



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
'Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας'
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Διερεύνηση Θεμάτων Ενεργειακής Κάλυψης Ελληνικών Νησιών με Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο



Καλογιάννης Σταμάτης, Χημικός Μηχανικός Πανεπ. Πατρών

Επιβλέπων : Αθανάσιος Μπαλής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Σεπτέμβριος 2017

Σύνοψη

Λόγω της όλο και μεγαλύτερης ανάγκης για ενέργεια παγκοσμίως αλλά και της σταδιακής μείωσης των αποθεμάτων σε πετρέλαιο ο άνθρωπος έχει στραφεί σε άλλες μορφές ενέργειας με λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις όπως το φυσικό αέριο. Η δύσκολη και πολυδάπανη μεταφορά του φυσικού αερίου σε πολύ μεγάλες αποστάσεις γέννησε την ανάγκη της υγροποίησης του, μέσω της οποίας μπορούμε να μεταφέρουμε 600 φορές περισσότερη ποσότητα φυσικού αερίου. Η Ελλάδα είναι συνδεδεμένη με καλώδια μεταφοράς ηλεκτρισμού από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής καθώς και με αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου προς κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Υπάρχουν όμως κάποια νησιά που δεν έχουν τέτοια δυνατότητα και ανήκουν στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Στην παρούσα διπλωματική εργασία προτείνεται η ενεργειακή κάλυψη των αναγκών αυτών των νησιών με την τεχνολογία των κινητών κρυογενικών δεξαμενών και υπολογίζουμε τον χρόνο εξάντλησης του καυσίμου που μεταφέρουν ανάλογα με τον αριθμό των κατοίκων του εκάστοτε νησιού. Η τεχνολογία αυτή είναι πιο αποδοτική στην κάλυψη μόνο των θερμικών αναγκών και όχι και των ηλεκτρικών λόγω του πολύ χαμηλού βαθμού απόδοσης μετατροπής φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Abstract

Due to moreover global need for energy and the continuously reduction of oil stocks humans have turned into other forms of energy like natural gas with less environmental impacts. The difficult and costly transport of natural gas on very long distances makes the need for liquefaction in order to transport 600 times more quality of gas. Greece is connected with tires transporting electricity from power stations and with pipelines transporting natural gas. Yet there are some islands that they haven't that ability called as Not Connected Islands. In this thesis we suggest LNG Containers (ISO Tanks) to fulfill the need of energy and we calculate the time one such container can last depended on the inhabitants each island's. This technology is more efficient in fulfilling thermal needs rather than electric because of very small efficiency level of conversion natural gas into electricity.

Περίληψη

Κύριος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να διατυπώσουμε την σημερινή κατάσταση οσον αναφορά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στα ελληνικά νησιά και να προτείνουμε μεθόδους που να έχουν το φυσικό αέριο ως καύσιμη ύλη. Αρχικά αφού αναφερθούμε γενικά στο φυσικό αέριο και στο υδροποιημένο φυσικό αέριο αναλύουμε την δομή του δικτύου διανομής στην Ελλάδα.

Επισημαίνουμε τις χρήσεις του LNG καθώς και μελλοντικά σενάρια για χρήσεις του υδροποιημένου φυσικού αερίου και αναφέρουμε 2 περιπτώσεις νησιών παγκοσμίως που καλύπτουν τις ανάγκες του ενεργειακά με κινητές κρουγενικές δεξαμενές. Τα νησιά αυτά είναι η Μαδέρα που ανήκει στην Πορτογαλία και βρίσκεται στον Ατλαντικό και οι Βερμούδες που βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό.

Γίνεται εκτενής αναφορά στην υπάρχουσα κατάσταση ενεργειακής κάλυψης της Ελλάδας και θέτουμε το πρόβλημα των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Στα νησιά υπάρχουν εγκατεστημένοι 31 θερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής 14 αιολικά πάρκα και 22 φωτοβολταϊκούς σταθμούς και για λόγους μη αξιοπιστίας του συστήματος και περιβαλλοντικών επιπτώσεων προτείνουμε εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Μία απ τις μεθόδους μας είναι η μεταφορά LNG μέσω κρουγενικών δεξαμενών με ειδικά φορτηγά πλοία. Μέσα απ την μεθολογική μας προσέγγιση υπολογίσαμε τον χρόνο εξάντλησης του καυσίμου LNG που έχει ένα container για όλα τα νησιά.

Στην διπλωματική εργασία εισαγάγαμε το θέμα του LNG στα νησιά και υπολογίσαμε τον χρόνο εξάντλησης καυσίμου για κάλυψη θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών. Οι ανάγκες ενός ατόμου για ηλεκτρισμό είναι μικρότερες από εκείνες της θέρμανσης και θεωρητικά θα σύμφερε περισσότερο να χρησιμοποιούσαμε το καύσιμο για ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή του όμως σε ηλεκτρισμό προυποθέτει την χρησιμοποίηση θερμοηλεκτρικής μονάδας και ύστερα μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με καλώδια προς την τελική κατανάλωση, με όλη αυτή τη διαδικασία να προκαλούνται απώλειες της τάξεως των 72 % περίπου. Σε αντίθεση με τον ηλεκτρισμό η μετατροπή του φυσικού αερίου σε θερμική ενέργεια δεν χρειάζεται καμία περαιτέρω διαδικασία με αποτέλεσμα να την καθιστά πολύ πιο αποδοτική και συμφέρουσα. Τέλος το κόστος εγκατάστασης μίας μονάδας αεριοποίησης σε συνάρτηση με το λειτουργικό της κόστος και τις αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας για μια τέτοια εγκατάσταση καθιστούν την μεταφορά φυσικού αερίου με υδροποιημένη μορφή μη συμφέρουσα σε σχέση με την μεταφορά με κρουγενικές δεξαμενές συμπιεσμένου φυσικού αερίου. Στην περίπτωση αυτή δεν χρειάζεται καμία εγκατάσταση επεξεργασίας του καυσίμου πριν εισέλθει στο δίκτυο μεταφοράς προς κατανάλωσή του.

Ευχαριστίες

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Αθανάσιο Μπαλή για την πολύτιμη βοήθεια του. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους που πάντα μου στέκονται και με υποστηρίζουν σε όλους τους τομείς των προσπαθειών μου.

Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Γενικά για την Ενέργεια.....	11
1.2 Φυσικό Αέριο.....	12
1.3 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο.....	15
1.3.1 Χρήσεις LNG.....	22
1.4 Υπάρχουσα κατάσταση στον Ελλαδικό Χώρο.....	26
1.4.1 Εισαγωγή Φυσικού Αερίου.....	26
1.4.2 Ιστορικά Στοιχεία.....	29
1.5 Σκοπός και Στόχος.....	32
1.6 Διάρθρωση.....	33
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	34
2.1 Γενικά.....	34
2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	35
2.3 Διεθνής Εμπειρία.....	38
3. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο Στα Νησιά.....	41
3.1 Ελληνική Επικράτεια.....	41
3.2 Ελληνικά Νησιά.....	44
3.3 Γενικά Στατιστικά Στοιχεία ΜΔΝ.....	47
3.4 Παραγωγή και Κατανάλωση ΜΔΝ.....	51
3.4.1 Παραγωγή.....	51
3.4.2 Κατανάλωση.....	59
3.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Εναλλακτικών Μορφών Κάλυψης Ενέργειας.....	61
3.5.1 Παρούσα Κατάσταση.....	61
3.5.2 Επέκταση Διασυνδέσεων.....	63
3.5.3 Εξ ολοκλήρου χρησιμοποίηση ΑΠΕ.....	66
3.5.4 Κυψέλες Καυσίμου.....	67
3.5.5 Παραγωγή Ενέργειας από Καύση Βιομάζας.....	69
3.5.6 Ένωση Νησιών με αγωγούς Φυσικού Αερίου.....	71
3.5.7 Μονάδες Φυσικού Αερίου.....	71
3.5.8 Μετατροπή Θερμοηλεκτρικών Σταθμών ως προς το καύσιμο.....	74
3.5.9 Μεταφορά LNG μέσω ISO Tanks.....	76
3.6 LNG Containers.....	76
3.7 LNG Containers Project στα Ελληνικά Νησιά.....	80
3.7.1 Θερμογόνος Δύναμη Φυσικού Αερίου.....	80

3.7.2 Κατανάλωση Ενέργειας ανά άτομο ανά ημέρα.....	81
3.7.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	86
3.8 Αποτελέσματα- Διαμόρφωση Πρότασης.....	90
4. Συμπεράσματα.....	94
5. Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.....	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 : Παγκόσμια ζήτηση ανα καύσιμο.....	11
Εικόνα 2 : Χρήσεις Φυσικού Αερίου.....	14
Εικόνα 3 : Σύνθεση ΦΑ και ΥΦΑ.....	16
Εικόνα 4 : Αλυσίδα LNG.....	17
Εικόνα 5 : Τύποι φορητών πλοίων μεταφοράς LNG.....	19
Εικόνα 6 : Τυπική Δεξαμενή LNG.....	21
Εικόνα 7 : Τυπικός τερματικός σταθμός αεριοποίησης ΥΦΑ.....	21
Εικόνα 8 : Αυτοκίνητο με καύσιμο LNG	23
Εικόνα 9 : Το πρώτο LNG κρουαζιερόπλοιο της Carnival Corporation	25
Εικόνα 10 : Χάρτης αγωγών ΦΑ στην Ελλάδα	28
Εικόνα 11 : Κύκλος διαδρομής LNG Container's.....	39
Εικόνα 12 : Γραφήματα ενεργειακής κάλυψης για το νησί Μαδέρα.....	40
Εικόνα 13 : Χάρτης θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών.....	43
Εικόνα 14 : Χάρτης με τα νησιά της ελληνικής επικράτειας.....	44
Εικόνα 15 : Χάρτης Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	45
Εικόνα 16 : Χάρτης Διασυνδεδεμένων και Μη Νησιών.....	46
Εικόνα 17 : Συνολική παραγωγή ΜΔΝ.....	51
Εικόνα 18 : Γραφήματα και Πίνακας Εγκατεστημένης Ισχύος Μοναδων ΑΠΕ.....	53
Εικόνα 19 : Γραφήματα και Πίνακας με την παραγωγή ΑΠΕ.....	54
Εικόνα 20 : ΜΔΝ με θερμικό σταθμό Ηλεκτροπαραγωγής.....	56
Εικόνα 21 : Tilos Project.....	67
Εικόνα 22 : Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου από Φυσικό Αέριο.....	72
Εικόνα 23 : LNG Container.....	77
Εικόνα 24 : LNG Container.....	77

Εικόνα 25 : Τρόποι μεταφοράς LNG Container.....	78
Εικόνα 26 : Χαρακτηριστικά CHART LNG Containers.....	80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Χημική σύσταση του Φυσικού Αερίου.....	13
Πίνακας 2 : Συγκριτικά στοιχεία παραγωγής ρύπων από τις διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	14
Πίνακας 3 : Στοιχεία Νησιών.....	47
Πίνακας 4 : Στοιχεία Νησιών με Τουρισμό.....	49
Πίνακας 5 : Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής ΜΔΝ (Μεγάλα Ηλεκτρικά Συστήματα).....	53
Πίνακας 6 : Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής ΜΔΝ (Μικρότερα Ηλεκτρικά Συστήματα).....	53
Πίνακας 7 : Παραγωγή και Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ λοιπών Ηλεκτρικών Συστημάτων ΜΔΝ.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υ/Β Διασυνδέσεων στο ΗΣ Πάρου.....	59
Πίνακας 9 : Ζήτηση ΜΔΝ σε MWh για τα έτη 2008-2013.....	55
Πίνακας 10 : Εκτιμώμενο Κόστος Διασυνδέσεων Αιγαίου.....	66
Πίνακας 11 : Συνολικά μέσα ετήσια ειδικά κόστη παραγωγής και συνολική εξοικονόμηση χρημάτων με την εισαγωγή φυσικού αερίου στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στην Κρήτη.....	76
Πίνακας 12 : Θερμογόνος Δύναμη και προδιαγραφές Φ.Α.....	82
Πίνακας 13 : Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου.....	83
Πίνακας 14 : Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση.....	84
Πίνακας 15 : Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανα νοικοκυριό.....	84
Πίνακας 16 : Κατανάλωση Ενέργειας ανα βαθμό αστικότητας.....	86
Πίνακας 17 : Συνολική εικόνα νησιών και χρόνου εξάντλησης καυσίμου.....	92
Πίνακας 18: Συνολική εικόνα νησιών και χρόνου εξάντλησης καυσίμου για θερμική ενέργεια.....	93

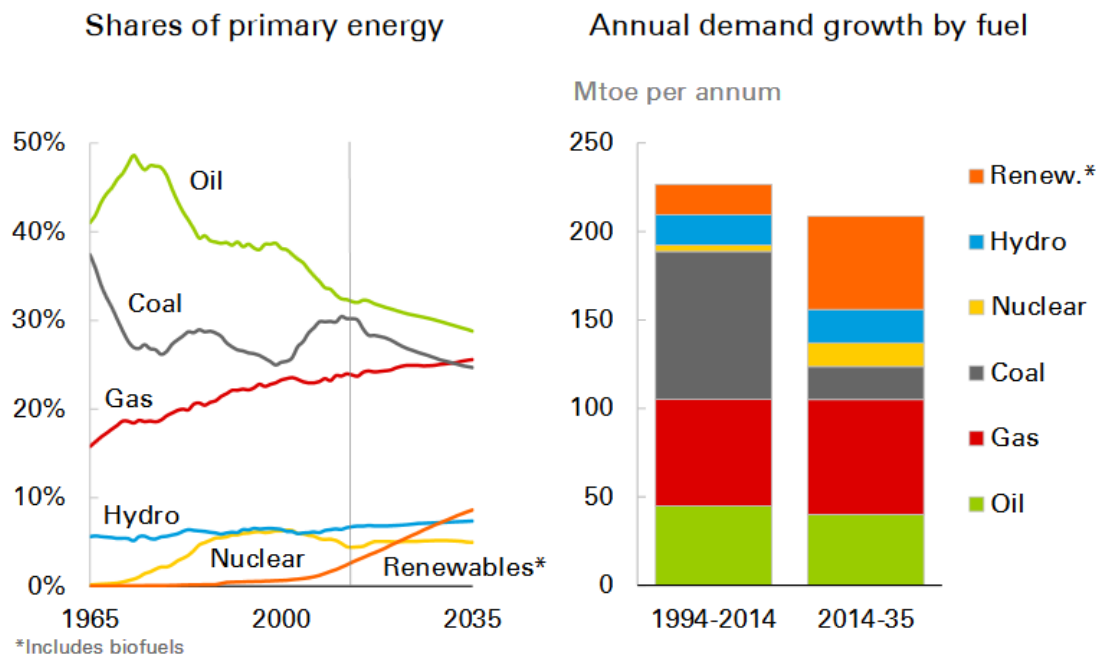
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 : Σχέση απόστασης με κόστος μεταφοράς Φυσικού Αερίου.....	19
Διάγραμμα 2 : Μείωση συμμετοχής του Φ.Α. στην ηλεκτροπαραγωγή για τα έτη 2012-2014.....	30
Διάγραμμα 3 : Διάρθρωση Ενεργειακού Μείγματος.....	31
Διαγραμμα 4 : Κατανάλωση ΦΑ 1998-2015 ανα τομεα κατανάλωσης.....	32
Διάγραμμα 5 : Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανα νοικοκυριό.....	83
Διάγραμμα 6 : Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης θερμικής ενέργειας κατά τύπο καυσίμου.....	85
Διάγραμμα 7 : Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση.....	86
Διάγραμμα 8 : Γραφική απεικόνιση Νοικοκυριών ανα αριθμό μελών.....	89

1.Εισαγωγή

1.1 Γενικά Για Την Ενέργεια

Ο άνθρωπος επιδόθηκε τις τελευταίες δεκαετίες σε εκτεταμένη χρήση ενέργειας, καθώς την συνδέσε με το βιοτικό του επίπεδο. Η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται κυρίως από ορυκτά καύσιμα, καθώς αυτά παρουσιάζουν υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο και ευκολία στη χρήση τους.



Εικόνα 1 : Παγκόσμια ζήτηση ανα καύσιμο⁽ⁱ⁾

Αυτές οι ενεργειακές επιλογές είχαν ως αποτέλεσμα την εντατικοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, περιορίζοντας αισθητά τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων. Παράλληλα, η εξόρυξη, η μεταφορά και η ενεργειακή μετατροπή των ορυκτών καυσίμων έχουν προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με ολοένα αυξανόμενες ενδείξεις, η χρήση των ορυκτών καυσίμων συνδέεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και με την επιτάχυνση της εξέλιξης του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Η παγκόσμια ενεργειακή αγορά βρίσκεται σε κρίσιμο ιστορικά σημείο, καθιστώντας αναγκαία τη μεταστροφή του συμβατικού ενεργειακού μοντέλου προς καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Ωστόσο, η συμμετοχή των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο παραμένει ακόμα και σήμερα περιορισμένη, κυρίως λόγω του αυξημένου αρχικού κόστους επένδυσης που απαιτείται, αλλά και της στοχαστικής συμπεριφοράς, καθώς η παραγωγή τους εξαρτάται από μια σειρά μετεωρολογικών, γεωλογικών και εν γένει φυσικών

παραγόντων που ο άνθρωπος δεν μπορεί να ελέγξει στο βαθμό που τον ικανοποιεί (ταχύτητα ανέμου, παροχή ποταμού, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας κ.λπ.). Ένα άλλο είδος καύσιμου του οποίου η χρήση δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον και το οποίο μας απασχολεί έντονα την σημερινή εποχή, είναι το φυσικό αέριο.

1.2 Φυσικό Αέριο

Το Φυσικό Αέριο είναι ένα μείγμα καυσίμων αερίων που βρίσκεται σε κοιλότητες του υπεδάφους, συνήθως μαζί με άλλα ορυκτά καύσιμα. Είναι μείγμα ενώσεων διαφόρων στοιχείων, με το μεθάνιο κυρίαρχο συστατικό. Πριν διατεθεί για χρήση υφίσταται μια επεξεργασία κατά την οποία διαχωρίζονται και κατακρατούνται ποικίλα ανεπιθύμητα συστατικά και ενώσεις από τη μάζα του. Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Τα πρώτα στοιχεία που έχουμε για την ύπαρξη φυσικού αερίου έχουν καταγραφεί πολύ παλαιότερα από ό,τι μπορεί να φανταστεί κανείς, το 6000 και το 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Υπάρχουν μελετητές που αναφέρουν πως οι πρώτοι που έκαναν χρήση φυσικού αερίου οι Κινέζοι το 900 π.Χ. περίπου και το μετέφεραν με αγωγούς από μπαμπού. Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία.

Εντυπωσιακό είναι το γεγονός πως το 1821 η πόλη Fredonia στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο. Αλλά η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολούθησε μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12%

της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) η κατανάλωση φυσικού αερίου θα υπερβεί την κατανάλωση άνθρακα μετά το 2010 και περί το 2030 θα καλύπτει το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών.ⁱⁱ

Βασικό συστατικό του ΦΑ είναι το μεθάνιο, συνυπάρχουν όμως σε αυτό και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και υδρόθειο.

Το ΦΑ που είναι απαλλαγμένο από υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου "καθαρό μεθάνιο" συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο. Το ΦΑ είναι άχρωμο και άοσμο ενώ η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε περίπτωση διαρροής. Ανήκει στη δεύτερη οικογένεια των αέριων καυσίμων και είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με ειδικό βάρος 0,59 το οποίο αποτελεί και μεγάλο πλεονέκτημα του έναντι του υγραερίου LPG¹.

Η καύση του σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον παράγοντας μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Αποτελεί την καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου περιορίζοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση.

