τη μετατροπή μιας πλευρικής ροής θερμότητας, $Q_{hot}-Q_{cold}$. Σε αυτό το σχέδιο, που ονομάζεται επίσης επίπεδο TEG, τα θερμοζεύγη εκτυπώνονται, διαμορφώνονται ή εναποτίθενται στην επιφάνεια του υποστρώματος. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης έγκειται στην ικανότητά του να χειρίζεται το πάχος και το μήκος κάθε βραχίονα θερμοστοιχείου σε συνδυασμό με την καταλληλότητά του με εναπόθεση λεπτής μεμβράνης, που επιτρέπει τη δημιουργία λεπτότερων και μακρύτερων θερμοζευγών σε σύγκριση με άλλους τύπους. Εκτός αυτού, αυτή η διάταξη αυξάνει τη θερμική αντίσταση των θερμοστοιχείων σε σύγκριση με άλλα σχέδια TEG λόγω της χρήσης μακρών βραχιόνων TC που οδηγούν σε αύξηση της κλίσης της θερμοκρασίας κατά μήκος αυτών των τελευταίων και τελικά αύξηση της τάσης εξόδου.

Ο δεύτερος σχεδιασμός TEG, δηλαδή το κάθετο TEG, αποτελείται από TC που είναι διατεταγμένα κάθετα μεταξύ της πηγής θερμότητας και της ψύκτρας. Έτσι, η θερμότητα ρέει κάθετα κατά μήκος των βραχιόνων θερμοστοιχείου και των υποστρωμάτων. Αυτή η διάταξη είναι παρόμοια με τη μονάδα ψύξης με βάση το Peltier. Αυτό το είδος TEG παρέχει υψηλή πυκνότητα ολοκλήρωσης και είναι το πιο εμπορικό λόγω της απλότητας του, της υψηλής ενσωμάτωσης TC και της υψηλής τάσης εξόδου.

Ο τελευταίος σχεδιασμός TEG, που αναφέρεται ως μικτός, γίνεται από TC που είναι τοποθετημένα πλευρικά στο υπόστρωμα, ενώ η θερμότητα ρέει κάθετα. Η κάθετη μεταφορά θερμότητας υποκινήθηκε μέσω της ενσωμάτωσης μικρο-κοιλοτήτων στο υπόστρωμα, που βρίσκεται κάτω από τους βραχίονες του θερμοστοιχείου. Αυτή η τεχνική θα μπορούσε να επιτευχθεί σε πυρίτιο όταν χρησιμοποιείται η τυπική τεχνολογία CMOS ή με μια διαδικασία ανύψωσης σε εύκαμπτο φύλλο με βάση πολυϊμίδιο/πολυμερές. Αυτό το τελευταίο συνίσταται στη δημιουργία κυματοειδούς μορφής στο υπόστρωμα που περιέχει τα θερμοστοιχεία με μοτίβο.





Εικόνα 2.8: Κάθετη ροή, πλευρική διάταξη TC - Κάθετη ροή, κάθετη διάταξη (b) [5] ([Nesrine Jaziri](#), [Ayda Boughamoura](#), [Jens Mueller](#), [Brahim Mezghani](#))

2.8β Μετρο ποιτητας και διάταξη θερμοζεύγους

Πολλά αγώγιμα και ημιαγωγικά υλικά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή θερμοζευγών. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να επιλέξουμε προσεκτικά μεταξύ αυτών των υλικών για να έχουμε καλύτερες ηλεκτρικές επιδόσεις, δηλαδή υψηλή τάση εξόδου, χαμηλή εσωτερική ηλεκτρική αντίσταση και υψηλή ηλεκτρική ισχύ. Η καταλληλότητα ενός θερμοηλεκτρικού υλικού (TE) αξιολογείται μέσω του αριθμού αξίας του, Z , που αντικατοπτρίζει τον παράγοντα ποιότητας του και εκφράζεται ως:

$$Z = \alpha^2 / \rho\lambda$$

όπου α , ρ και λ είναι αντίστοιχα ο συντελεστής Seebeck [V/K], η ηλεκτρική αντίσταση [m] και η θερμική αγωγιμότητα [W/(K m)] του υλικού. Το μέτρο ποιότητας επιτρέπει τη γνώση της απόδοσης ενός θερμοηλεκτρικού υλικού κατά τη μετατροπή της θερμότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, όσο υψηλότερος είναι αυτός ο συντελεστής, τόσο περισσότερο το υλικό είναι αποδοτικό. Επιπλέον, το σχήμα της αξίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και κάθε υλικό παρουσιάζει το υψηλό ποσοστό αξίας του σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας. Για ένα υλικό TE, το αδιάστατο σχήμα της ποιότητας εκφράζεται ως :

$$ZT = T\alpha^2 / \rho\lambda$$

όπου T είναι η απόλυτη θερμοκρασία του υλικού [K]. Για ένα ζευγάρι TE που αποτελείται από υλικά A και B, το αδιάστατο σχήμα της ποιότητας ορίζεται ως:

$$(ZT)_{AB} = T \cdot \alpha^2_{AB} / [(\rho_A \lambda_A)^{0.5} + (\rho_B \lambda_B)^{0.5}]^2$$

Για μια μονάδα N θερμοστοιχείων, το ZT ολόκληρης της θερμογεννήτριας μπορεί να διατυπωθεί ως:

$$(ZT)_{TEG} = T \cdot (N \alpha_{AB})^2 / (R_{TEG} \cdot K_{TEG})$$

όπου K_{TEG} είναι η θερμική αγωγιμότητα της γεννήτριας και R_{TEG} είναι η εσωτερική ηλεκτρική αντίσταση. Η απόδοση μετατροπής ενέργειας μιας γεννήτριας, που ονομάζεται επίσης θερμοηλεκτρική απόδοση μετατροπής, εκφράζεται ως:

$$\eta = P / Q_h$$

όπου P είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς από τη γεννήτρια και Q_h είναι η εισερχόμενη ροή θερμότητας στη θερμή πλευρά του TEG. Εκφράζεται ως:

$$Q_h = \lambda \Delta T + \alpha \cdot T_h \cdot I - \frac{1}{2} \cdot (I^2 \cdot R)$$

Η μέγιστη απόδοση μετατροπής θα μπορούσε να εκφραστεί σε συνάρτηση με την απόδοση Carnot $((T_h - T_c) / T_h)$ και το αδιάστατο σχήμα του συντελεστή ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών ως:

$$\eta_{max} = (T_h - T_c / T_h) \cdot (\sqrt{1 + ZT_{AB}} - 1) / (\sqrt{1 + ZT_{AB}} + T_c / T_h)$$

Δεδομένου ότι η απόδοση μετατροπής σχετίζεται με το μέγεθος της αξίας, τα καλά θερμοηλεκτρικά υλικά θα πρέπει να παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή Seebeck, χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Δεδομένου ότι τα μέταλλα παρουσιάζουν χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση, υψηλή θερμική αγωγιμότητα και χαμηλούς συντελεστές Seebeck, δημιουργούν ένα χαμηλό ποσοστό αξίας. Αντίθετα, το υψηλότερο ποσοστό αξίας ανήκει στην κατηγορία ημιαγωγών. Τα πιο χρησιμοποιούμενα θερμοηλεκτρικά υλικά είναι τα Bi_2Te_3 (Τελλουρίδιο του βισμούθιου), PbTe (Τελλουρίδιο μολύβδου) και CoSb_3 (ένα μεταλλικό-γκρι ορυκτό, που σχηματίζει τυπικά κυβικούς ή οκταεδρικούς κρυστάλλους, που αποτελείται κυρίως από ένα αρσενίδιο κοβαλτίου και νικελίου) που παρέχουν ZT περίπου 1.

3 Έξυπνες Σημαδούρες

3.1 Αρχή του Αρχιμήδη

Ο φυσικός νόμος της πλευστότητας, που ανακαλύφθηκε από τον αρχαίο Έλληνα μαθηματικό και εφευρέτη Αρχιμήδη, δηλώνοντας ότι οποιοδήποτε σώμα πλήρως ή μερικώς βυθισμένο σε ένα ρευστό (αέριο ή υγρό) σε κατάσταση ηρεμίας επηρεάζεται από μια ανοδική, ή πλευστή δύναμη, το μέγεθος της οποίας είναι ίσο με το βάρος του υγρού που μετατοπίζεται από το σώμα. Ο όγκος του εκτοπισμένου ρευστού είναι ισοδύναμος με τον όγκο ενός αντικειμένου που βυθίζεται πλήρως σε ένα ρευστό ή με αυτό το κλάσμα του όγκου κάτω από την επιφάνεια για ένα αντικείμενο που βυθίζεται μερικώς σε ένα υγρό. Το βάρος του μετατοπισμένου τμήματος του ρευστού είναι ισοδύναμο με το μέγεθος της πλευστής δύναμης. Η πλευστή δύναμη σε ένα σώμα που επιπλέει σε ένα υγρό ή αέριο είναι επίσης ισοδύναμη σε μέγεθος με το βάρος του πλωτού αντικειμένου και είναι αντίθετη προς την κατεύθυνση που συνεπαγεται ότι το αντικείμενο δεν ανεβαίνει ούτε βυθίζεται. Για παράδειγμα, ένα πλοίο κατά την διαδικασία της καθέλκυσης βυθίζεται στον ωκεανό έως ότου το βάρος του νερού που εκτοπίζεται είναι ίσο με το βάρος του. Καθώς το πλοίο φορτώνεται, βυθίζεται βαθύτερα, μετατοπίζοντας περισσότερο νερό, και έτσι το μέγεθος της πλευστικής δύναμης ταιριάζει συνεχώς με το βάρος του πλοίου και του φορτίου του.

