

# **Πτυχιακή Εργασία**

**Μέτρηση και αξιολόγηση μονάδας συμπαραγωγής  
ηλεκτρισμού και θερμότητας, βασισμένη σε κινητήρα  
εσωτερικής καύσης κύκλου Atkinson, σε διάφορες  
καταστάσεις.**

**Πετρούλεας Διονύσης**

**AM:03962**

# Πρόλογος

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μας στον τομέα της Ενεργειακής Μηχανολογίας της σχολής Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας του Α.Τ.Ε.Ι Αθήνας.

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η λεπτομερής παρουσίαση της μικρής μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) με κινητήρα εσωτερικής καύσης του εργαστηρίου ΜΕΚ, καθώς και η μέτρηση και η αξιολόγησή της.

Αρχικά, έγινε μελέτη όλης της βιβλιογραφίας που αφορά την μονάδα με πηγές κυρίως από την κατασκευάστρια εταιρία του μονοκύλινδρου κινητήρα Honda, ο οποίος αποτελεί τη καρδιά της μικρή μονάδα ΣΗΘ. Στην συνέχεια έγιναν δοκιμές λειτουργίας και μετρήσεις που αφορούσαν κυρίως την απόδοση της μονάδας, καθώς και διάφορες άλλες μετρήσεις για να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο δουλεύει και για να την αξιολογήσουμε κατάλληλα. Απώτερος στόχος ήταν ο κατά το δυνατόν ακριβής πειραματικός υπολογισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης συστήματος συμπαραγωγής σε διάφορες καταστάσεις. Τέλος έγιναν προτάσεις για μελλοντικές αγορές οργάνων μέτρησης για την βελτίωση της πειραματικής επαλήθευσης της μέτρησης της ενεργειακής απόδοσης.

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά τα Ακαδημαϊκά έτη 2018-2019 και, μερικά, κατά το 2019-20, υπό την επίβλεψη του κ. Αντωνίου Χατζηαποστόλου, Αναπληρωτή Καθηγητή.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	2
Ποιος ο ρόλος της Μ.Π.Ε στο σύστημα της Σ.Η.Θ. ....	5
<b>1. Σύστημα συμπαγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας Honda Vaillant.....</b>	<b>5</b>
1.1 Οι πρώτες σκέψεις της εταιρίας για την ανάπτυξη στον ενεργειακό τομέα. ....	5
1.2 Η Πρώτη σκέψη, η δημιουργία της και το πλεονέκτημά της.....	5
1.3 Η μετέπειτα χρονική εξέλιξη της μονάδας.....	6
1.4 Οι διάφορες χρήσεις και εφαρμογές της μονάδας ανά τον κόσμο.....	7
1.4.1 Ιαπωνία: Παραγωγή ενέργειας και ενδοδαπέδια θέρμανση ζεστού νερού. ....	7
1.4.2 Γερμανία: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ακτινοβολία μέσω της μονάδας. .....	8
1.4.3 Η.Π.Α: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ζεστό αέρα .....	8
1.5 Η δομή της μονάδας παραγωγής ενέργειας. ....	8
1.6 Οι ειδικές προδιαγραφές κατασκευής της μονάδας. ....	9
<b>2. Ο κινητήρας του συστήματος της Honda Vaillant .....</b>	<b>10</b>
2.1 Ο κινητήρας της μονάδας με EXlink (Extended Expansion Linkage Engine). ....	10
2.2 Δομή της EXlink. ....	10
2.3 Πώς το EXlink ενισχύει την θερμοδυναμική απόδοση. ....	11
2.4 Τεχνολογίες μείωσης τριβών στους κινητήρες. ....	13
<b>3.Εναλλάκτες θερμότητας του συστήματος Honda Vaillant.....</b>	<b>13</b>
3.1 Χαρακτηριστικά συστήματος ανακτήσεως θερμότητας. ....	13
3.2 Εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων-νερού - ενσωματωμένος στον τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα. ....	14
3.3 Χαρακτηριστικά- Διαδρομή ψυκτικού μέσου και αέρα ψύξης. ....	15
3.3.1. Αέρας ψύξης.....	15
3.3.2.Υγρό ψύξης (Ψυκτικό Μέσο).....	15
<b>4.Ηλεκτρολογικό μέρος του συστήματος Honda Vaillant .....</b>	<b>15</b>
4.1 Χαρακτηριστικά συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. ....	15
4.2 Μετατροπέας του παραγόμενου ρεύματος σε εναλλασσόμενο.....	16
4.3 Μετατροπέας ημιτονοειδούς κύματος και συχνότητας. ....	17
4.4 Αξιολόγηση της τάσης του ρεύματος σε φορτίο μορφής κύματος (Τάση μορφής κύματος). ....	17
<b>5. Η εγκατάσταση του εργαστηρίου .....</b>	<b>21</b>
5.1 Το σύστημα στο εργαστήριο. ....	21
5.2 Το σχέδιο για την εγκατάσταση. ....	21
5.3 Υλικά που χρειαστήκαν για την εγκατάσταση. ....	22

5.4	Σύνδεση της μονάδας με παροχή νερού και αποχέτευση.....	24
5.5	Σύνδεση δεξαμενής με την μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. ....	25
5.6	Συνδέσεις ασφαλιστικών διατάξεων στην παροχή του νερού. ....	27
5.7	Ηλεκτρολογική σύνδεση, σύνδεση φιάλης φυσικού αερίου και καπνοδόχου. ....	28
<b>6.</b>	<b>Έναυση της μηχανής .....</b>	<b>32</b>
6.1	Διαδικασία έναυσης.....	32
6.2	Γραμμή κυκλώματος καυσίμου.....	32
6.3	Έναυση μηχανής από την οθόνη ελέγχου του συστήματος. ....	32
6.4	Σταθεροποίηση γραμμής καυσίμου.....	32
6.5	Παραλληλισμός με το ηλεκτρικό δίκτυο.....	32
<b>7.</b>	<b>Κεντρική οθόνη συστήματος Honda Vaillant.....</b>	<b>33</b>
7.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά μέσω κεντρικής οθόνης συστήματος. ....	33
7.2	Μετρήσεις μέσω των δεδομένων του συστήματος. ....	35
<b>8.</b>	<b>Ο υπολογισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης.....</b>	<b>37</b>
8.1	Σκοπός των μετρήσεων που λάβαμε. ....	37
<b>9.</b>	<b>Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική εργασία και προσθήκες οργάνων .....</b>	<b>40</b>
9.1.	Προτάσεις για μελλοντική εργασία – προσθήκες οργάνων .....	40
9.2.	Συμπερασματα .....	41
	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>42</b>

## **Ποιος ο ρόλος της Μ.Π.Ε στο σύστημα της Σ.Η.Θ.**

Στο σύστημα μας (Σ.Η.Θ) η μονάδα παραγωγής ενέργειας (Μ.Π.Ε.) έχει τον σημαντικότερο ρόλο, θα λέγαμε ότι είναι η καρδιά του συστήματος, σε συνεργασία με την μονάδα εξαγωγής θερμότητας που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Ωστόσο, με διάφορες διατάξεις και συστήματα παράγει όλη την ενέργεια που θέλουμε και εμείς την διαθέτουμε για διάφορους σκοπούς.

### **1. Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας Honda Vaillant**

#### **1.1 Οι πρώτες σκέψεις της εταιρίας για την ανάπτυξη στον ενεργειακό τομέα.**

Αρχικά, η πρώτη σκέψη ήταν να βοηθήσουν τις κατοικίες να παράγουν ηλεκτρισμό και θέρμανση με υψηλό βαθμό απόδοσης – η μηχανή της Honda με αέριο κατοικίας έγινε μονάδα συμπαραγωγής.

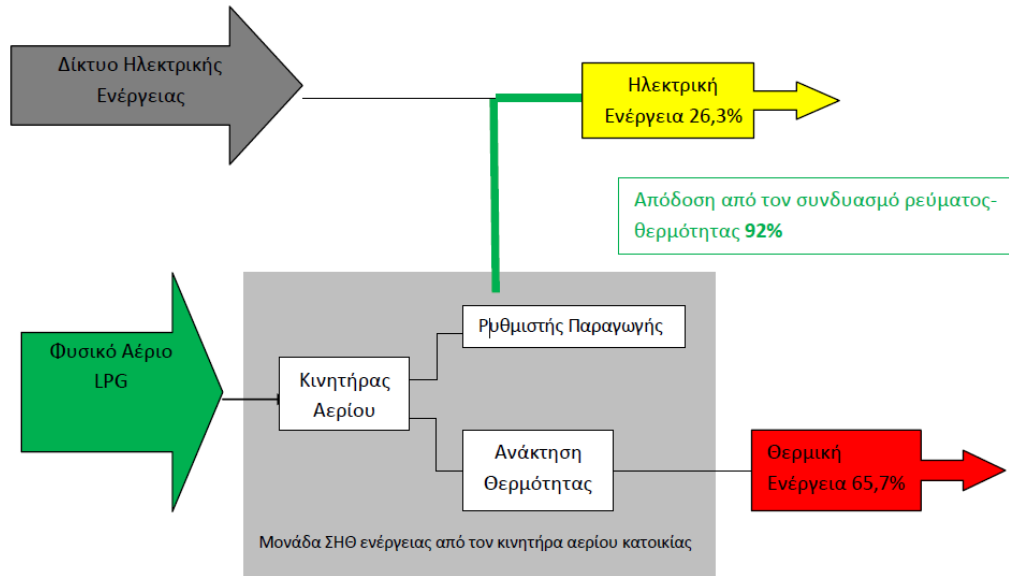
Η Honda διαρκώς αναπτύσσει μια μεγάλη ποικιλία στα προϊόντα παραγωγής ενέργειας τα οποία κάνουν την δουλειά ευκολότερη και την καθημερινή ζωή πιο άνετη. Με βάση αυτό τον στόχο, η Honda ξεκίνησε την ανάπτυξη τεχνολογιών ώστε να κάνει την οικιακή ενέργεια πιο αποδοτική. Τα ενεργειακά προϊόντα υψηλής αποδοτικότητας στις κατοικίες αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής των ανθρώπων, ώστε τους βοηθούν να ανταπεξέλθουν στα αυξανόμενα λειτουργικά έξοδα ηλεκτρικής ενέργειας του σπιτιού. Ένα από αυτά τα προϊόντα είναι η μηχανή συμπαραγωγής από φυσικό αέριο της Honda.

Από μια και μόνο πρωταρχική πηγή ενέργειας – φυσικό αέριο ή LPG – το σύστημα συμπαραγωγής παράγει δύο είδη ενέργειας – ρεύμα και θέρμανση – με εξαιρετική ενεργειακή απόδοση. Αν το συγκρίνουμε με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από την παραγωγή θερμικής ισχύος και την θέρμανση νερού που προέρχεται από την καύση φυσικού αερίου, ένα νοικοκυριό το οποίο χρησιμοποιεί το οικιακό σύστημα συμπαραγωγής της Honda μπορεί να μειώσει σημαντικά τα έξοδα ενέργειας καθώς και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Πρωταρχικό ρόλο στην οικονομία που μπορεί να προσφέρει μια τέτοια μονάδα είναι η τιμή της οικιακής ηλεκτρικής KWh.

Στο μεταξύ, ενώ η Honda ερευνούσε την τεχνολογία που θα έκανε τις μονάδες συμπαραγωγής πιο μικρές, αυτές χρησιμοποιούνταν σε μεγάλο βαθμό και ήταν κατάλληλες μόνο για εργοστάσια, ξενοδοχεία και διάφορες άλλες εμπορικές εγκαταστάσεις. Οι τεχνολογίες Honda που προήλθαν έπειτα από έρευνες δεκαετιών πάνω σε μικτές μηχανές και γεννήτριες, κατέστησαν δυνατή τη δημιουργία μικτών συστημάτων συμπαραγωγής και στα νοικοκυριά. Οι μονάδες συμπαραγωγής της Honda παράγουν ρεύμα από την καύση φυσικού αερίου, ενώ ταυτόχρονα αξιοποιούν και την θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την καύση. Έτσι, οι κατοικίες αποταμιεύουν χρήματα από το οικιακό ρεύμα και τα έξοδα θέρμανσης.

#### **1.2 Η Πρώτη σκέψη, η δημιουργία της και το πλεονέκτημά της.**

Η εταιρία σύμφωνα με τις παγκόσμιες συνθήκες και προδιαγραφές είχε σαν πρώτο στόχο να συμβάλει στην διαμόρφωση μιας μελλοντικής παγκόσμιας κοινωνίας με χαμηλά επίπεδα άνθρακα. Έτσι, ξεκίνησαν και οι πρώτες σκέψεις για να φτιάξουν μια μονάδα παραγωγής που να είναι όσο γίνεται φιλικότερη στο περιβάλλον. Το πρώτο σχέδιο και οι πρώτες εφαρμογές θα ακολουθήσουν παρακάτω.



Εικόνα 1: Σύστημα διανομής ενέργειας

Μετά την ανακοίνωση της εμφάνισης της οικιακής μονάδος συμπαραγωγής πρώτης γενιάς το 2002, η Honda συνεργάστηκε με τους κατασκευαστές θέρμανσης νερού και προώθησαν συστήματα συμπαραγωγής ενέργειας από κινητήρα αερίου κατοικίας στην Ιαπωνία το 2003. Από τότε, τα συστήματα αυτά πωλούνται από τις επιχειρήσεις διανομής φυσικού αερίου σε ολόκληρη τη χώρα με τη σφραγίδα της ECOWILL. Σήμερα, όλο και περισσότερες κατοικίες στην Ιαπωνία υιοθετούν τα συστήματα συμπαραγωγής. Βέβαια, υπάρχουν και πολλά άλλα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που βασίζονται στην τεχνολογία κυσέλων καυσίμων, που κάνουν την εμφάνισή τους στην αγορά δίνοντας πάρα πολλές επιλογές στα νοικοκυριά.

Ένα πλεονέκτημα που έχει η μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας από κινητήρα αερίου κατοικίας της Honda είναι η ικανότητά της να χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος περιοχών, θερμοκρασιών και σπιτιών. Γι' αυτό τον λόγο η Honda έχει ξεκινήσει την πώληση της καινούριας αυτής μονάδας δεύτερης γενιάς εκτός Ιαπωνίας, συνεργαζόμενη με τους κατασκευαστές θέρμανσης νερού ώστε να εξελίξουν τα συστήματα συμπαραγωγής. Στις ΗΠΑ, η Honda συνεργάστηκε με την ECR International για την ανάπτυξη ενός συστήματος ανεξάρτητης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (freewatt™ system). Η πώληση αυτού του συστήματος ξεκίνησε το 2007 στις παγωμένες Βορειοδυτικές πολιτείες. Στην Γερμανία, η Honda συνεργάστηκε με την Vaillant για την ανάπτυξη του συστήματος ecoPOWER 1.0, το οποίο βγήκε στην αγορά το 2011.