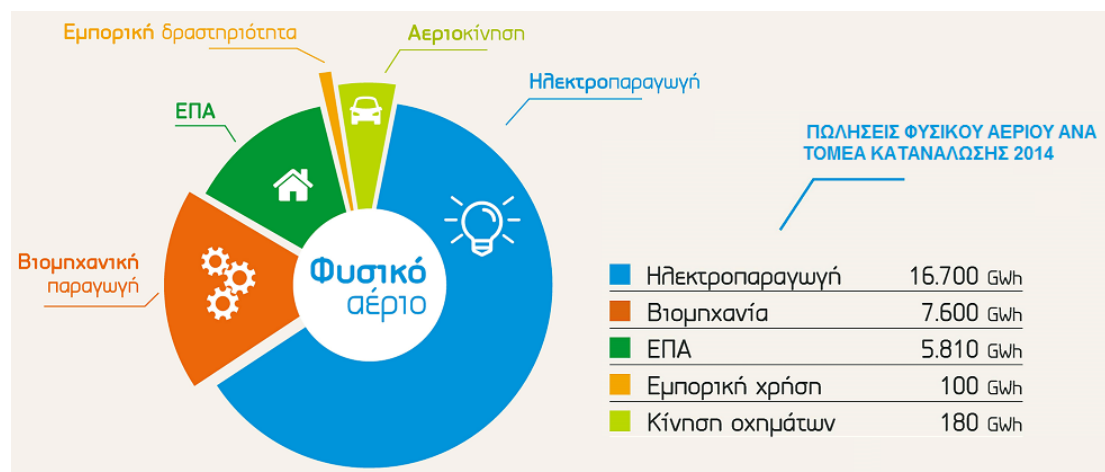
Πίνακας 1: Χημική σύσταση του Φυσικού Αερίου⁽ⁱⁱⁱ⁾

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) και Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	< 5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

Τα χαρακτηριστικά του το κάνουν συμβατό με τους υφιστάμενους εναλλακτικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης (δείκτης οκτανίου υψηλότερος του 110, θερμιδική δύναμη 10% μεγαλύτερη του πετρελαίου).

¹ **Liquefied petroleum gas** or **liquid petroleum gas (LPG or LP gas)**, also referred to as simply [propane](#) or [butane](#), are [flammable](#) mixtures of [hydrocarbon](#) gases used as [fuel](#) in [heating appliances](#), cooking equipment, and vehicles.

Χρήσεις του φυσικού αερίου την σημερινή εποχή συναντάμε στην ηλεκτροπαραγωγή, βιομηχανία, οικιακό τομέα, εμπορικό τομέα, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού-θερμότητας, θερμοκήπια, κλιματισμό καθώς και στην κίνηση των οχημάτων.



Εικόνα 2 : Χρήσεις Φυσικού Αερίου^{iv}

Το φυσικό αέριο (Φ.Α.) θεωρείται το «καθαρότερο» περιβαλλοντικά καύσιμο συγκρινόμενο με τα άλλα μη-ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα οργανογενούς προέλευσης, όπως είναι τα προϊόντα του πετρελαίου (μαζούτ, ντίζελ) και ο γαιάνθρακας (ειδικά για την Ελλάδα ο λιγνίτης). Η περιβαλλοντική αυτή υπεροχή είναι εμφανής στα συγκριτικά στοιχεία παραγωγής ρύπων από τις διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα^v.

Πίνακας 2 : Συγκριτικά στοιχεία παραγωγής ρύπων από τις διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Ρύπος	Ειδικές εκπομπές ρύπων (kg/MWh)			
	Υφιστάμενες λιγνιτικές μονάδες	Σύγχρονες λιγνιτικές μονάδες	Σύγχρονες μονάδες άνθρακα	Φυσικό αέριο
NO ₂	2,3	0,7	0,6	0,3
SO ₂	2,8	0,5	0,4	0,02
Σωματίδια	1,0	0,1	0,06	0,03
CO ₂	1.390	950	750	375

Εδώ επισημαίνουμε ότι τα επιχειρήματα υπέρ του φυσικού αερίου, αναφορικά με τα περιβαλλοντικά του πλεονεκτήματα συχνά υπερεκτιμώνται, δεδομένων των καθαρότερων πετρελαϊκών καυσίμων (μαζούτ, ντίζελ) που είναι σήμερα διαθέσιμα. Ταυτόχρονα η αύξηση της απόδοσης των μονάδων παραγωγής

ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και από φτωχά καύσιμα όπως ο εγχώριος λιγνίτης, στην ουσία περιορίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της μείωσης της ποσότητας του καυσίμου.

Επιπλέον είναι ενδιαφέρον να επισημανθεί ότι συνήθως στις θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του φυσικού αερίου πιστώνεται η σημαντική μείωση των εκπομπών του CO₂, το οποίο και αποτελεί ρύπο μόνο υπό τους όρους του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ανεξάρτητα από τις μέχρι σήμερα αντικρουόμενες επιστημονικές απόψεις για το μέγεθος και τον τρόπο αντιμετώπισης του φαινομένου αυτού, επισημαίνουμε ότι στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του φυσικού αερίου πρέπει να συνυπολογιστεί και η επιβάρυνση που προκαλεί με τις αναπόφευκτες διαρροές μεθανίου σε όλη τη διαδρομή από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωσή του. Οι διαρροές αυτές, όπως υπολογίζονται από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία αποτελούν το 0,5% έως και 2%, του συνολικού παραγόμενου όγκου αερίου ετησίως. Επιπλέον είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι το μεθάνιο είναι 21 φορές δραστικότερος ρύπος σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα, με όρους φαινομένου θερμοκηπίου.

1.3 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει το αιθάνιο, προπάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Μικρές ποσότητες αζώτου, οξυγόνου, διοξείδιο του άνθρακα, ενώσεις του θείου, καθώς και νερό μπορεί να βρεθούν στο φυσικό αέριο. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί προσωρινά σε υγρή μορφή για τη διευκόλυνση της αποθήκευσης ή της μεταφοράς του. Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό. Το φυσικό αέριο υγροποιείται με πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική πίεση και ψύξη του στους -163 ° C περίπου. Κατά την διαδικασία υγροποίησης απαιτείται προ-επεξεργασία για την αφαίρεση των προσμείξεων όπως νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου. Απομακρύνοντας αυτές τις προσμίξεις, δεν μπορεί να δημιουργηθούν στερεές ουσίες με την ψύξη του φυσικού αερίου. Σαν αποτέλεσμα, το ΥΦΑ περιέχει κυρίως μεθάνιο.

Επειδή το ΥΦΑ είναι ένα εξαιρετικά ψυχρό υγρό που σχηματίζεται με ψυχτικά μέσα, δεν αποθηκεύεται υπό πίεση.

Σύνθεση Τυπικού Φυσικού Αερίου και ΥΦΑ



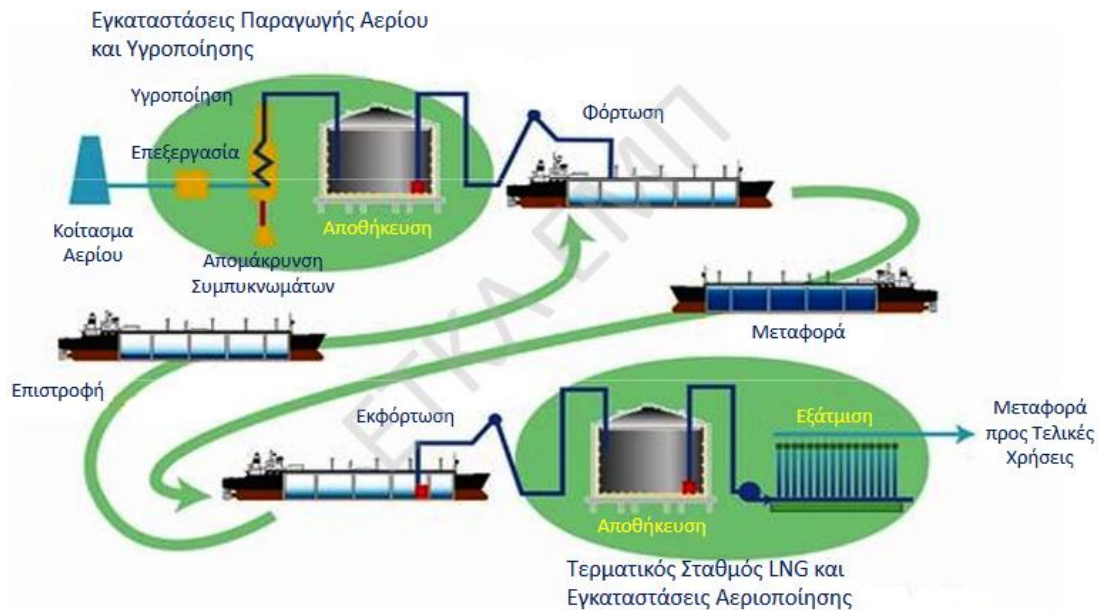
Εικόνα 3 : Σύνθεση ΦΑ και ΥΦΑ

Η πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι περίπου 467 γραμμάρια ανά λίτρο, μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού, (η οποία είναι περίπου 994 γραμμάρια ανά λίτρο). Έτσι, αν το ΥΦΑ χυθεί στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό. Οι ατμοί ΥΦΑ από την εξάτμιση είναι εύφλεκτοι και μπορεί να δημιουργήσουν έκρηξη κάτω από ορισμένες συνθήκες. Οι ατμοί ΥΦΑ γίνονται εύφλεκτοι όταν η συγκέντρωσή τους στον αέρα είναι μεταξύ 5% και 15% (κατ' όγκο αέρα). Όταν η συγκέντρωση ατμών ΥΦΑ στο αέρα υπερβαίνει το 15% δεν μπορεί να πάρουν φωτιά γιατί υπάρχει λίγο οξυγόνο. Όταν η συγκέντρωση ατμών ΥΦΑ στον αέρα είναι κάτω από το 5% (κατώτατο όριο δεν μπορεί να καούν γιατί είναι πολύ λίγο το φυσικό αέριο).

Ο συχνότερα αναμενόμενος κίνδυνος ανάφλεξης είναι από φλόγες ή σπινθήρες. Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα εύφλεκτο αέριο ατμός αναφλέγεται αυτόματα, χωρίς μια πηγή ανάφλεξης (π.χ. σπινθήρα), μετά από μερικά λεπτά έκθεσης στη θερμότητα. Για τους ατμούς μεθανίου που προέρχονται από την εξάτμιση ΥΦΑ, με αναλογία μεθανίου –αέρα περίπου στο 10% (περίπου στο μέσο του 5-15% εύρους αναφλεξιμότητας) και σε ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία αυτό-ανάφλεξης είναι πάνω από 540° C.

Οι εγκαταστάσεις ή ο κύκλος(αλυσίδα) του υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελείται από τέσσερα αλληλεξαρτώμενα στάδια: 1) εξόρυξη και παραγωγή 2) την υγροποίηση 3) μεταφορά από το σημείο της υγροποίησης για τον τελικό προορισμό και 4) την παραλαβή, αποθήκευση και αεριοποίηση στον τελικό προορισμό.

Αλυσίδα Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου



Εικόνα 4 : Αλυσίδα LNG

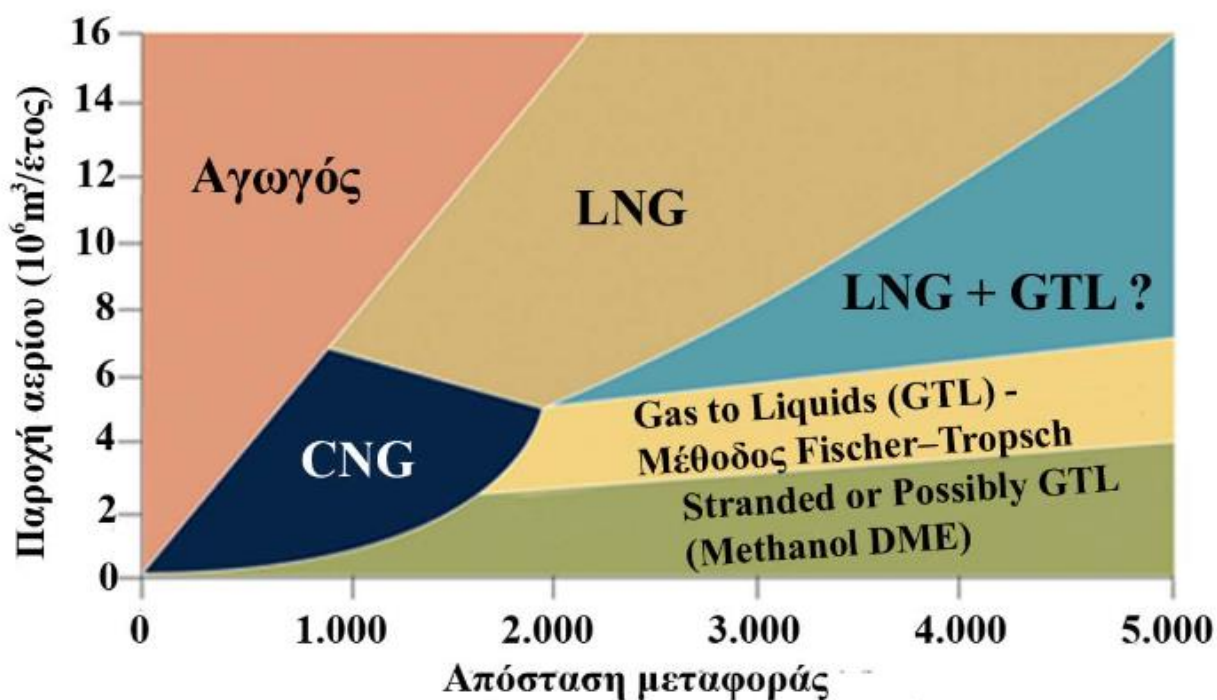
Η υγροποίηση επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους παραγωγής ψυχής σε βιομηχανική κλίμακα :

1. Ελευθερη εκτονωση (μεθοδος εκτονωσης Joule-Thomson),
2. Εκτονωση μεσω προσφορας μηχανικου εργου (μεθοδος Claude),
3. Μεσω διαδοχικων κυκλων συμπηκνωσης-εξατμισης (κυκλος Pictet)

Για την υγροποίηση του φυσικού αερίου, ιδιαίτερα σε μεγάλη κλίμακα, στην πράξη χρησιμοποιείται μόνο η τελευταία μέθοδος

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται με πλοία διπλού κύτους που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να χειρίζονται την χαμηλή θερμοκρασία του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Τα εν λόγω δεξαμενόπλοια είναι μονωμένα για να περιορίζουν την απώλεια υγροποιημένου αερίου λόγω εξάτμισής του. Αυτές οι απώλειες εξάτμισης χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση των καυσίμων των πλοίων. Σύμφωνα με το World Gas Intelligence (2008), σε ένα τυπικό ταξίδι, εκτιμάται ότι περίπου το 0,1% - 0,25% του φορτίου ΥΦΑ εξατμίζεται κάθε μέρα, ανάλογα με την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την τραχύτητα του ταξιδιού. Σε ένα τυπικό ταξίδι, 20 ημερών μπορεί να εξατμιστεί από το 2% - 6% του συνολικού όγκου του ΥΦΑ.

Στο παρακατω σχημα αποτυπωνεται το συμπερασμα ότι ναι μεν στις μικρες αποστασεις συμφερουν οικονομικα οι αγωγοι που μεταφερουν φυσικο αεριο στις μεγαλες όμως η μεταφορα υγροτοποιημενου φυσικου αεριου με τα ειδικα δεξαμενοπλοια εχει μικροτερο κοστος.



Διάγραμμα 1 : Σχέση απόστασης με κόστος μεταφοράς Φυσικού Αερίου

Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα για αποστάσεις μικρότερες των 1000 km είναι πιο συμφέρουσα η επιλογή της χρήσης συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) από ότι υγροποιημένο.

Τρεις τύποι δεξαμενόπλοιων ΥΦΑ:

- Σφαιρικού (Moss) σχεδιασμού - (44%)
- Σχεδιασμού μεμβράνης (51%)
- Διαρθρωτικού πρισματικού σχεδιασμού



LNG Vessel

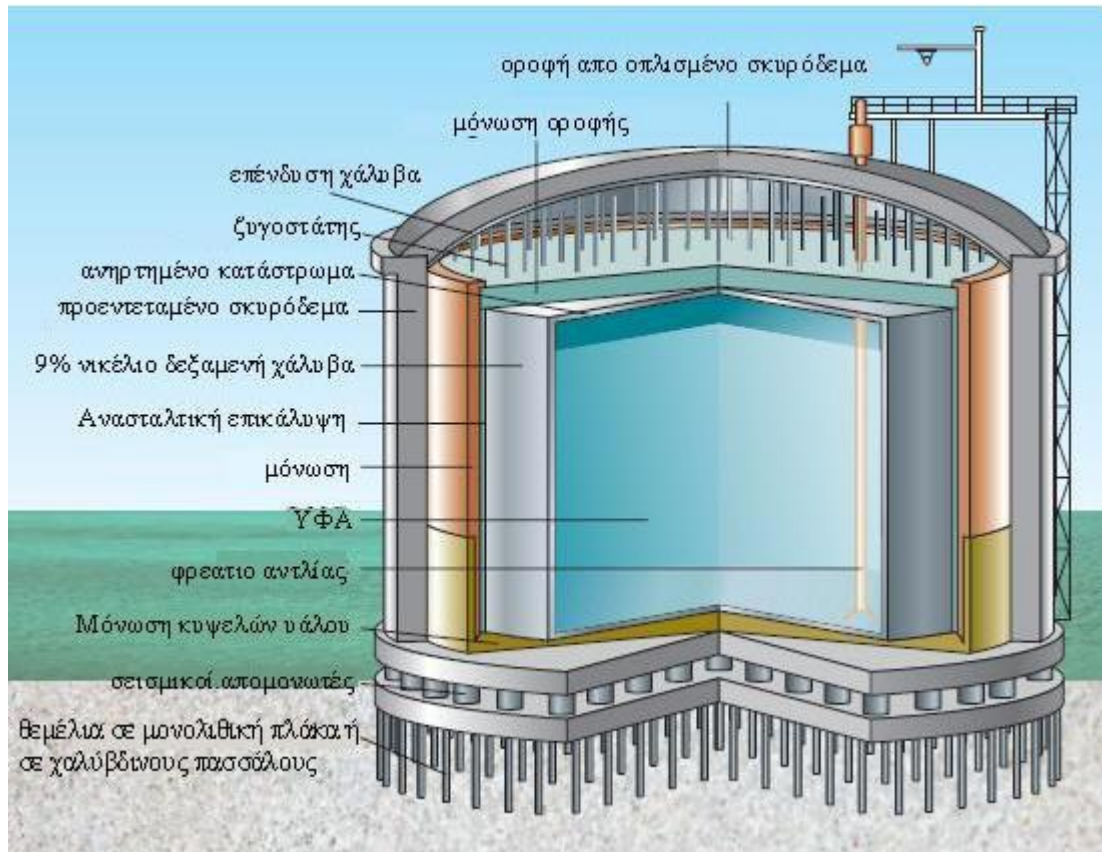
Photo courtesy of CH-IV International
<http://www.ch-iv.com>



Εικόνα 5 : Τύποι φορητών πλοίων μεταφοράς LNG

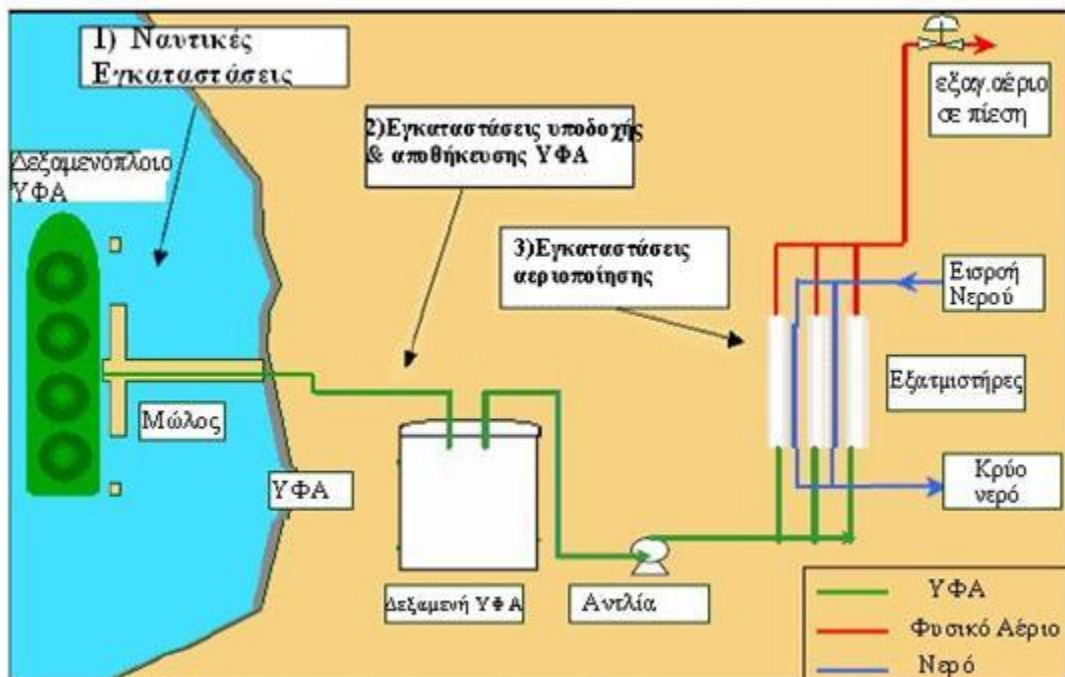
Όταν ΥΦΑ φτάσει στους τερματικούς σταθμούς, μεταφέρεται σε ειδικές μονωμένες δεξαμενές αποθήκευσης. Οι δεξαμενές αυτές μπορεί να είναι πάνω ή κάτω από το έδαφος και διατηρούν το υγρό σε χαμηλή θερμοκρασία για να ελαχιστοποιηθεί το ύψος της εξάτμισης. Αν δεν απελευθερωθούν ατμοί ΥΦΑ, η πίεση και η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής αυξάνεται. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται ως κρυογενικό και διατηρείται στην υγρή του κατάσταση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής θα παραμείνει σταθερή, αν η πίεση παραμένει σταθερή, επιτρέποντας το εξατισμένο φυσικό αέριο να απελευθερώνεται από τη δεξαμενή. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως αυτόκατάψυξη. Οι απώλειες εξάτμισης συλλέγονται και χρησιμοποιούνται ως πηγή καυσίμων στην εγκατάσταση ή για το δεξαμενόπλοιο μεταφοράς. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο θερμαίνεται στο σημείο που μπορεί να μετατρέψει στην αέρια κατάσταση για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία απενεργοποίησης με εναλλάκτες θερμότητας.