3.2 Ιστορία των σημαδούρων

Δύστυχως δεν υπάρχουν πολλές αναφορές γυρο απο την ιστορια των σημαδουρων. Οι ιστορικοι μελετουν κυριως την δομη των φάρων όπως για παράδειγμα ο φaros της Αλεξάνδρειας που κατασκευάστηκε το 3 π.Χ. και παρέμεινε σε λειτουργία ως την πλήρη καταστροφή του από δύο σεισμούς τον 14ο αιώνα μ.Χ. Ήταν ένας πύργος συνολικού ύψους 140 μέτρων και ήταν για εκείνη την εποχή το πιο ψηλό ανθρώπινο οικοδόμημα του κόσμου. Ενώ ορισμένοι τύποι πλωτών δεικτών μπορεί να υπήρχαν πριν από τον 13ο αιώνα, η πρώτη καταγεγραμμένη σημαδούρα αναφέρθηκε στο La Compasso de Navigare. Βρίσκεται στον ποταμό Guadalquivir, αυτή η σημαδούρα βοήθησε τους ναυτικούς που πλησίαζαν τη Σεβίλλη της Ισπανίας. Οι πρώτες σημαδούρες μπορεί να ήταν συμπαγή κομμάτια ξύλου ή σχεδίες ξύλου αγκυρωμένες με σχοινί, αργότερα αλυσίδα, σε βαριές πέτρες. Η πρώτη αναφορά σε κοίλες σημαδούρες (που ονομάζεται Tonnen) είναι στα αρχεία που χρονολογούνται από το 1358 σχετικά με το Maasgat κοντά στο σημερινό Ρότερνταμ της Ολλανδίας. Το απλό βαρέλι κρασιού ή μύρας που χρησιμοποιήθηκε αρχικά έδωσε τη θέση του (κυριολεκτικά) σε μια κωνική σημαδούρα που ονομάζεται "seetonnen" από τους fassbinders, ή βαρελάδες της Ολλανδίας και της Βόρειας Γερμανίας. Αν και, οι Άγγλοι εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούν οριζόντια βαρέλια (σημαδούρες βαρελιών) για πολλά χρόνια αφού οι χώρες της ηπείρου είχαν βελτιώσει τον σχεδιασμό του σημαδούρα. Οι μεγάλες σημαδούρες Seetonnen ύψους 3 μέτρων και διαμέτρου 1.5 ήταν φτιαγμένες από βελανιδιές που στενεύουν από 0.15m στην κορυφή του σημαδούρα έως περίπου 0.02m στο κάτω άκρο. Ο πυθμένας, με το μυτερό άκρο, περιείχε ένα παχύ δρύινο βύσμα μέσω του οποίου στερεώθηκε ένας σιδερένιος δακτύλιος πρόσδεσης. Το κωνικό βαρέλι ήταν δεμένο με έως και δεκατέσσερα σιδερένια στεφάνια. Η κορυφή του κώνου ήταν καλυμμένη από χοντρές σανίδες βελανιδιάς και σκαλισμένη με τα διακριτικά του λιμανιού ή της οργάνωσης που οφείλονται στις σημαδούρες. Οι Ολλανδοί επινόησαν ακόμη και μια πρώιμη μορφή δοκιμών αέρα χρησιμοποιώντας μια τρύπα και φυσούνα. Οι ολοκληρωμένες σημαδούρες, επικαλυμμένες με πίσσα, είχαν προσδόκιμο ζωής δέκα χρόνια. Οι σημαδούρες αγκυροβόλησαν με μακρούς χαλαρούς συνδέσμους από αλυσίδα από σφυρήλατο σίδηρο που ήταν δεσμευμένοι σε ένα πέτρινο μπλοκ με μια τρύπα στο κέντρο.



Εικόνα 2.9: Seetonnen ή σημαδουρα βαρελι από την Ευρώπη περίπου 1425 [6](United states lighthouse society)

3.3 Έξυπνες σημαδούρες

Είναι ένας πολύ καλός τρόπος συλλογής στοιχείων στη θάλασσα. Μια σημαδούρα μπορεί να έχει μεγάλο αριθμό αισθητήρων, αλλά μπορείτε επίσης να τους αλλάξετε σε περίπτωση αλλαγής των προτεραιοτήτων. Είναι δυνατή η μετάδοση δεδομένων κάθε λεπτό, ανάλογα με το σύστημα κάθε φορά που δημιουργούνται πληροφορίες χωρίς διακοπή. Δεν έχουν κανένα πρόβλημα με την κατανάλωση ενέργειας, καθώς είναι εντελώς αυτόνομα, ειδικά αν έχουν πολλούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, όπως η αιολική, ή ηλιακή και θερμική ενέργεια. Η κυρία δομή τους είναι συστήματα αισθητήρων και ανάλυσης, μετάδοσης και επικοινωνίας και τέλος τροφοδοσίας και όλα είναι απαραίτητα για μια σημαδούρα αυτού του τύπου.



Εικόνα 3.3: Το Wind Lidar Buoy SEAWATCH είναι ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος μέτρησης των δεδομένων ανέμου σε ύψη συμβατικών υπεράκτιων ανεμογεννητριών για αξιολογήσεις αιολικών πόρων και κριτήρια μηχανικού σχεδιασμού.[7](Furgo)

3.4 Σύστημα αισθητήρων και ανάλυσης

Υπάρχουν κάποιοι γενική αισθητήρες όπως ήχου, υπέρυθρες, κάμερα αλλά οι βασικοί είναι αυτοί που έχουν να κάνουν με την ποιότητα νερού όπως αγωγιμότητα, επίπεδα οξυγόνου

pH, αλμυρότητα, θολότητα, θερμοκρασία, βάθος, ωκεανογραφία. Ένα άλλο βασικό κομμάτι είναι οι αισθητήρες αέρα όπως ταχύτητας, κατεύθυνσης, υγρασίας και βαρομετρικής πίεσης.

3.5 Σύστημα μετάδοσης και επικοινωνίας

Το σύστημα αυτο θα διαφέρει ανάλογα από την απόσταση της σηματοδούρας από τον δέκτη και τον ρυθμό μετάδοσης. Wifi/bluetooth για μικρές αποστάσεις, 3g/4g για μέτριες και δορυφορικός δίσκος για μεγάλες. Θα χρειαστεί ένας τύπος εφαρμογής κινητού τηλεφώνου.

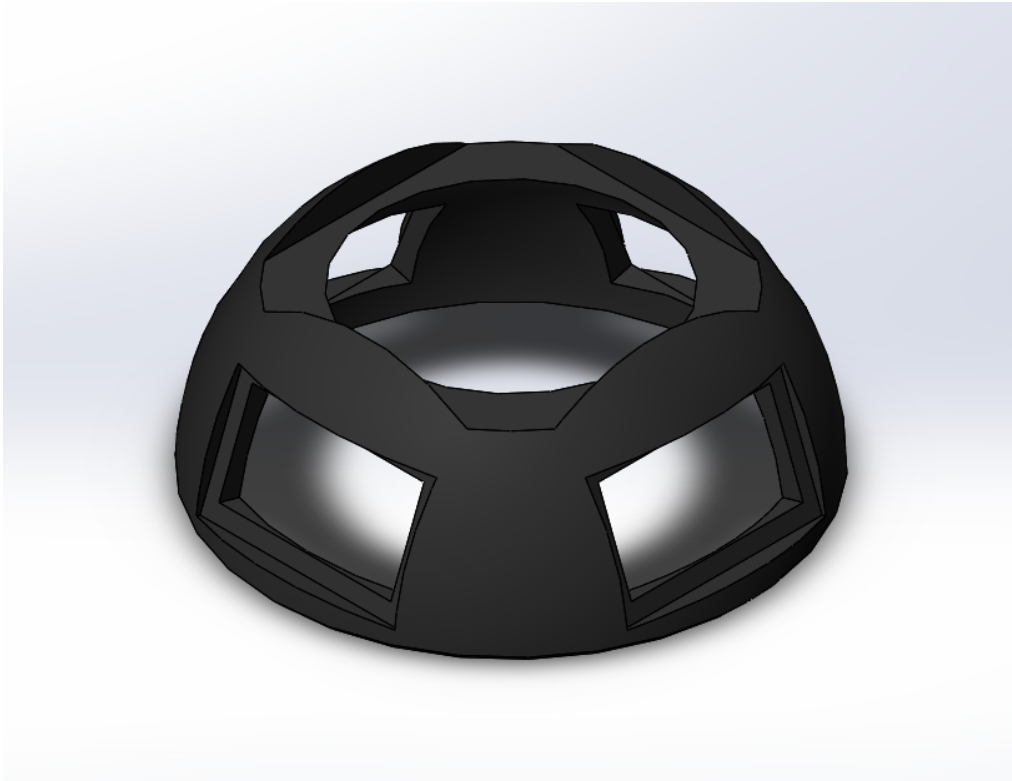
Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) έχουν γίνει γρήγορα πεδίο ενδιαφέροντος τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Συνδυάζει την ασύρματη επικοινωνία με τη χρήση έξυπνων και προηγμένων δικτύων αισθητήρων. Η εκμετάλλευση των TEG για αυτοδύναμη WSN βοηθά στη μείωση των εργασιών συντήρησης και το κόστος παραμελεί τη χρήση μπαταριών και μειώνει τη ρύπανση του περιβάλλοντος από χημικά προϊόντα που εκπέμπονται από αυτές (Dilhac et al., 2014). Αυτή η τεχνολογία, σε συνδυασμό με τα TEGs, έχει εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς όπως το Building Energy Management (BEM) (Wang et al., 2013), η βιομηχανία (Kim et al., 2018, Iezzi et al., 2017), εμπορικά και οικιακά έξυπνα -κτίρια (Guan et al., 2017, Musleh et al., 2017) όπου υπάρχουν ευρέως πηγές θέρμανσης όπως σωλήνες θερμότητας, θερμοσίφωνες, κεντρική θέρμανση και κλιματιστικά. Επίσης, η εισαγωγή των αυτοτροφοδοτούμενων WSN που βασίζονται σε TEGs χρησιμοποιούνται σε αεροναυτικούς ασύρματους αισθητήρες για την παρακολούθηση της ασφάλειας των αεροσκαφών, των δοκιμών πτήσης και της ασφάλειας (Dilhac et al., 2014). Λόγω της μικροσκοπικής μορφής κόμβων ασύρματων αισθητήρων, τα χρησιμοποιούμενα θερμοστοιχεία είναι περιορισμένα σε διαστάσεις και απαιτούν μικρή ανίχνευση θερμοκρασίας (θερμοκρασία πηγής θερμότητας χαμηλότερη από 100 ° C). Σε μια τυπική ενεργή λειτουργία, τα WSN χρειάζονται 10 έως 100 mW κατανάλωσης ενέργειας και 10 έως 50 μW σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας.