### 1.3 Η μετέπειτα χρονική εξέλιξη της μονάδας.

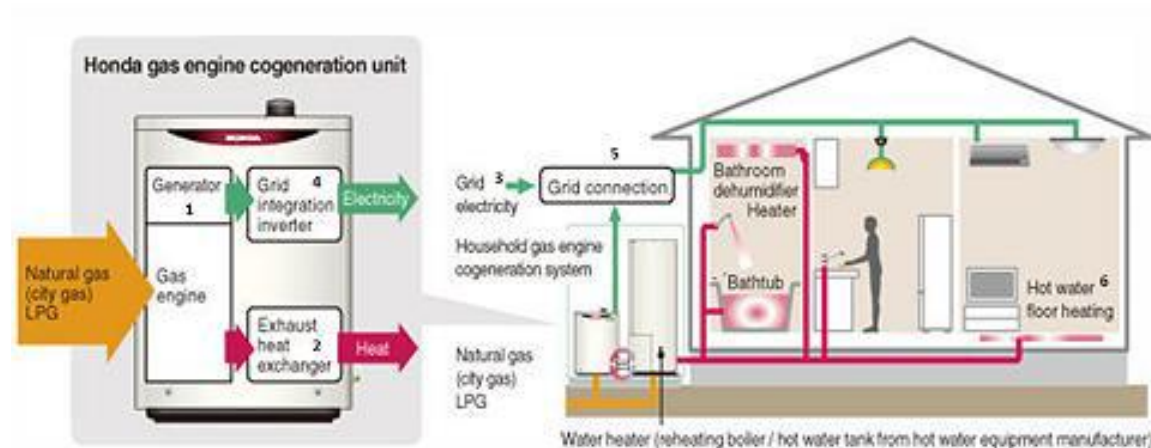
Η Honda ενισχύει συνεχώς τον βαθμό απόδοσης των μονάδων συμπαραγωγής. Η μονάδα πρώτης γενιάς που έκανε την εμφάνισή της το 2002 συνδύαζε εντυπωσιακά το ρεύμα και την θέρμανση και η απόδοσή της έφτανε το 85 τις εκατό. Έτσι η Honda προώθησε τη μονάδα δεύτερης γενιάς το 2006, και τη σημερινή μονάδα τρίτης γενιάς το 2011, και η οποία αύξησε την απόδοση συνδυασμένης παραγωγής ρεύματος και θέρμανσης στο 92 τις εκατό.

Επιπλέον, ο σχεδιασμός πρόσθετων μερών και οι βελτιώσεις στην συσκευασία είχαν σαν αποτέλεσμα αυτή η μονάδα να είναι συμβατή περισσότερο από ποτέ. Η προώθηση

της προηγμένης μονάδας τρίτης γενιάς βρίσκεται σε εξέλιξη, με τις αγορές της Ιαπωνίας και της Γερμανίας να πρωτοστατούν.

## 1.4 Οι διάφορες χρήσεις και εφαρμογές της μονάδας ανά τον κόσμο.

### 1.4.1 Ιαπωνία: Παραγωγή ενέργειας και ενδοδαπέδια θέρμανση ζεστού νερού.

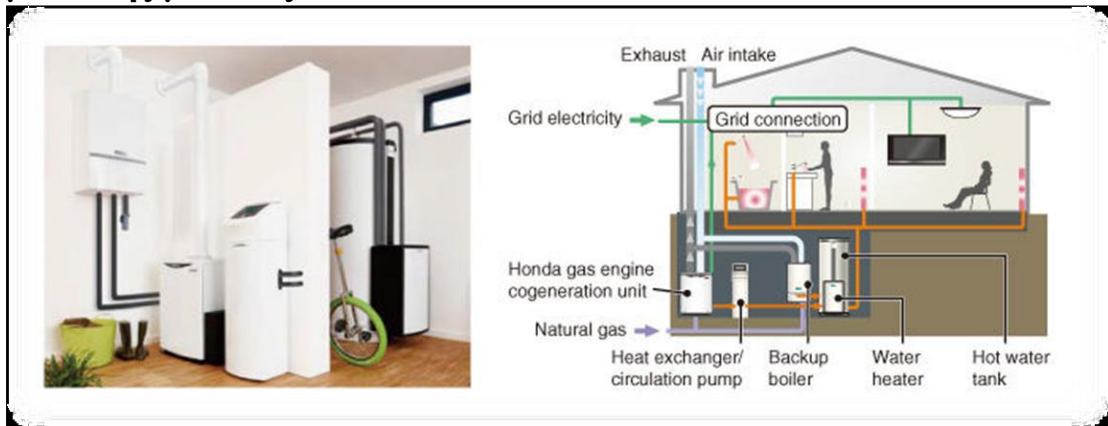


Εικόνα 2: Παραγωγή ενέργειας και ενδοδαπέδια θέρμανση με ζεστό νερό.

1. Γεννήτρια
2. Εναλλάκτης παραγωγής θερμότητας
3. Δίκτυο ηλεκτρ. ενέργειας
4. Ρυθμιστής ενσωματωμένος στο δίκτυο
5. Δίκτυο σύνδεσης
6. Ενδοδαπέδια θέρμανση ζεστού νερού

Εγκαταστημένο έξω από το σπίτι, το σύστημα παρέχει θέρμανση σε μορφή ζεστού νερού για μπάνιο και ενδοδαπέδια θέρμανση ζεστού νερού.

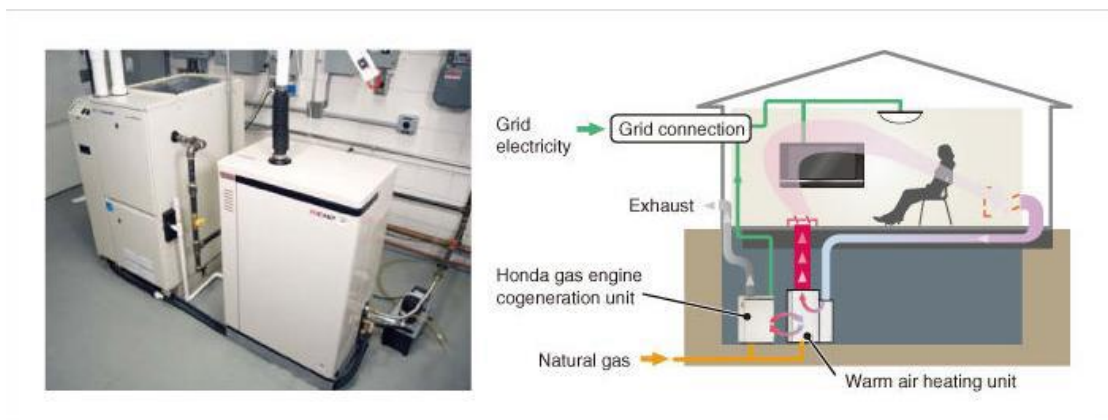
### 1.4.2 Γερμανία: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ακτινοβολία μέσω της μονάδος.



Εικόνα 3: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ακτινοβολία μέσω της μονάδος.

Μονάδα Σ.Η.Φ Honda, Εναλλάκτης Θ. με αντλίες, Εφεδρικός λέβητας, Θερμοσίφοντας, Δεξαμενή ζ.ν.χ.  
Το σύστημα μπορεί να εγκατασταθεί μέσα στο σπίτι. Η θερμότητα που παράγει χρησιμοποιείται για θέρμανση με ακτινοβολία και για ζεστό νερό χρήσης.

### 1.4.3 Η.Π.Α: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ζεστό αέρα



Εικόνα 4: Παραγωγή ρεύματος και θέρμανση με ζεστό αέρα.

Εγκαταστημένο στο υπόγειο ή και σε κάποιο άλλο σημείο εκτός της εσωτερικής κατοικίας, το σύστημα παρέχει θερμότητα στο χώρο μέσω ειδικού εναλλάκτη αέρα βεβιασμένης κυκλοφορίας.

### 1.5 Η δομή της μονάδας παραγωγής ενέργειας.

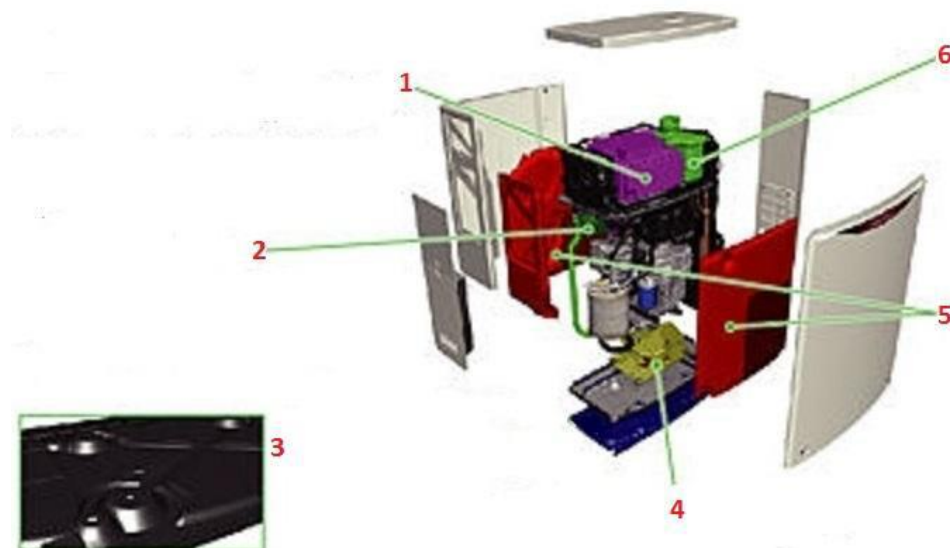
Στην παράγραφο που ακολουθεί θα αναλύσουμε την δομή της μονάδας μας η οποία έχει ένα πλήθος συστημάτων και υποσυστημάτων όπου όλα αυτά συνδεδεμένα μεταξύ τους μας παράγουν το επιθυμητό έργο. Τα συστήματα που θα αναλυθούν παρακάτω είναι ο μονοκύλινδρος κινητήρας της Honda, το σύστημα ανακτήσεως θερμότητας, που περιλαμβάνει τα υποσυστήματα ψύξης και αέρα και έναν τριοδικό εναλλάκτη θερμότητας, το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος την κατασκευή αυτού του «πακέτου» όπου περιβάλλει όλα τα ανωτέρω συστήματα.



## 1.6 Οι ειδικές προδιαγραφές κατασκευής της μονάδας.

Οι Ιάπωνες σε σχέση με τις παλαιότερες ογκώδεις και δυσλειτουργικές μονάδες κατάφεραν στην συγκεκριμένη να κάνουν την υπεροχή. Αρχικά, μεγάλα βήματα έγιναν και στο θέμα του θορύβου ώστε να μπορεί να καταστεί δυνατή η λειτουργία της μονάδας σε μια γειτονιά χωρίς να επηρεάζει τους κατοίκους, έτσι λοιπόν το σύγχρονο πακέτο που έφτιαξαν βοηθά σημαντικά στην ελαχιστοποίηση των θορύβων και τον κραδασμών.

Συνοψίζοντας δεν θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε στην απλούστευση της εγκατάστασης όπου μπορεί και ένας απλός άνθρωπος να την εγκαταστήσει. Τέλος, κάποια συγκριτικά στοιχεία σε σχέση με τις παλαιότερες μονάδες, ο νέος υπερσύγχρονος μικρότερος μονοκύλινδρος κινητήρας προσφέρει 32% περισσότερη ενέργεια και ελάχιστες εκπομπές βλαβερών αερίων σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο, ως αποτέλεσμα όλων τον παραπάνω έχουμε 33% πιο συμπαγή μονάδα και 11 κιλά ελαφρύτερη.



Εικόνα 5:Τμηματική ανάλυση της μονάδας του κινητήρα Honda

### 1) Φίλτρο Αέρα

i) Μείωση του θορύβου που προέρχονται από τον σωλήνα εισαγωγής

### 2) Σιγαστήρας θορύβου

i) Ρίχνει την πίεση του αέρα στο σύστημα εξατμίσεως του κινητήρα.

### 3) Υποδαπέδιο πλαίσιο

i) Ειδικό υλικό απορρόφησης τον κραδασμών του μηχανήματος.

### 4) Δομή στήριξης κινητήρα

i) Μειώνει κυμαινόμενα τον θόρυβο που μεταδίδεται μέσω της βάσης, βελτιώνει την μετάδοση τον κραδασμών από τον κινητήρα ανά μονάδα επιφάνειας

### 5) Ειδικό ηχομονωτικό υλικό

### 6) Σιγαστήρας Εξάτμισης

i) Ρυθμίζει τη ροή καυσαερίων και μειώνει το θόρυβο εξόδου της ροής του αέρα.

ii) Μειώνει το θόρυβο της ροής του αέρα κατά την εκτόνωσή του

## 2. Ο κινητήρας του συστήματος της Honda Vaillant

### 2.1 Ο κινητήρας της μονάδας με EXlink (Extended Expansion Linkage Engine).



Εικόνα 6: Τομή του κινητήρα του συστήματος Honda Vaillant

Καλύπτοντας περισσότερη λειτουργία με λιγότερα καύσιμα, στο σχεδιασμό κινητήρων πρωταρχική σημασία έχει η ενεργειακή απόδοση, λόγω της οποίας τα αναρίθμητα νέα πρότυπα εξελίσσονται συνεχώς με την πάροδο των χρόνων. Έχοντας ως στόχο να ανεβάσει την ενεργειακή απόδοση σε νέο επίπεδο, η Honda ανέπτυξε το δικό της σχεδιασμό για τον κινητήρα σύνδεσης. Εμπνεύστηκε από τον κινητήρα κυκλικής εκτεταμένης εκτόνωσης του Atkinson, που εφευρέθηκε πριν από περίπου 130 χρόνια. Είναι ο πρώτος μικρός κινητήρας του είδους που θα παραχθεί προς πώληση, το επαναστατικό EXlink έχει **διαδρομή εκτόνωσης μεγαλύτερη από την διαδρομή συμπίεσης** ώστε η αναλογία εκτόνωσης να είναι υψηλότερη από την αναλογία συμπίεσης.

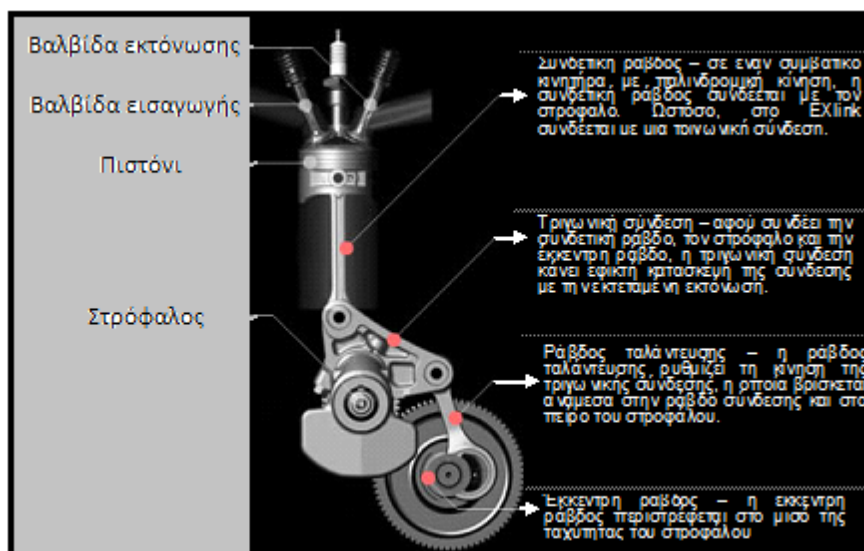
Σε αντίθεση με έναν συμβατικό κυκλικό κινητήρα Otto, στον οποίο οι διαδρομές του εμβλήματος είναι τυπικά του ίδιου μήκους, το EXlink έχει διαδρομές εκτόνωσης και εξαγωγής μακρύτερες από τις διαδρομές εισαγωγής και συμπίεσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η αναλογία εκτόνωσης να είναι μεγαλύτερη κατά 1,4 φορές από την αναλογία συμπίεσης, έτσι το EXlink προσφέρει λιγότερες απώλειες άντλησης και πολύ υψηλότερη θερμική απόδοση συγκριτικά με έναν συμβατικό κινητήρα.

### 2.2 Δομή της EXlink.

Το EXlink σχηματίζει μια τριγωνική σύνδεση ανάμεσα σε μια συνδετική ράβδο και έναν στροφαλοφόρο άξονα, που συναντάται και σε συμβατικούς κινητήρες. Η τριγωνική σύνδεση ενώνεται με μια έκκεντρη ράβδο μέσω μιας ταλαντευόμενης

ράβδου, και ολοκληρώνεται έτσι το σχέδιο της σύνδεσης εκτεταμένης εκτόνωσης. Η έκκεντρη ράβδος περιστρέφεται στο μισό της ταχύτητας του στροφαλοφόρου άξονα, σχηματίζοντας έτσι ζεύγη διαδρομών του εμβλήματος που εναλλάσσονται σε μικρές και μεγάλες.