Το κόστος μιας εγκατάστασης υγροποίησης φυσικού αερίου με παραγωγική ικανότητα 1 εκατομμύριο μετρικούς τόνους ανά έτος υπολογίζεται σε 1,5 δις δολάρια, ενώ το κόστος της εγκατάστασης επανεξάτμισης του υγροποιημένου αερίου σε 3 δις δολάρια για παραγωγή 1 bcf/day (εκατομμύρια κυβικά πόδια ανά ημέρα)^{vi}. Έχει επικρατήσει η ανάπτυξη τέτοιων εγκαταστάσεων να γίνεται αφού προηγουμένως έχουν εξασφαλιστεί μακροχρόνια συμβόλαια (20-25 χρόνων) ανάμεσα στους παραγωγούς του φυσικού αερίου και στους καταναλωτές. Τα υψηλά κόστη των εγκαταστάσεων, αλλά και των πλοίων μεταφοράς σε συνδυασμό με τις μεγάλες ποσότητες αερίου που απαιτούνται ώστε η επένδυση να είναι μη-ζημιωγόνος, καθιστούν την αγορά του υγροποιημένου αερίου υπόθεση αποκλειστικά των μεγάλων πετρελαϊκών εταιρειών και κρατικών φορέων.



Εικόνα 6 : Τυπική Δεξαμενή LNG

Τυπικός Τερματικός σταθμός υποδοχής/αεριοποίησης ΥΦΑ



Source: BP LNG.

Εικόνα 7 : Τυπικός τερματικός σταθμός αεριοποίησης ΥΦΑ

Ο λόγος για τον οποίο το φυσικό αέριο υγροποιείται και πρέπει να ακολουθηθεί όλη η παραπάνω διαδικασία είναι η κατά 600 φορές μείωση του όγκου του λόγω της αλλαγής φάσης (αέριο σε υγρό). Στη φυσικά επικρατούσα αέρια φάση, το φυσικό αέριο είναι μια ογκώδης πηγή ενέργειας, η οποία είναι μερικές φορές δύσκολη στον χειρισμό. Η αποθήκευση του αερίου απαιτεί τεράστια υπόγεια σπήλαια ή μεγάλες συμπυκνωμένες δεξαμενές αποθήκευσης ενώ η μεταφορά του από τις πηγές παραγωγής στα σημεία κατανάλωσης απαιτεί μεγάλα δίκτυα αγωγών. Τέλος, το φυσικό αέριο σε πίεση 1 atm είναι πάρα πολύ ογκώδες για να θεωρηθεί ως καύσιμο για λόγους μεταφορών και πρέπει, κατ ελάχιστο, να συμπιεστεί.

Για όλους τους παραπάνω λόγους η υγροποίηση του φυσικού αερίου επιτρέπει την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις και εφαρμογή του LNG ως πηγή ενέργειας.

1.3.1 Χρήσεις LNG

➤ ‘Δορυφορικοί Σταθμοί’

Ένα από τα πλεονεκτήματα του LNG είναι η ευελιξία του σαν πηγή άντλησης ενέργειας. Μεταφέροντας το LNG με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύοντας το σε κατάλληλες δεξαμενές μπορούμε ανά πάσα στιγμή να προμηθεύσουμε τους καταναλωτές σε απομακρυσμένες πόλεις και χωριά αφού φυσικά προηγουμένως έχει κατασκευαστεί δίκτυο διανομής φυσικού αερίου.

Όσον αφορά τον ελληνικό χώρο η εφαρμογή αυτού του τύπου οι σταθμοί θα είχαν ευρεία εφαρμογή και αυτό διότι υπάρχουν πλειάδα μικρών νησιών τα οποία είναι απομακρυσμένα και στα οποία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα λόγω της αυξημένης ζήτησης η οποία δημιουργείται κατά κύριο λόγο από την αυξημένη τουριστική κίνηση. Αυτοί οι σταθμοί είναι χρήσιμοι και σε περιοχές όπου υπάρχει ήδη δίκτυο διανομής φυσικού αερίου το οποίο όμως δεν είναι ικανό να καλύψει τους καταναλωτές σε περιόδους υψηλής ζήτησης έτσι ένας τέτοιος σταθμός θα μπορούσε να αποβεί χρήσιμος. Ακόμη μία περίπτωση όπου ένας τέτοιος σταθμός θα μπορούσε να αποβεί χρήσιμος είναι σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης για παράδειγμα σε μια αποκοπή μιας βιομηχανικής μονάδας λόγω βλάβης του δικτύου διανομής. εδώ ένα ειδικό βυτιοφόρο με μια δεξαμενή LNG, βάνες για την μείωση της πίεσης, αεριοποιητή, και μετρητή λύνουν ανά πάσα στιγμή το πρόβλημα.

➤ Καύσιμο οχημάτων

Έγιναν πολλά πειράματα για τη χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου σαν καύσιμο αυτοκινήτων λόγω του ότι δεν δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον. Τοποθετώντας ένα δοχείο Dewar χωρητικότητας 0,16 m³ σε υγροποιημένο φυσικό αέριο και πίεση 40-60 psi τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλά για τη λειτουργία τέτοιων μηχανών. Όμως η χρήση τους είναι περιορισμένη διότι παρουσιάζονται πολλά προβλήματα όπως τα υψηλά μέτρα ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται για την πλήρωση του ρεζερβουάρ το κόστος μετατροπής των κινητήρων που είναι υψηλό καθώς και η μικρή αυτονομία λόγω του μικρού ειδικού βάρους. Τα νέα πειράματα σε μηχανές Diesel έχουν πιο καλά αποτελέσματα. Έτσι σήμερα με επενδύσεις που έγιναν για τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων στα οχήματα σχεδιάστηκε ένα σύστημα για τα οχήματα όπως τα φορτηγά, τα λεωφορεία, τα αυτοκίνητα για να λειτουργούν με LNG σαν καύσιμο. Η ίδια τεχνολογία έχει επίσης εφαρμογή στα οχήματα που λειτουργούν με υδρογόνου ως καύσιμο. Το σύστημα αποτελείται από έναν ακέραιο αισθητήρα επιπέδων που τοποθετείται μέσα στη δεξαμενή, μια ηλεκτρονική ένωση, έναν τυποποιημένου αναλογικό μετρητή και καλώδια. Η ηλεκτρονική ένωση έχει σκοπό να τοποθετηθεί επάνω στα πλαίσια με τα καλώδια που συνδέονται με την πηγή ενέργειας, τον αισθητήρα των δεξαμενών και τον αναλογικό μετρητή.



Εικόνα 8 : Αυτοκίνητο με καύσιμο LNG

➤ Καύσιμο Αεροπλάνων

Η χρήση του σαν καύσιμο μαζί με τα Jet fuel παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Κατά την πτήση ενός αεροπλάνου αναπτύσσονται λόγω τριβών πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια του κάτι που υποχρεώνει τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν πολύ ακριβά υλικά για την κατασκευή τους. Τα τμήματα αυτά μπορούν να ψύχονται με υγροποιημένο φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια της πτήσης το οποίο μετά την επαφή αεριοποιείται και μπορεί να οδηγηθεί για καύση. Σαν καύσιμο αεροσκαφών παρουσιάζει υψηλή θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα βάρους με αποτέλεσμα να μειώνεται το βάρος των αεροσκαφών. Επίσης δεν περιέχει θείο κάτι που αποτρέπει τη διάβρωση του εξοπλισμού. Τέλος δεν θα δημιουργεί προβλήματα στατικού ηλεκτρισμού. Η εφαρμογή είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

➤ Καύσιμο Πλοίων

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμου πλοίων όσο αναφορά τις ανταγωνιστικές τιμές του σε σχέση με το μαζούτ αλλά και τις ελκυστικές σε σχέση με το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, σχεδόν όλες οι μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες έχουν καθεκώσει κινούμενα με LNG εμπορικά πλοία, ενώ άλλες προετοιμάζονται για το ίδιο. Παρ όλα αυτά το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Η ναυτιλιακή βιομηχανία βασίζεται στα προϊόντα πετρελαίου και η εταιρεία Bernstein προβλέπει ότι στο τέλος αυτής της δεκαετίας τα πλοία θα αντιπροσωπεύουν το 2,5% της συνολικής χρήσης LNG. Από τα 50.000 πλοία του κλάδου, τα 77 κινούνται με LNG ενώ έχουν παραγγελθεί άλλα 85, όπως ανέφερε ο Martin Wold, ενεργειακός σύμβουλος της νορβηγικής DNV GL, η οποία πιστοποιεί πλοία. Ακόμη, όπως εκτιμά η εταιρεία, ο στόλος των πλοίων LNG θα έχει πενταπλασιαστεί μέχρι το 2020 φθάνοντας τα 360.



Εικόνα 9 : Το πρώτο LNG κρουαζιερόπλοιο της Carnival Corporation

➤ LNG Containers

Μεταφορά LNG μπορεί να γίνει και μέσω ειδικών κρυογενικών δεξαμενών οι οποίες προμηθεύονται το καύσιμο από πρατήρια υγρών καυσίμων που έχουν την απαραίτητη τεχνολογία, στην Ελλάδα ακόμα δεν έχει κατασκευαστεί, αλλά και από τερματικούς σταθμούς που έχουν την δυνατότητα ανεφοδιασμού μικρής κλίμακας πλοία. Στην Ελλάδα αναμένεται η τεχνολογία αυτή να εφαρμοστεί στον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας γι αυτό και η χρήση του LNG μέσω των 'ευέλικτων' δεξαμενών δεν τυγχάνει εφαρμογής ακόμα, κάτι για το οποίο σε διεθνές επίπεδο δεν ισχύει.

1.4 Υπάρχουσα κατάσταση στον Ελλαδικό Χώρο

1.4.1 Εισαγωγή Φυσικού Αερίου

Η Ελλάδα ως χώρα που ακόμα δεν έχει εκμεταλλευτεί τυχόν κοιτασμάτα της πετρελαίου-φυσικού αερίου και ως εκ τούτου δεν μπορεί να κάνει εξόρυξη έχει σαν μόνιμη πηγή της φυσικού αερίου την εισαγωγή του από άλλα κράτη. Αρμόδια εταιρεία που να διαχειρίζεται τις εισαγωγές αυτές είναι η ΔΕΠΑ.

Η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) είναι η δημόσια εταιρεία παροχής φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Η εταιρεία, με έτος ίδρυσης το 1988^(vii), λειτουργεί στο πλαίσιο της δικαιοδοσίας του ΤΑΙΠΕΔ. Το 2005, με σκοπό την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου, ιδρύθηκε η ΔΕΣΦΑ Α.Ε. ως πλήρως ελεγχόμενη θυγατρική για τη μεταφορά φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Από τότε, η ΔΕΠΑ πωλεί αέριο σε μεγάλους καταναλωτές και στις εταιρείες παροχής φυσικού αερίου(ΕΠΑ)². Το φυσικό αέριο εισάγεται μέσω αγωγών από τη Βουλγαρία και την Τουρκία και στον τερματικό σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας.

Πιο αναλυτικά, το Εθνικό Σύστημα Φυσικού αερίου (ΕΣΦΑ) μεταφέρει το Φυσικό Αέριο από τα ελληνοβουλγαρικά και ελληλοτουρκικά σύνορα, καθώς και από τον τερματικό σταθμό ΥΦΑ, ο οποίος βρίσκεται εγκατεστημένος στην Ρεβυθούσα του κόλπου Μεγάρων, σε καταναλωτές συνδεδεμένους με το δίκτυο ΕΣΦΑ στην ηπειρωτική Ελλάδα. Το Φυσικό Αέριο παραδίδεται από τους χρήστες Μεταφοράς σε τρία (3) Σημεία Εισόδου του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΣΜΦΑ) και παραλαμβάνεται από τους χρήστες Μεταφοράς μέσω σαράντα τριών (43) Σημείων Εξόδου σε όλη την ηπειρωτική Ελλάδα.

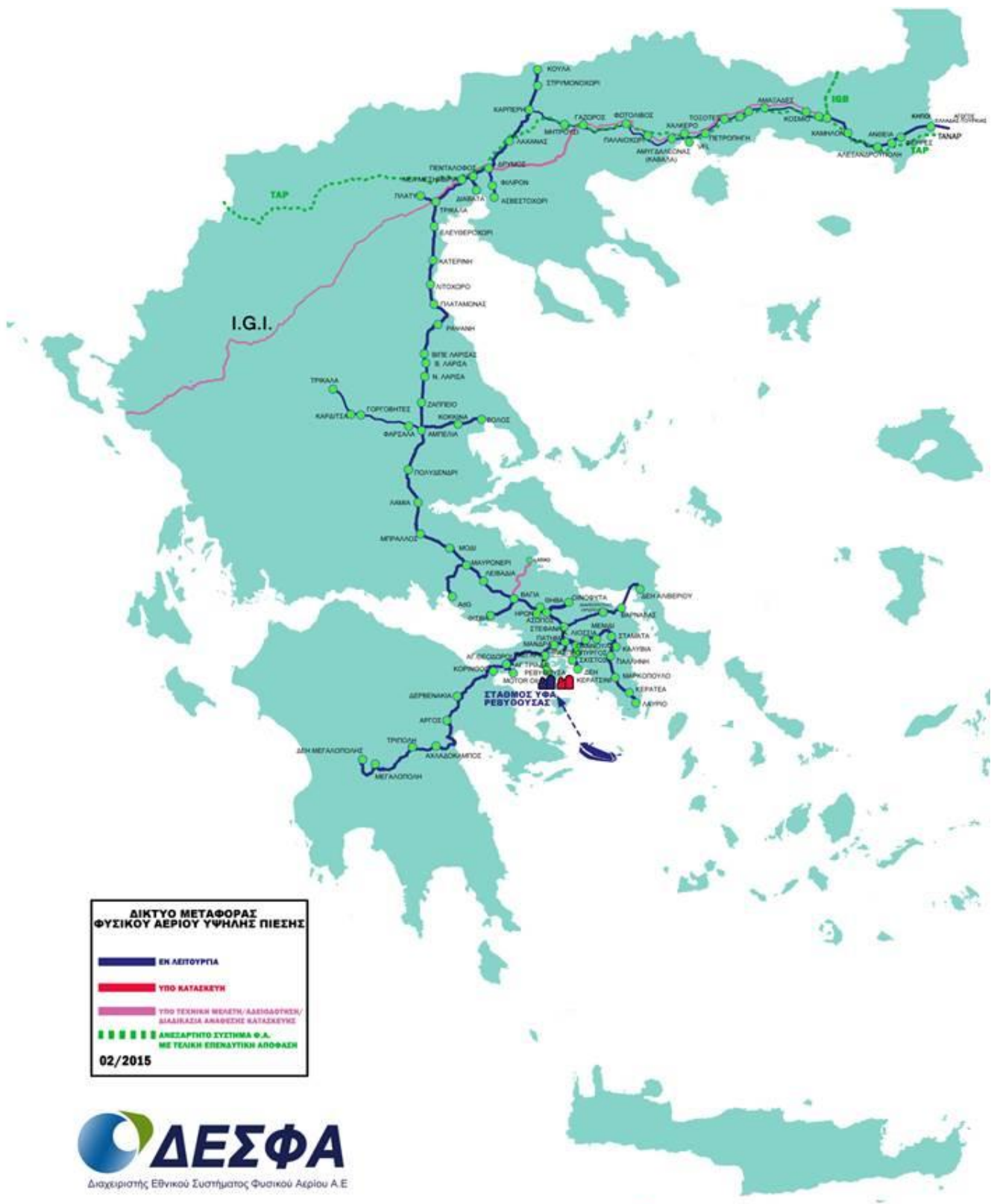
² Οι Εταιρείες Παροχής Αερίου(ΕΠΑ)είναι υπεύθυνες για τη διανομή αερίου στις περιοχές όπου δραστηριοποιούνται. Προς το παρόν (2010) υπάρχουν τρεις ΕΠΑ, στην Αττική, τη Θεσσαλονίκη και τη Θεσσαλία, οι οποίες διαχειρίζονται τα δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής πίεσης, όπως, επίσης, και την επέκταση και συντήρηση του δικτύου για χρονικό διάστημα 30 ετών. Ανήκουν στις Εταιρείες Διανομής Αερίου – ΕΔΑ (θυγατρικές της ΔΕΠΑ) κατά 51%, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό και τη διοίκηση των εταιρειών κατέχουν ιδιώτες, κατόπιν διενέργειας διεθνούς διαγωνισμού. Συγκεκριμένα, στην ΕΠΑ Αττικής συμμετέχει η κοινοπραξία Shell – Duke Energy Corp., στις δε ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας η ιταλική Italgas.

Το ΕΣΦΑ αποτελείται από :

- Τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου μήκους 512 km περίπου και διαμέτρου 36" και 30" και τους κλάδους αυτού συνολικού μήκους 954 km περίπου που συνδέουν διάφορες περιοχές της χώρας με τον κύριο αγωγό,
- Τους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου,
- Το Σταθμό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας,
- Το Σταθμό Συμπύεσης στη Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης,
- Τους Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς σταθμούς Φυσικού Αερίου,
- Τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου,
- Τα Κέντρα λειτουργίας και Συντήρησης Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδος, Βορείου Ελλάδος, Κεντρικής Ελλάδος, Νοτίου Ελλάδος και Πελοποννήσου,
- Το Σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών, και
- Δύο (2) υποθαλάσσιους αγωγούς, εφεδρικός ο ένας του άλλου, διαμέτρου 24" έκαστος και μήκους 620 m και 510 m, που συνδέουν το Σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας με την ηπειρωτική χώρα.