4 Σημαδούρα

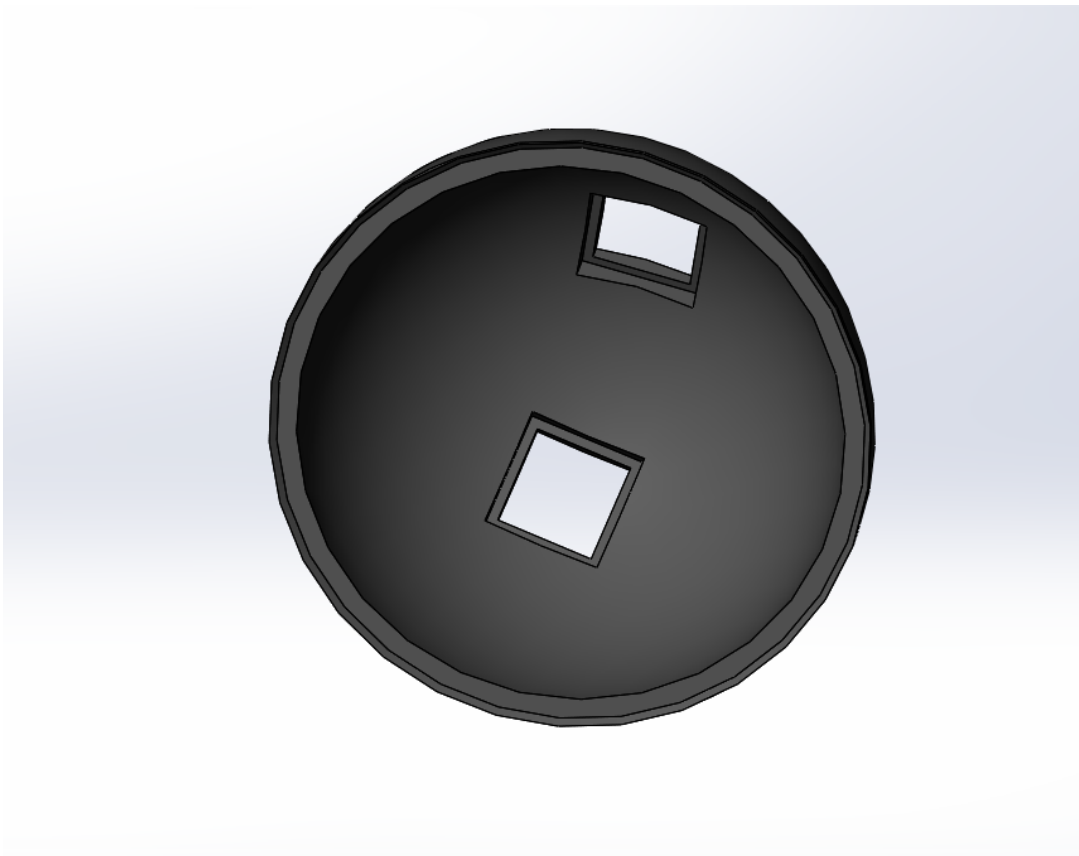
4.1 Solidworks

Η Μηχατρονική, ο συνδυασμός ρομποτικής, ηλεκτρονικών, υπολογιστών και συστημάτων ελέγχου, έχει οδηγήσει σε μια ποικιλία εκπληκτικών προϊόντων, από έξυπνα τηλέφωνα έως αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα. Για να δημιουργηθούν αυτά τα προϊόντα, πρέπει να διαμορφωθούν και να αναπτυχθούν ψηφιακά. Το solidworks, ένα συμπαγές πρόγραμμα σχεδίασης και μηχανικής με τη βοήθεια υπολογιστή μοντελοποίησης, είναι μια από τις πιο δημοφιλείς επιλογές λογισμικού για μηχανικούς μηχανικής. Το solidworks αναπτύχθηκε από τον απόφοιτο του MIT Jon Hirschtick και αγοράστηκε από την Dassault Systems το 1997. Το λογισμικό περιλαμβάνει πλέον έναν αριθμό προγραμμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για 2D όσο και για τρισδιάστατη σχεδίαση. Το solidworks χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη συστημάτων μηχανοτρονικής από την αρχή μέχρι το τέλος. Στο αρχικό στάδιο, το λογισμικό χρησιμοποιείται για σχεδιασμό, οπτικό ιδεασμό, μοντελοποίηση, αξιολόγηση σκοπιμότητας, πρωτοτυποποίηση και διαχείριση έργου. Στη συνέχεια, το λογισμικό χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό και την κατασκευή μηχανικών, ηλεκτρικών και στοιχείων λογισμικού. Τέλος, το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαχείριση, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης συσκευών, των αναλυτικών στοιχείων, του αυτοματισμού δεδομένων και των υπηρεσιών cloud.[8]

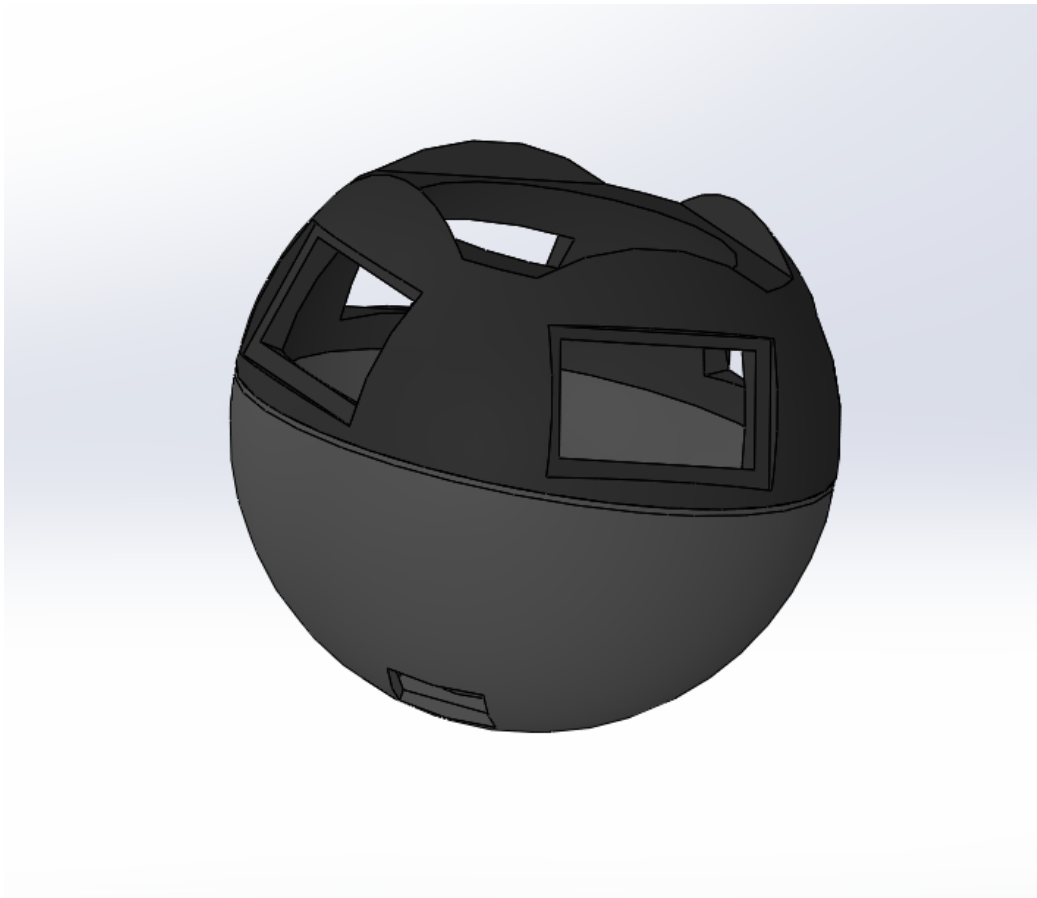
Με την μελέτη διαφόρων ειδών έξυπνων σημαδούρων μικρον προδιαγραφών και γνωσεις CAD(computer aided design) απο την σχολή καθώς και την βοήθεια του λογισμικού σχεδιάστηκε ενα καλλούπη σημαδούρας διαμέτρου 180mm. Αποτελείται από δύο κομμάτια άνω άκρο(α) και κάτω άκρο(β).