Για να πραγματοποιηθεί μια αναλογία μακράς εκτόνωσης, το EXlink χρησιμοποιεί τις σύντομες διαδρομές για εισαγωγή και συμπίεση και τις μεγάλες διαδρομές για εκτόνωση και εξαγωγή, επεκτείνοντας 110 cc της εισαγωγής σε 163 cc. Το κλειδί που κάνει το κύκλο Atkinson ωφέλιμο είναι η χρήση μικρότερης ποσότητας αέρα κάνοντας περισσότερη δουλειά με αυτό για ενισχυμένη απόδοση καυσίμων, και αυτό στο EXlink εφαρμόζεται με έναν απλό, συμπαγή σχεδιασμό.

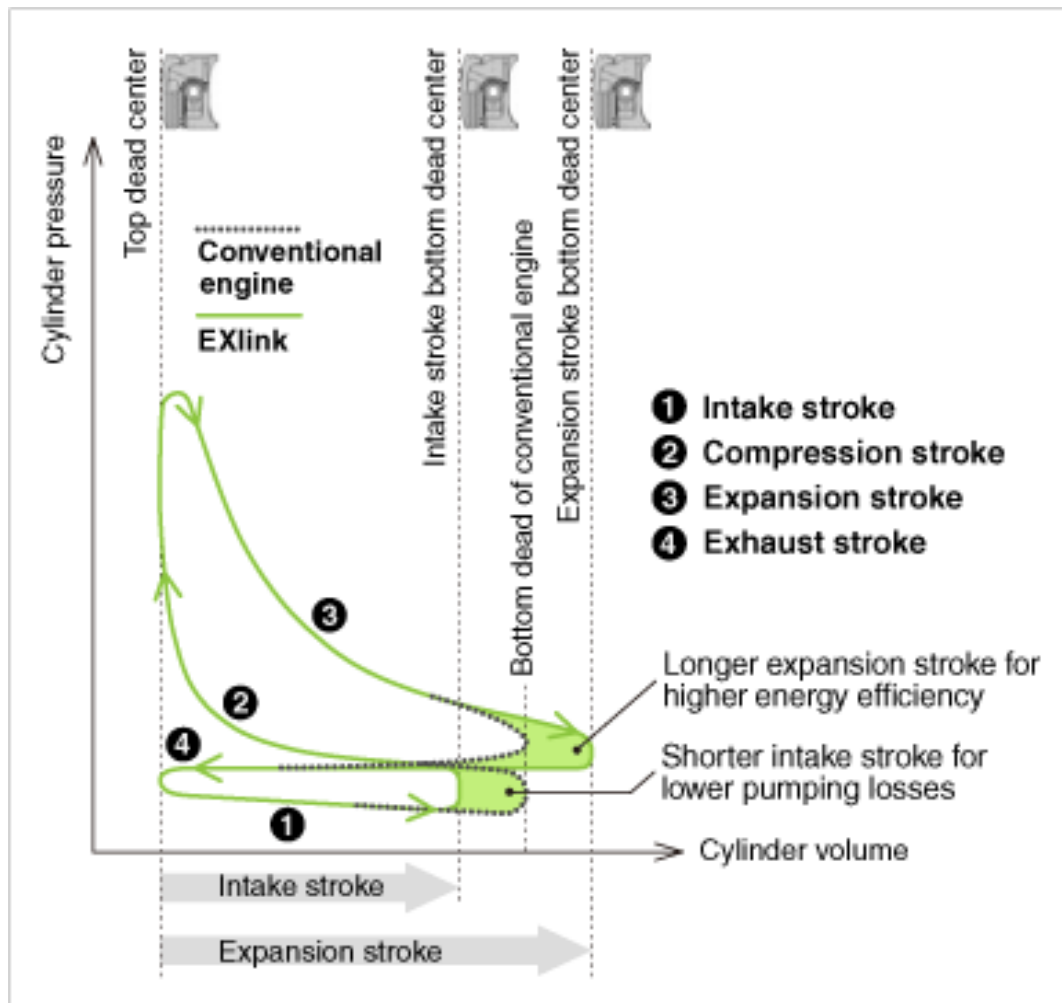


Εικόνα 7: Τμηματική ανάλυση του συστήματος EXlink

### 2.3 Πώς το EXlink ενισχύει την θερμοδυναμική απόδοση.

Σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, η αναλογία εκτόνωσης καθορίζει και το επίπεδο θερμικής απόδοσης. Οπότε, σε έναν συμβατικό κυκλικό κινητήρα Otto, η αναλογία εκτόνωσης είναι ίση με την αναλογία συμπίεσης, η ενίσχυση της απόδοσης καυσίμου με την αύξηση της αναλογίας εκτόνωσης επίσης συμβάλλει στην αύξηση της αναλογίας συμπίεσης. Η υψηλότερη αναλογία συμπίεσης έχει σαν αποτέλεσμα ανεπιθύμητα χτυπήματα του κινητήρα. Το κτύπημα του κινητήρα είναι ο μεταλλικός ήχος και η δόνηση που προκαλούνται από αντικανονική καύση στον κύλινδρο του κινητήρα. Το κτύπημα αυτό μπορεί να καταλήξει ακόμα και σε καταστροφή του κινητήρα. Συνήθως προκαλείται από πρόωμη καύση και από υπερβολικά υψηλή αναλογία συμπίεσης.

Ωστόσο, σε ένα EXlink η αναλογία συμπίεσης είναι 12.2:1, η οποία είναι αρκετά χαμηλή ώστε να μπορεί να αποφευχθεί το κτύπημα που μπορεί να προκληθεί σε ένα βενζινοκινητήρα, ενώ η αναλογία προέκτασης είναι 17.6:1 τόσο υψηλή ώστε μπορεί να ενισχύσει την θερμοδυναμική απόδοση.



Εικόνα 8: Σχεδιάγραμμα πίεσης-όγκου

- ✓ **Cylinder pressure:** Πίεση κυλίνδρου
  - ✓ **Top dead center:** Ανώτερο νεκρό σημείο
  - ✓ **Conventional engine:** Συμβατικός κινητήρας
  - ✓ **Intake stroke:** Διαδρομή εισαγωγής
  - ✓ **Expansion stroke:** Διαδρομή εκτόνωσης
  - ✓ **Intake stroke bottom dead center:** Κατώτατο νεκρό σημείο στη διαδρομή εισαγωγής
  - ✓ **Bottom dead of conventional engine:** Κατώτατο νεκρό σημείο σε έναν συμβατικό κινητήρα
  - ✓ **Expansion stroke bottom dead center:** Κατώτατο νεκρό σημείο στη διαδρομή εκτόνωσης
- 1) **Intake stroke:** Διαδρομή εισαγωγής
  - 2) **Compression stroke:** Διαδρομή συμπίεσης
  - 3) **Expansion stroke:** Διαδρομή εκτόνωσης

#### 4) Exhaust stroke: Διαδρομή εξαγωγής

- ✓ **Longer expansion stroke for higher energy efficiency:** Μεγαλύτερη διαδρομή εκτόνωσης για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση
- ✓ **Shorter intake stroke for lower pumping losses:** Μικρότερη διαδρομή εισαγωγής για λιγότερες απώλειες άντλησης
- ✓ **Cylinder volume:** όγκος κυλίνδρου

### 2.4 Τεχνολογίες μείωσης τριβών στους κινητήρες.

Η κατασκευή σύνδεσης του EXlink φέρνει στην επιφάνεια το ζήτημα της αυξημένης τριβής του κινητήρα. Ωστόσο, το EXlink χαρακτηρίζεται από τεχνολογίες που συμβάλλουν στη μείωση των τριβών του κινητήρα και αποτρέπουν απώλειες απόδοσης των καυσίμων.

Σε έναν συμβατικό κινητήρα, όταν το μίγμα από την καύση του αερίου καυσίμου πιέζει το έμβολο κατά την διαδρομή της εκτόνωσης, ασκούνται πλευρικές πιέσεις στα τοιχώματα του κυλίνδρου, προκαλώντας μεγάλη δύναμη τριβής. Καθώς η ισχύ της πλευρικής δύναμης καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την γωνία της συνδετικής ράβδου (μπιέλα), το EXlink είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε η μπιέλα να είναι σχεδόν παράλληλη με τα τοιχώματα του κυλίνδρου κατά τη διάρκεια της διαδρομής εκτόνωσης. Έτσι, η απώλεια από την τριβή εξαιτίας των πλευρικών δυνάμεων του εμβόλου είναι μικρότερη από το μισή ενός συμβατικού κινητήρα. Ακόμα και με τη βοήθεια των επιπλέον συνδετικών μερών εκτόνωσης, το EXlink έχει την ίδια δύναμη τριβής με αυτήν ενός συμβατικού κινητήρα, επομένως, αποκομίζει το πλήρες όφελος απόδοσης καυσίμου από τον κύκλο Atkinson.



Εικόνα 9: Γωνία ταλάντωσης διωστήρα EXlink και συμβατικού συστήματος

## 3. Εναλλάκτες θερμότητας του συστήματος Honda Vaillant

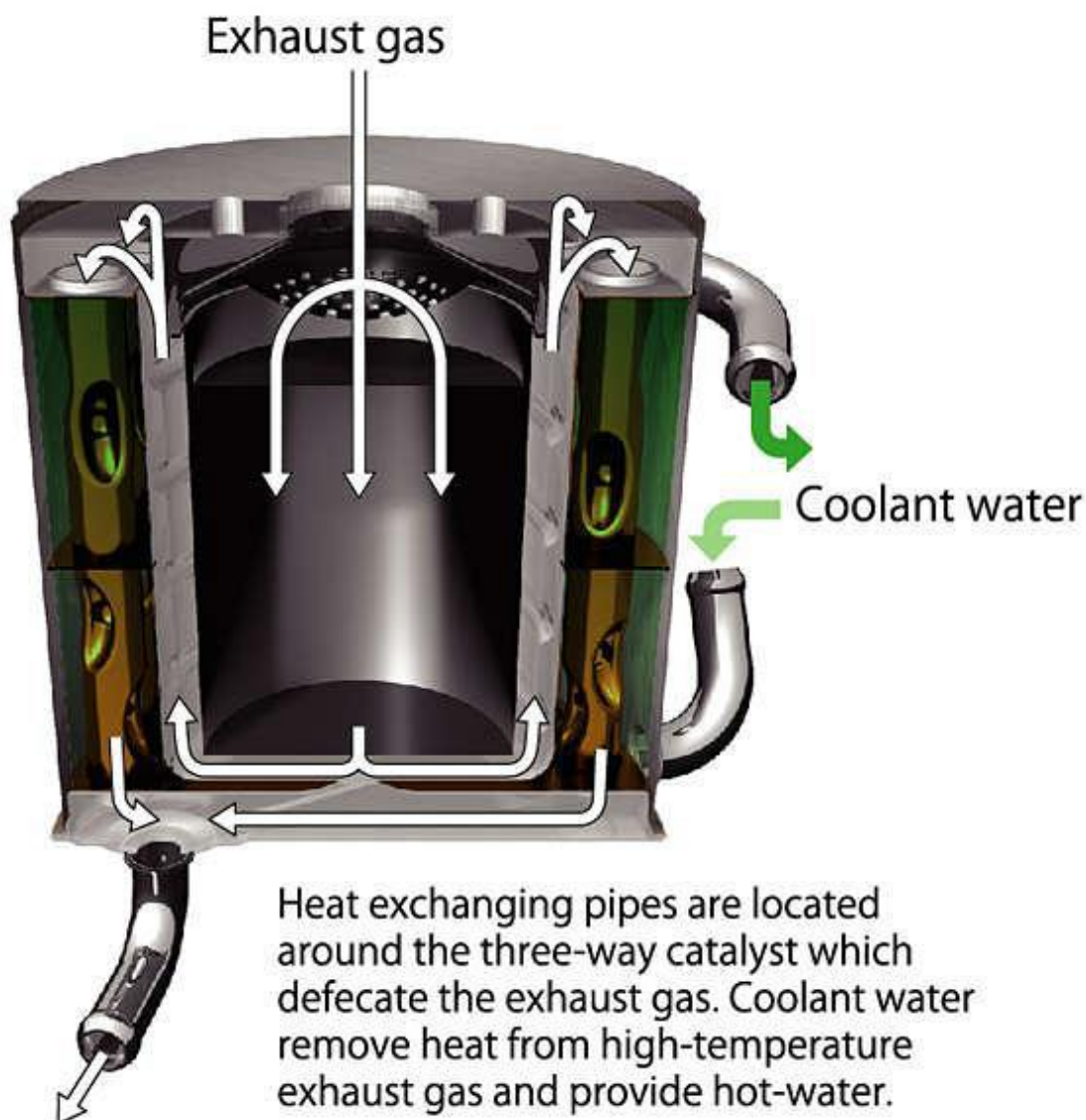
### 3.1 Χαρακτηριστικά συστήματος ανακτήσεως θερμότητας.

Η δουλειά που κάνει το σύστημα αυτό είναι να ανακτά τη θερμότητα από την μηχανή και την εξάτμιση για να ζεστάνει νερό. Το σύστημα ψύξης έχει ανασχεδιαστεί για να ανεβάσει κι άλλο το βαθμό ανάκτησης. Ο εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων/νερού διαθέτει ενσωματωμένο έναν τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα. Επίσης, έχουν επαναρυθμιστεί και οι διαδρομές του ψυχρού πλέον αέρα και του υγρού ψύξης του κυκλώματος. Επομένως, το σύστημα έχει επιτύχει βαθμό ανάκτησης θερμότητας 65.7 τις εκατό [υπολογισμός με βάση την κατώτατη θερμογόνο δύναμη (LHV)].



### 3.2 Εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων-νερού - ενσωματωμένος στον τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα.

Ο εναλλάκτης θερμότητας που ανακτά θερμότητα από τα καυσαέρια της εξάτμιση της μηχανής είναι ενσωματωμένος στον τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα, ο οποίος μειώνει τις βλαβερές εκπομπές. Ψυκτικά στον σωλήνα ανταλλαγής θερμότητας περικυκλώνουν τη θερμότητα από τα εκπεμπόμενα αέρια υψηλής θερμότητας καθώς κυλούν προς τα κάτω. Αυτή η ανακτώμενη θερμότητα χρησιμοποιείται μετέπειτα για να ζεστάνει νερό για οικιακή χρήση.



Εικόνα 10: Τομή συστήματος ψύξης και εξάτμισης

Οι σωλήνες που ανταλλάσσουν θερμότητα είναι τοποθετημένοι γύρω από τον τριοδικό καταλύτη ο οποίος καθαρίζει το αέριο εξάτμισης. Το ψυκτικό νερό απομακρύνει τη θερμότητα από το αέριο εξάτμισης υψηλής θερμοκρασίας και παρέχει ζεστό νερό.

### **3.3 Χαρακτηριστικά- Διαδρομή ψυκτικού μέσου και αέρα ψύξης.**

#### **3.3.1. Αέρας ψύξης**

Η διαδρομή του αέρα ψύξης έχει αναδιαρθρωθεί ώστε να κάνει πιο αποδοτική την ανάκτηση θερμότητας. Η διάταξη inverter της μονάδας είναι διαχωρισμένη σε δυο βασικούς χώρους, με αέρα από μια μικρή είσοδο που χρησιμοποιείται να ψύχει τα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος. Αυτή η κατασκευή βοηθάει να περιορίζει θερμότητα από τον κινητήρα στη δικιά του περιοχή και έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο βαθμό ανάκτησης θερμότητας.

#### **3.3.2. Υγρό ψύξης (Ψυκτικό Μέσο)**

Το ψυκτικό υγρό ψύχει τον κινητήρα καθώς απομακρύνεται η θερμότητα από τα αέρια εξάτμισης υψηλής θερμοκρασίας. Σε θερμοκρασία 75 βαθμών το ψυκτικό υγρό μεταφέρει αυτή τη θερμότητα στο νερό που βρίσκεται στο ντεπόζιτο αποδοτικά, και τότε είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί σε μια κατοικία. Αυτή η διαδικασία έχει σαν αποτέλεσμα το σύστημα να προσφέρει υπερβολικά υψηλό βαθμό ανάκτησης θερμότητας.