Ο σταθμός ΥΦΑ Ρεβυθούσας αποτελεί τη μοναδική εγκατάσταση του ΕΣΦΑ που δύναται να αποθηκεύσει προσωρινά ποσότητες Φυσικού Αερίου έως το ύψος των 130.000 m³ ΥΦΑ. Αποτελείται από :

- Δύο (2) δεξαμενές Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου χωρητικότητας 65.000 m³ ΥΦΑ έκαστη,
- Εγκαταστάσεις εκφόρτωσης πλοίων ΥΦΑ συνολικής δυναμικότητας εκφόρτωσης 7.250 m³ ΥΦΑ/ώρα, και
- Εγκαταστάσεις αεριοποίησης ΥΦΑ συνολικής δυναμικότητας αεριοποίησης 1.000 m³ ΥΦΑ/ώρα σε συνθήκες λειτουργίας και 1.250 m³ ΥΦΑ/ώρα σε συνθήκες παραγωγής αιχμής.^(viii)

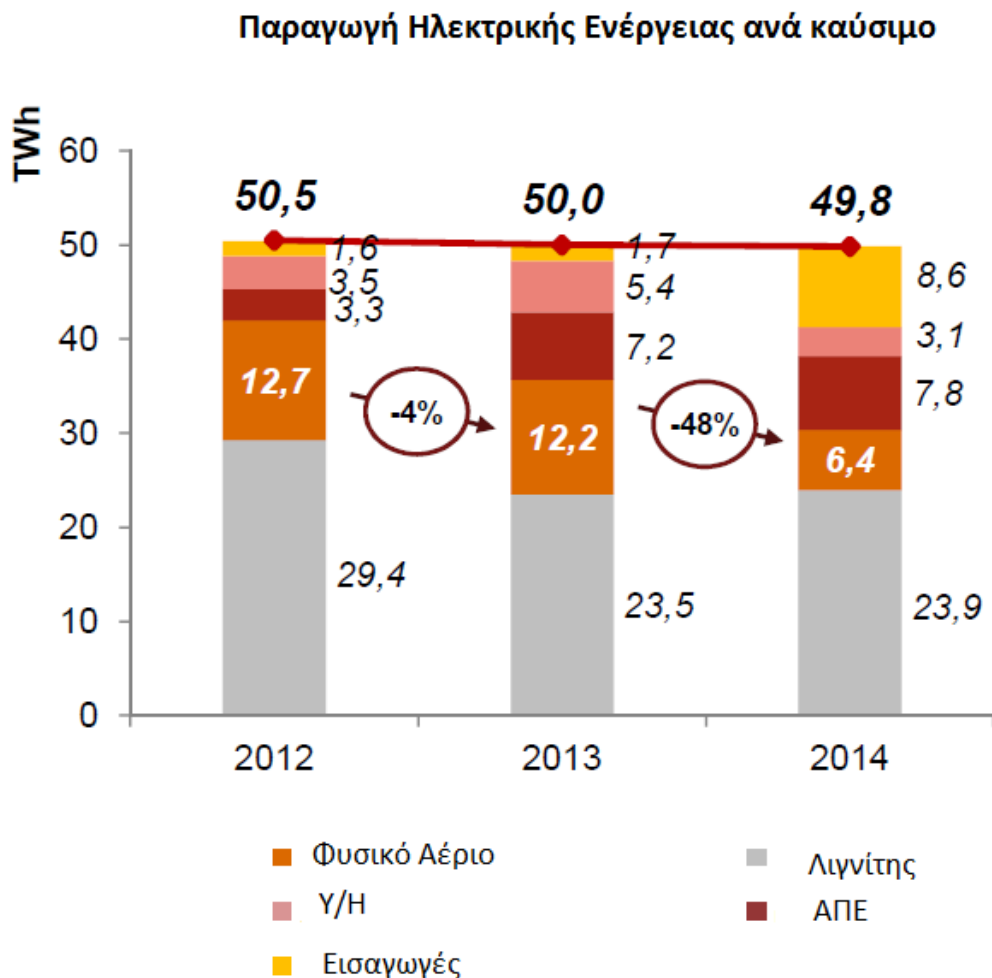


Εικόνα 10 : Χάρτης αγωγών ΦΑ στην Ελλάδα^(ix)

1.4.2 Ιστορικά στοιχεία

Η ετήσια κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ελλάδα έφθασε τη μέγιστη τιμή της το έτος 2011 και έκτοτε, έως και το έτος 2015, παρουσίασε σταδιακή μείωση που οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους: α) την παρατεταμένη οικονομική κρίση που αντιμετωπίζει η χώρα και προφανώς επηρέασε τον ενεργειακό τομέα και β) την ευαισθησία που παρουσιάζει η κατανάλωση φυσικού αερίου στις αλλαγές που οφείλονται στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το ίδιο καύσιμο, καθώς αυτός αποτελεί το 58% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης (στοιχεία έτους 2015).

Επισημαίνεται ότι ενώ η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει σταθερή τα τελευταία έτη, το ενεργειακό μίγμα παραγωγής διαφοροποιείται σημαντικά σε βάρος του φυσικού αερίου (βλέπε Διάγραμμα 1).

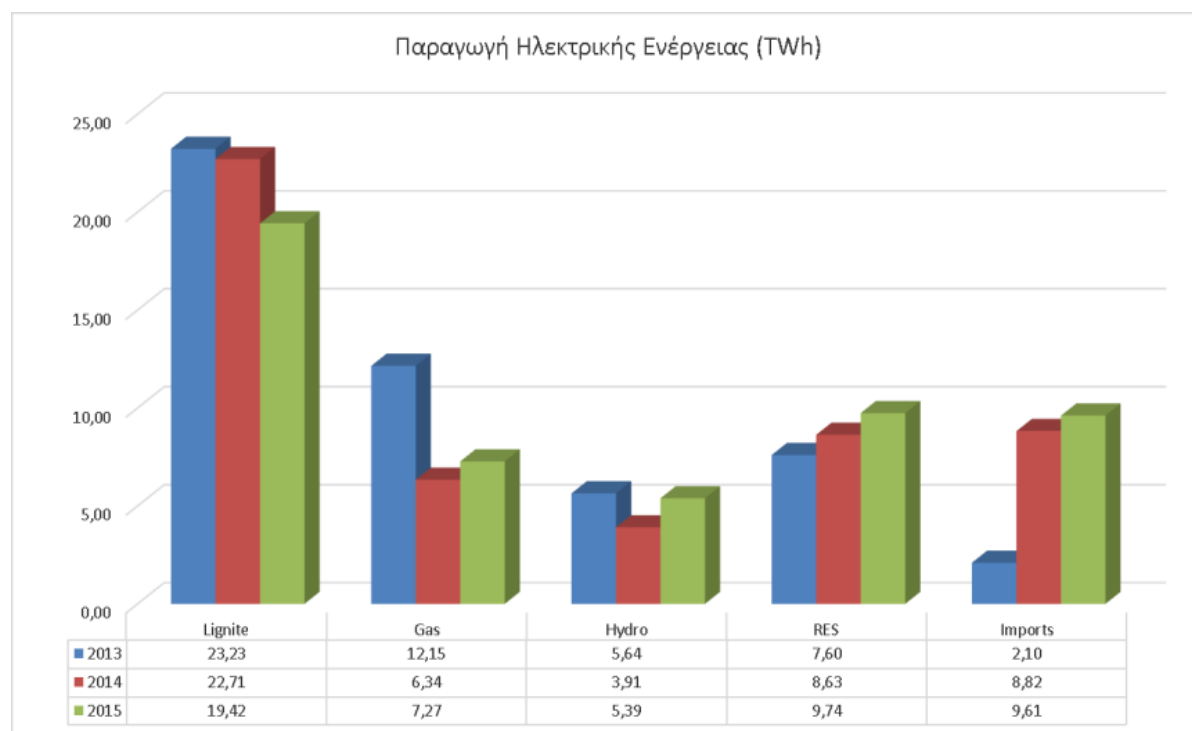


Οι υπ' αριθμ. 338/2013 και 339/2013 αποφάσεις της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), που είχαν ως στόχο την προσαρμογή της αγοράς ηλεκτρισμού στο "Target Model" και την κατάργηση του Μηχανισμού Ανάκτησης Μεταβλητού Κόστους (ΜΑΜΚ), οδήγησαν σε σημαντική μείωση την ετήσια κατανάλωση φυσικού αερίου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Επιπλέον, η αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, οι αυξημένες εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικές χώρες, αλλά και η διατήρηση των τιμών αγοράς δικαιωμάτων CO2 σε χαμηλά επίπεδα διατηρώντας έτσι το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των θερμικών μονάδων με καύσιμο λιγνίτη έναντι εκείνων με καύσιμο φυσικό αέριο, είναι παράμετροι που οδήγησαν σε μειωμένες καταναλώσεις. Τέλος, οι αυξημένες βροχοπτώσεις των προηγούμενων ετών, συνεισέφεραν στην περαιτέρω μείωση κατανάλωσης φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή.

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη συμβολή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας την τελευταία τριετία .

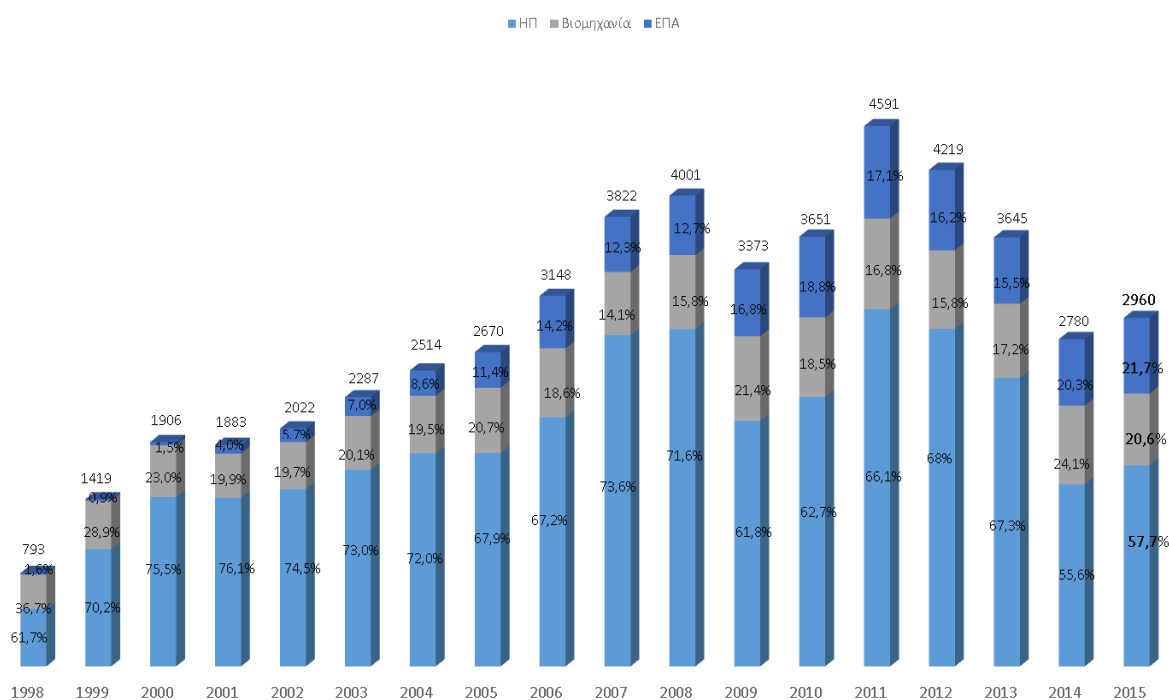
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	2015	% ποσοστό 2015	2014	% ποσοστό 2014	2013	% ποσοστό 2013
Λιγνιτικά	19,42	37,8%	22,71	45,1%	23,23	45,8%
Μονάδες Φυσικού Αερίου	7,27	14,1%	6,34	12,6%	12,15	24,0%
Υδροηλεκτρικά	5,39	10,5%	3,91	7,8%	5,64	11,1%
ΑΠΕ	9,74	18,9%	8,63	17,1%	7,60	15,0%
Καθαρές Εισαγωγές	9,61	18,7%	8,82	17,5%	2,10	4,1%
Συνολικά	51,43	100,0%	50,41	100,0%	50,72	100,0%

Δεδομένα βασισμένα στα μηνιαία στοιχεία του ΑΔΜΗΕ.



Διάγραμμα 3 : Διάρθρωση Ενεργειακού Μείγματος

Στο διάγραμμα , παρουσιάζονται τα ποσοστά κατανάλωσης φυσικού αερίου στη χώρα από το 1998 έως και το 2015, ανά τομέα κατανάλωσης, συμπεριλαμβανομένου του Αερίου Λειτουργίας.



Διαγραμμα 4 : Κατανάλωση ΦΑ 1998-2015 ανα τομέα κατανάλωσης

Το μεγαλύτερο ποσοστό φυσικού αερίου που καταναλώθηκε κατά την διάρκεια των προηγούμενων ετών, αξιοποιήθηκε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις θερμικές μονάδες της ΔΕΗ και των ιδιωτών ηλεκτροπαραγωγών.

1.5 Σκοπός και Στόχος

Σκοπός της εργασίας είναι να αναλύσουμε , σε πρώτο στάδιο, την υπάρχουσα κατάσταση περαιτέρω και να ξεχωρίσουμε ενεργειακά την Ελλάδα σε δύο περιοχές i) τα μέρη εκείνα τα οποία είναι ήδη διασυνδεδεμένα με την ΔΕΗ και ηλεκτροδοτούνται με γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος και ii) με τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες τους με αυτόνομους θερμικούς σταθμούς.

Σε ένα δεύτερο στάδιο θα αναλύσουμε τα στοιχεία που έχουμε για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νησιών αυτή τη στιγμή και θα προτείνουμε νέες μεθόδους και τεχνολογίες με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στόχος μας είναι να παρουσιάσουμε μία εναλλακτική λύση για την ενεργειακή κάλυψη των ΜΔΝ, βασιζόμενοι πάντα στο LNG (Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο) σαν πηγή ενέργειας, με όσο το δυνατόν πιο πολλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη για τους κατοίκους.

Ο τρόπος για να τα πετύχουμε θα είναι η ενεργειακή κάλυψη των νησιών μέσω ειδικών κινητών Κρυογενικών Containers (ISO Tanks) όπου θα μεταφέρουν καύσιμο LNG στα ΜΔΝ.

1.6 Διάρθρωση

Στο **κεφάλαιο 1** κάνουμε μια εισαγωγή στην ενέργεια, περιγράφουμε το Φυσικό Αέριο και την Υγροποιημένη μορφή του, αναφέρουμε κάποια ενεργειακά ιστορικά στοιχεία για την ελληνική επικράτεια και τέλος δίνουμε τον σκοπό και στόχο της παρούσας εργασίας. Στο κεφάλαιο 2 θα αναφερθούμε περισσότερο στην βιβλιογραφική ανασκόπηση και θα παρουσιάσουμε παραδείγματα σε διεθνές επίπεδο όπου η χρήση του LNG για το οποίο θα ασχοληθούμε στις επόμενες ενότητες και θα προτείνουμε ήδη εφαρμόζεται. Στο **κεφάλαιο 3** θα αναλύσουμε τα ελληνικά μη διασυνδεδεμένα νησιά διεξοδικώς, θα προτείνουμε νέες μεθόδους ενεργειακής κάλυψης των και θα δώσουμε έμφαση στα LNG Containers με παραδείγματα αφού πρώτα υπολογίσουμε την ενέργεια που καταναλώνει ένα νοικοκυριό και κατ επέκταση ένας κάτοικος ανα ημέρα. Τελος στο **κεφάλαιο 4** θα διατυπώσουμε τα συμπεράσματά μας από όλη την εργασία μας και στο **κεφάλαιο 5** θα δώσουμε τις εισηγήσεις μας για περαιτέρω έρευνα.

2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Το μέλλον φαίνεται λαμπρό για το φυσικό αέριο παρά την μεγάλη πτώση τιμών στη πετρελαϊκή αγορά, η ζήτηση του αυξάνει σταθερά, κατά βάση στα δυτικά έθνη της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής, των οποίων και η κατανάλωση συνιστά το ένα τρίτο τουλάχιστον της παγκόσμιας αγοράς. Το ένα τρίτο της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης στηρίζεται σε αυτό, ιδιαίτερα στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, που έρχεται δεύτερο μετά τους ορυκτούς γαιάνθρακες, σε ποσοστό 22%, περίπου.

Το ίδιο το φυσικό αέριο αποτελεί την αποδοτικότερη ίσως ενεργειακά μορφή καυσίμου. Η αναλογία υδρογόνου-άνθρακα στο αέριο είναι η μέγιστη δυνατή μεταξύ όλων των υδρογονανθράκων. Μαζί με αυτό η σχεδόν πλήρης απουσία οξυγονούχων καθώς και η απομάκρυνση των αδρανών και όξινων περιεχομένων του κοιτάσματος προσδίδουν στο αέριο την υψηλότερη θερμογόνο δύναμη κατά μονάδα βάρους από όλα τα υπάρχοντα καύσιμα. Η εύκολη του ανάφλεξη μαζί με τις μεγάλες του ενεργειακές αποδόσεις κάνουν τη χρήση του ιδανική τόσο στην οικιακή κατανάλωση όσο και την ηλεκτροπαραγωγή, καθώς και στη βιομηχανία και τις μεταφορές.

Η μεταφορά και η αποθήκευση αποτελούν τα μεγαλύτερα αγκάθια στη χρήση του. Με κύριο του συστατικό τον ελαφρύτερο υδρογονάνθρακα, το μεθάνιο, υγροποιείται σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες και αρκετά μεγάλες πιέσεις, η εξαιρετικά μικρή πυκνότητα του αερίου σημαίνει πως μικρές συγκριτικά μάζες αντιστοιχούν σε συγκριτικά πολύ μεγάλους όγκους. Το πρόβλημα της χειρσαίας μεταφοράς λύνεται με τη χρήση αγωγών, εκεί το αέριο σε πιέσεις 70 φορές περίπου της ατμοσφαιρικής ταξιδεύει και κινείται άμεσα από τους τόπους εξόρυξης και επεξεργασίας στα δίκτυα κατανάλωσης. Το φυσικό αέριο από τη Σιβηρία, με τα μεγαλύτερα παγκοσμίως κοιτάσματα, διακινείται στην υπόλοιπη Ευρώπη μέσα από ένα μεγάλο σύνολο αγωγών, ως επί το πλείστον μέσα από τα εδάφη των πρώην σοβιετικών δημοκρατιών. Το 38.7% περίπου των αναγκών της Ευρωπαϊκής Ένωσης διακινείται από τη Ρωσία με αυτόν τον τρόπο, υποκείμενο στις διαθέσεις της Ρωσίας προς τη Δύση, ιδιαίτερα στα κράτη τα οποία δεν έχουν προνοήσει για εναλλακτικές πηγές. Γι αυτό το λόγο πλέον η μεταφορά του σε πολύ μεγάλες αποστάσεις γίνεται με την μορφή του LNG, το οποίο τα τελευταία χρόνια και όσο αυξάνονται οι τεχνολογίες αποκτά και περισσότερες χρήσεις.

2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των άρθρων που μελετήθηκαν για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής.

Στο άρθρο των *Tomohito Okamura, Michimobu Furukawa & Hisashi Ishitani* με τίτλο *'Future forecast for life-cycle greenhouse gas emissions of LNG and city gas 13A'*^{xi} μας παρουσιάζεται η εικόνα των εκπομπών CO₂ ποσοτικά σε όλη την αλυσίδα παραγωγής και διανομής του LNG έτσι ώστε να διαπιστώσουμε πόσο φιλικό προς το περιβάλλον είναι η χρήση του.