(α)



(β)



Εικόνα 4.1: Ενωση κομματιων στο solidworks

4.2 Υλικό αλλαγής φάσης-Phase change material

Ένα υλικό αλλαγής φάσης (PCM) είναι μια ουσία που απελευθερώνει/απορροφά αρκετή ενέργεια κατά τη μετάβαση φάσης για να παρέχει χρήσιμη θερμότητα/ψύξη. Γενικά η μετάβαση θα γίνει από τη μία από τις δύο πρώτες θεμελιώδεις καταστάσεις της ύλης - στερεή και υγρή - στην άλλη. Η φάση μετάβασης μπορεί επίσης να γίνει μεταξύ μη κλασικών καταστάσεων ύλης, όπως η συμμόρφωση των κρυστάλλων, όπου το υλικό μεταβαίνει από τη συμμόρφωση σε μια κρυσταλλική δομή σε συμμόρφωση με άλλη, η οποία μπορεί να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Με τήξη και στερεοποίηση στη θερμοκρασία αλλαγής φάσης, ένα PCM είναι ικανό να αποθηκεύει και να απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας σε σύγκριση με τη λογική αποθήκευση θερμότητας. Η θερμότητα απορροφάται ή απελευθερώνεται όταν το υλικό μεταβάλλεται από στερεό σε υγρό

και αντίστροφα ή όταν αλλάζει η εσωτερική δομή του υλικού. Τα PCM αναφέρονται ως υλικά λανθάνουσας αποθήκευσης θερμότητας.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες υλικού αλλαγής φάσης: οργανικά (που περιέχουν άνθρακα) υλικά που προέρχονται είτε από πετρέλαιο, είτε από φυτά είτε από ζώα. και ένυδρα άλατα, τα οποία γενικά είτε χρησιμοποιούν φυσικά άλατα από τη θάλασσα είτε από κοιτάσματα ορυκτών ή είναι υποπροϊόντα άλλων διεργασιών. Μια τρίτη κατηγορία αλλαγή φάσης είναι στερεά σε στερεά.

Τα PCM χρησιμοποιούνται σε πολλές διαφορετικές εμπορικές εφαρμογές όπου απαιτείται αποθήκευση ενέργειας και/ή σταθερές θερμοκρασίες, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, θερμαντικών μαξιλαριών, ψύξης για τηλεφωνικά κιβώτια και ρούχα.

Αρχικά, τα στερεά -υγρά PCM συμπεριφέρονται σαν υλικά λογικής αποθήκευσης θερμότητας (sensible heat storage-SHS). η θερμοκρασία τους αυξάνεται καθώς απορροφούν τη θερμότητα. Σε αντίθεση με τα συμβατικά υλικά SHS, ωστόσο, όταν τα PCM φτάσουν στη θερμοκρασία αλλαγής φάσης (το σημείο τήξης τους) απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας σε σχεδόν σταθερή θερμοκρασία μέχρι να λιώσει όλο το υλικό. Όταν πέσει η θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω από ένα υγρό υλικό, το PCM στερεοποιείται, απελευθερώνοντας την αποθηκευμένη λανθάνουσα θερμότητα. Διατίθεται μεγάλος αριθμός PCM σε οποιοδήποτε απαιτούμενο εύρος θερμοκρασίας από -5 έως 190 ° C. Στο εύρος της ανθρώπινης άνεσης μεταξύ 20 και 30 ° C, ορισμένα PCM είναι πολύ αποτελεσματικά, αποθηκεύοντας πάνω από 200 kJ/kg λανθάνουσας θερμότητας, έναντι συγκεκριμένης θερμικής ικανότητας περίπου ενός $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ \text{C})$ για τοιχοποιία. Επομένως, η πυκνότητα αποθήκευσης μπορεί να είναι 20 φορές μεγαλύτερη από την τοιχοποιία ανά κιλό, εάν επιτρέπεται μια μεταβολή θερμοκρασίας 10 ° C.



Εικόνα 4.2: κύβοι νερού παραχωρήθηκαν από τον κ.Κιζήρογλου

Εταιρίες που παρέχουν PCM σε μικρές ποσότητες καθώς και συμβουλές, πληροφορίες και βοήθεια στην προμήθεια κατάλληλου pcm ανάλογου της εφαρμογής.

<https://www.pcmproducts.net/>

<https://www.rubitherm.eu/>

<https://www.axiotherm.de/en/>

4.3 Μονάδα αποθήκευσης θερμότητας - Heat storage unit

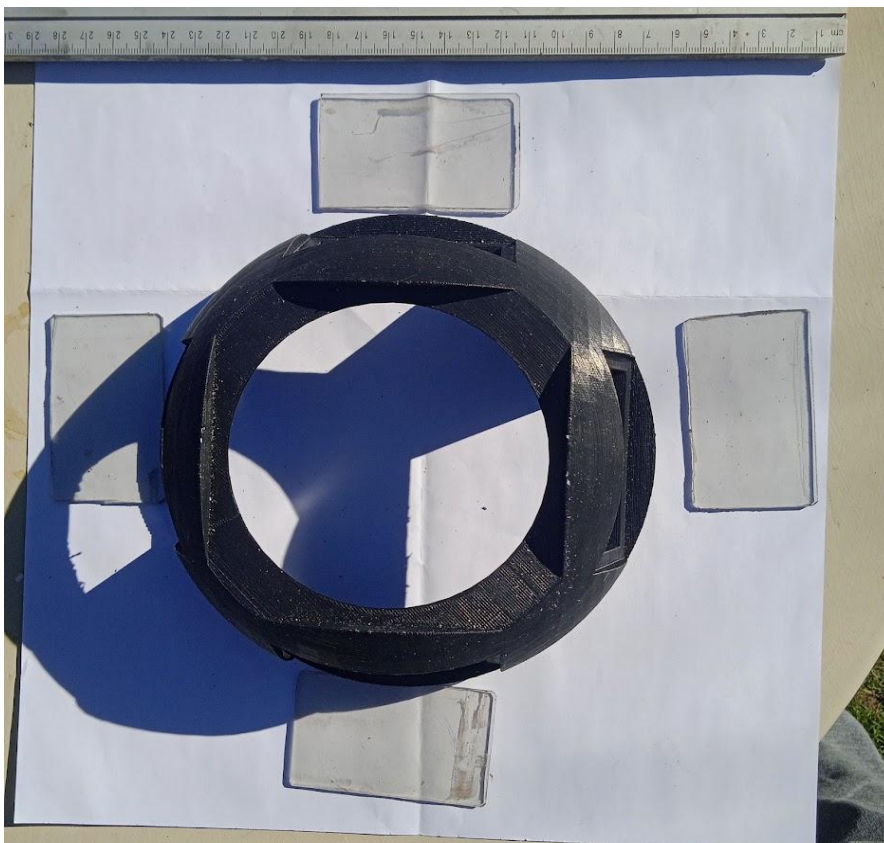
Για την βέλτιστη απόδοση θερμοηλεκτρικής συγκομιδής ενδείκνυται η εκμετάλλευση της μεταβολής της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της μέρας μέσω της μονάδας αποθήκευσης θερμότητας HSU. Το HSU περιέχει ένα υλικό αλλαγής φάσης (PCM) για την αύξηση της θερμικής χωρητικότητας. Η απόδοση καθορίζεται από τη θερμοχωρητικότητα του HSU, τη θερμότητα ατμοπαραγωγής του PCM και τη θερμική αντίσταση μεταξύ του PCM και του περιβάλλοντος. Συστηνεται η προσθήκη μόνωσης του PCM από το περιβάλλον και το HSU να είναι σε θερμική επαφή με το περιβάλλον μόνο μέσω θερμοηλεκτρικής γεννήτριας. Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιήθηκε μια επιπλέον φλούδα από χαλκό για πιο ιδανική διανομή θερμότητας στην επιφάνεια του teg στο πρώτο πείραμα και τίποτα στο δεύτερο.