## **4. Ηλεκτρολογικό μέρος του συστήματος Honda Vaillant**

### **4.1 Χαρακτηριστικά συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.**

Ένα κόμπακτ σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει ηλεκτρισμό πλησιάζει σε ποιότητα ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει έναν εναλλακτήρα (σύστημα inverter) ο οποίος μετατρέπει αυτό που βγάζει η γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος (AC electricity) καθώς και έναν μετατροπέα ημιτονοειδούς κύματος που κάνει την ηλεκτρική ενέργεια να μοιάζει με την ποιότητα του ηλεκτρικού πλέγματος. Κάνοντας αυτά τα μέρη και τον κινητήρα όσο πιο αποδοτικά γίνεται, η απόδοση από την ηλεκτρική ενέργεια έχει αυξηθεί **από 22.5 τις εκατό** που ήταν στο προηγούμενο μοντέλο **σε 26.3 τις εκατό** στο παρόν μοντέλο [με βάση την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (LHV)]



#### **4.2 Μετατροπéας του παραγόμενου ρεύματος σε εναλλασσόμενο.**

Στην γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος (alternator), η θέση του μαγνήτη του στροφείου καθώς και η θέση και ο αριθμός των εγκοπών του στάτορα έχουν βελτιωθεί

*Εικόνα 11: Σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού της Honda Vaillant*

έτσι ώστε να μειωθούν τα δινορεύματα και να μην χάνεται ενέργεια. Όπως στο υβριδικό όχημα της Honda, έτσι και εδώ η γεννήτρια χρησιμοποιείται και σαν κινητήρας εκκίνησης (μίζα), και βοηθάει στην μείωση του θορύβου και της δόνησης, πετυχαίνοντας μια ομαλή εκκίνηση.

1. Μειωμένη μαγνητική πυκνότητα ροής στον πυρήνα

✓ Βελτιωμένο το πάχος του πολυστρωματικού στάτορα καθώς και το μήκος των μαγνητών.

✓ Προσαρμοσμένη η απόσταση προεξοχής του μαγνήτη.

2. Μειωμένη εσωτερική συχνότητα

✓ Μειωμένος αριθμός εγκοπών και πόλων.



✓ Αύξηση του πάχους από επανωτές στρώσεις συγκολλημένων φύλων πύρινα για να βοηθήσει στην πρόσληψη της πτώσεις της ονομαστικής τάσης.

3. Αυξημένη διάμετρος του καλωδίου του μαγνήτη

4. Μειωμένο μήκος διασταύρωσης.

✓ Μειωμένη διάμετρος του δακτυλίου διασταύρωσης

5. Αυξημένος χώρος του πηνίου πεδίου

✓ Τριών σημείων συνδέσεις επιτρέπουν πιο στενές εγκοπές στον πυθμένα.

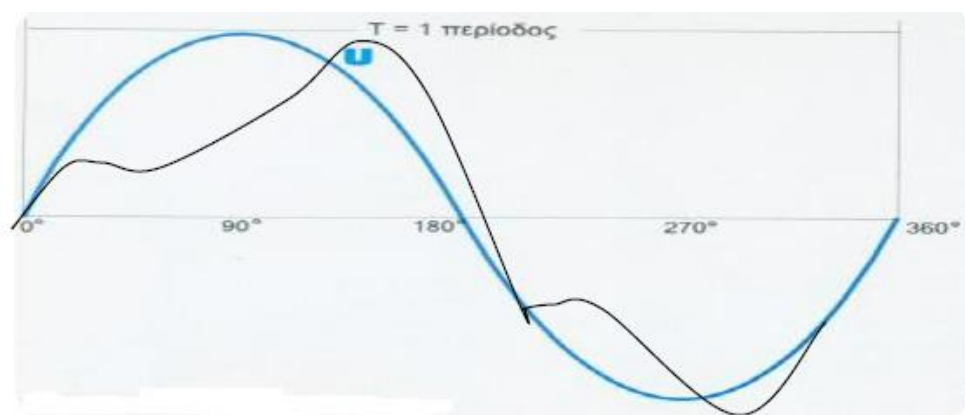
6. Μειωμένη πυκνότητα ροής στον πυρήνα. Μειωμένη περίπτωση υποβάθμισης μαγνητικών χαρακτηριστικών εξαιτίας της διάτρησης παραμόρφωσης

✓ Μειωμένο πάχος του πυρηνικού υλικού

### 4.3 Μετατροπείας ημιτονοειδούς κύματος και συχνότητας.

Ο αντιστροφείας του πολυπολικού ημιτονοειδούς κύματος (multipolar sine wave inverter) χαρακτηρίζεται από τον έλεγχο μικροϋπολογιστή για την διανομή ηλεκτρισμού χαμηλής έντασης και υψηλής ποιότητας που αξιοποιείται στη χρήση υπολογιστών, εξοπλισμού επικοινωνίας και άλλων συσκευών που είναι ευαίσθητες σε οποιαδήποτε αλλαγή συχνότητας ή τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Η φάση του ημιτονοειδούς κύματος αντιστοιχεί με αυτήν ενός πλέγματος, μετά την οποία η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται στο σπίτι.

### 4.4 Αξιολόγηση της τάσης του ρεύματος σε φορτίο μορφής κύματος (Τάση μορφής κύματος).



Εξίσωση 1: Ημιτονοειδής παράγραφος της παραγόμενης τάσης

✓ Συμβατική γεννήτρια (χωρίς ψύκτρες): μαύρη γραμμή

✓ Γεννήτρια μετατροπέα ημιτονοειδούς κύματος Honda: μπλε γραμμή

### Τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας.

Προδιαγραφές	Μονάδα Σ.Η.Θ MCHP 1.0K2
Καύσιμο	Φυσικό Αέριο, Υγρό Προπάνιο
Είδος Κινητήρα	Τετράχρονο, Υδροψυκτος, Μονοκύλινδρος
Μετατόπιση [cm <sup>3</sup> ]	Ποσότητα εισαγωγή σε στροφή : 110 cm <sup>3</sup> Ποσότητα εξαγωγής σε στροφή : 163 cm <sup>3</sup>
Είδος Παραγόμενης Ενέργειας	Παραγωγή πολυπολικού ημιτονοειδούς ρεύματος από ρυθμιστές ισχύος
Ισχύς Ηλεκτρικής Ενέργειας [KW]	1.0 (AC 100/220V, 50/60Hz)
Θερμικής Ισχύς[KW]	2.5
Βάρος [KG]	71
Διαστάσεις [mm]	Ύψος 750 × Πλάτος 580 × Βάθος 298 (εξαιρούνται τα προεξέχοντα μέρη)

Με βάση τις περιγραφές που έγιναν έως τώρα και την σχετική βιβλιογραφία, αναπτύχθηκαν δύο παρουσιάσεις / poster (στην Αγγλική γλώσσα), στα οποία, στο μεν πρώτο η έμφαση είναι στο μηχανισμό EXlink του κινητήρα φυσικού αερίου / LPG και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει, στο δε δεύτερο η έμφαση είναι στην συνολική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας / θερμότητας. Τα δύο poster σε μέγεθος A0 θα χρησιμοποιηθούν στο εργαστήριο MEK για την επίδειξη της μονάδας, ενώ φαίνονται και στις επόμενες δύο σελίδες:

# Research on Extended Expansion General-Purpose Engine Theoretical Analysis of Multiple Linkage System and Improvement of Thermal Efficiency

D. Petrouleas, A. Hatzia Apostolou\*

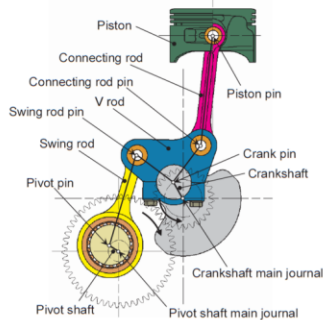
Department of Naval Architecture, University of West Attica

## Introduction

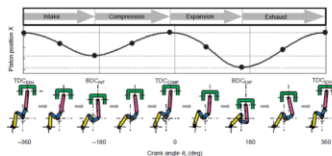
Demands for enhanced fuel economy to prevent global warming is on the rise, not just for cars and motorcycles, but also in the work equipment sector. The compact general-purpose engines mounted in work equipment are typically air-cooled, often operated continuously at medium to high loads and may also use low-octane fuels in developing countries. For these and other reasons, increasing the compression ratio can lead to knocking, so there is a limit to how much efficiency can be improved this way. This research designed and manufactured a prototype extended expansion engine that uses a piston-crank system with a multiple linkage system. This system increases the expansion ratio without changing the compression ratio, a means of increasing thermal efficiency that is more suited to general-purpose engines. Running tests were then conducted using this engine. This paper provides a theoretical analysis and overview of this mechanism and reports the predicted improvement of efficiency and the running tests results.

## Variable-compression engine

The engine itself is an OHC, single cylinder, spark ignition piston engine, connected to the crankshaft via multiple linkage system running the atkinson cycle. A cross-section of the engine piston and multiple linkage system, as well as its main characteristics, are presented below. The engine is equipped with Vrod that connects the piston/connection rod and the swing rod/pivot shaft to the crankshaft. This design facilitates the incorporation of the mechanically-adjusted Vrod angle, which by rotating, alters the engine volume at BDC. That volume change makes the expansion and exhaust stroke compared to the intake and compression stroke up to 1.5 times bigger. A better representation of the engine configuration and the piston movement can be seen in the following pictures.



Engine type		Air-cooled 4 stroke OHC single-cylinder spark-ignition
Bore (mm)		64
Stroke (mm)	Intake and compression	42.1
	Expansion and exhaust	63.3
Displacement (cm <sup>3</sup> )	Intake and compression	135
	Expansion and exhaust	204
Compression ratio		8.5
Expansion ratio		12.3
Fuel		Gasoline
Air-fuel ratio		12.5
Gross Maximum power (kW/rpm)		3.4 / 4000



## References

Research on Extended Expansion General-Purpose Engine, technical papers written by Sei Watanabe, Shohei Kono, Mashu Kurata and Hibiki Koga

## Numerical Simulation

To more accurately estimate the increase in efficiency provided by the extended expansion cycle, thermal cycle simulations were conducted using a numerical calculation model that took into account the intake and exhaust air flow as a quasi-one-dimensional flow, and the combustion inside the cylinder and heat transfer to the cylinder walls as a non-dimensional vessel. Also the software was reprogrammed to accommodate the calculations for the multi linkage system. For comparison two types of engines, using the Miller cycle, were used as well, one (Type A) having the same intake stroke volume and the other (Type B) having the same WOT output as the test engine. The heat released by combustion was calculated by approximating the time history of the mass fraction burned, based on actual measurement results using a Wiebe function and all test engines were assumed to release the same amount of heat. The heat loss was calculated using the heat transfer coefficient formulated by Woschini, with the same cylinder wall temperature and other boundary conditions used for all engines. The air/fuel ratio, valve open and close timing and other operating conditions were also the same. The intake pressure loss used the value equivalent to when the butterfly valve is completely open. The following tables show the parameters of each engine and the results of our simulation.

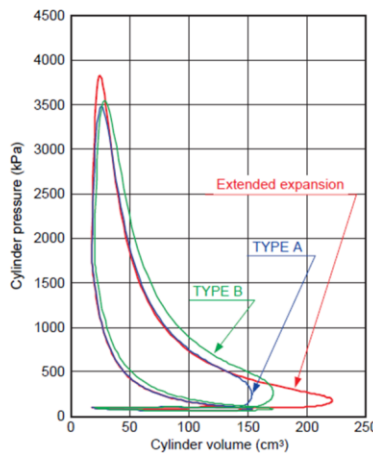
	Extended expansion		Conventional	
	TYPE A	TYPE B	TYPE A	TYPE B
Bore x stroke (mm)	64x42.1	64x42.1	64x42.1	64x42.1
Compression ratio	8.5	8.5	8.5	8.5
Expansion ratio	12.3	8.5	8.5	8.5
Engine revolutions (rpm)	3060	3060	3060	3060
Air fuel ratio	12.5	12.5	12.5	12.5
Supplied heat (J/cycle)	456	456	456	456
Combustion efficiency	0.725	0.725	0.725	0.725
Work or loss of each stroke (J/stroke)	Intake	-3.2	-3.9	-5.3
	Compression	-31.4	-32.9	-31.8
	Expansion	178.5	163.3	162.4
	Exhaust	-1.1	-0.7	-0.8
Heat loss from cylinder wall (J/cycle)	91.3	82.1	84.9	
Indicated efficiency (net)	31.3%	27.6%	27.3%	

Based on the above results, the test engine was found to have the following characteristics compared to the Type A and B engines:

- (1) The expansion stroke is longer, so the heat loss from the cylinder wall increases.
- (2) The exhaust stroke is longer, so the exhaust pump loss increases, although the absolute value is small.
- (3) The exhaust heat loss decreases due to the increase in the work derived from extended expansion.

These characteristics give the test engine an indicated thermal efficiency of 31.3%, which is 3.7% bigger than the Type A engine and 4% bigger than the Type B engine, proving that despite having increased heat loss through the cylinder wall.

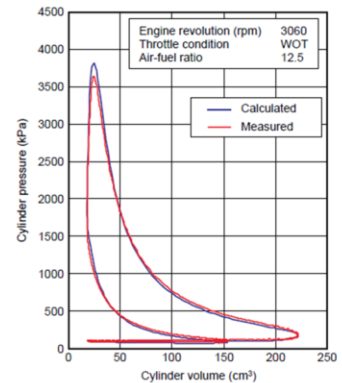
## Calculated P-V diagram



## Test Results

A prototype engine using the same principles was manufactured to verify the linkage system operation and access performance during actual operation. These test results are described below.

The stroke work was calculated by measuring the cylinder's internal pressure during operation using a water-cooled piezoelectric pressure sensor mounted on the cylinder head of the prototype engine. The following P-V diagram compares the results at 100% load.



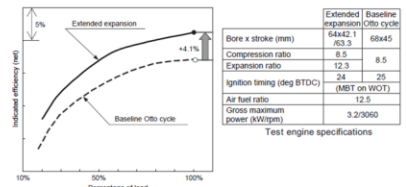
Work or loss of each stroke (J/stroke)	Calculated		Measured	
	Intake	Compression	Expansion	Exhaust
	-3.2	-31.4	178.5	-1.1
Indicated efficiency (net)	31.3%	31.2%		

Comparison of calculated and measured work

The test results show a slightly lower value for the maximum cylinder pressure and some pressure change differences in the compression and expansion strokes can also be seen. These differences were determined to be due to inaccuracy in the heat-generation model used for calculations in this case and in the heat-loss model in the latter case. However the indicated output power and the indicated thermal efficiency calculated from the P-V diagram matched almost exactly, thereby confirming the validity of the method for predicting the performance criteria described above.

These test results were also compared with those of a conventional engine in the same power class to verify the increase in thermal efficiency. A Honda air-cooled, single cylinder general-purpose engine with approximately the same gross maximum power was selected as the engine for comparison.

The following diagram compares the indicated efficiency for each load at the same engine speed. This shows that the efficiency is increased over the entire load range and the effects are even greater at higher loads. The indicated efficiency at 100% load is 4.1% higher than the comparison engine, which corresponds to an approximate 15% improvement of fuel economy as compared to the conventional engine. These results confirmed through actual engine operation the effects of applying this technology in the medium to high load range.



\*Corresponding author: ahatzi@uniwa.gr



# Introduction to the Honda-Vaillant micro Combined Heat and Power Generation Unit

## D. Petrouleas, A. HatziaPOSTOλου

School of Engineering, University of West Attica

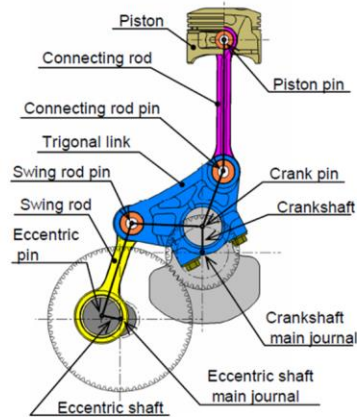
### Introduction

Honda has developed a mCHP\* unit for residential use in Japan. The main purpose was to generate electricity first and then heat. The present unit is an evolution of the Japanese unit, which was developed in cooperation with Vaillant for the European market. The mCHP unit comprises a small gas engine that produces hot water and electricity. The unit sold in Europe has been improved in three ways. First by improving the overall efficiency of the gas engine which operates on the Atkinson cycle. Second by adapting to European safety requirements for indoor installation. Finally by using an advanced heating Vaillant system to produce and store hot water.