Στο άρθρο του *Υπουργείου Ενέργειας Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής* με τίτλο *'Liquefied Natural Gas : Understanding Basic Facts'*^{xii} μας δώθηκαν τα πρώτα στοιχεία του τι ακριβώς είναι το LNG, η σύστασή του, τα πλεονεκτήματά του, η διαφορά με το Φυσικό Αέριο καθώς και γενικά στοιχεία των εισαγωγών και εξαγωγών του καυσίμου παγκοσμίως. Επιπλέον μαθαίνουμε πόσο ακριβώς στοιχίζει η κατασκευή ενός σταθμού υγροποίησης φυσικού αερίου και πόσο η κατασκευή ενός 140.000 m³ περίπου πλοίου για την μεταφορά του. Τέλος αναφέρονται κάποια πιο ειδικά στοιχεία στην διαδικασία της υγροποίησης όπως ότι για την παραγωγή 47 bcf LNG κάθε χρόνο για 20 χρόνια λειτουργίας του σταθμού χρειάζονται περίπου 1,5 Tcf φυσικού αερίου.

Τα άρθρα των *Tom Casier* με τίτλο *'Great Game or Great Confusion : The geopolitical understanding of EU-Russia energy relations'*^{xiii} και των *Andrew Judge, Tomas Maltby & Jack D. Sharples* με τίτλο *'Challenging Reductionism in Analyses of EU-Russia Energy Relations'*^{xiv} μας δείχνουν πόσο πολύ επηρεάζεται η εισαγωγή του φυσικού αερίου απ την Ρωσία στην Ευρώπη λόγω γεοπολιτικών στρατηγικών και πόσο επιτακτική είναι η ανάγκη της στροφής στο LNG και της περαιτέρω διεύρυνσης του στην παγκόσμια αγορά της ενέργειας.

Στο άρθρο της εταιρείας *ARUP* με τίτλο *'Gas and LNG Storage : The future of LNG modular LNG Tanks'*^{xv} μας περιγράφεται το σχέδιο της δημιουργίας ενός πλοίου πάνω στο οποίο θα βρίσκεται μία δεξαμενή LNG καθώς και ένα σύστημα αεριοποίησης του καυσίμου. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να μας απαλλάξει απ τα έξοδα του ειδικού σταθμού αεριοποίησης καθώς η αεριοποίηση θα γίνεται στο πλοίο. Τέτοια πλοία δεν θα είναι μεγάλα, 10000 m³ περίπου και θα μπορούν να παραδώσουν καύσιμο στα περισσότερα λιμάνια παγκοσμίως. Επίσης το άρθρο *'Could Hub-and-Spoke be the future of LNG'* του *Richard G. Smead*^{xvi} κάνει αναφορά στο πώς το project *'Energy Bridge'*, το οποίο αφορά την περίπτωση της πλωτής αεριοποίησης, υπερτερεί έναντι του σταθερού σταθμού και πως μπορεί να εξυπηρετήσει ενεργειακά ευαίσθητες περιοχές όπως στην περίπτωσή μας τα Ελληνικά νησιά. Το project αυτό μας εισάγει στην γενική ιδέα αυτής της διπλωματικής εργασίας που είναι και η εναλλακτική μεταφορά του καυσίμου LNG.

Οι περιπτώσεις των παραπάνω άρθρων μοντελοποιούνται στην μελέτη *‘Strategic analysis of technology and capacity investments in the liquefied natural gas industry’* των *Erkut Sonmez, Sunder Kekre, Alan Scheller-Wolf, Nicola Secomandi*^{xvii} όπου εξετάζονται σενάρια μεταφοράς και αεριοποίησης LNG σε ειδικά πάνω σε ειδικά πλοία. Ερευνούνται θέματα στρατηγικής επιλογής της κατάλληλης τεχνολογίας, όπως οι επιλογές γύρω απ την διαμόρφωση της κατάλληλης τεχνολογίας, η χωρητικότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθώς και άλλες τεχνολογίες που προκείμεν μέσα απ την έρευνα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν αρχές διαχείρισης οριοθετώντας τον αντίκτυπο μοντέλων εναλλακτικής διακίνησης LNG σε αποφάσεις του πώς να εφαρμόσω τέτοιες τεχνολογίες και πώς να μετρήσουμε την χωρητικότητα μιας αλυσίδας εφοδιασμού LNG.

Στο ίδιο μήκος κύματος αλλά στο στάδιο της παραγωγής του LNG βρίσκεται και το άρθρο *‘Floating Liquefaction (FLNG) απ το Oxford Institute for Energy Studies*^{xviii} καθώς εκείνο αναλύει την περίπτωση πλωτής μονάδας υγροποίησης φυσικού αερίου και περιγράφει τα πολλά πλεονεκτήματα έναντι μιας σταθερής υπέργειας μονάδας. Όλες αυτές περιπτώσεις μας δίνουν μια εναλλακτική λύση στην περίπτωση των Ελληνικών νησιών και του σκοπού της διπλωματικής.

Στο άρθρο *‘Towards a Balkan gas hub: the interplay between pipeline gas, LNG and renewable energy in South East Europe’* του *Oxford Institute for Energy Sources*^{xix} γίνεται μια πρώτη αναφορά στο ότι μεταφορά καύσιμου LNG με container μέσω των γραμμών του τρένου ήδη πραγματοποιείται στην περιοχή των Βαλκανίων.

Στην έκθεση της *PAE για την ‘Ασφάλεια Εφοδιασμού της Χώρας με Φυσικό Αέριο*^{xx} αναφέρεται το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και περιγράφεται ο τερματικός σταθμός της Ρεβυθούσας. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται για την ανάγκη αναβάθμισης του τερματικού σταθμού αυτού έτσι ώστε και να μπορεί να αποθηκεύει περισσότερο καύσιμο αλλά και να δέχεται και να ανεφοδιάζει μικρότερου μεγέθους πλοία LNG.

Στην έκθεση προόδου με τίτλο *‘Ενεργειακός Σχεδιασμός Περιφέρειας Κρήτης’ των κ. Παντελή Κάπρο και Γιώργου Καμαρά*^{xxi} και η οποία αφορά προγραμματική σύμβαση της περιφέρειας Κρήτης με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο αναπτύχθηκαν σενάρια με στόχο την μείωση της ζήτησης μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με το κατάλληλο ενεργειακό μείγμα. Επιπλέον, αποτυπώθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση της Κρήτης αλλά και αλλα και τα ενεργειακά δεδομένα της παραγωγής και της ζήτησης ενέργειας. Τα σενάρια που μελετήθηκαν αφορούσαν την περίπτωση της διείσδυσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στο νησί καθώς επίσης και του εξηλεκτρισμού της Κρήτης είτε με διασύνδεσή της με την Ηπειρωτική Ελλάδα, εκσυγχρονισμό των

υφιστάμενων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σταδιακή διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είτε με σταδιακή απεξάρτηση της Κρήτης απ τα ορυκτά καύσιμα με αυξημένη διείσδυση όλων των μορφών ΑΠΕ με μεγάλα έργα και αποκεντρωμένη παραγωγή.

Στην μελέτη της ομάδας των Δημήτρη Κατσαπρακάκη, Μύρωνα Μονιάκη, Νικόλαου Πασαδάκη, Ιωάννη Σκιά του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με τίτλο 'Σκοπιμότητα Εισαγωγής Φυσικού Αερίου στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης'^{xxii}, ερευνήθηκε γενικά η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη με φυσικό αέριο. Με αφορμή την σκοπιμότητα της εισαγωγής του φυσικού αερίου στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης επιχειρείται αρχικά η γενική διερεύνηση του θέματος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η κατάδειξη των βέλτιστων λύσεων της με κριτήρια ενεργειακά, οικονομικά και αναπτυξιακά. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε το αρχικό κόστος των έργων που απαιτούνται στην εισαγωγή του φυσικού αερίου, εκτιμήθηκε το λειτουργικό κόστος των μονάδων παραγωγής, μελετήθηκε οικονομικά το ενδεχόμενο της εισαγωγής του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή της Κρήτης και μετα από εκτενή αναφορά στα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της μείωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων εκτιμήθηκαν τα συμπεράσματα. Στα έργα που απαιτούνται περιλαμβάνεται η ανέγερση νέας θερμοηλεκτρικής μονάδας συνδυασμένου κύκλου στο Νομό Ηρακλείου, τα έργα της μετατροπής των υφιστάμενων μονάδων που λειτουργούν με μαζοτ και diesel σε φυσικό αέριο αλλά και την εγκατάσταση λιμενικών εγκαταστάσεων και δεξαμενών για την υποδοχή και προσωρινή αποθήκευση LNG και ειδικό σταθμό αεριοποίησης του.

2.3 Διεθνής Εμπειρία

Παγκοσμίως έχει γίνει τα τελευταία χρόνια μεγάλη προσπάθεια για την απεξάρτηση ενεργειακά απ το πετρέλαιο και έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνολογίες για τον σκοπό αυτό. Το αντικείμενο της έρευνάς μας που είναι η ενεργειακή κάλυψη των αναγκών των ελληνικών νησιών με υδροποιημένο φυσικό αέριο τυγχάνει ήδη εφαρμογής σε διεθνές επίπεδο σε δύο νησιά του Ατλαντικού Ωκεανού.

Το καλοκαίρι του 2012 είχε καταγραφεί ότι στα νησιά των **Βερμουδων**³ οι ντοπιοί κάτοικοι πληρωσαν 0.45 ευρώ/kwh για ηλεκτρισμό, ένα από τα ακριβότερα ποσά για ηλεκτρική ενέργεια παγκοσμίως, σύμφωνα με την έρευνα του Bermuda Electric Company (BELCO). Ο μέσος λογαριασμός ρευματος είχε αυξηθεί από 265 ευρώ /μήνα το 2008 σε 313 ευρώ/μήνα το 2013 και έτσι η BELCO πιστεύει ότι η ηλεκτρική ενέργεια ευθύνεται περισσότερο για το πολύ υψηλό κόστος διαβίωσης. Ο δημοσιος παροχος πληρωσε κατά μέσο ορο 157 \$/bbl (26,70\$/MMBtu) για την εισαγωγή καυσίμο diesel και 108 \$/bbl (18,37\$/MMBtu) για την εισαγωγή μαζουτ έτσι ώστε να τροφοδοτηθεί ο θερμικός της σταθμός των 165 MW για την κάλυψη των αναγκών του τουρισμού αλλά και των περίπου 65000 κατοίκων.

Για τον λόγο λοιπόν της μείωσης του κόστους εταιρείες όπως Florida-based Carib Energy εισέρχονται στον χώρο της Καραϊβικής μετά από την άδεια του U.S. DOE (Αμερικανικού Υπουργείου Ενέργειας). Μέσα από αυτήν την άδεια η Carib Energy μπορεί να μεταφέρει μέσω κρυογενικών δεξαμενών (ISO Containers), τα οποία και θα μεταφέρονται μέσω ειδικών σκαφών, απ το νοτιοανατολικό τμήμα των Ηνωμένων Πολιτειών μια ποσότητα της τάξεως των 11.53 bcf ανά έτος για τα επόμενα 25 χρόνια.

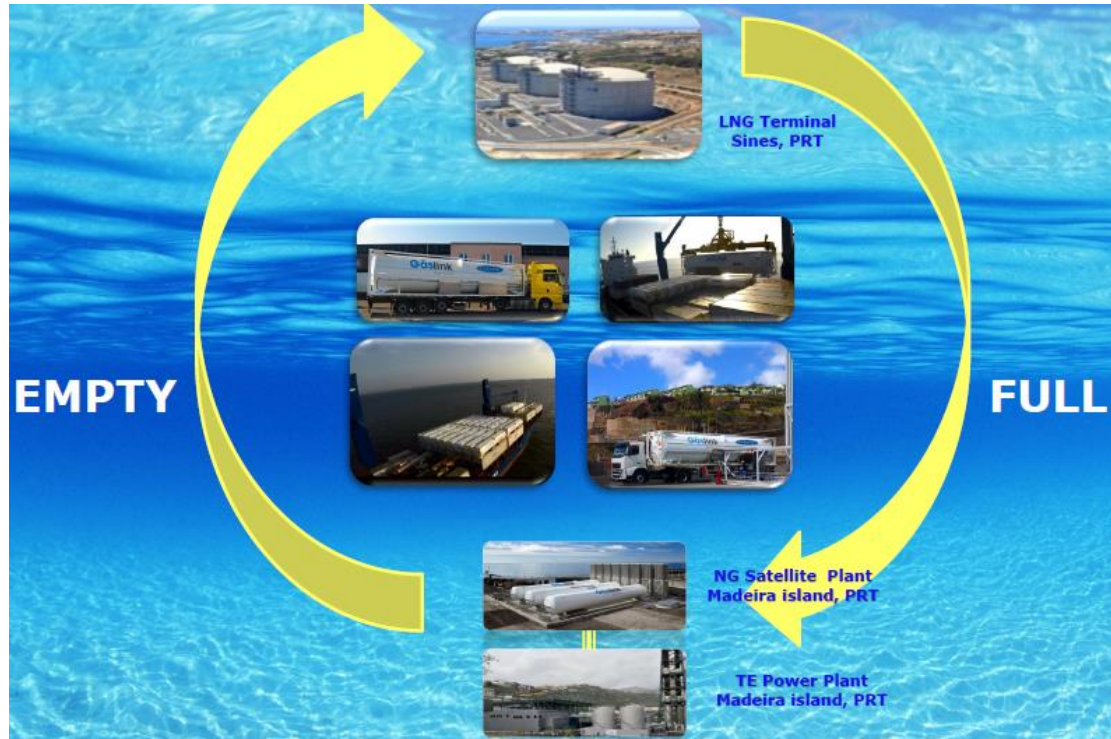
Τα ISO Containers που χρησιμοποιούνται είναι της εταιρείας CHART των 20ft και 40ft σε μήκος όπου μπορούν να αποθηκεύσουν 20000 λίτρα LNG και τις εκτιμήσεις της πίεσης.

Στην **Μαδέρα**⁴ τα τελευταία 2 χρόνια η εταιρεία Grupo Sousa έχει εφαρμόσει τεχνολογίες για μεταφορά του LNG προς κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Πιο συγκεκριμένα, απ τον τερματικό σταθμό στην Sines προμηθεύονται με LNG containers που μεταφέρονται με ειδικά φορτηγά στο λιμάνι της Λισαβώνας. Μέσω φορτηγών πλοίων τα containers φτάνουν στο λιμάνι της Canical από όπου πάλι με φορτηγά μεταφέρονται στον ειδικό 'δορυφορικό' σταθμό παραλαβής του LNG και αεριοποίησης του. Από εκεί

³ Οι Βερμούδες (Αγγλικά: Bermuda/Μπερμιούντα) είναι νησιωτική χώρα στον Ατλαντικό ωκεανό, με έκταση 53 τ.χλμ. και πληθυσμό 64.237 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2010. Το όνομα της πρωτεύουσας είναι Χάμιλτον. Είναι υπερπόντιο έδαφος του Ηνωμένου Βασιλείου.

⁴ Η Μαδέρα (πορτογαλικά: Madeira, προφέρεται Μαδέιρα, επισήμως: Αυτόνομη Περιοχή της Μαδέρας, πορτογαλικά: Região Autónoma da Madeira) είναι ομάδα νήσων στον Ατλαντικό ωκεανό που ανήκουν στην Πορτογαλία.

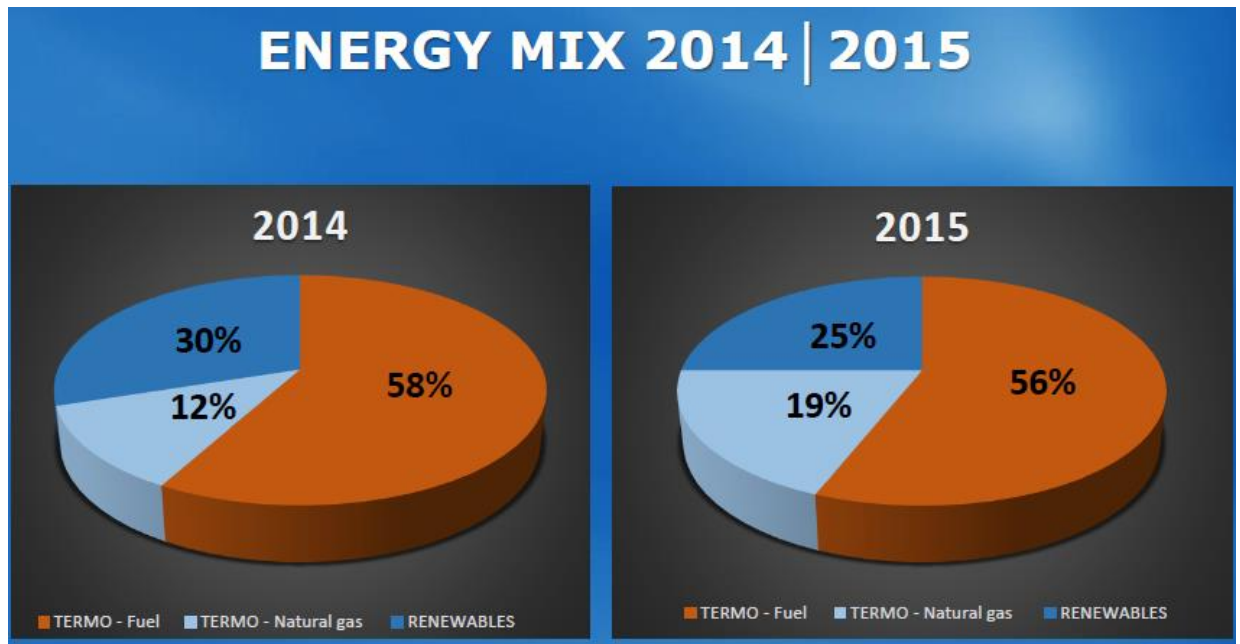
φυσικό αέριο φεύγει με αγωγό και τροφοδοτεί τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στην Μαδέρα ενώ το container ακολουθεί την ανάποδη διαδρομή ώστε να φτάσει στον τερματικό σταθμό της Sines, να προμηθευτεί καύσιμο LNG και να ξαναπραγματοποιήσει τον ίδιο κύκλο μετακίνησης.



Εικόνα 11 : Κύκλος διαδρομής LNG Container's

Σε ολόκληρο το project παίρνουν μέρος 55 LNG Containers της εταιρείας Gaslink 40ft μήκους, 10 φορτηγά με 12 οδηγούς, 2 φορτηγά πλοία , 1 σταθμός αεριοποίησης με χωρητικότητα 600m³. Τα τελευταία 2 χρόνια έχουν γίνει παραπάνω από 2800 δρομολόγια.^{xxiii}

Αποτέλεσμα όλης αυτής της διαδικασίας είναι να μειωθεί η ενέργεια που παράγει ο θερμικός σταθμός της περιοχής που χρησιμοποιεί πετρέλαιο και να αυξηθεί εκείνου που χρησιμοποιεί ως καύσιμο το φυσικό αέριο.



Εικόνα 12 : Γραφήματα ενεργειακής κάλυψης για το νησί Μαδέρα

3.Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο στα Ελληνικά Νησιά

3.1 Ελληνική επικράτεια

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκέντρωση των θερμοηλεκτρικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αυτούς τους σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Σύμφωνα με στοιχεία του 2011 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (National Report PAE 2012), το 66.5% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμοικοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4930 MW, με πετρέλαιο 730 MW και με φυσικό αέριο 4579 MW. Το 19.6% είναι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 13.9% είναι μονάδες ΑΠΕ^(xxiv).