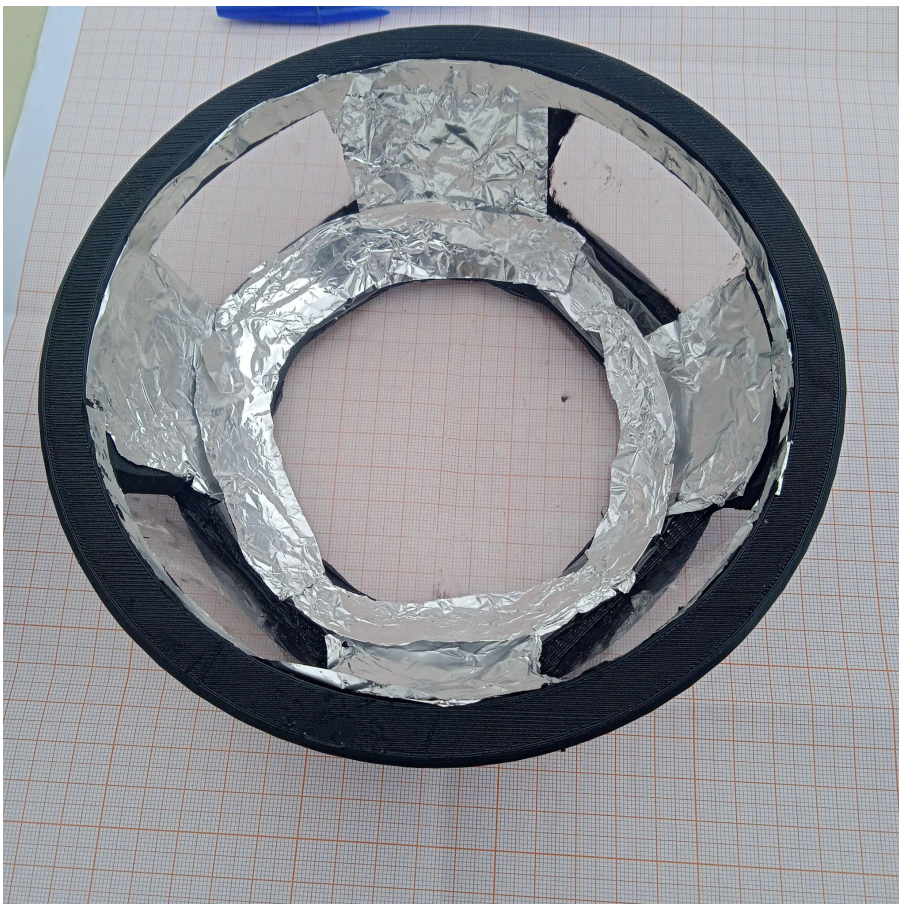
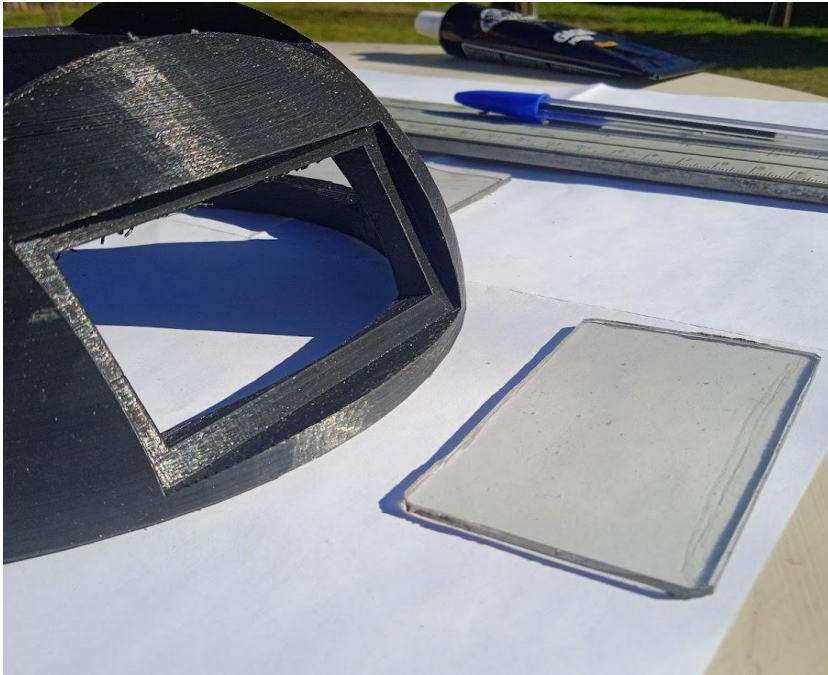


Εικόνα 4.3: PCM από κυβους με νερο, plexiglass κολλημένο με κολλα και επιπλέον μόνωση με σιλικόνη, και σφυριλατιμενη λεπτη φλουδα χαλκου

4.4 Κατασκευή και Πειράματα

Η σημαδούρα αποτελείται από 3 βασικά κομμάτια. Το κάτω μέρος στο οποίο ο ψυχρός πόλος των TEG βρίσκεται σε επαφή με την θάλασσα μέσω χαλκινής ψυκτρας και στο άνω μέρος όπου πέντε παράθυρα παρέχουν καταλλήλο φωτισμό για την δημιουργία θερμότητας στο HSU αλλά και γενικά στο εσωτερικό της σημαδούρας..



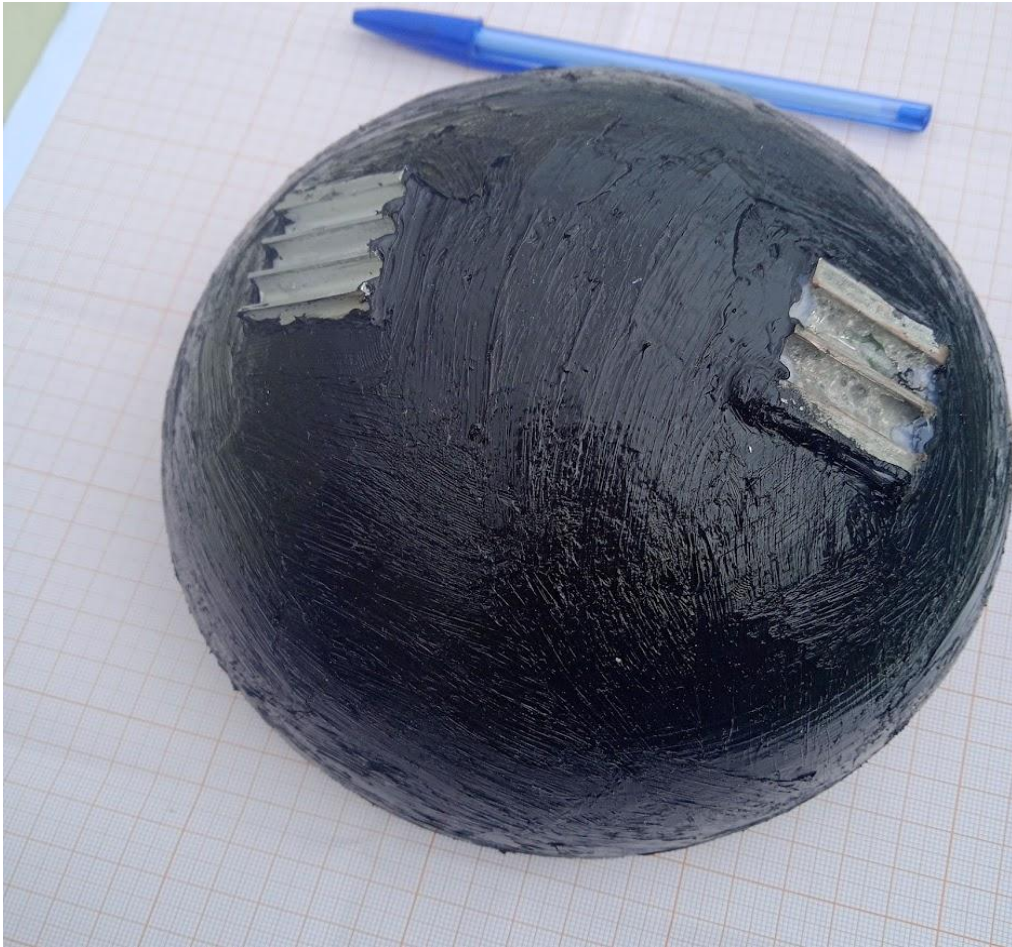


Εικόνα 4.4.1: Ανω ακρο σημαδουρας

Η στεγανοποίηση των κουφωμάτων επιτεύχθηκε με φλατζοκόλλα, το εσωτερικό αποκαλύφθηκε με αλουμινόχαρτο για ανακλαση του ηλίου και αύξηση της θερμοκρασίας.

Στο κάτω μέρος χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος στεγανοποίησης μεταξύ του περιβάλλοντος και των ψυκτών καθώς και για την συγκόλληση με το πάνω μέρος. Τοποθετήθηκαν δύο λουριά για επιπλέον στερέωση του hsu πάνω στο teg. Τα πρώτα πειράματα ήταν απλές βυθίσεις σε κουβία με νερό από 10 δευτερά μέχρι 2 λεπτά και δεν παρατηρήθηκε κάποια διαρροή. Έπειτα ακολούθησε πολύωρη πλεύση στο νερό με αποτέλεσμα ώρες μετά να έχει ποτίσει το εσωτερικό τοίχος της σημαδούρας λόγω υλικού και όχι καταλληλή μύτη που χρησιμοποιήθηκε κατά την 3d εκτύπωση. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με μια στρώση φλατζοκόλλας στο εξωτερικό της σημαδούρας όπως θα φανεί στις παρακάτω φωτογραφίες. Εναλλακτική λύση θα ήταν εφαρμογή θερμοτήτας στις επιφάνειες της σημαδούρας με ειδικό πιστολάκι ώστε να λιώσει ελαχίστα το πλαστικό και να κλείσουν οι πόροι.