### Internal Combustion Engine

European natural gas and engine emission standards are different than those in Japan, which meant the engine had to be modified, while maintaining high fuel economy and low CO<sub>2</sub> emissions. LPG and natural gas can be used as fuels, however, natural gas was selected as the main fuel that powers the engine, since there is an ever expanding pipe delivery system across all European capital cities giving easy access to it. The engine itself makes use of a multiple linkage piston driven system running on the Atkinson cycle.



After thorough research Honda managed to make its engine, compared to similar Otto and Miller cycle engines, more efficient at indicated efficiency of 31.2% measured. This also means the mCHP unit has the highest electricity generation efficiency of 26.3% when compared to previous models.

### References

M. Thiem, M. Talaishi and K. Miwal: Introduction of Micro Combined Heat and Power Generation Unit For Residential Use in Europe, International Gas Union Research Conference, 2011  
 Y. Takita, S. Kono, H. Takada, K. Kitsu, A. Naoi and K. Tsuno: Development of Micro Combined Heat and Power Generation Unit with Extended Expansion Linkage Engine, Honda R&D Technical Review, October 2011.

### Heat Recovery/Power Efficiency

CHP units extract the energy possessed by fuel as electric power via an engine, alternator and inverter and recover the heat generated by that process, via cooling liquid using an exhaust heat exchanger and an engine cooling system. Low-temperature heat is absorbed by the ventilation air and exhaust pipe. The current model has increased both heat recovery and power generating efficiency. Heat recovery has been increased by 2.7% from 63% to 65.7% and power recovery has been increased by 3.8% from 22.5% to 26.3%. All that amount to an overall increase of 6.5% from 85.5% to 92% efficiency, when compared to the previous generation mCHP unit.

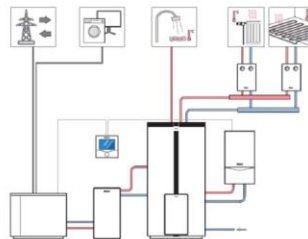
To make best use of the mCHP in residential applications, its thermal output should be in line with the basic heat demand of a single family house, so that a long annual running time can be achieved in which it generates its own electricity. There is also the chance that the mCHP thermal output is not enough; in that case an external boiler can be fitted and provide hot water in combination with the heat storage tank (the present unit only includes a 300lt storage tank).

Output	Electricity	1 φ 3W 202V/101V 50/60Hz
	Heat	1.0 kW
		2.5 kW
Power supply	Grid connection by inverter	
Heat recovery	75°C hot water	
Efficiencies (LHV)	Electricity	26.3%
	Heat	65.7%
Dimensions (LxWxH)	580 mm x 298 mm x 750 mm	
Mass	74 kg	
Noise	43 dB(A)/1m (JIS B 8627-1)	
Starting system	Starter generator	

After cooling the engine, the hot liquid produced in the mCHP unit is delivered to the heat recovery module which serves as an interface to the heating appliances. By means of a plate heat exchanger, the heat from the primary mCHP circuit is efficiently transferred to a separate circuit directly connected to the heat storage tank which provides hot water for room heating and fresh/hot tap water. The two separate circuits are necessary because the cooling liquid is the so-called Long Life Coolant (LLC) to protect the engine from inside corrosion and to help assure a high durability. Also two pumps for both circuits are integrated in the compact module.



The commercial system can also include a condensing gas-boiler for peak load in addition to the heat storage tank of 300lt (or 500lt) water capacity. Both are existing Vaillant heating appliances. Additional components are the heat recovery module and the system controller; the latter have been especially developed by Vaillant. The complete system is offered as one package under the commercial name ecoPOWER 1.0.



### European Safety Adaptation

The developed system had to satisfy the safety requirements put in place by the European Union. The biggest modification with respect to the Japanese unit, was that the mCHP unit would not be installed outside the house but inside, usually in the basement. First no exhaust gas leakage is allowed, so the Honda team had to come up with a few ways to ensure that. The modified unit is divided into two chambers, an airtight and a non airtight. The airtight chamber surrounds the engine, exhaust, intake and heat exchanger, while the electronic parts are in the non airtight chamber. Also the intake and exhaust pipes share a common line with the intake surrounding the exhaust pipe, in order to provide an extra shell if the exhaust gases leak outside the exhaust pipe.



mCHP unit intake/exhaust connection and coaxial Vaillant pipe

The engine has also been tested and tuned in order to be compatible with a wide range of natural gas qualities that run across pipe lines throughout Europe.

### Controls

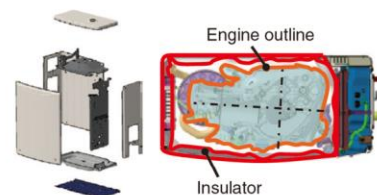
The system is operated by a new system controller which offers a wide range of functions for easy and sophisticated control via touch screen. It allows the owner to operate a wide range of settings according to his individual needs. The so-called energy manager provides detailed information about the state of the heating appliances and temperatures in the storage and circuits. Also the amount of generated electricity is measured and indicated. The system controller features an interface for W-LAN connection and convenient remote control is possible by a special remote application running on mobile devices (e.g. i-pad). The cogeneration unit is linked with the system controller and communicates to the mCHP unit by a CAN bus. Honda and Vaillant software engineers established a common communication language and parameter settings. This provides an easy way for maintenance staff to solve any issues that might occur.



Vaillant system controller with touch-screen

### Weight and Size Reduction

Being an indoor installation, the mCHP unit had to be small in size and lightweight. Other than lower shipping cost, a small unit makes it easier to carry and install inside a house. Two major factors resulted in this: first, as the engine and cooling system are small in size, the engine could be mounted in the most efficient way; second, a small number of parts was used to assemble the unit's shell.



## 5. Η εγκατάσταση του εργαστηρίου

### 5.1 Το σύστημα στο εργαστήριο.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα μιλήσουμε για την εγκατάσταση του συστήματος στο εργαστήριο. Πιο συγκεκριμένα θα αναλύσουμε όλη την διαδικασία που έγινε, τις εργασίες που κάναμε για τη σύνδεση των δύο μονάδων (Μ.Ε.Θ-Μ.Π.Ε). Ακόμα, θα αναφερθούμε στη σύνδεση του συστήματος με το ηλεκτρικό ρεύμα, με την αποχέτευση και την παροχή νερού του εργαστηρίου. Τέλος, θα γίνει μία καταμέτρηση υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για όλο το έργο.

Λέγοντας σύστημα εννοούμε τις δύο μονάδες παραγωγής και εξαγωγής θερμότητας και μια ακόμα δεξαμενή για την οποία δεν έχουμε ξανά αναφερθεί. Η δεξαμενή αυτή λοιπόν χρησιμοποιείται απλά ως μέσο αποθήκευσης για το ζεστό νερό χρήσης που παράγεται από τις άλλες μονάδες.

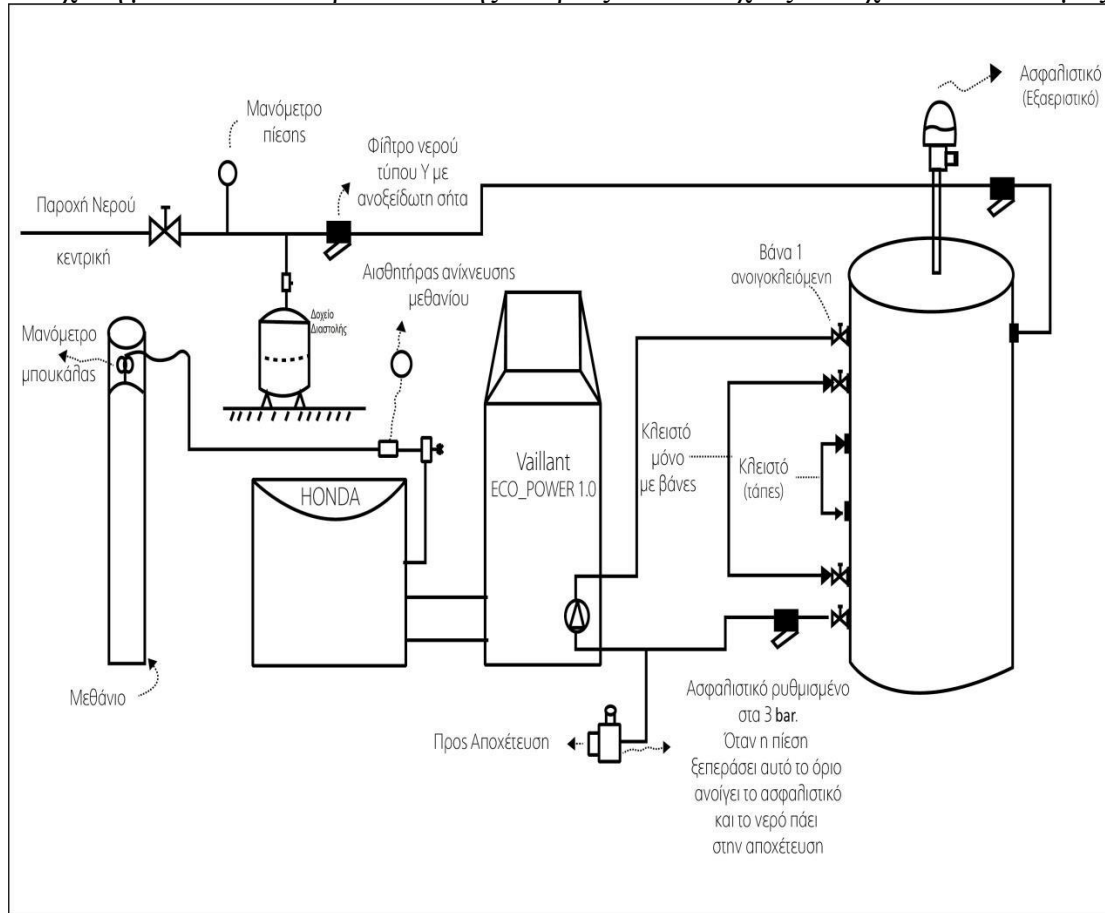


Εικόνα 12:Σύστημα ΣΗΘ και κεντρικό πάνελ της Honda Vaillant

### 5.2 Το σχέδιο για την εγκατάσταση.

Όπως έχουμε προαναφέρει το σύστημά μας είναι μια συνεργασία της Honda και της Vaillant. Έτσι για το σχέδιο της εγκατάστασης έπρεπε να έρθει κάποιος ειδικός να δει το σύστημα, να δει γενικότερα τι προδιαγραφές έχει ο χώρος που θα το τοποθετούσαμε και να κάνει το σχέδιο. Αντιπρόσωπος της Vaillant στην Ελλάδα είναι η εταιρία

ΤHERMOGAZ, εκεί αποφανθήκαμε, ο εκπρόσωπος που ήρθε από την εταιρία μας έφτιαξε το σχέδιο όπου το ακολουθήσαμε πιστά. Το σχέδιο που ακολουθεί είναι αυτό που αναπαριστά την εγκατάσταση στο εργαστήριο. Υπήρξαν κάποιες διαφοροποιήσεις σε σχέση με αυτό του εκπροσώπου της εταιρίας και έτσι έχει ξανά σχεδιαστεί από εμάς.



Εικόνα 13:Σχέδιο εγκατάστασης

### 5.3 Υλικά που χρειαστήκαν για την εγκατάσταση.

Στον πίνακα (Α) και (Β) που θα ακολουθήσει θα γίνει μια γενική καταμέτρηση όλων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για όλες τις συνδέσεις της εγκατάστασης.

**Πίνακας υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση:**

A.	Ονομασία	Υλικό Κατασκευής	Ποσότητα
1	Χαλκοσωλήνας	Χαλκός Φ15×1mm	20m
2	Χαλκοσωλήνας	Χαλκός Φ28×1,54mm	3m
3	Γωνιές 90ο	Χαλκός	12 αριθμ.
4	Μούφες	Χαλκός	2 αριθμ.
5	Μαστός Αρσεν.	Ορείχαλκος	21 αριθμ.
6	Μαστός Θηλικ.	Ορείχαλκος	21 αριθμ.
7	Τάπες	Ορείχαλκος	7 αριθμ.
8	Ταφ	Χαλκός	4 αριθμ.
9	Ταφ	Ορειχάλκινα	2 αριθμ.
10	Συστολή Αμερκ.	Ορειχάλκινα	1 αριθμ.
11	Συστολή Αγγλ.	Ορειχάλκινα	1 αριθμ.
12	Χαλκοσωλ. Αερίου Ευκαμπτος	Χαλκός- Πλαστικό	4m

**Πίνακας ασφαλιστικών διατάξεων και βανών (Διακόπτες-Κρουνοί) που χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση:**

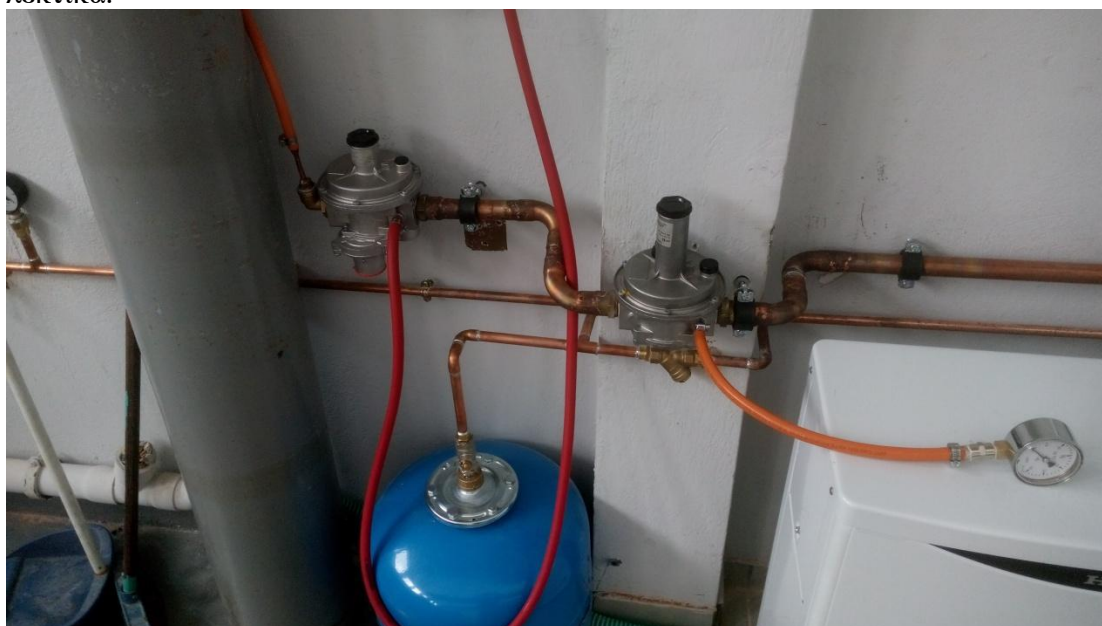
B.	Ονομασία	Υλικό Κατασκευής	Ποσότητα
1	Κρουνός Σφαιρικός	Ορείχαλκος Απλός	1
2	Κρουνός Σφαιρικός	Πεταλούδας Ορείχαλκος	2
3	Κρουνός Σφαιρικός	Διακόπτης on\off Ορείχαλκος	2
4	Δοχείο Διαστολής	Μεταλλικό 35 λίτρα	1
5	Μανόμετρο Κάθετο	Πλαστικό 6 bar	1
6	Ασφαλιστικό Υπερπίεσης	Ορείχαλκος	1
7	Αυτόματο Εξαεριστικό	Ορείχαλκος-Πλαστικό	1
8	Φίλτρο Νερού τύπου Υ με ανοξείδωτη σήτα	Ορείχαλκος	3
9	Μανόμετρο	Μεταλλικό 60mbar	1
10	Κρουνός Σφαιρικός Αερίου	Πεταλούδας Ορείχαλκος	2