Ο λιγνίτης είναι η σημαντική εγχώρια ενεργειακή πηγή, συνεισφέροντας το 53.15% της εγχώριας παραγωγής για το 2011. Το φυσικό αέριο συνεισφέρει το 28.3%^{xxv}. Ταυτόχρονα η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος ως στόχου υψηλής προτεραιότητας της ελληνικής πολιτείας, οδηγεί σε προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, θέτοντας ως στόχο την αύξηση συμμετοχής τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020. Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπου στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του θείου, αυτές αντιμετωπίζονται με αντιρρυπαντικές εγκαταστάσεις όπως η αποθείωση καυσαερίων. Επιπλέον ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του άνθρακα είναι ότι, ενώ το φυσικό αέριο θα είναι διαθέσιμο

για τα επόμενα 50 – 60 χρόνια, ο άνθρακας θα είναι διαθέσιμος τουλάχιστον για 200 χρόνια ακόμη. Ωστόσο η μελλοντική αξιοποίηση του άνθρακα θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα των ηλεκτροπαραγωγών μονάδων άνθρακα να υιοθετήσουν με χαμηλό κόστος καθαρές και αποδοτικές τεχνολογίες καύσης, ώστε να προσαρμοστούν στο αυστηρό πλαίσιο των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του «Πρωτοκόλλου του Κυότο» και των αυστηρών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για νέες εγκαταστάσεις καύσης.

Η εγκατεστημένη ισχύς των εν λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 4863 MW τον Ιούλιο του 2017^{xxvi}. Σε επίπεδο τεχνολογίας, τα αιολικά έργα επικρατούν στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των έργων ΑΠΕ που βρίσκονται σε λειτουργία. Πιο αναλυτικά η ισχύς των εγκατεστημένων αιολικών πάρκων είναι στα 2128 MW για τον ίδιο μήνα ενώ για την υπόλοιπη ισχύ συνεισφέρουν με 2094 MW τα φωτοβολταϊκά πάρκα, 351 MW από φωτοβολταϊκά στεγών < 10KW , 229 MW από μονάδες Βιοαερίου-βιομάζας και 61 MW από μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς^{xxvii}.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 17426,01 MW^{xxviii} και παρέχει ενέργεια με την μορφή του ηλεκτρισμού στην ηπειρωτική Ελλάδα καθώς και στα νήσια μέσω δικτύων διανομής της ΔΕΔΔΗΕ.



Εικόνα 13 : Χάρτης θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών^{xxix}

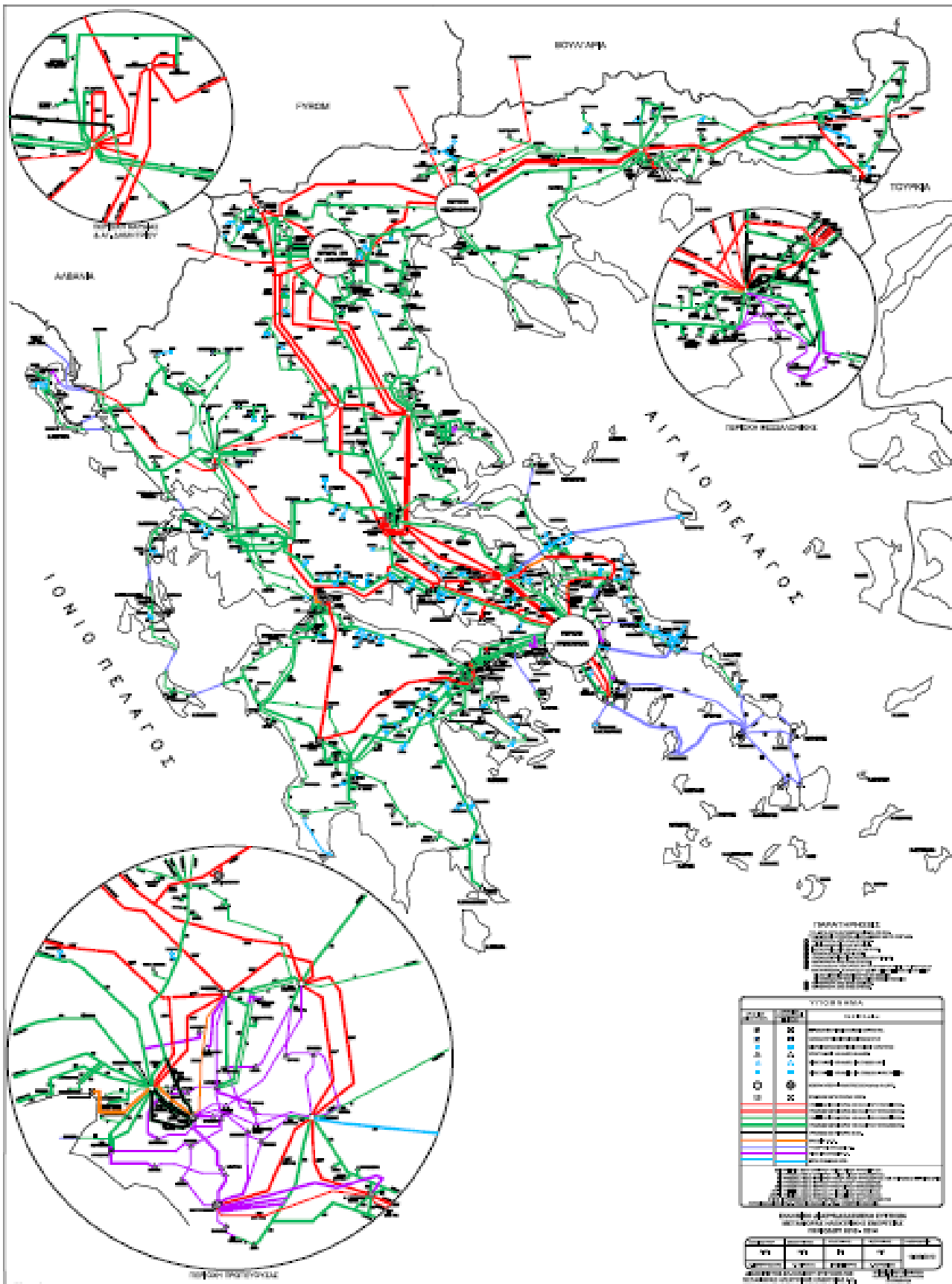
3.2 Ελληνικά Νησιά

Η Ελλάδα αποτελείται στο σύνολό της από 6000 νησιά^{xxx} και βροχονησίδες. Από το σύνολο αυτών των νησιών μόνον τα 117 κατοικούνται. Από αυτά, μόνον τα 79 έχουν πληθυσμό πάνω από 100 κατοίκους και μόλις 53 πάνω από 1.000^{xxxi}.



Εικόνα 14 : Χάρτης με τα νησιά της ελληνικής επικράτειας

Τα νησιά τα ξεχωρίζουμε ανάλογα με τον τρόπο ηλεκτροδότησής τους σε δυο μεγάλες κατηγορίες, Α) αυτά που βρίσκονται γεωγραφικώς “κοντά” στην ηπειρωτική Ελλάδα και έχουν διασυνδεθεί με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ και Β) εκείνα τα οποία είναι “μακριά” και για διάφορους τεchnοοικονομικούς λόγους δεν έχουν συνδεθεί ακόμα με την κεντρική Ελλάδα.



Εικόνα 15 : Χάρτης Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα νησιά που όπως βλέπουμε στον παραπάνω χάρτη δεν συνδέονται με το δίκτυο διανομής της κεντρικής Ελλάδος ονομάζονται **Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά** και καλύπτουν τις ανάγκες τους με αυτόνομους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και με εγκαταστάσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Έτσι καταλήγουμε στην παρακάτω εικόνα με τον χάρτη όπου αποτυπώνονται τα νησιά με πράσινο χρώμα που είναι ήδη διασυνδεδεμένα και με κόκκινο χρώμα τα ΜΔΝ.



Εικόνα 16 : Χάρτης Διασυνδεδεμένων και Μη Νησιών

Όπως βλέπουμε απ τον χάρτη τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά περιλαμβάνουν τα περισσότερα απ τα νησιά των Κυκλάδων, την Κρήνη, τα Δωδεκάνησα, η Χίος, η Σάμος, η Λέσβος, η Λήμνος καθώς και ένα μέρος απ τις Σποράδες. Αποτελούνται από 32 αυτόνομα συστήματα ορισμένα εξ αυτών αποτελούνται από περισσότερα νησια (συμπλέγματα νησιών) με το άθροισμα όλων να φτάνει τα 60 νησιά^{xxxii}.

3.3 Γενικά Στατιστικά Στοιχεία Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών

Τα νησιά που δεν είναι διασυνδεδεμένα με την κεντρική Ελλάδα έχουν τον αριθμό 60, όπως είπαμε στην προηγούμενη ενότητα, με μεγαλύτερο σε έκταση και μόνιμο πληθυσμό την Κρήτη με έκταση 8336km² (τ.χλμ) και 682768 κατοίκους και μικρότερο το Μαράθι με έκταση 0,35km² και 5 κατοίκους. Οι κάτοικοι κάθε νησιού όμως μεταβάλλονται μέσα στην διάρκεια ενός έτους αν συνυπολογίσουμε και τον τουρισμό.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει συγκεντρωτικά τα νησιά με την έκταση και τους μόνιμους κατοίκους.

Πίνακας 3 : Στοιχεία Νησιών

Νησί	Έκταση (km ²)	Μόνιμος Πληθυσμός (Κάτοικοι)
ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	43,325	249
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	13,417	186
ΑΜΟΡΓΟΣ	121,464	1973
ΑΝΑΦΗ	38,636	294
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	20,431	59
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	35,092	1196
ΑΡΚΟΙ	6,697	43
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	96,421	1270
ΓΑΥΔΟΣ	29,585	158
ΓΥΑΛΙ	4,558	21
ΔΗΛΟΣ	3,536	24
ΔΟΝΟΥΣΑ	13,652	176
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	4,449	506
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	18,078	150
ΘΗΡΑ (ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ)	76,191	17430
ΘΗΡΑΣΙΑ	9,246	322
ΘΥΜΑΙΝΑ	10,071	142
ΙΚΑΡΙΑ	255,32	8423
ΙΟΣ	108,713	2030
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	110,581	15863
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	300,152	6709
ΚΑΣΟΣ	66,415	1084
ΚΙΜΩΛΟΣ	37,426	899
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	5,774	412
ΚΡΗΤΗ	8336,125	682768
ΚΥΘΝΟΣ	99,432	1436
ΚΩΣ	287,611	33388

ΛΕΙΨΟΙ	15,842	784
ΛΕΡΟΣ	54,052	7915
ΛΕΣΒΟΣ	1636,732	86312
ΛΗΜΝΟΣ	476,288	16743
ΜΑΡΑΘΙ	0,355	5
ΜΕΓΑΛΟΝΗΣΙ (ΝΗΣΙΩΠΗ)	1,285	333
ΜΕΓΙΣΤΗ(ΚΑΣΤΕΛΛΟΡΙΖΟ)	9,113	496
ΜΗΛΟΣ	151,362	4966
ΜΥΚΟΝΟΣ	86,125	14165
ΝΑΞΟΣ	429,785	18340
ΝΙΣΥΡΟΣ	41,263	982
ΟΘΩΝΟΙ	10,078	558
ΟΙΝΟΥΣΕΣ	14,382	796
ΠΑΡΟΣ	196,308	13694
ΠΑΤΜΟΣ	34,142	3429
ΡΗΝΕΙΑ	5,405	446
ΡΟΔΟΣ	1401,761	152538
ΣΑΜΟΣ	477,942	33335
ΣΕΡΙΦΟΣ	74,207	1378
ΣΙΚΙΝΟΣ	41,676	270
ΣΙΦΝΟΣ	73,942	2543
ΣΚΥΡΟΣ	209,926	2888
ΣΥΜΗ	57,825	3068
ΣΥΡΟΣ	84,069	21473
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	8,144	225
ΤΕΛΕΝΔΟΣ	4,648	111
ΤΗΛΟΣ	61,487	829
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	32,384	787
ΦΟΥΡΝΟΙ	30,521	1199
ΧΑΛΚΗ	26,988	702
ΧΙΟΣ	842,796	51269
ΨΑΡΑ	40,467	408
ΨΕΡΙΜΟΣ	14,615	77

Όπως είπαμε όμως ο τουρισμός παίζει σημαντικό ρόλο στον πληθυσμό του κάθε νησιού στην διάρκεια του ενός έτους και κατ επέκταση και στην κατανάλωση της ενέργειας. Το Ινστιτούτο Τουριστικών Ερευνών και Προβλέψεων (ΙΤΕΠ) για το 2016 έδωσε τον αριθμό των κλινών για το κάθε νησί χωρίς να υπολογίζονται στο αριθμό αυτό κλίνες από Ενοικιαζόμενα Δωμάτια και τα RBNB. Υποθέτωντας ότι η καλοκαιρινή περίοδος για τα ελληνικά νησιά αποτελείται από 4 μήνες κατά μέσο όρο και ότι η πληρότητα των ξενοδοχειακών μονάδων είναι της τάξεως του 80% κατα μέσο όρο τότε προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 4 : Στοιχεία Νησιών με Τουρισμό

Νησί	Έκταση (km ²)	Μόνιμος Πληθυσμός	Κλίνες	80% Πληρότητα	Σύνολο Τουριστών
ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	43,325	249	0	0	0
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	13,417	186	0	0	0
ΑΜΟΡΓΟΣ	121,464	1973	424	339	10170
ΑΝΑΦΗ	38,636	294	24	19	570
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	20,431	59	0	0	0
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	35,092	1196	341	272	8160
ΑΡΚΟΙ	6,697	43	0	0	0
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	96,421	1270	459	367	11010
ΓΑΥΔΟΣ	29,585	158	0	0	0
ΓΥΑΛΙ	4,558	21	0	0	0
ΔΗΛΟΣ	3,536	24	0	0	0
ΔΟΝΟΥΣΑ	13,652	176	0	0	0
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	4,449	506	0	0	0
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	18,078	150	28	22	660
ΘΗΡΑ (ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ)	76,191	17430	13160	10528	315840
ΘΗΡΑΣΙΑ	9,246	322	6	4	120
ΘΥΜΑΙΝΑ	10,071	142	0	0	0
ΙΚΑΡΙΑ	255,32	8423	1032	825	24750
ΙΟΣ	108,713	2030	2159	1727	51810
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	110,581	15863	1722	1377	41310
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	300,152	6709	6125	4900	147000
ΚΑΣΟΣ	66,415	1084	66	52	1560
ΚΙΜΩΛΟΣ	37,426	899	8	6	180
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	5,774	412	426	340	10200
ΚΡΗΤΗ	8336,125	682768	171516	137212	4125360
ΚΥΘΝΟΣ	99,432	1436	193	154	4620
ΚΩΣ	287,611	33388	44985	35988	1079640
ΛΕΙΨΟΙ	15,842	784	125	100	3000
ΛΕΡΟΣ	54,052	7915	1237	989	29670
ΛΕΣΒΟΣ	1636,732	86312	6637	5309	159270
ΛΗΜΝΟΣ	476,288	16743	1819	1455	43650
ΜΑΡΑΘΙ	0,355	5	0	0	0
ΜΕΓΑΛΟΝΗΣΙ (ΝΗΣΙΩΠΗ)	1,285	333	0	0	0

ΜΕΓΙΣΤΗ(ΚΑΣΤΕΛΛΟΡΙΖΟ)	9,113	496	106	84	2520
ΜΗΛΟΣ	151,362	4966	1334	1067	32010
ΜΥΚΟΝΟΣ	86,125	14165	12082	9665	289950
ΝΑΞΟΣ	429,785	18340	5951	4760	142800
ΝΙΣΥΡΟΣ	41,263	982	142	113	3390
ΟΘΩΝΟΙ	10,078	558	0	0	0
ΟΙΝΟΥΣΕΣ	14,382	796	0	0	0
ΠΑΡΟΣ	196,308	13694	6735	5388	161640
ΠΑΤΜΟΣ	34,142	3429	1784	1427	42810
ΡΗΝΕΙΑ	5,405	446	0	0	0
ΡΟΔΟΣ	1401,761	152538	85856	68684	2060520
ΣΑΜΟΣ	477,942	33335	9484	7587	227610
ΣΕΡΙΦΟΣ	74,207	1378	291	232	6960
ΣΙΚΙΝΟΣ	41,676	270	37	29	870
ΣΙΦΝΟΣ	73,942	2543	1014	811	24330
ΣΚΥΡΟΣ	209,926	2888	739	591	17730
ΣΥΜΗ	57,825	3068	482	385	11550
ΣΥΡΟΣ	84,069	21473	2378	1902	57060
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	8,144	225	93	74	2220
ΤΕΛΕΝΔΟΣ	4,648	111	0	0	0
ΤΗΛΟΣ	61,487	829	480	384	11520
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	32,384	787	1050	840	25200
ΦΟΥΡΝΟΙ	30,521	1199	24	19	570
ΧΑΛΚΗ	26,988	702	96	76	2280
ΧΙΟΣ	842,796	51269	2900	2320	69600
ΨΑΡΑ	40,467	408	48	38	1140
ΨΕΡΙΜΟΣ	14,615	77	0	0	0

Το σύνολο των τουριστών στην τελευταία στήλη του πίνακα για το κάθε νησί προέκυψε πολλαπλασιάζοντας το 80% της πληρότητας του συνολικού αριθμού των κλινών του κάθε νησιού με τον αριθμό της συχνότητας της κάλυψης του 80% των κλινών μέσα στην καλοκαιρινή περίοδο με την παραδοχή ότι ο χρόνος διαμονής κάθε τουρίστα θα είναι 4 μέρες.

Παραδειγμα,

Για το νησί της Σύρου με μόνιμους κατοίκους 21473 κατοίκους, για την καλοκαιρινή περίοδο που θα διαρκέσει κατά μέσο όρο 4 μήνες το σύνολο των τουριστών θα είναι : (Αριθμός Κλινών x 80% Πληρ.) x (Ημέρες Καλοκαιρ. Περιόδου / Ημέρ. Παραμονής)

δηλ. $(2378 \times 0,8) \times (122/4) = 57060$ τουρίστες

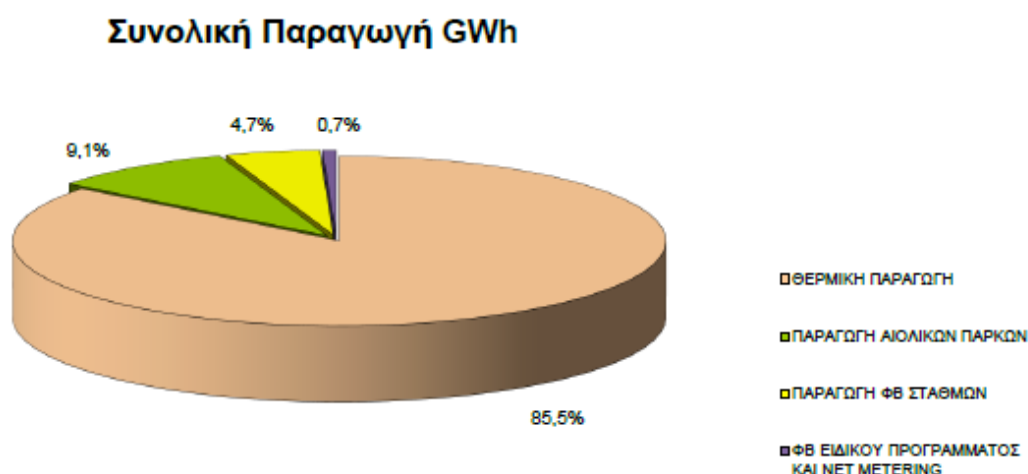
Όπως βλέπουμε απ τον παραπάνω πίνακα ο Τουρισμός διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στις ενεργειακές ανάγκες του κάθε νησιού γιατί ο πληθυσμός

την χειμερινή περίοδο είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με την καλοκαιρινή. Χαρακτηριστικά τέτοια παραδείγματα είναι οι περιπτώσεις της Σαντορίνης στην οποία απ τους 17430 μόνιμους κατοίκους το καλοκαίρι πρέπει να καλύψουμε ενεργειακά 333270 (315840+17430) κατοίκους και φυσικά την Κρήτη που απ τους 682768 κατοίκους το καλοκαίρι φτάνουμε τους 4808128 κατοίκους.

3.4 Παραγωγή και Κατανάλωση Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών

3.4.1 Παραγωγή

Η κάλυψη των αναγκών των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών γίνεται είτε με αυτόνομους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είτε με σταθμούς που χρησιμοποιούν ΑΠΕ.