Εικόνα 4.4.2: κατω ακρο σημαδουρας



Εικόνα 4.4.3: Ένωση των κομματιών

Στην εσωτερική επιφάνεια της ψυκτρας καθώς και ανάμεσα στα pcm τοποθετήθηκε θερμική πάστα ώστε να επιτευχθεί καλύτερη αγωγιμότητα των επιφανειών της κάθε θερμοηλεκτρογεννήτριας

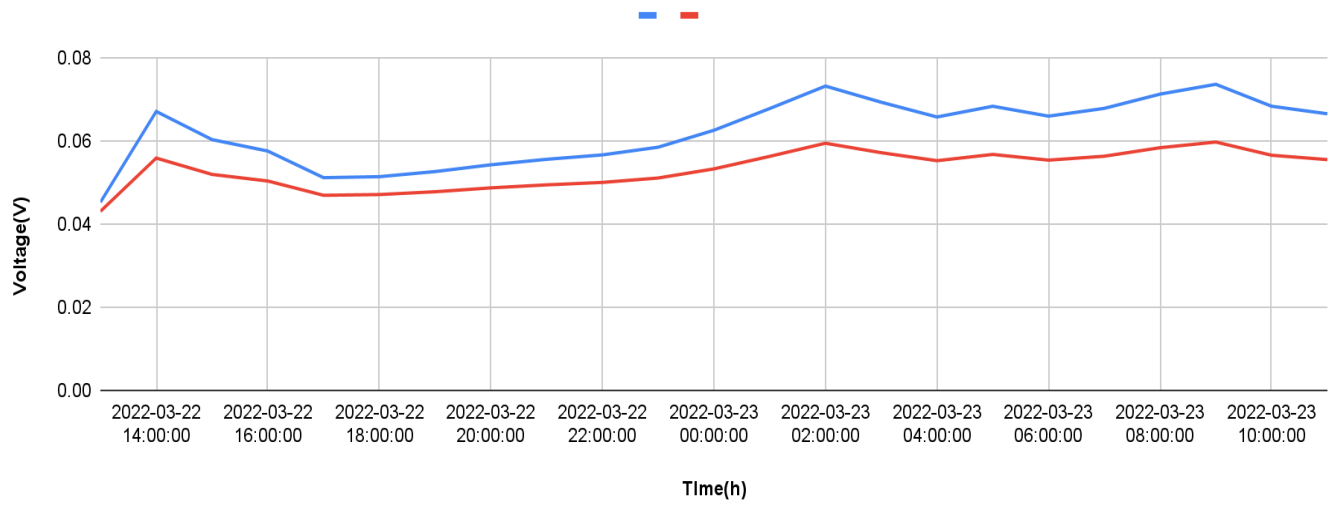




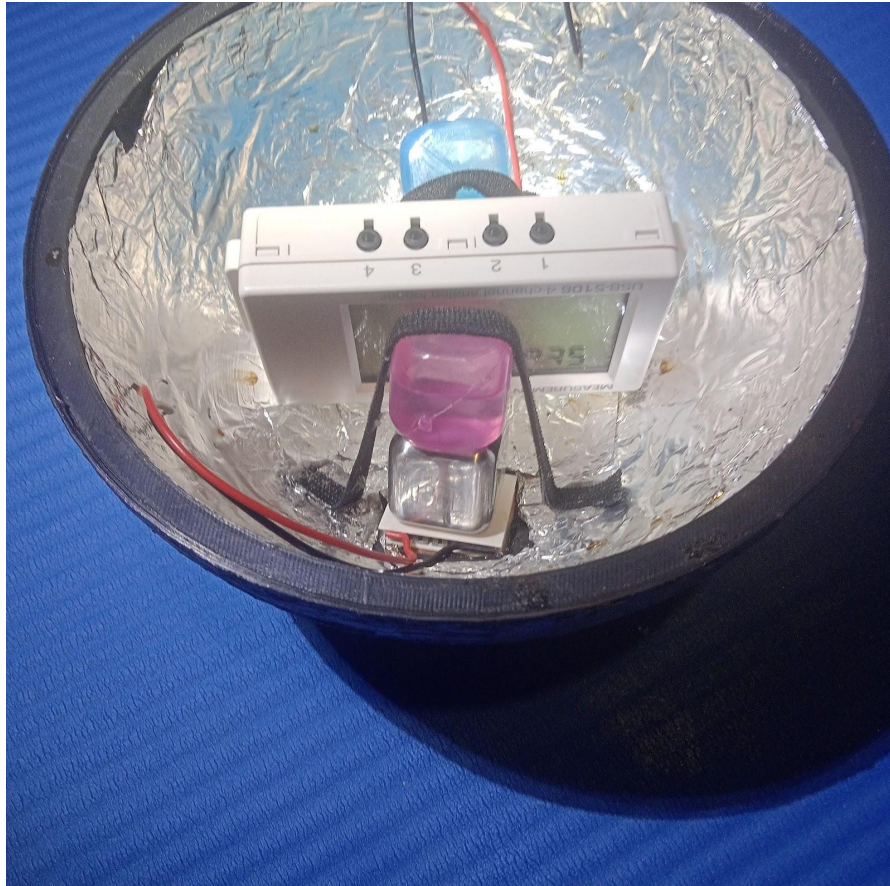
Εικόνα 4.4.4: Εφαρμογή θερμοαγώγιμης πάστας

Το επομενο πειραμα ηταν σε μια φυσικη μικρη λιμνη που δημιουργησε το ποταμι της Σκαλωτης Δραμας. Το σημειο επιλεχθηκε λογο της χαμηλης θερμοκρασιας του νερου ωστε να δημιουργηθει μεγαλυτερη διαφορα θερμοκρασιας. Τοποθετηθηκε datalogger το οποιο μετρουσε ανα 10 δευτερολεπτα . Παρατηρηθηκαν ζημιες στα HSU λογο θερμοτητας που ελιωσε σημεια της σιλικονης που χαλασαν την μονωση αλλα και μια αρκετα ικανοποιητικη παραγωγη ενεργειας για την κλιμακα της εφαρμογης μας σαν αποτελεσμα. Σταδιακες αυξομειωσεις στο περασμα των ωρων και στις αλλαγές θερμοκρασίας απο το εξωτερικο περιβαλλον. Παρατηρούμε μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας κατα την διάρκεια της νύχτας εξαιτίας της πτώσης θερμοκρασίας νερού και την μεταφορα ζεστου αέρα από την γη που στην συνέχεια μετατρέπεται στο δροσερό λόγω της κυκλοφοριας του αέρα γύρω από την περιοχή.

Πείραμα 1

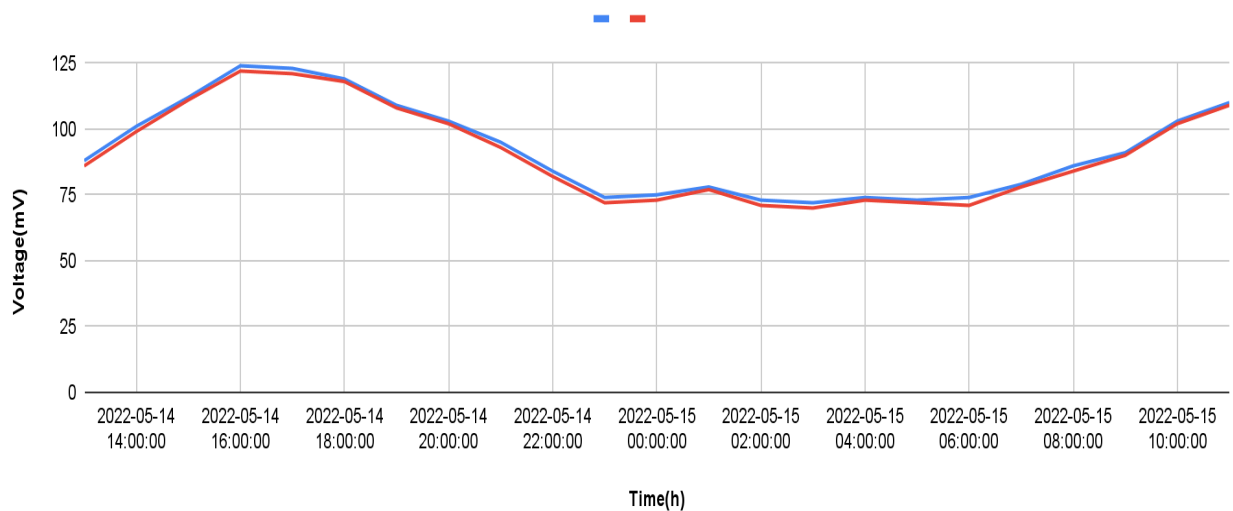


Εικόνα 4.4.5: Καταγραφή δεδομένων από κάθε TEG . Αριθμός δειγμάτων 7600 μια μέτρηση ανά 10 δευτερόλεπτα η εξομάλυνση των δεδομένων έγινε με ένα απλό script που υπολογίζει τον μέσο όρο ανά μία ώρα .