#### 5.4 Σύνδεση της μονάδας με παροχή νερού και αποχέτευση.

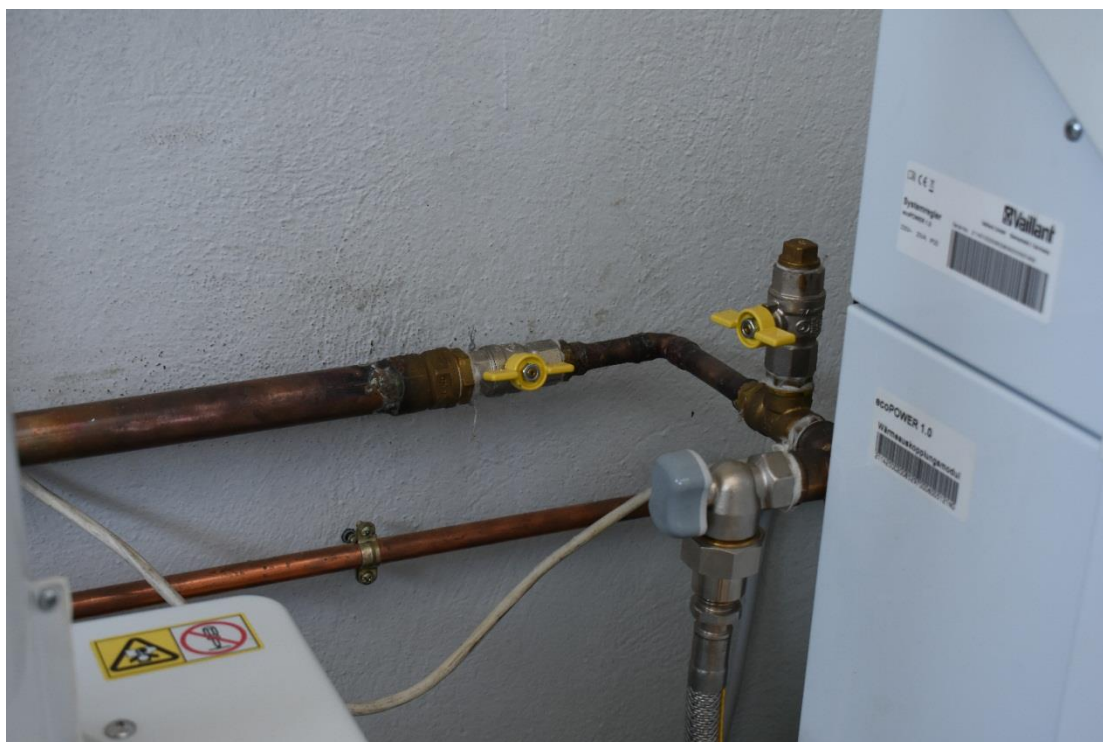
Η μονάδα μας για να λειτουργήσει έπρεπε να συνδεθεί με την παροχή νερού του εργαστηρίου γιατί όπως έχουμε εξηγήσει και στα προηγούμενα κεφάλαια στο ένα κύκλωμα κυκλοφορεί μόνο νερό. Έπρεπε επίσης για λόγους ασφαλείας να συνδεθεί και με την αποχέτευση. Από το παραπάνω σχήμα θα αναλύσουμε-εξηγήσουμε την διαδικασία την οποία κάναμε για να συνδεθούν οι δυο παροχές (νερού-αποχέτευσης) στο σύστημα.

Αρχικά, η μονάδα μας ήταν πολύ κοντά τοποθετημένη σε υπάρχουσα παροχή νερού του εργαστηρίου. Έτσι πήραμε νερό από την συγκεκριμένη παροχή με την διαδικασία που θα ακολουθήσει παρακάτω. Ξεκινήσαμε από την παροχή του εργαστηρίου όπου βάλουμε έναν κρουνό (βάνο- διακόπτη) με χερούλι για να σταματάμε την παροχή του νερού σε περίπτωση ανάγκης ή αλλαγής κάποιου εξαρτήματος. Αμέσως μετά βάλουμε ένα μανόμετρο απλού τύπου 6 bar για να βλέπουμε την πίεση του δικτύου. Τέλος, η φωτογραφία που ακολουθεί μας δείχνει την διαδικασία την οποία είπαμε παραπάνω λεκτικά.



Εικόνα 14:Εγκατάσταση εργαστηρίου,ρυθμιστές πίεσης του φυσικού αερίου





Εικόνα 15:Εγκατάσταση εργαστηρίου. βάνες ασφαλείας στην παροχή του καυσίμου

## 5.5 Σύνδεση δεξαμενής με την μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Η δεξαμενή όπως έχουμε προαναφέρει την χρησιμοποιούμε για την αποθήκευση του νερού. Έχει πολλές θέσεις σύνδεσης. Επιλέξαμε κάποιες από αυτές για να την βάλουμε και αυτήν στην σωστή σειρά για να δουλέψει ολόκληρο το σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, στο κατώτερο σημείο φέραμε την παροχή του νερού του εργαστηρίου για να γεμίζει με νερό την δεξαμενή.

Στο ψιλότερο σημείο της δεξαμενής, έχουμε ενώσει το ζ.ν.χ που βγαίνει από την μονάδα μας, στο σημείο σύνδεσης της δεξαμενής με τον σωλήνα που έρχεται από την μονάδα έχουμε βάλει και έναν κρουνό με διακόπτη on\off σε περίπτωση που θέλουμε να τα απομονώσουμε.

Στο κατώτερο σημείο σε άλλη υποδοχή έχουμε ενώσει τον σωλήνα επιστροφής που βγαίνει από την μονάδα εξαγωγής θερμότητας πάλι με έναν κρουνό με διακόπτη on\off σε περίπτωση που θέλουμε να τα απομονώνουμε. Στις υπόλοιπες υποδοχές τις δεξαμενής έχουμε βάλει τάπες (ορείχαλκος).



Εικόνα 16:Εγκατάσταση εργαστηρίου, σωληνώσεις στο σύστημα μεταφοράς της θερμότητας

## 5.6 Συνδέσεις ασφαλιστικών διατάξεων στην παροχή του νερού.

Κατά μήκος των σωλήνων της παροχής του νερού παρεμβάλλονται διάφορες ασφαλιστικές διατάξεις και ασφαλιστικά εξαρτήματα που μας εξασφαλίζουν την ομαλή και ασφαλή λειτουργία ολόκληρης της εγκατάστασης. Το πρώτο που συναντάμε ξεκινώντας από την κεντρική παροχή (εργαστηρίου) και από τα πιο σημαντικά είναι το δοχείο διαστολής 8 λίτρων. Η χρησιμότητά του είναι να παίρνει διαστολές-συστολές του νερού από την εγκατάσταση. Πριν τοποθετήσουμε το Δ.Δ βάλουμε και ένα ειδικό ταφ στο οποίο μπορούμε να βάλουμε μανόμερτο ή σε περίπτωση αλλαγής του κάποιου εξαρτήματος να μπορούμε να το αφαιρέσουμε.

Εν συνεχεία, εξίσου σημαντικό είναι ότι έχουμε ένα ασφαλιστικό το οποίο είναι ρυθμισμένο στα 3 bar και όταν η πίεση του δικτύου μας ξεπεράσει αυτό το όριο ανοίγει και το νερό αποχετεύεται. Το ασφαλιστικό έχει δύο διόδους, η μία είναι αυτή με τον χαλκοσωλήνα και η άλλη είναι συνδεδεμένη με εύκαμπτο πράσινο ελικοειδή σωλήνα (Νεροσώλ) από PVC. Το σημείο που είναι τοποθετημένο αυτό το ασφαλιστικό είναι στον σωλήνα επιστροφή της μονάδας. Ακόμα, στο ψηλότερο σημείο της εγκατάστασης έχουμε ένα αυτόματο εξαεριστικό.

Τέλος, δεν θα πρέπει να παραλείψουμε να αναφερθούμε σε κάτι που δεν βρίσκεται στην κατηγορία των ασφαλιστικών, ωστόσο είναι και αυτό εξίσου σημαντικό για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Τα μέρη που έχουμε τοποθετημένα τα φίλτρα τύπου Υ με ανοξειδωτή σήτα στην εγκατάσταση είναι τρία , το πρώτο στην αρχή της κεντρικής παροχής αμέσως μετά το Δ.Δ , το δεύτερο είναι στο τέλος της παροχής του νερού και στην αρχή της δεξαμενής και το τελευταίο βρίσκεται στο κατώτερο σημείο του κάτω σημείο της σύνδεσης και πριν την δεξαμενή.



Εικόνα 17: Εγκατάσταση εργαστηρίου, δοχείο διαστολής

## 5.7 Ηλεκτρολογική σύνδεση, σύνδεση φιάλης φυσικού αερίου και καπνοδόχου.

Για την ηλεκτρολογική σύνδεση πήραμε ρεύμα από μία παροχή του εργαστηρίου την φέραμε σε μία ασφάλεια Hager 16 ampere και από την ασφάλεια ενώσαμε τα δύο καλώδια (3×1,5), ένα για κάθε μια μονάδα. Την καπνοδόχο την είχαμε παραγγείλει έτοιμη από την Vaillant, τοποθετήθηκε στην μονάδα της Honda και την βγάλαμε με τρύπα στον τοίχο έξω. Εκεί έχουμε τοποθετήσει και έναν αισθητήρα αντιστάθμισης. Η δουλειά που κάνει ένας τυπικός αισθητήρας είναι η εξής:

Αναλόγως με την εξωτερική θερμοκρασία (μέσω ενός αισθητήρα) το σύστημα της αντιστάθμισης αυξομειώνει την θερμοκρασία του νερού στο κύκλωμα της θέρμανσης ελαχιστοποιώντας την σπατάλη ενέργειας. Από τον αισθητήρα φεύγει ένα καλώδιο και έρχεται στην κεντρική μονάδα και παίρνουμε τις σχετικές ενδείξεις από την οθόνη με τον κατάλληλο χειρισμό.



Εικόνα 18: Εγκατάσταση εργαστηρίου, σωλήνας εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα και εξάτμισης καυσαερίων ομοαξονικού σωλήνα



Εικόνα 19: Εγκατάσταση εργαστηρίου, σωλήνας εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα και εξάτμισης καυσαερίων ομοαξονικού σωλήνα





Εικόνα 20: Εγκατάσταση εργαστηρίου, σωλήνας εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα και εξάτμισης καυσαερίων ομοαξονικού σωλήνα



Εικόνα 21: Εγκατάσταση εργαστηρίου, φιάλη φυσικού αερίου

Τέλος , επειδή στο εργαστήριο ήταν δύσκολο να έρθει παροχή φυσικού αερίου από τα κεντρικά κτίρια, τοποθετήσαμε μια μπουκάλα με μεθάνιο που έχει ίδια σύσταση με το φ.α(μεθάνιο).

Πάνω στην φιάλη (μπουκάλα) έχουμε τοποθετήσει ένα μανόμετρο διπλό, το ένα μας δείχνει την πίεση της φιάλης και το άλλο την πίεση που φεύγει από την φιάλη( $\approx 1,5$  bar). Κάτω από το μανόμετρο φεύγει ένας εύκαμπτος σωλήνας αερίου και συνδέεται σε ένα δίκτυο με χαλκοσωλήνα  $\Phi 28$ , με ένα μειωτήρα πίεσης και ένα σταθεροποιητή, ακολουθούν δύο μανόμετρα στους εκάστοτε μειωτήρες και καταλήγουν στην μονάδα μας. Λίγο πριν έχουμε βάλει και ένα απλό βανάκι αερίου για να απομονώσουμε το δίκτυο από την μονάδα, η οποία έχει ειδικό βανάκι (on\off) όπου μπορούμε και από εκεί να ελέγχουμε την παροχή καυσίμου. Η πίεση που βγαίνει από την μπουκάλα είναι 1,5 bar η μονάδα μας λειτουργεί με παροχή αερίου 20millibar , έτσι χρειάστηκε να βάλουμε τον μειωτήρα και αμέσως μετά τον σταθεροποιητή. Ο πρώτος μας ρίχνει την πίεση στα 52millibar (το μετρήσαμε με το μανόμετρο) και ο δεύτερος στα 22millibar ,που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τέλος επειδή στο εργαστήριο οι συνθήκες ασφαλείας είναι μεγάλες, λόγω των φοιτητών που εισέρχονται καθημερινά σε αυτό, έπρεπε να λάβουμε κάποια μέτρα. Έτσι τοποθετήσαμε έναν ανιχνευτή μεθανίου και σε περίπτωση διαρροής αυτό μας ειδοποιεί με έναν ήχο.



Εικόνα 22:Εγκατάσταση εργαστηρίου, δείκτες πίεσης στη φιάλη του φυσικού αερίου



Εικόνα 23:Εγκατάσταση εργαστηρίου, μειωτές πίεσης του καυσίμου στην παροχή του συστήματος



Εικόνα 24:Εγκατάσταση εργαστηρίου, μπαρόμετρο

Στην παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε την πίεση του καυσίμου στη έξοδο του δεύτερου μειωτή πίεσης πριν την εισαγωγή του κινητήρα. Η πίεση αναγράφεται σε μίλι μπαρ (mbar) και είναι μεταξύ 20 με 21 μίλι μπαρ κατά τη διάρκεια ονομαστικής λειτουργίας του κινητήρα.

## **6. Έναυση της μηχανής**

### **6.1 Διαδικασία έναυσης.**

Στο κεφάλαιο που θα ακολουθήσει θα αναπτύξουμε όλα τα βήματα που κάναμε για την έναυση και την λειτουργία του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα θα αναλύσουμε βήμα-βήμα την διαδικασία για την έναυση της μηχανής, ενώ σε ότι αφορά το κομμάτι των μετρήσεων δούμε όλα τα στοιχεία που μας δίνει η μηχανή και την διαδικασία που ακολουθήθηκε για να λάβουμε και αναλύσουμε.

### **6.2 Γραμμή κυκλώματος καυσίμου.**

Η διαδικασία για την έναυση της μηχανής είναι η ακόλουθη. Αρχικά ανοίγουμε την παροχή καυσίμου δηλαδή ανοίγουμε την βάνα που είναι στο επάνω μέρος της μπουκάλας αερίου (μεθάνιο) εν συνεχεία ανοίγουμε και την βάνα που υπάρχει στο πίσω μέρος της μονάδας ελέγχου του συστήματος δηλαδή στο κουτί της Vaillant. Στη συνέχεια ανοίγουμε πρώτα τον μειωτήρα πίεσης καυσίμου που είναι ακριβώς μετά την μπουκάλα αερίου, αμέσως μετά ανοίγουμε τον σταθεροποιητή πίεσης καυσίμου που βρίσκεται μετά τον μειωτήρα πίεσης και εφόσον έχουμε ολοκληρώσει αυτή τη διαδικασία ελέγχουμε τις πιέσεις από τα μανόμετρα του μειωτήρα και του σταθεροποιητή καυσίμου, και εφόσον έχουμε τις κατάλληλες ενδείξεις τότε παραχωρούμε την διαδικασία της έναυσης.

### **6.3 Έναυση μηχανής από την οθόνη ελέγχου του συστήματος.**

Μέσω της οθόνης ελέγχου του συστήματος ακολουθούμε μια διαδικασία προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή μέσω του λογισμικού του συστήματος ώστε να γίνει η έναυση της μηχανής. Ουσιαστικά θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η έναυση της μηχανής εν μέρει γίνεται αυτόματα. Πιο αναλυτικά, από την στιγμή που επιλέξουμε μέσω του λογισμικού έναρξη του συστήματος το ίδιο το λογισμικό ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία ώστε να κάνει έναυση της μηχανής και έναρξη των επιμέρους συστημάτων η οποία είναι εντελώς αυτόματη και προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή.