Εικόνα 17 : Συνολική παραγωγή ΜΔΝ

Σύμφωνα με την ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. για το 2016 η εγκατεστημένη ισχύς των θερμικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έφτασε στα 1760,46 MW (1,76 GW) με την ενέργεια τους στα 467570,45 MWh και η συμμετοχή σε ΑΠΕ να φτάνει στο 15,05%^{xxxiii}.

Στους παρακάτω πίνακες αποτυπώνονται τα στατιστικά στοιχεία των θερμικών μονάδων ανα ηλεκτρικό σύστημα ΜΔΝ.

Πίνακας 5 : Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής ΜΔΝ (Μεγάλα Ηλεκτρικά Συστήματα)

Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ – Ιούνιος 2017							
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2016 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2016 (MW)*	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)***	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΚΡΗΤΗ	813,02	627,30	52.075,09	225.702,49	192,55	149,47	18,75%
ΡΟΔΟΣ	232,93	200,00	13.145,76	74.149,05	172,06	132,95	15,06%
ΛΕΣΒΟΣ	84,41	67,42	2.931,69	20.799,77	183,76	93,30	12,35%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	124,45	94,50	4.582,18	36.380,47	123,71	81,77	11,19%
ΛΗΜΝΟΣ	21,58	14,70	538,62	4.365,80	217,36	97,20	10,98%
ΜΗΛΟΣ	20,60	12,28	298,17	3.993,59	175,03	84,54	6,95%
ΠΑΡΟΣ	91,18	68,20	2.585,04	19.834,19	127,30	87,18	11,53%
ΧΙΟΣ	69,93	46,80	2.134,39	14.206,12	157,89	83,40	13,06%
ΣΥΡΟΣ	35,20	23,70	575,86	7.313,66	206,88	108,81	7,30%
ΣΑΜΟΣ	47,75	29,60	2.397,93	9.243,08	183,25	90,26	20,60%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	17,30	11,30	402,65	3.464,52	240,52	105,93	10,41%
ΜΥΚΟΝΟΣ	62,16	41,30	263,88	16.547,07	292,43	237,77	1,57%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	139,95		925,15	31.570,65			2,85%
ΣΥΝΟΛΟ	1.760,46		82.856,40	467.570,45			15,05%

Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία βασίζονται στην τρέχουσα εκκαθάριση 6^η 2017
* Οι αξίες είναι στιγμιαίες ακαθάριστες
** Αναλυτικά στοιχεία για τα υπόλοιπα ΗΣ παρουσιάζονται στον Πίνακα 10
*** Συμπεριλαμβάνονται τα Φ/Β Ειδικού Προγράμματος και τα Net Metering

Πίνακας 6 : Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής ΜΔΝ (Μικρότερα Ηλεκτρικά Συστήματα)

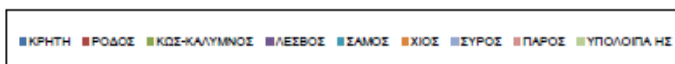
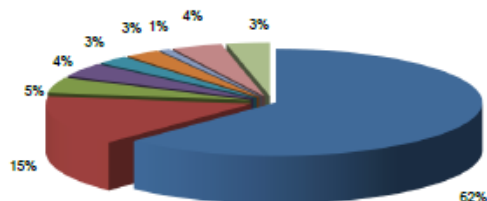
Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα Υπόλοιπα ΜΔΝ – Ιούνιος 2017							
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2016 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ* ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2016 (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)**	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΑΓΙΟΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	0,76	0,31	0,00	87,06	503,83	259,88	0,00%
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	0,52	0,20	0,00	58,67	1.199,51	258,52	0,00%
ΑΜΟΡΓΟΣ	4,22	3,15	52,54	935,26	365,64	220,52	5,32%
ΑΝΑΦΗ	0,80	0,59	0,00	119,04	440,96	262,18	0,00%
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0,36	0,11	0,00	21,67	1.399,47	380,30	0,00%
ΑΡΚΙΟΙ	0,36	0,14	0,00	40,33	587,11	263,87	0,00%
ΑΣΤΥΠΑΛΑΙΑ	3,30	2,21	68,43	563,55	348,80	231,51	10,83%
ΓΑΥΔΟΣ	0,36	0,12	0,00	39,22	852,85	267,60	0,00%
ΔΟΝΟΥΣΑ	0,50	0,36	0,00	112,74	802,24	232,90	0,00%
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	0,53	0,35	0,00	67,18	715,00	243,55	0,00%
ΘΗΡΑ	71,92	42,80	166,25	19.818,69	183,40	122,28	0,83%
ΙΚΑΡΙΑ	13,56	6,70	198,66	1.933,30	463,36	267,14	9,32%
ΚΥΘΝΟΣ	4,90	2,98	31,20	778,58	370,52	214,90	3,85%
ΜΕΓΙΣΤΗ	1,32	0,91	0,00	304,92	426,84	253,57	0,00%
ΟΘΩΝΟΙ	0,44	0,26	0,00	51,61	931,98	355,91	0,00%
ΠΑΤΜΟΣ	6,60	5,90	204,15	1.455,59	290,49	210,77	12,30%
ΣΕΡΙΦΟΣ	5,60	3,42	30,55	793,40	345,47	222,31	3,71%
ΣΙΦΝΟΣ	8,80	6,22	82,57	1.818,78	344,02	231,21	4,34%
ΣΚΥΡΟΣ	6,90	4,65	60,18	1.263,52	345,16	200,88	4,55%
ΣΥΜΗ	8,20	3,84	30,60	1.307,55	353,05	230,11	2,29%

* Οι αξίες είναι στιγμιαίες ακαθάριστες
** Συμπεριλαμβάνονται τα Φ/Β Ειδικού Προγράμματος και τα Net Metering

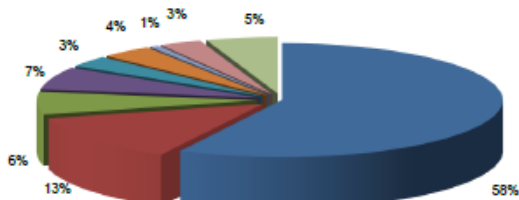
Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ΑΠΕ στα ΜΔΝ μετρήθηκε στα 459,03 MW στο σύνολό τους εκ των οποίων τα 322,25 MW προέρχονται απ τα 98

Αιολικά Πάρκα (Α/Π) και τα υπόλοιπα 135,98 MW απ τους 1758 Φωτοβολταϊκούς Σταθμούς (ΦΒ).

98 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 322,25 MW



1.758 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (ΦΒ) Συνολικής Ισχύος 135,98 MW



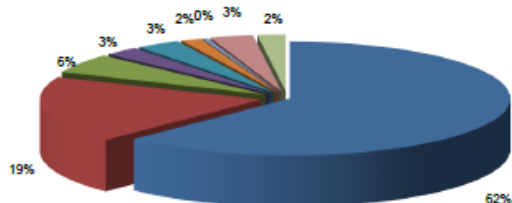
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)		
	Α/Π	ΦΒ ***	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	200,31	78,29	279,40*
ΡΟΔΟΣ	48,55	18,16	66,71
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	15,20	8,78	23,98
ΛΕΣΒΟΣ	13,95	8,84	22,79
ΣΑΜΟΣ	8,38	4,37	12,75
ΧΙΟΣ	9,08	5,17	14,25
ΣΥΡΟΣ	2,84	0,99	3,83
ΠΑΡΟΣ	12,96	4,21	17,17
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ **	10,98	7,17	18,15
ΣΥΝΟΛΟ	322,25	135,98	459,03

* Περιλαμβάνεται ένας ΜΥΗΣ 0,3 MW και ένας σταθμός Βιοαερίου 0,5 MW
 ** Αναλυτικά στοιχεία για τα υπόλοιπα ΗΣ παρουσιάζονται στον Πίνακα 3
 *** Στα ΦΒ δεν συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των ΦΒ Ειδικού Προγράμματος και των Net Metering

Εικόνα 18 : Γραφήματα και Πίνακας Εγκατεστημένης Ισχύος Μοναδων ΑΠΕ

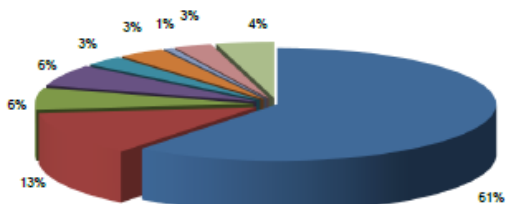
Η παραγωγή ενέργειας των σταθμών ΑΠΕ υπολογίστηκε για τον Ιούνιο του 2017 σε 75769,81 MWh (75,77 GWh) στο σύνολό της εκ των οποίων τα 98 Α/Π δίνουν 50009,78 MWh (50,009 GWh) και οι 1768 ΦΒ 25534,42 MWh (25,534 GWh).

Συνολική Παραγωγή 98 Αιολικών Πάρκων 50.009,78 MWh



■ ΚΡΗΤΗ ■ ΡΟΔΟΣ ■ ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ ■ ΛΕΣΒΟΣ ■ ΣΑΜΟΣ ■ ΧΙΟΣ ■ ΣΥΡΟΣ ■ ΠΑΡΟΣ ■ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ

Συνολική Παραγωγή 1.758 ΦΒ Σταθμών 25.534,42 MWh



■ ΚΡΗΤΗ ■ ΡΟΔΟΣ ■ ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ ■ ΛΕΣΒΟΣ ■ ΣΑΜΟΣ ■ ΧΙΟΣ ■ ΣΥΡΟΣ ■ ΠΑΡΟΣ ■ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)		
	ΑΠ	ΦΒ ***	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	31.192,49	15.479,11	46.897,21*
ΡΟΔΟΣ	9.552,54	3.228,17	12.780,71
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	2.769,74	1.604,09	4.373,83
ΛΕΣΒΟΣ	1.284,27	1.593,57	2.877,84
ΣΑΜΟΣ	1.639,64	750,46	2.390,10
ΧΙΟΣ	759,98	889,39	1.649,37
ΣΥΡΟΣ	195,87	174,11	369,98
ΠΑΡΟΣ	1.584,00	717,35	2.301,35
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ **	1.031,25	1.098,17	2.129,42
ΣΥΝΟΛΟ	50.009,78	25.534,42	75.769,81

* Περιλαμβάνεται ενέργεια από έναν ΜΥΗΣ 54,11 MWh και από έναν σταθμό Βιοαερίου 171,50 MWh
 ** Αναλυτικά στοιχεία για τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3
 *** Στα ΦΒ δεν συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των Φ/Β Ειδικού Προγράμματος και των Net Metering
 Σημειώνεται ότι τα στοιχεία βασίζονται στην τρέχουσα εκκαθάριση 6^η 2017

Εικόνα 19 : Γραφήματα και Πίνακας με την παραγωγή ΑΠΕ

Πίνακας 7 : Παραγωγή και Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ λοιπών Ηλεκτρικών Συστημάτων ΜΔΝ

Στοιχεία Εγκατεστημένης Ισχύος – Παραγωγής Ενέργειας Μονάδων ΑΠΕ 6 ^{ου} 2017				
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	Α/Π		ΦΒ	
	ΕΓΚ. ΙΣΧΥΣ (MW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)	ΕΓΚ. ΙΣΧΥΣ (MW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)
ΑΓ.ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	0,02	0,00	0,00	0,00
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΜΟΡΓΟΣ	0,00	0,00	0,29	47,46
ΑΝΑΦΗ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΡΚΙΟΙ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	0,00	0,00	0,32	58,25
ΓΑΥΔΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΔΟΝΟΥΣΑ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΘΗΡΑ	0,00	0,00	0,25	51,62
ΙΚΑΡΙΑ	0,99	106,29	0,40	65,23
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	1,23	192,65	1,16	201,98
ΚΥΘΝΟΣ	0,67	0,00	0,24	31,20
ΛΗΜΝΟΣ	3,04	196,55	1,89	333,02
ΜΕΓΙΣΤΗ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΜΗΛΟΣ	2,65	166,50	0,62	107,52
ΜΥΚΟΝΟΣ	1,20	199,65	1,04	49,72
ΟΘΩΝΟΙ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΠΑΤΜΟΣ	1,20	169,61	0,15	23,83
ΣΕΡΙΦΟΣ	0,00	0,00	0,10	18,44
ΣΙΦΝΟΣ	0,00	0,00	0,20	27,36
ΣΚΥΡΟΣ	0,00	0,00	0,32	51,96
ΣΥΜΗ	0,00	0,00	0,19	30,60

Όπως βλέπουμε απ τους παραπάνω πίνακες δεν έχουν και τα 60 ΜΔΝ στην έκτασή τους όλα θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ενώ το ίδιο ισχύει και για τα Αιολικά Πάρκα και για τους Φωτοβολταικούς Σταθμούς.

Απ τα 60 νησιά μόνο τα 31 εξ αυτών έχουν τουλάχιστον 1 θερμική μονάδα Ηλεκτροπαραγωγής, τα 14 Αιολικά Πάρκα και 22 Φωτοβολταικούς Σταθμούς.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα τα νησιά που διαθέτουν τουλάχιστον έναν θερμικό σταθμό στην επικράτειά τους.



Εικόνα 20 : ΜΔΝ με θερμικό σταθμό Ηλεκτροπαραγωγής

Τα υπόλοιπα νησιά τα οποία δεν έχουν κάποια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην έκτασή τους τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα μέσω καλωδίων από κάποιο γειτονικό νησί που έχει θερμικό σταθμό. Στους παρακάτω χάρτες απεικονίζονται οι διασυνδέσεις στα νησιωτικά συμπλέγματα των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων με χαρακτηριστικό παράδειγμα το σύμπλεγμα της Πάρου καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων αυτών.



Εικόνα 21 : Χάρτης ΗΣ των ΜΔΝ και των ηλεκτρικών Διασυνδέσεων.



Εικόνα 22 : Χάρτης Υ/Β Διασυνδέσεων στο ΗΣ Πάρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Υ/Β ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΣΤΟ ΗΣ ΠΑΡΟΥ.

Θερμικός Σταθμός	Διασυνδεόμενα Νησιά	Πλήθος και τύπος υποβρυχίων καλωδίων διασύνδεσης	Δυνατότητα μέγιστης φόρτισης ανά φάση (A)	Ικανότητα μεταφοράς ισχύος καλωδίου υπό τάση λειτουργίας 15 kV (kW)	Έτος πόντισης	Μήκος καλωδίου (km)	Πλήθος ευθέων συνδέσεων	Πλήθος βλαβών (2001-2014)
ΑΣΠ Πάρου	Πάρου – Νάξος	2 x (3 x 150 Al) 1 x (3 x 150 Al) 2 x (3 x 95 Cu)	300 300 350	12,500 6,250 14,500	1973 1992 2006	7,5 7,111 7,47	2 0 2	1 0 1
	Πάρου – Αντίπαρος	4 x (1 x 50 Al)	203	4.220	1973	1,9	2	1
	Πάρου – Ίος	2 x (3 x 95 Cu)	350	14.550	2000	27,84	0	0
	Ίος – Σίκινος	2 x (3 x 35 Al)	145	6.025	1989	10,34	8	5
	Σίκινος – Φολέγανδρος	2 x (3 x 35 Al)	145	6.025	1989	18,5	0	0
	Νάξος – Ηρακλεία	1 x (3 x 35 Cu)	190	4.000	1997	8,92	6	7
	Σχοινούσα – Ηρακλεία	1 x (3 x 35 Cu)	190	4.000	1983	4,6	0	0
	Κουφονήσι – Σχοινούσα	1 x (3 x 35 Cu)	190	4.000	1983	9,2	6	1
	Νάξος – Κουφονήσι	1 x (3 x 35 Cu)	190	4.000	1983	6,25	3	1

3.4.2 Κατανάλωση

Όπως είπαμε και πριν η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) αποτελείται από τριάντα δύο (32) αυτόνομα συστήματα. Ορισμένα εξ αυτών αποτελούνται από περισσότερα νησιά (συμπλέγματα νησιών), και η Λειτουργία και Διαχείριση της Αγοράς των ΜΔΝ γίνεται από τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων).

Όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του Πίνακα , το μέγεθος (αιχμή ζήτησης) σε kW των τριάντα δύο (32) αυτόνομων νησιωτικών ηλεκτρικών συστημάτων της χώρας ποικίλει:

- Δεκαεννέα (19) «μικρά» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης έως 10 MW.
- Έντεκα (11) «μέσου μεγέθους» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης από 10 MW έως 100 MW.
- Δύο (2) «μεγάλα» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης άνω των 100 MW, δηλαδή η Κρήτη και η Ρόδος.

Αντίστοιχα η ζήτηση (κατανάλωση σε MWh) ηλεκτρικής ενέργειας στα ΜΔΝ ποικίλει, επίσης, σε μέγεθος, από ορισμένες εκατοντάδες MWh στα μικρότερα νησιά (π.χ. Αντικύθηρα, Αγαθονήσι, κ.λπ.), έως και ορισμένες TWh στο μεγαλύτερο ΜΔΝ (Κρήτη).