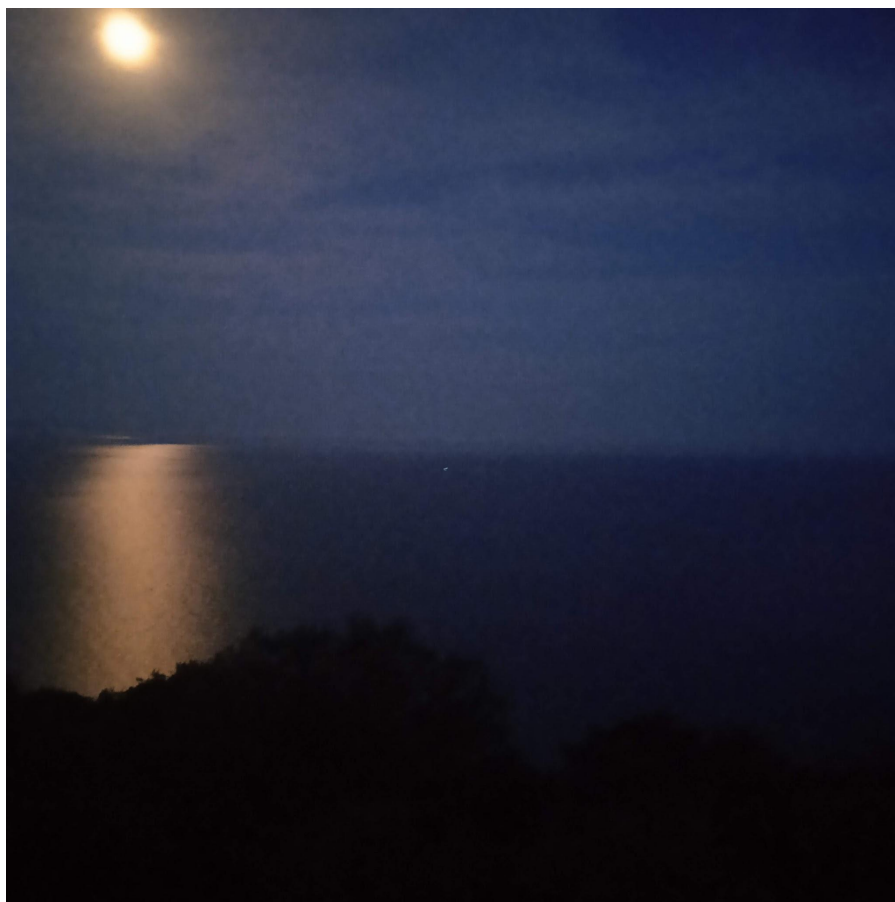


Εικόνα 4.4.6: Διαταξη που χρησιμοποιήθηκε στο δευτερο πείραμα

Πείραμα 2



Εικόνα 4.4.7: Καταγραφη δεδομενων απο καθε TEG . Αριθμος δειγματων 7600 μια μετρηση ανα 10 δευτερόλεπτα η εξομάλυνση των δεδομένων έγινε με ένα απλό script που υπολογίζει τον μεσο όρο ανα μία ώρα .

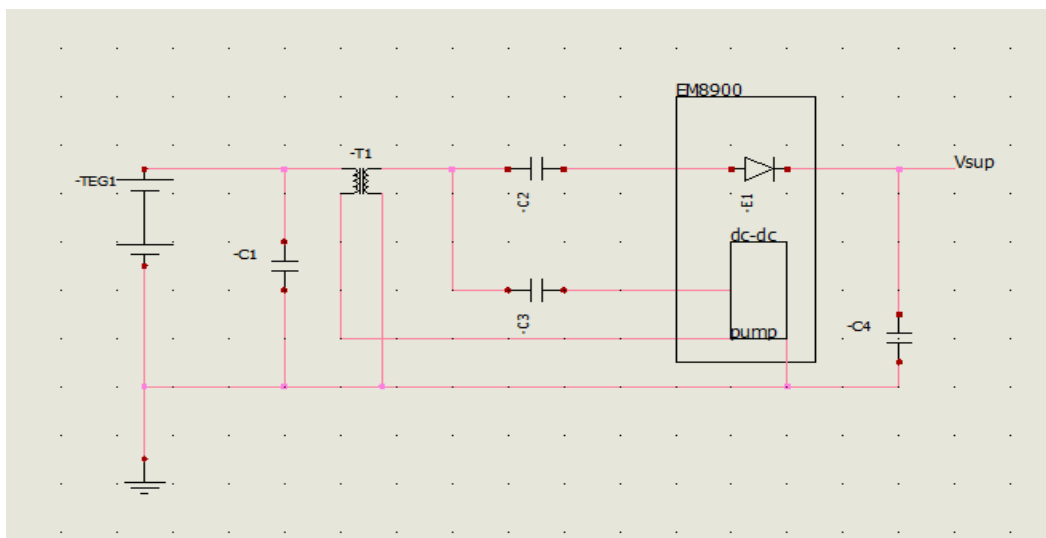


Εικόνα 4.4.8: Εικόνα απο πειραμα 2 . Στην μέση διακρίνεται ένα πράσινο led απο την σχεδία που δέθηκε η σημαδούρα

Σαν τοποθεσία του πειράματος 2 επιλέχθηκε ένα βόρειο μέρος του αιγαίου λίγο εξω απο την καβαλα στην παραλία μυρτοφύτου. Παρατηρήθηκε απόλυτα ομαλή διακύμανση της ενέργειας μεσα στο πέραςμα της ημέρας ανάλογη της εξωτερικής θερμοκρασίας.(16 βαθμους κελσιου 3 το βραδυ και περιπου 24 κατα την διαρκεια της μερας 25)

5 Συμπερασματα-Μελλοντικες προσθηκες και βελτιωσεις για επεκταση του project

Το επιπλεον περίβλημα από plexiglass μειώνει την απόδοση επειδή παρεμβάλλεται αερας αλλά και το πλαστικό αυξανοντας την θερμική αντίσταση και μειώνοντας την θερμοτητα που φτάνει στην επιφάνεια του teg. Μπορουμε ευκολα να συμπεράνουμε οτι ειναι αρκετα απαιτητικη η συγκομιδη ενεργειας εκμεταλλεύοντας τα φυσικα στοιχεια μια περιοχης. Βελτιωσεις οπως πιο αποδοτικα υλικα για την μοναδα αποθηκευσης ενεργειας και υλικο αλλαγης φασης, θερμικη μπογια για μονωση και προσθηκη επιπλεον teg θα μας εδιναν παραπανω ενεργεια πισω. Παρακάτω είναι ένα απλό κυκλωμα για αυξηση αποδοσης χρησιμοποιώντας τον EM8900.

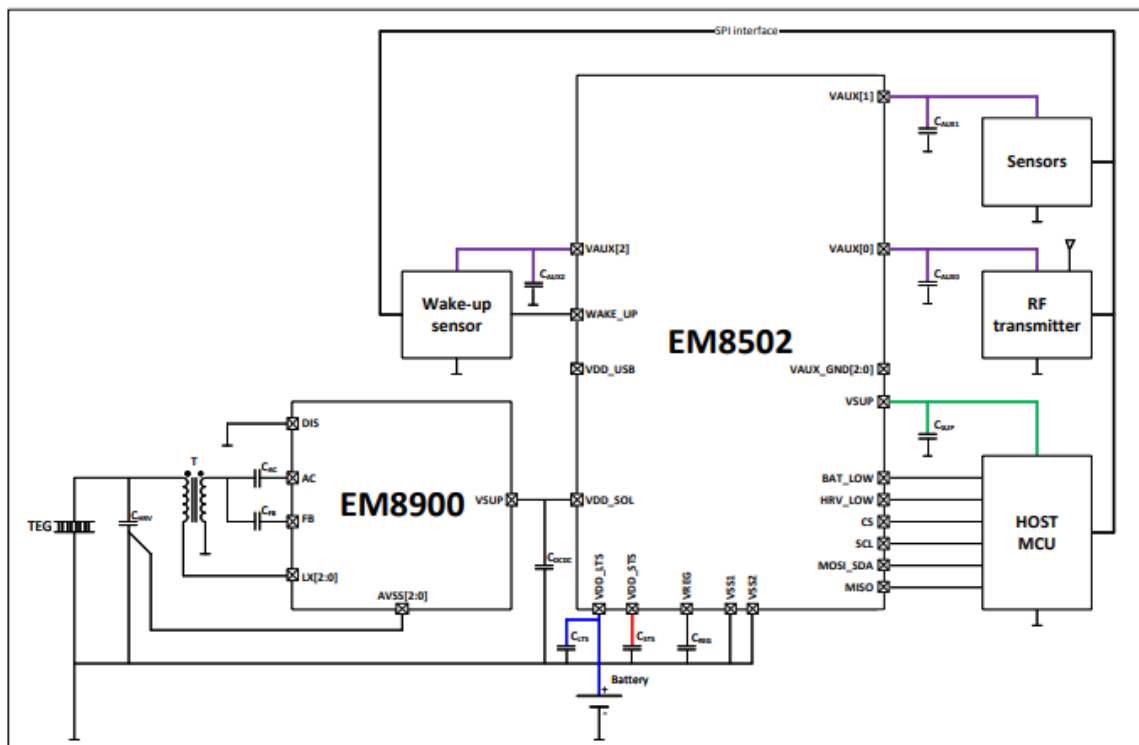


Εικόνα 5: κυκλωμα στο solidworks electrical

Ο EM8900 είναι ένας ενσωματωμένος μετατροπέας DCDC εξαιρετικά χαμηλής ισχύος ειδικά σχεδιασμένος για TEG. Η συσκευή ξεκινά και λειτουργεί αυτόνομα με τάση εισόδου τόσο χαμηλή όσο 5 mV στην περιοχή μW έως mW. Δεν απαιτείται πρόσθετη τάση τροφοδοσίας για την εκκίνηση του DCDC. Αυτό το επίπεδο λειτουργίας εξαιρετικά χαμηλής τάσης επιτρέπει τη χρήση ενός TEG με χαμηλό συντελεστή Seebeck, μειώνοντας έτσι το μηχανικό

του μέγεθος και το κόστος. Ο μετατροπέας DCDC απαιτεί έναν σωστά επιλεγμένο μετασχηματιστή για να αποκτήσει την υψηλότερη απόδοση, το 1:100 λογο μετατροπής επιτρέπει την εκκίνηση σε πολύ χαμηλή τάση και έχει καλή απόδοση σε εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο ισχύος που έχουμε στην εφαρμογή μας. Η επιλογή TEG είναι σημαντική για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης. Μια κοινή εφαρμογή είναι η συλλογή της θερμικής ενέργειας μεταξύ μιας θερμής πηγής και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Σε αυτή τη διαμόρφωση η θερμική σύζευξη με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν είναι ιδανική. Ένα στοιχείο ψύξης είναι προσαρτημένο για να φέρει τον ψυχρό πόλο του TEG όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Συνήθως η ειδική αντίσταση του ψυκτικού στοιχείου περιορίζεται από το διαθέσιμο μηχανικό μέγεθος, τη ροή αέρα ή τα αισθητικά κριτήρια. Η θερμική αντίσταση του TEG και του στοιχείου ψύξης πρέπει να ταιριάζουν για μέγιστη εξαγωγή ισχύος.