### **6.4 Σταθεροποίηση γραμμής καυσίμου.**

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το ίδιο το μηχανήμα αυτόματα εκτελεί κάποιες εναύσεις, χωρίς όμως να πάρει μπροστά ο κινητήρας. Πιο συγκεκριμένα οι εναύσεις αυτές εκτελούνται κυρίως για δύο λόγους, ο πρώτος είναι ότι πρέπει να σταθεροποιηθεί η παροχή καυσίμου και αυτό επιτυγχάνεται μόνο εφόσον υπάρξει ροή καυσίμου προς το μηχανήμα. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι πρέπει να δημιουργήσει όπως όλες οι μηχανές εσωτερικής καύσης τις ιδανικές συνθήκες ώστε να γίνει η κανονική έναυση του κινητήρα.

### **6.5 Παραλληλισμός με το ηλεκτρικό δίκτυο.**

Μία εξίσου σημαντική αυτοματοποιημένη λειτουργία που εκτελεί το σύστημα είναι ο παραλληλισμός με το δίκτυο, αυτό συμβαίνει διότι το σύστημα πρέπει πρώτα να παραλληλιστεί με το δίκτυο ηλεκτρισμού και στη συνέχεια να ξεκινήσει η παραγωγή



ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή η μηχανή λειτουργεί χωρίς φορτίο έως ότου η μονάδα παραλληλιστεί με το δίκτυο ηλεκτρισμού.

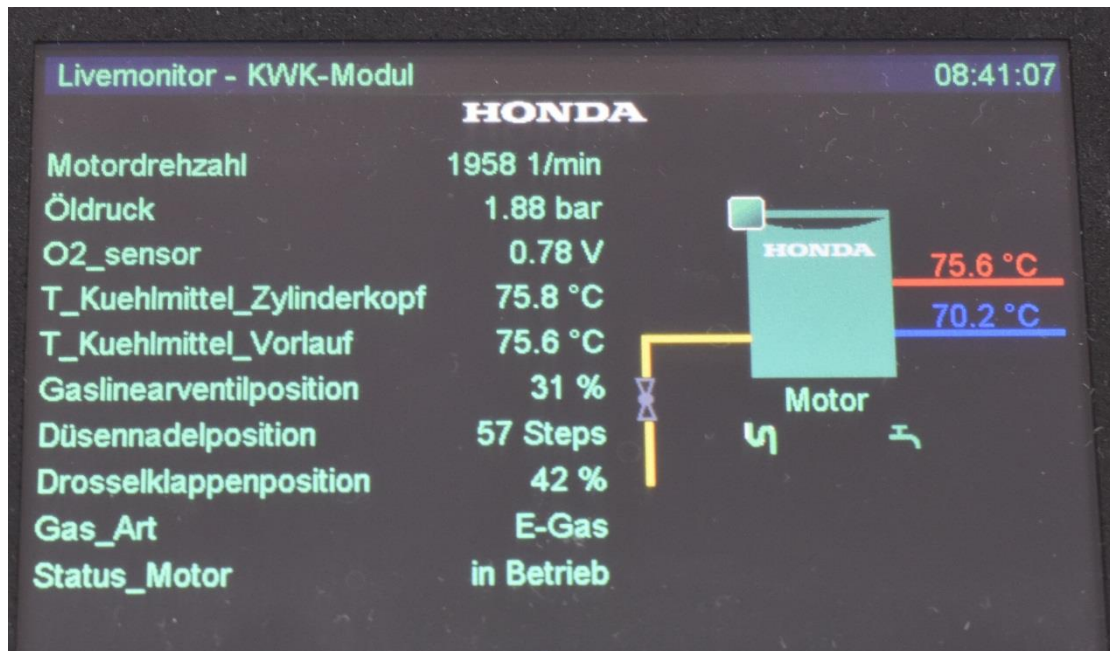
## 7.Κεντρική οθόνη συστήματος Honda Vaillant

### 7.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά μέσω κεντρικής οθόνης συστήματος.



Εικόνα 25:Οθόνη αφής-χειριστήριο

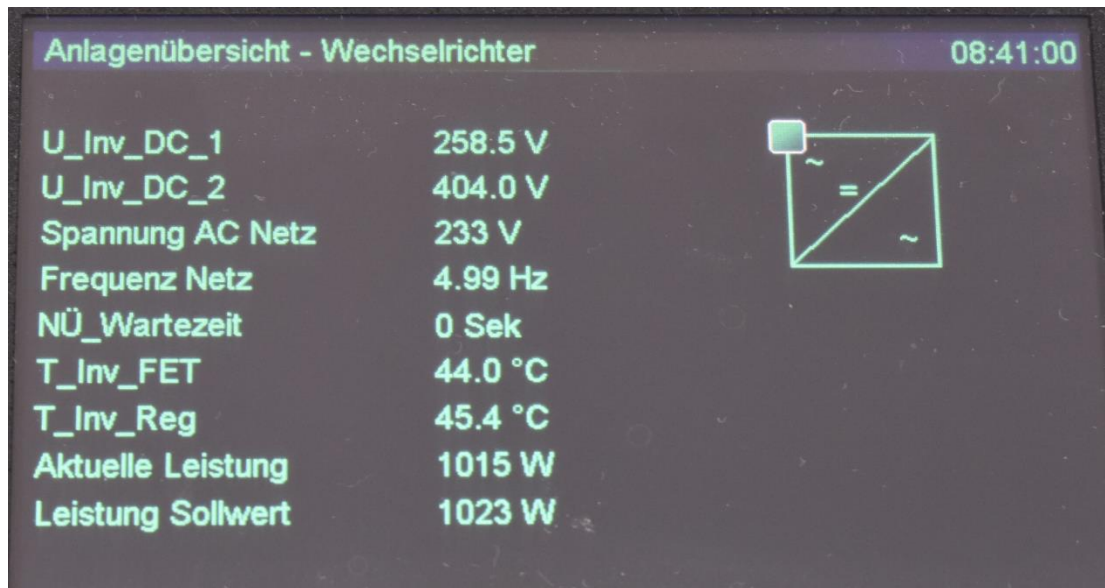
Στην παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε το αρχικό μενού του λογισμικού του συστήματος όπου με τους διάφορους χρησμούς μας μπορούμε να ανατρέξουμε στις λειτουργίες και τα δεδομένα του συστήματος κάποια σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορούν κυρίως τον κινητήρα αλλά και κάποια στοιχεία από την γεννήτρια θα τα επεξηγήσουμε και παρακάτω.



Εικόνα 26:Οθόνη αφής-χειριστήριο

Στην φωτογραφία που βλέπουμε όπως προανέφερα θα δούμε κατά σειρά κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορά τον κινητήρα της Honda.

- ✓ Οι στροφές του κινητήρα-ταχύτητα του κινητήρα συμπαραγωγής [1958rpm ]
- ✓ Πίεση λαδιού του κινητήρα [1.88bar]
- ✓ Τάση του αισθητήρα λ σε [0.78Volt]
- ✓ Θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου στην κυλινδροκεφαλή [75.8 C]
- ✓ Θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου στο σωλήνα ροής [75.6 C]
- ✓ Θέση της βελονοειδούς βαλβίδας αερίου [31%]
- ✓ Θέσεις βελόνας του ακροφυσίου [57 Steps]
- ✓ Θέση πεταλούδας κινητήρα [42%]
- ✓ Πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα CHP ("εν λειτουργία")

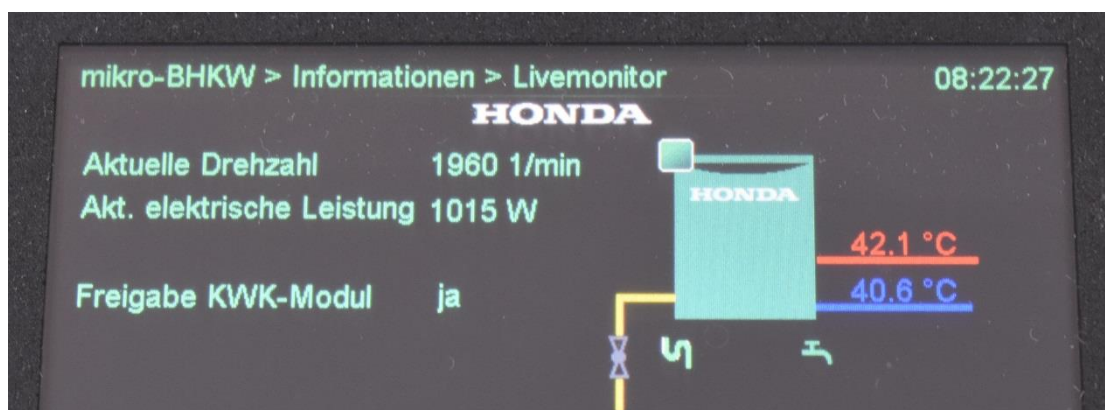


Εικόνα 27:Οθόνη αφής-χειριστήριο

Στην εικονιζόμενη φωτογραφία θα δούμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα inverter.

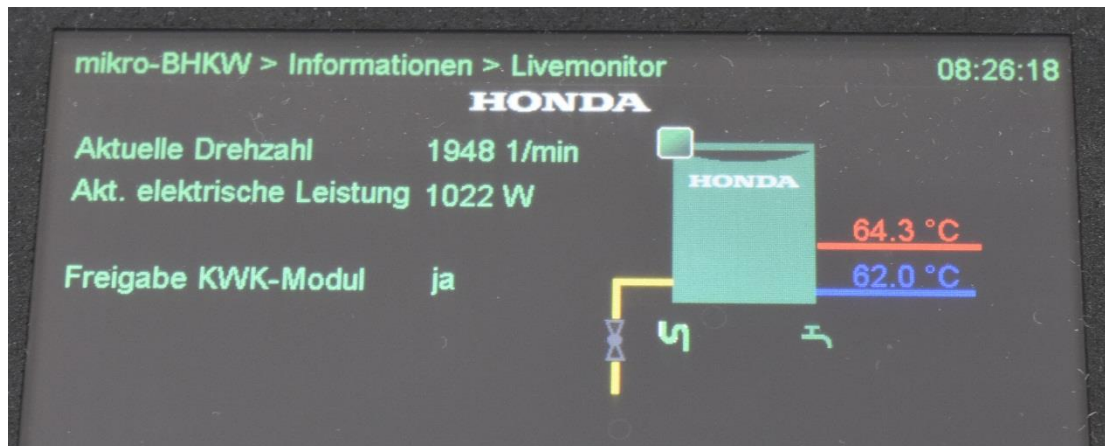
- ✓ Μετατροπέας (inverter) για την τάση του πρώτου ενδιάμεσου κυκλώματος [258.5 Volt].
- ✓ Μετατροπέας (inverter) για την τάση του δεύτερου ενδιάμεσου κυκλώματος [404.0 Volt].
- ✓ Τάση εναλλασσόμενου ρεύματος [233 Volt]
- ✓ Συχνότητα [49.9 Hz]
- ✓ Αισθητήρας δικτύου (Ethernet) [0 Sek]
- ✓ Θερμοκρασία μετατροπέα (inverter) FET [44.0 C]
- ✓ Θερμοκρασία μετατροπέα (inverter) Reg [45.4 C]
- ✓ Τρέχουσα ισχύς του μετατροπέα (inverter) [1015 W]
- ✓ Ονομαστική ισχύς του μετατροπέα (inverter) [1023 W]

## 7.2 Μετρήσεις μέσω των δεδομένων του συστήματος.



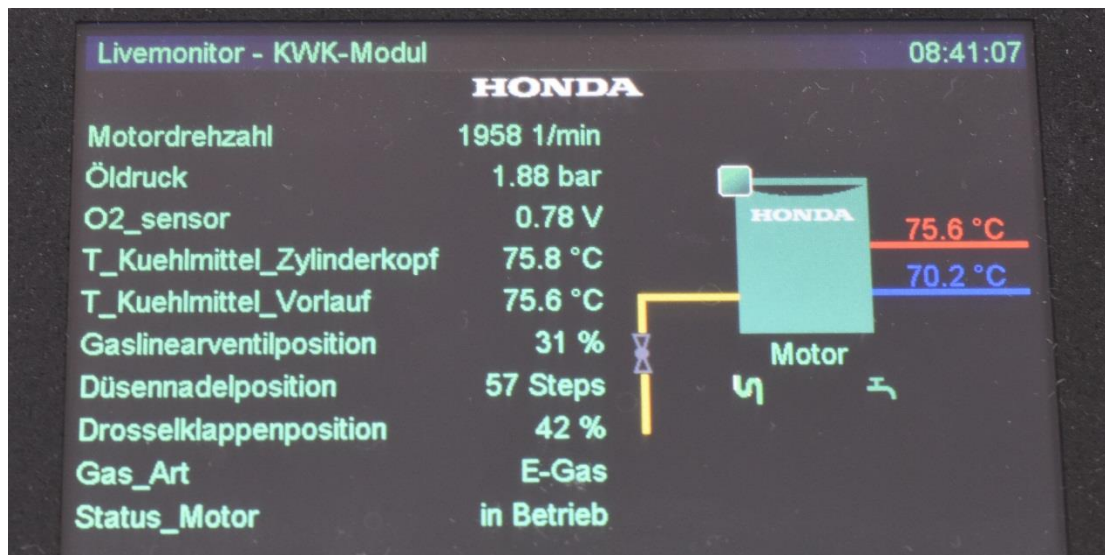
Εικόνα 28:Οθόνη αφής-χειριστήριο

Στην ανωτέρω φωτογραφία απεικονίζονται οι αρχικές θερμοκρασίες εισόδου / εξόδου ψυκτικού υγρού , δηλαδή σε αυτό το σημείο το σύστημα έχει λειτουργήσει 2 λεπτά συνολικά. Από τις ενδείξεις των στροφών και της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύως βλέπουμε οτι η μηχανή παράγει ήδη ενέργεια τόσο θερμική (42.1 C στην έξοδο του ψυκτικού υγρού απο τον κινητήρα) όσο και ηλεκτρική (1015W). Θερμοκρασία περιβάλλοντος 28.2 C.



Εικόνα 29:Οθόνη αφής-χειριστήριο

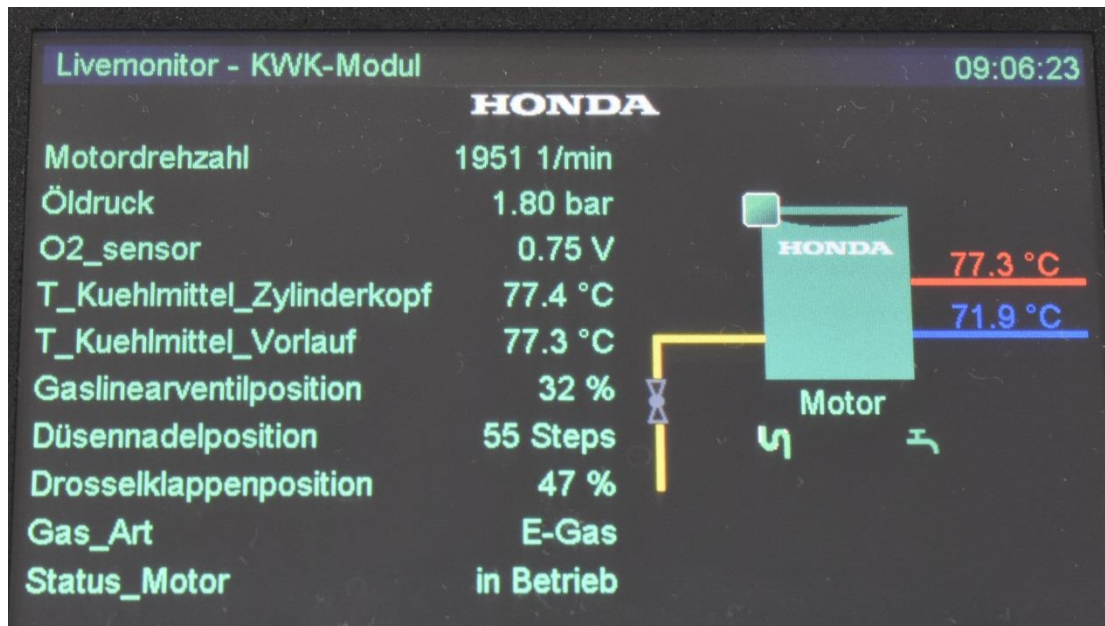
Στην παραπάνω φωτογραφία και 6´ λεπτά μετά την έναρξη του συστήματος η θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα έχει αυξηθεί, τόσο ώστε η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού μέσου να βρίσκεται στους 64.3 C δηλαδή σε αυτό το χρονικό διάστημα αυξήθηκε περίπου 22 C.