Τέλος θα μπορούσε να προστεθεί ένας ακόμα τρόπος συγκομιδής. Με μια επέκταση του άνω μέρους και προσθήκη βάρους στο κάτω θα μπορούσαμε να βάλουμε 4 μικρα φωτοβολταϊκα πανελ και με την βοήθεια του EM8502 έχουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα με κεραία, μπαταρία και αισθητήρες. Ο EM8502 είναι μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης ενέργειας για εφαρμογές χαμηλής ισχύος. Έχει σχεδιαστεί για να απλοποιεί τη σχεδίαση της εφαρμογής χρησιμοποιώντας πολλαπλές ηλιακές κυψέλες σε σειρά που μπορούν να συνδεθούν απευθείας με την εφαρμογή και τα στοιχεία αποθήκευσης.

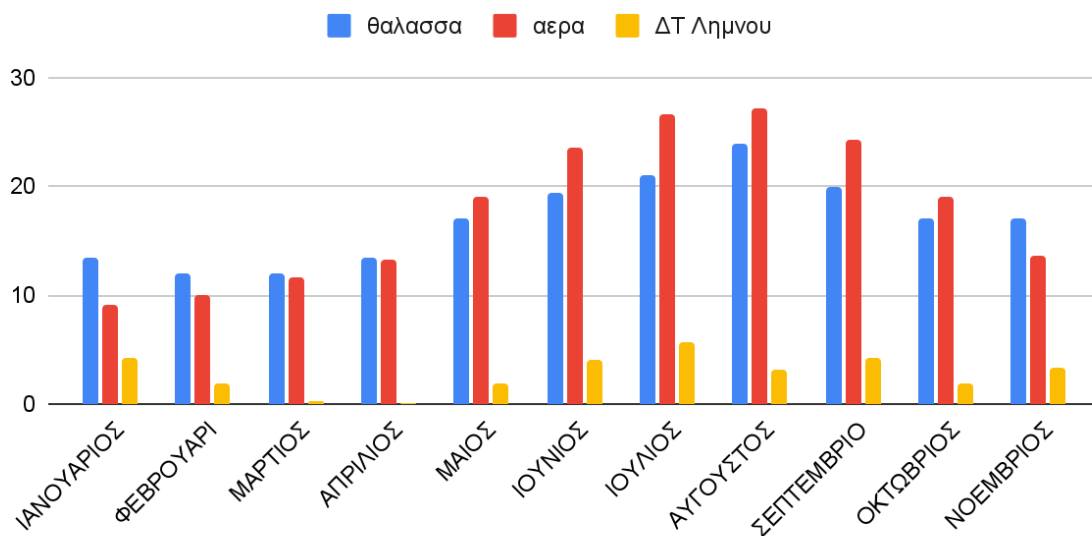


Εικόνα 5.1: Επέκταση του κυκλώματος 5 [9]

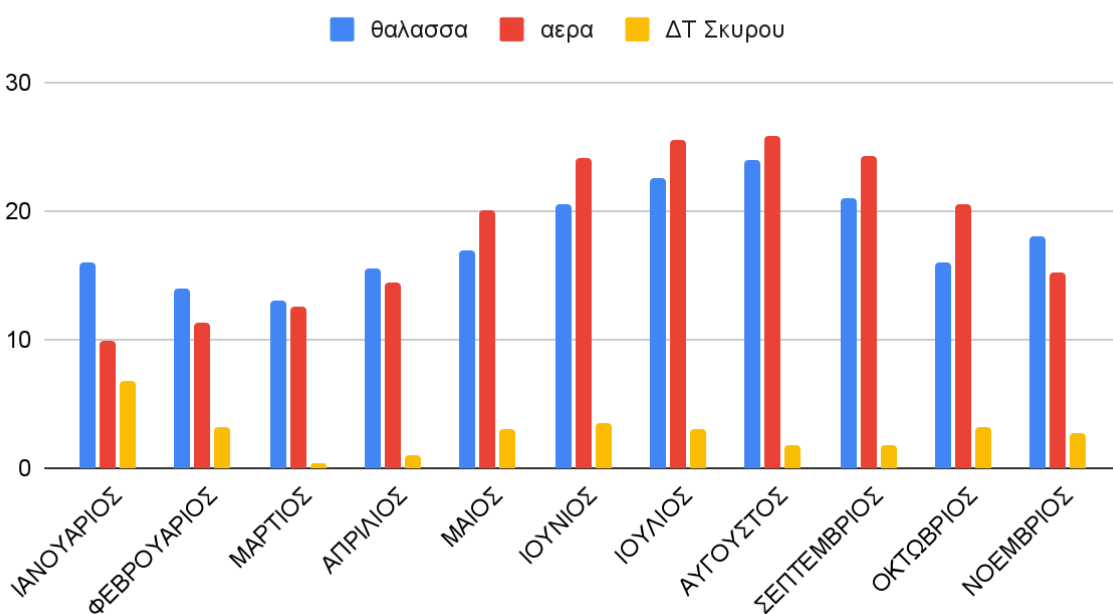
Με τις παραπάνω βελτιώσεις θα μπορούσε με ευκολία να υποστηριχθεί ένα σύστημα με αισθητήρα και μεταδοση.

Παρακάτω βλέπουμε καποια δεδομενα για τον υπολογισμό της διαφοράς θερμοκρασίας σε διάφορα γεωγραφικά ύψη της χώρας μας που παραχώρησε η ΕΜΥ[10] και το meteo[11]. Απο τα γραφήματα μπορούμε να συμπεράνουμε τις διαφορες πιθανές αποδόσεις στις θαλασσες της Ελλάδα σύμφωνα με τις αντίστοιχες ΔΤ.

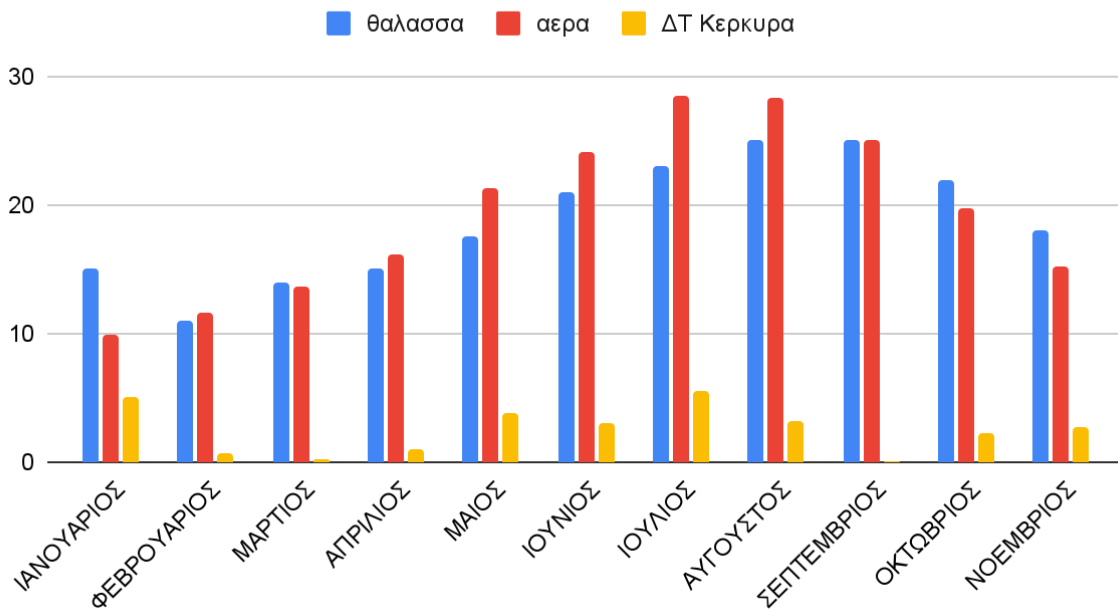
ΛΗΜΝΟΣ



ΣΚΥΡΟΣ



ΚΕΡΚΥΡΑ



Εικόνα 5,2: Μελετη διαφορας θερμοκρασιας νερου θαλασσας και αερα σε 3 νησια

Βιβλιογραφία:

- [1]http://www.its.caltech.edu/~jsnyder/thermoelectrics/history_page.htm
- [2]<https://ieeexplore.ieee.org/document/740313>
- [3]http://ffden-2.phys.uaf.edu/212_spring2007.web.dir/sedona_price/phys_212_webproj_peltier.html
- [4]<https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-royal-society-of-edinburgh/article/abs/4-on-a-mechanical-theory-of-thermoelectric-currents/6E0F79E627864AF81F4477BD4133551E>
- [5]https://www.researchgate.net/publication/338019532_A_comprehensive_review_of_Thermoelectric_Generators_Technologies_and_common_applications
- [6]<https://uslhs.org/buoys-0>
- [7] <https://www.fugro.com/>
- [8]<https://www.solidworks.com/>
- [9]<https://www.emmicroelectronic.com/sites/default/files/products/datasheets/8900-ds.pdf>
- [10]<http://www.emy.gr/emyl/el/>
- [11]<https://www.meteo.gr/index.cfm>