Εικόνα 30:Οθόνη αφής-χειριστήριο

Σε αυτή την φωτογραφία και σε πέρας χρόνου περίπου 20´λεπτών από την έναρξη του συστήματος η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού μέσου έχει φτάσει στους 75.6 C.





Εικόνα 31:Οθόνη αφής-χειριστήριο

Τέλος στην παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε ότι στα 44'λεπτά μετά την έναρξη του συστήματος η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού μέσου έχει φτάσει στους 77,3 C. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι από τον κατασκευαστή η επιθυμητή θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα είναι ρυθμισμένη στους 80 C. Μια ακόμα σημαντική παρατήρηση είναι ότι η θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα όσο είναι χαμηλή αυξάνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό δηλαδή σε 20'λεπτα από την έναρξη λειτουργίας του συστήματος η θερμοκρασία έχει ανέβει κατά 31.5 C ενώ στα επόμενα 24'λεπτά η θερμοκρασία έχει ανέβει μόλις κατά 1.7 C.

## 8. Ο υπολογισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης

### 8.1 Σκοπός των μετρήσεων που λάβαμε.

Ο βασικός σκοπός των μετρήσεων αυτών είναι ο υπολογισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής (ή αλλιώς ο ενεργειακός ισολογισμός), ο οποίος δίνεται από τον τύπο:

$$n_{chp} = \frac{P_{el} + P_{th}}{\dot{Q}_a}$$

Όπου

$P_{el}$  είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς, η οποία δίνεται από το σύστημα

$P_{th}$  είναι η παραγόμενη θερμική ισχύς, η οποία μπορεί να υπολογισθεί με βάση την σχέση για το ψυκτικό υγρό

$$P_{th} = \dot{m} \times c_p \times \Delta\theta$$

Όπου

$\dot{m}$  η παροχή μάζας του ψυκτικού υγρού, η οποία είτε πρέπει να μετρηθεί, είτε να βρεθεί από τα χαρακτηριστικά της αντλίας που υπάρχει στο σύστημα (μέσα στο σύνολο Vaillant)

$c_p$  η ειδική θερμοχωρητικότητα του ψυκτικού υγρού, η οποία μπορεί να βρεθεί από πίνακες για το υγρό που προτείνει ο κατασκευαστής

$\Delta\theta$  η μετρούμενη διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου που δίνει το σύστημα

$\dot{Q}_a$  είναι η θερμική ισχύς του καυσίμου η οποία δίνεται από τον τύπο

$$\dot{Q}_a = \dot{V}_a \times H_l$$

Όπου

$\dot{V}_a$  ογκομετρική παροχή αερίου καυσίμου (δεν μετράται από το σύστημα)

$H_l$  θερμογόνος δύναμη αερίου καυσίμου σε kWh/m<sup>3</sup>

Technische Daten	Einheit	mikro-BHKW ecoPOWER 1.0
<b>Gas-Verbrennungsmotor (Einzyylinder-4-Takt-Hubkolbenmotor)</b>		
Kompressionsvolumen	cm <sup>3</sup>	110
Abgasvolumen	cm <sup>3</sup>	163
Nennrehzahl	min <sup>-1</sup>	1950
Nennwärmebelastung Erdgas E/LL	kW	3,8
Abgastemperatur max.	°C	< 90
Abgasmassenstrom	g/s	1,45
Lambda		1
Kondenswassermenge ca.	l/h	0,5
CO - Emission bei 5 % O <sub>2</sub>	mg/kWh	86
NOx - Emission bei 5 % O <sub>2</sub>	mg/kWh	62
<b>Leistung</b>		
Elektrische Leistung <sup>1) 5)</sup> Erdgas E/LL	kW	1,0
Thermische Leistung <sup>1) 2) 5)</sup> Erdgas E/LL	kW	2,5
Elektrischer Wirkungsgrad <sup>3) 5)</sup>	%	26,3
Thermischer Wirkungsgrad <sup>3) 5)</sup>	%	65,7
Gesamtwirkungsgrad (Hi) <sup>3) 5)</sup>	%	92
Stromkennzahl <sup>5)</sup>		0,42
Schalldruckpegel (in 1 m Abstand)	dB (A)	46
Mündungsschall (nach 4 m, 1 x 87°-Bogen)	dB (A)	< 52
<b>Anschlusswerte</b>		
Erdgas E (H <sub>i</sub> = 9,5 kWh/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /h	0,40
Erdgas LL (H <sub>i</sub> = 8,1 kWh/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /h	0,47
Gasanschlussdruck	mbar	20
Gasanschluss Gerät		Rp 1/2
Vor- und Rücklaufanschluss Gerät		G 1/2
Luft-/Abgasanschluss	mm Ø	60/100
Elektroanschluss (Anschlussfertiger Netzparallelbetrieb)		230 V/50 Hz
<b>Heizsystem</b>		
Vorlauf/-Rücklauftemperatur max.	°C	80/70
<b>Geräteabmessungen</b>		
Höhe/Breite/ Tiefe <sup>4)</sup>	mm	1132/1180/320
Gewicht ca.	kg	100
<sup>1)</sup> Elektrische Leistung (gemäß EN 60335/1) des ecoPOWER in Abhängigkeit von Umfeld- und Einsatzbedingungen. Toleranz: +/- 5 %. <sup>2)</sup> DIN EN 483, DVGW VP 109/TP: 75°C/60°C. <sup>3)</sup> Bezogen auf das mikro-BHKW ecoPOWER 1.0 (ohne Wärmeauskopplungsmodul) <sup>4)</sup> Bei ecoPOWER 1.0; Maße ohne Anschlüsse/Wartungsfreiraum bei ecoPOWER 1.0 <sup>5)</sup> Je nach Luftdichte und Gasqualität		

Με βάση τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στον πίνακα, μπορούν να γίνουν οι παρακάτω υπολογισμοί:

$$P_{el} = 1kW, P_{th} = 2.5kW$$

και

$$\dot{Q}_a = \dot{V}_a \times H_i = 0.40 \times 9.5 = 3.8kWh$$

και επομένως ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι

$$n_{chp} = 0.921$$

Η παραπάνω τιμή συμπίπτει με αυτή που αναφέρεται επίσης στον πίνακα, όπως αναμενόταν. Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι για την επαλήθευση και τον ακριβή ενεργειακό ισολογισμό, απαιτείται η εγκατάσταση πρόσθετων οργάνων, τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

## 9, Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική εργασία και προσθήκες οργάνων

### 9.1. Προτάσεις για μελλοντική εργασία – προσθήκες οργάνων

Με βάση το προηγούμενο κεφάλαιο συμπεραίνουμε ότι απαιτούνται τα εξής μετρητικά όργανα:

i. Ροόμετρο αερίου για την μέτρηση της ογκομετρικής παροχής του καυσίμου σε  $m^3/h$ . Η επιλογή του εύρους μέτρησης του οργάνου, στηρίζεται στην κατανάλωση που αναφέρεται στον πίνακα προδιαγραφών του συστήματος:  $0.40m^3/h$  για φυσικό αέριο θερμογόνου δύναμης  $9.5KWh/m^3$  έως  $0.47m^3/h$  για φυσικό αέριο θερμογόνου δύναμης  $8.1KWh/m^3$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι η εισερχόμενη θερμική ισχύς είναι:

$$\dot{Q}_a = 0.40 \times 9.5 = 0.47 \times 8.1 = 3.8KW$$

Για να υπάρχει μελλοντικά η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν βιο-καύσιμα (δηλ. βιοαέριο) χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης, η περιοχή των μετρήσεων πρέπει να περιλαμβάνει και μεγαλύτερες τιμές παροχής. Συγκεκριμένα, για ένα «φτωχό» βιοαέριο με κατώτερη θερμογόνο δύναμη  $16MJ/m^3=4.5KWh/m^3$ , η κατανάλωση θα πρέπει να είναι  $0.845m^3/h$ . Με δεδομένο ότι το καθαρό μεθάνιο έχει  $11.06KWh/m^3$ , το οποίο αντιστοιχεί σε  $0.34 m^3/h$ , η τελική ζητούμενη περιοχή των μετρήσεων για την παροχή όγκου του αερίου καυσίμου είναι  $0.3- 0.9m^3/h$  ή  $5 - 15lt/min$ .

Για την μέτρηση ροής αερίων υπάρχουν διάφορες κατηγορίες οργάνων όπως στροβιλομετρητές (turbine meters), περιστροφικοί μετρητές (rotary meters, positive displacement, rotary piston), μετρητές υπερήχων, μετρητές διαφράγματος, μετρητές Coriolis και μετρητές με πλωτήρα (rotameters). Για την εργαστηριακή εφαρμογή μας, προτείνεται η τελευταία λύση η οποία είναι η πλέον οικονομική. Τυπικές τιμές για περιοχή μετρήσεων τέτοιων οργάνων μέτρησης είναι  $1.7-17lt/min$  με τυπική ακρίβεια μέτρησης  $\pm 5\%$ , η οποία κρίνεται ικανοποιητική (αξία αγοράς  $200-300$ ευρώ). Για καλύτερη ακρίβεια, προτείνεται όργανο μέτρησης παροχής μάζας (gas mass flow meter) με περιοχή μέτρησης  $0.2-20lt/min$  με ακρίβεια  $\pm 1\%$  (αξία αγοράς  $700-900$ ευρώ – οι τιμές έχουν ληφθεί από το <https://www.omega.com>)

ii. Ροόμετρο (-α) πλωτήρα υγρού για την μέτρηση της παροχής του υγρού ψύξης και του νερού που τροφοδοτεί το εξωτερικό δοχείο νερού. Τα ροόμετρα αυτά είναι πιο οικονομικά και είναι ευρέως διαθέσιμα. Παράλληλα, επειδή υπάρχει και διαφορά θερμοκρασίας εισόδου – εξόδου, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν όργανα μέτρησης θερμίδων παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές για την κατανομή του κόστους θέρμανσης σε πολυκατοικίες με κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης.

Επιπρόσθετα, άλλη μια εργασία που θα πρέπει να γίνει μακροπρόθεσμα στην εγκατάσταση του εργαστηρίου είναι να βρεθεί τρόπος να γίνει εκμετάλλευση του θερμού νερού που παράγει το σύστημα συμπαραγωγής. Στην παρούσα κατάσταση η θερμότητα που παράγεται αποθηκεύεται στην δεξαμενή των  $300lt$  του συστήματος, όπου μόλις η θερμοκρασία φτάσει σε αυτή που έχουμε καθορίσει, το σύστημα συμπαραγωγής σταματά, γιατί το νερό στην δεξαμενή πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε ένα εξωτερικό θερμικό φορτίο, το οποίο να διατηρεί την θερμοκρασία του σταθερή. Μια πιθανότητα είναι το κύκλωμα να συνδεθεί στο κεντρικό Fan Coil του



εργαστηρίου για την θέρμανση του χώρου του εργαστηρίου (χωρίς την χρήση του δικτύου του ζεστού νερού που παράγεται από το κεντρικό σύστημα λεβήτων φυσικού αερίου). Άλλη πιθανότητα είναι να εγκατασταθεί εκτός του εργαστηρίου ένα ψυγείο αυτοκινήτου με κατάλληλο ανεμιστήρα για την ψύξη του νερού. Συνδυασμός των παραπάνω λύσεων είναι η προτεινόμενη λύση που καλύπτει όλες τις εποχές του χρόνου (χειμώνα - καλοκαίρι) με σωστή εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας, παράλληλα όμως ανεβάζει το κόστος εγκατάστασης.

## 9.2. Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τέλος της αυτής της εργασίας και έχοντας μελετήσει την εγκατάσταση από μηχανολογική άποψη αλλά και πειραματικά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της, βγάλαμε τα εξής συμπεράσματα. Η Honda σε συνεργασία με την Vaillant, κατασκεύασαν μια μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας η οποία μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενός διαμερίσματος, όσον αφορά τη κατανάλωση ρεύματος, ζεστού νερού αλλά και θέρμανσης με ασφάλεια, οικονομία και σεβασμό προς το περιβάλλον.

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε τα όργανα που θα χρειαστούν για να γίνει ακριβέστερη η πειραματική μελέτη της εγκατάστασης. Αυτό θα μας δώσει τη δυνατότητα να υπολογίζουμε ανά πάσα στιγμή την παροχή του καυσίμου και την ροή του ψυκτικού υγρού στον εναλλάκτη θερμότητας του εξωτερικού δοχείου. Έτσι θα μπορούμε να υπολογίζουμε με άμεσα την απόδοση του συστήματος καθώς θα

μετράμε το  $\dot{V}_a$  (ογκομετρική παροχή αερίου καυσίμου), που δεν αναγράφεται

στην οθόνη του συστήματος, ολοκληρώνοντας τον τύπο  $\dot{Q}_a = \dot{V}_a \times H_i$

δίνοντάς μας την παροχή του καυσίμου. Επίσης θα γίνεται εφικτή η ρύθμιση του μείγματος αέρα-καυσίμου καθώς μελετάτε και η πιθανότητα χρήσης αλλού τύπου αερίου, όπως βιοαέριο.

Τέλος με τον κυκλοφορητή στον εναλλάκτη θερμότητας θα μπορούμε μετράμε την παροχή του ψυκτικού υγρού υπολογίζοντας στιγμιαία την θερμότητα που μεταφέρεται στο δοχείο.

Έχοντας πραγματοποιήσει τις παραπάνω μελέτες μπορούμε σε μελλοντική εργασία να γνωρίζουμε σε γενικές γραμμές που πρέπει να κινηθούμε όσον αφορά την έρευνα αγοράς των μετρητικών οργάνων που χρειαζόμαστε και στη συνέχεια την εγκατάστασή τους. Μερικές ακόμα εργασίες μπορούν να γίνουν πάνω στην αλλαγή του καυσίμου τροφοδοσίας του συστήματος και στη σύνδεση του εξωτερικού δοχείου αποθήκευσης, με τη θέρμανση του εργαστηρίου.

## Βιβλιογραφία

- Global Honda*. (χ.χ.). Ανάκτηση από  
<https://global.honda/newsroom/worldnews/2011/c110203Micro-Combined-Heat-Power-System.html>
- Global Honda*. (χ.χ.). Ανάκτηση από  
<https://global.honda/innovation/technology/power/Exlink-picturebook.html>
- Hibiki Koga, S. W. (2007). *Research on Extended Expansion General-Purpose Engine (part 2)*.
- Michael Thiem, M. T. (2011). *INTRODUCTION OF MICRO COMBINED HEAT AND POWER GENERATION UNIT FOR RESIDENTIAL USE IN EUROPE*.
- Michael Thiem, M. T. (2011). *Introduction of Micro Combined Heat and Power Generation Unit for Residential Use in Germany*. Germany.
- Sei Watanabe, S. K. (2006). *Research on Extended Expansion General-Purpose Engine*.
- Yoshiharu Takita, S. K. (2011). *Development of Micro Combined Heat and Power Generation Unit with Extended Expansion Linkage Engine*.
- Yoshiharu Takita, S. K. (2011). *DEVELOPMENT OF MICRO COMBINED HEAT AND POWER GENERATION UNIT WITH EXTENDED EXPANSION LINKAGE ENGINE*.