Πίνακας 9 : Ζήτηση ΜΔΝ σε MWh για τα έτη 2008-2013^{xxxiv}

ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΝΗΣΙ	ΖΗΤΗΣΗ ΣΤΑ ΜΔΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2008-2013 (MWh)						
		ΕΤΟΣ						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Α' ΕΥΣΤΡΑΤΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΕΥΣΤΡΑΤΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	1.068	1.059	1.058	1.066	1.102	1.075
		ΑΚΜΗ (kW)	350	353	360	333	338	327
Α' ΑΘΩΝΗΣΟΥ	ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	438	491	522	542	599	642
		ΑΚΜΗ (kW)	140	163	188	144	156	182
ΑΙΟΡΓΟΥ	ΑΙΟΡΓΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	9.334	9.584	9.616	9.633	9.354	9.129
		ΑΚΜΗ (kW)	3.240	2.940	3.260	2.920	3.070	2.900
ΑΝΑΦΗΣ	ΑΝΑΦΗ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	1.059	1.104	1.110	1.137	1.199	1.179
		ΑΚΜΗ (kW)	430	495	539	570	558	553
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ	ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	222	237	228	238	216	241
		ΑΚΜΗ (kW)	80	78	80	82	80	104
ΑΡΚΙΟΙ	ΑΡΚΙΟΙ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	177	191	248	261	292	312
		ΑΚΜΗ (kW)	50	48	70	110	125	138
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ	ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	6.487	6.635	6.997	7.022	7.089	6.670
		ΑΚΜΗ (kW)	2.140	2.080	2.470	2.140	2.270	2.280
ΓΑΥΔΟΣ	ΓΑΥΔΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	279	280	365	428	486	471
		ΑΚΜΗ (kW)	73	81	94	95	148	115
ΔΟΝΟΥΣΑΣ	ΔΟΝΟΥΣΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	575	625	676	717	667	690
		ΑΚΜΗ (kW)	250	290	308	318	345	342
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑΣ	ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	649	660	710	664	746	746
		ΑΚΜΗ (kW)	250	260	380	310	325	314
ΘΗΡΑΣ	ΘΗΡΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	112.520	117.161	117.957	120.057	120.817	120.199
		ΑΚΜΗ (kW)	34.100	31.700	36.400	33.550	35.800	32.500
ΚΑΡΙΑΣ	ΚΑΡΙΑ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	28.110	28.506	28.845	29.096	28.977	27.613
		ΑΚΜΗ (kW)	7.840	7.980	8.030	8.120	7.420	7.380
ΚΑΡΠΑΘΟΥ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	35.234	37.094	37.629	38.784	38.995	36.931
		ΑΚΜΗ (kW)	9.900	9.800	11.400	10.900	11.780	11.010
ΚΡΗΤΗ	ΚΡΗΤΗ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	3.043.542	2.989.380	3.014.392	2.945.881	2.944.456	2.825.132
		ΑΚΜΗ (kW)	656.000	633.100	672.000	635.000	640.800	587.000
ΚΥΘΝΟΥ	ΚΥΘΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	7.639	8.299	8.309	8.719	8.672	7.991
		ΑΚΜΗ (kW)	2.720	2.560	3.050	2.720	2.760	2.820
ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ	ΚΑΛΥΜΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	340.426	342.736	351.959	361.514	361.681	352.984
	ΛΕΙΦΟΙ							
	ΛΕΡΟΣ							
	ΤΕΛΕΝΔΟΣ							
	ΚΟΣ	ΑΚΜΗ (kW)	87.800	88.200	103.000	90.900	96.800	90.500
	ΧΕΡΙΜΟΣ							
	ΓΥΛΙ							
ΝΙΣΥΡΟΣ								
ΤΗΛΟΣ								
ΛΕΣΒΟΣ	ΛΕΣΒΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	299.268	305.875	308.449	307.864	300.822	288.230
		ΑΚΜΗ (kW)	65.770	61.186	71.790	60.300	62.800	63.870
ΛΗΜΝΟΥ	ΛΗΜΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	62.390	62.971	62.713	61.795	61.743	59.672
		ΑΚΜΗ (kW)	15.700	14.600	16.900	14.400	15.800	14.000
ΜΕΓΙΣΤΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	2.373	2.511	2.751	2.973	3.133	3.005
		ΑΚΜΗ (kW)	775	760	945	845	966	844
ΜΗΛΟΥ	ΜΗΛΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	39.143	40.843	45.819	48.272	49.952	45.402
		ΑΚΜΗ (kW)	10.410	10.260	12.860	11.850	11.670	11.500
ΜΥΚΟΝΟΥ	ΜΥΚΟΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	110.048	112.394	115.071	113.615	113.021	112.978
		ΑΚΜΗ (kW)	34.600	35.200	37.800	34.600	35.150	35.400
ΟΘΩΝΩΝ	ΟΘΩΝΟΙ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	707	683	674	709	688	632
		ΑΚΜΗ (kW)	330	350	350	340	274	345
ΠΑΡΟΥ	ΠΑΡΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	202.835	205.300	208.206	207.254	203.622	194.740
	ΝΑΞΟΣ							
	ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ							
	ΚΟΥΦΟΛΗΣ	ΑΚΜΗ (kW)	63.100	60.410	71.100	61.600	63.300	62.400
	ΣΧΟΚΟΥΣΑ							
	ΗΡΑΚΛΕΙΑ							
ΣΚΙΝΟΣ								
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ								
ΙΟΣ								
ΠΑΤΜΟΥ	ΠΑΤΜΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	16.095	16.138	16.738	17.825	17.475	17.020
		ΑΚΜΗ (kW)	4.920	4.580	5.570	5.080	5.350	5.240
ΡΟΔΟΣ	ΡΟΔΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	757.788	763.790	764.438	780.413	790.593	760.658
		ΑΚΜΗ (kW)	200.000	194.800	206.000	194.000	211.800	188.500
ΣΑΜΟΥ	ΣΑΜΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	154.030	152.707	151.017	150.604	146.308	137.315
		ΑΚΜΗ (kW)	34.800	34.100	37.500	31.300	31.000	28.800
ΣΕΡΦΟΥ	ΣΕΡΦΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	7.563	7.701	8.162	8.299	8.153	7.654
		ΑΚΜΗ (kW)	3.100	2.940	3.350	3.560	3.240	3.180
ΣΙΦΝΟΥ	ΣΙΦΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	17.022	17.494	17.966	17.905	17.364	16.521
		ΑΚΜΗ (kW)	5.700	5.790	6.480	5.790	6.150	5.660
ΣΚΥΡΟΥ	ΣΚΥΡΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	15.461	15.719	16.150	15.695	15.561	14.782
		ΑΚΜΗ (kW)	4.510	4.320	4.920	4.160	4.530	4.180
ΣΥΜΗΣ	ΣΥΜΗ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	12.459	12.673	15.054	15.031	15.275	14.662
		ΑΚΜΗ (kW)	3.300	3.130	3.840	3.550	4.000	4.000
ΣΥΡΟΥ	ΣΥΡΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	107.736	106.528	107.270	104.608	103.443	95.302
		ΑΚΜΗ (kW)	22.200	22.700	26.200	23.100	22.800	20.600
ΧΟΥ	ΧΙΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ (MWh)	210.416	209.416	214.449	215.739	212.476	200.042
		ΑΚΜΗ (kW)	45.000	44.500	52.100	45.800	49.200	43.500

Η κάλυψη των αναγκών του παραπάνω πίνακα καλύπτονται σήμερα με αυτόνομους θερμικούς σταθμούς τα οποία χρησιμοποιούν σαν καύσιμη ύλη το μαζούτ και το diesel και από σταθμούς ΑΠΕ (αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκά τις περισσότερες των περιπτώσεων). Υπάρχουν όμως και άλλες μορφές παραγωγής ενέργειας που θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες των νησιών.

3.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Εναλλακτικών Μορφών Κάλυψης Ενέργειας

3.5.1 Παρούσα Κατάσταση

Η Ηλεκτροπαραγωγή μέσω της χρήσης πετρελαίου στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά αυτή τη στιγμή αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα. Η πολύ μεγάλη ζήτηση κάποιες φορές τον χρόνο σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές κάνουν το σύστημα ασταθές με αποτέλεσμα τις πολυήμερες διακοπές ρεύματος στα νησιά με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Σαντορίνη όπου το 2003 και 2013 έμεινε για μέρες χωρίς ρεύμα και που μετά από βελτιώσεις οι διακοπές πλέον είναι ολιγόωρες. Επιπλέον οι πετρελαϊκοί σταθμοί επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου, άρα η λειτουργία τους δεν συνάδει με τη μάχη ενάντια στην κλιματική αλλαγή, η οποία πλέον, μετά και την αποχώρηση των ΗΠΑ από τη διεθνή Συμφωνία του Παρισιού, καθίσταται ακόμα πιο δύσκολη. Εκτός απ τα αέρια του θερμοκηπίου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από μία θερμική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής είναι και οι εκπομπές αερίων ρύπων (διοξείδιο του θείου, οξειδία του αζώτου).

Πιο αναλυτικά στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2010 οι οριακές τιμές εκπομπών ρύπων CO₂ στην βιομηχανία για μονάδες καύσης που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα είναι 350mg/Nm³ για 50-100 MW, 250mg/Nm³ για 100-300 MW και 200mg/Nm³ για >300MW. Οι τιμές για NO_x είναι 450mg/Nm³ για 50-100MW, 200mg/Nm³ για 100-300MW και 150mg/Nm³ για >300MW. Για τις μονάδες που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο οι οριακές τιμές ορίζονται στις 35mg SO₂/Nm³ και στα 100mgNO_x/Nm³. Οι παραπάνω τιμές αφορούν μονάδες που χρησιμοποιούν λέβητα και όχι αεριοστροβίλους. Στους αεριοστροβίλους οι οριακές τιμές εκπομπών για τις μονάδες που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα είναι 90mgNO_x/Nm³ και 100mg CO/Nm³ και για φυσικό αέριο 150mgNO_x/Nm³ και 100mg/Nm³^{xxxv}.

Στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2015 για τις βιομηχανίες με ονομαστική ισχύ <50MW και για νέες >50MW που δεν καλύπτονται απ την οδηγία του 2010 οι οριακές τιμές εκπομπών είναι 190 mg NO_x/Nm³ για

μηχανές και 200mg/Nm³ για αεριοστροβίλους στις μονάδες που καίνε πετρέλαιο (μαζούτ, diesel). Στο φυσικό αέριο οι οριακές τιμές είναι 190mgNO_x/Nm³ για τις μηχανές και 150mgNO_x/Nm³ για τους αεριοστροβίλους^{xxxvi}.

Στο πλαίσιο της συμμόρφωσης των ελληνικών βιομηχανιών που λειτουργούν στα ελληνικά νησιά στις παραπάνω οριακές τιμές θα πρέπει να μειωθεί η χρήση του πετρελαίου είτε με αλλαγή καυσίμου και χρησιμοποίηση φυσικού αερίου με ελεγχόμενες εκπομπές NO_x, είτε με ανάπτυξη των ΑΠΕ, είτε με την διασύνδεσή τους με την Ηπειρώτικη Ελλάδα^{xxxvii}.

Επιπλέον, στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής διαδικασίας της Σεβίλλης⁵, η ελληνική κυβέρνηση ζήτησε και έλαβε και νέα εξαίρεση από τα αυστηρά όρια εκπομπών, ως το 2030 για τις υφιστάμενες μονάδες και ως το 2025 για τις νέες. Κι αυτό διότι τα αυστηρότερα όρια εκπομπών μεταφράζονται σε επιπλέον έξοδα, για την εγκατάσταση πιο αποτελεσματικής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας.

Άλλο ένα αρνητικό είναι ότι τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους Σταθμούς Παραγωγής του μη διασυνδεδεμένου συστήματος είναι το μαζούτ χαμηλού θείου και το ντίζελ με εξαιρετικά χαμηλή περιεκτικότητα θείου. Ετησίως, οι καταναλωόμενες ποσότητες υγρών καυσίμων στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα είναι της τάξης των 900.000 τόνων για το μαζούτ και 250.000 χιλιολιτρων για το ντίζελ.

Η προμήθεια πραγματοποιείται με ανοικτούς διεθνείς μειοδοτικούς διαγωνισμούς, οι οποίοι γίνονται κάθε έτος για τις ανάγκες του επομένου και στους οποίους συμμετέχουν εταιρείες πετρελαιοειδών, δραστηριοποιούμενες στην Ελλάδα και το εξωτερικό. Η μεταφορά των καυσίμων από το Λαύριο προς τα νησιά για το μαζούτ και από τα διυλιστήρια προς τα νησιά για το ντίζελ πραγματοποιείται με χρονοναυλωμένα από τη ΔΕΗ δεξαμενόπλοια. Το κόστος της μεταφοράς τους το 2016 σύμφωνα με τα επίσημα οικονομικά στοιχεία της ΔΕΗ κυμάνθηκε περίπου στα 500 εκατομ. Ευρω^{xxxviii} το οποίο ναι μεν είναι μικρότερο σε σχέση με άλλες χρονιές λόγω πτώσης τιμής του πετρελαίου αλλά και πάλι είναι πολύ υψηλό.

Το κόστος στους λογαριασμούς της ΔΕΗ στα ελληνικά νοικοκυριά για την χρήση πετρελαίου στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής των ελληνικών μη διασυνδεδεμένων νησιών μέσω Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ) είναι της τάξεως των 700 εκ. ευρώ/χρονο.

⁵ Βάσει της λεγόμενης διαδικασίας της Σεβίλλης, ανά τακτά χρονικά διαστήματα αναθεωρούνται οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) των βιομηχανικών μονάδων και τα αντίστοιχα όρια εκπομπών διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου και σωματιδίων που σχετίζονται με αυτές. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, οι ΒΔΤ αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό των όρων αδειοδότησης μεγάλων μονάδων καύσης (λιγνιτικών, πετρελαϊκών, φυσικού αερίου κ.λπ.).

Τέλος, η μεταφορά των υγρών αυτών καυσίμων, τα οποία συγκαταλέγονται στις έφλεκτες υγρές ουσίες κλάσης 3⁶, πρέπει να πραγματοποιείται μόνο από ειδικά, ή έκτακτα, δρομολόγια Ε/Γ-Ο/Γ που είναι αρμόδια για την μεταφορά επικίνδυνων ειδών^{xxxix} και όχι απ τα κανονικά.

Αυτή τη στιγμή δυο πλοιοκτήτριες εταιρείες, η Creta Cargo Lines και η ΑΙΝΑΦΤΙΣ Ν.Ε. με τα οχηματαγωγά 'ΤΑΛΩΣ', 'ΝΕΑΡΧΟΣ' και 'ΠΕΛΑΓΙΤΗΣ' αντίστοιχα, αναλαμβάνουν την μεταφορά των υγρών καυσίμων στα νησιά του Αιγαίου μετά από σχετικές συμβάσεις που έχουν υπογραφεί με τις πετρελαικές εταιρείες και στις οποίες αναφέρεται το κόστος αλλά και η συχνότητα των δρομολογίων. Η αφετηρία των οχηματαγωγών είναι το λιμάνι του Πειραιά και μια φορά την εβδομάδα μεταφέρουν τα καύσιμα στο κάθε Μη Διασυνδεδεμένο Νησί. Πιο συγκεκριμένα, ο 'ΠΕΛΑΓΙΤΗΣ' κάθε Δευτέρα ξεκινάει από Πειραιά και ανεφοδιάζει τα Χανιά, την Τετάρτη και Παρασκευή την Χίο και την Μυτιλήνη και την Παρασκευή την Λήμνο. Ο 'ΤΑΛΩΣ' κάθε δεύτερη Δευτέρα ξεκινάει από Πειραιά και φτάνει Ρόδο μετά από στάσεις στην Μύκονο και την ΚΩ και κάθε Τετάρτη και Παρασκευή μεταφέρει καύσιμα στα Χανιά. Τις ενδοιάμεσες εβδομάδες ξεκινάει Δευτέρα από Πειραιά και ανεφοδιάζει με καύσιμα τις Κυκλάδες. Τέλος, ο 'ΝΕΑΡΧΟΣ' τις τρεις εβδομάδες του μήνα μεταφέρει καύσιμα στις Κυκλάδες αφού πρώτα περάσει από Λήμνο, Μυτιλήνη και την τέταρτη μεταφέρει στις Κυκλάδες αφού πρώτα κάνει στάσεις σε Ρόδο και ΚΩ. Το κόστος των μεταφορών αυτώ εξαρτάται από τον προορισμό και το βάρος του φορτίου που θα ανεφοδιάσει το εκάστοτε νησί με μαζούτ ή diesel.

Οποιαδήποτε παράβαση του νόμου περί μεταφοράς επικίνδυνων ειδών με ειδικά δρομολόγια μπορεί να προκαλέσει ατυχήματα, ειδικά αν το Ε/Γ-Ο/Γ μεταφέρει ταυτόχρονα και μεγάλο πλήθος πελατών, όπως με τις περιπτώσεις των ΚΝΟSSOS PALACE και Norman Atlantic.

3.5.2 Επέκταση Διασυνδέσεων

Μια εναλλακτική λύση για την ενεργειακή κάλυψη των νησιών θα ήταν η διασύνδεση με την κεντρική Ελλάδα μέσω καλωδίου έτσι ώστε και το σύστημα ηλεκτρισμού θα είναι αξιόπιστο και οι ΥΚΩ στους λογαριασμούς της ΔΕΗ θα μειωθούν.

Πιο χαρακτηριστικά έχουν μελετηθεί 3 σενάρια διασύνδεσης των ΜΔΝ με την Ηπειρωτική Ελλάδα τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω

⁶ Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει υπογραφεί Συμφωνία για την διεθνή μεταφορά επικίνδυνων φορτίων, γνωστή με τη συντομογραφία ADR, η οποία υπογράφηκε στη Γενεύη στις 30/9/1957 και η οποία κατατάσσει τα επικίνδυνα υλικά σε 9 κλάσεις.

Σενάριο 1 Διασύνδεση Κυκλάδων

Το συγκεκριμένο έργο έχει εξεταστεί και προχωρήσει προς υλοποίηση του εδώ και αρκετά χρόνια. Ο αρχικός προϋπολογισμός ήταν 240 εκατ. ευρώ και προβλεπόταν ολοκλήρωση τον Ιούλιο του 2016 και ετήσιο όφελος μετά τη διασύνδεση γύρω στα 100 εκατ. ευρώ, ποσό που θα αφαιρούνταν από τις χρεώσεις ΥΚΩ. Τα έργα ωστόσο καθυστέρησαν, ειδικά αυτά της κατασκευής του υποσταθμού του Λαυρίου αλλά και της Σύρου, ο οποίος θεωρείται καίριας σημασίας. Τα προβλήματα με τον χώρο εναπόθεσης των μπαζών από το έργο στη Σύρο, πάγωσαν τις διαδικασίες.

Σύμφωνα με τελευταίες εκτιμήσεις της Ελληνικής Επιτροπής του Διεθνούς Συμβουλίου των Μεγάλων Ηλεκτρικών Δικτύων με θέμα “Ένα κομβικό έργο ανάπτυξης από τον ΕΣΜΗΕ΄το υποβρύχιο καλώδιο, το οποίο θα συνδέει το Λαύριο με τη Σύρο αναμένεται ότι θα λειτουργήσει το 2018. Παράλληλα, θα τεθεί σε λειτουργία και η διασύνδεση της Σύρου με το δίκτυο της Εύβοιας, μέσω Άνδρου και Τήνου, της Σύρου με τη Μύκονο και της Σύρου με την Παροναξία. Με τη δεύτερη φάση, η οποία πιθανώς θα ολοκληρωθεί την περίοδο 2018-2019, θα κλείσει ο ηλεκτρικός βρόχος που απαρτίζεται από διαδοχικούς κλάδους σχηματίζοντας μία ακριβώς κλειστή διαδρομή., με το κομμάτι Πάρου-Νάξου και Νάξου-Μυκόνου. Θα ακολουθήσει η τρίτη φάση, πιθανώς έως το 2022, με την πόντιση δεύτερου καλωδίου από το Λαύριο στη Σύρο, ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία της διασύνδεσης. Μετά την ολοκλήρωση της διασύνδεσης των Κυκλάδων, οι Αυτόνομοι Σταθμοί Ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν με πετρέλαιο στα νησιά θα τεθούν στη λεγόμενη «ψυχρή εφεδρεία», ώστε να αντιμετωπίζονται έκτακτα περιστατικά, όποτε παραστεί ανάγκη^{x1}.

Σενάριο 2 Διασύνδεση Κρήτης

Στην περίπτωση της Κρήτης τα οφέλη από τη διασύνδεση της αναμένεται ότι θα είναι ακόμη μεγαλύτερα από των Κυκλάδων. Το κόστος του έργου υπολογίζεται σε 1 με 1,5 δισ. ευρώ και αποτελεί τμήμα του Euroasia Interconnector δηλαδή της ηλεκτρικής διασύνδεσης Ισραήλ, Κύπρου και Κρήτης με το ηπειρωτικό σύστημα της Ελλάδας.

Το σημερινό σύστημα της Κρήτης χαρακτηρίζεται από:

- Πολύ υψηλό μεταβλητό κόστος παραγωγής λόγω της χρήσης πετρελαίου στους τοπικούς σταθμούς παραγωγής, το οποίο αντανakλάται σε σημαντικότερη επιβάρυνση των καταναλωτών για κάλυψη των ΥΚΩ (περισσότερα από 300 εκατ. ευρώ ετησίως).
- Μεγάλο ετήσιο ρυθμό αύξησης του φορτίου του νησιού. Είναι αξιοσημείωτο ότι κατά τους θερινούς μήνες η ζήτηση καλύπτεται οριακά από τους τοπικούς σταθμούς.

- Αγκυλώσεις στην αξιοποίηση του πλούσιου τοπικού δυναμικού ΑΠΕ, καθώς η διείσδυσή τους στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής του νησιού περιορίζεται λόγω τεχνικών περιορισμών, κυρίως εξαιτίας σημαντικών ζητημάτων ευστάθειας που μπορεί να δημιουργήσει η υψηλή διείσδυση ΑΠΕ σε ένα αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα.

Η διασύνδεση του νησιού θα μπορούσε να επιλύσει όλα αυτά τα προβλήματα. Ο ΑΔΜΗΕ, στο Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης (ΔΠΑ) του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) για την περίοδο 2017-2026, έχει προγραμματίσει να προχωρήσει τα έργα σε δύο φάσεις, των οποίων η έναρξη και ολοκλήρωση διαρκώς μετατίθεται στο μέλλον.

Η πρώτη φάση, δηλαδή η διασύνδεση Κρήτης-Πελοποννήσου, με βάση τον αρχικό σχεδιασμό πρέπει να λειτουργεί το 2020, ωστόσο ακόμη δεν έχει γίνει ούτε η μελέτη βυθού. Η δεύτερη φάση της διασύνδεσης Κρήτης-Αττικής εκτιμάται ότι θα έχει ολοκληρωθεί το 2024, αν και καθώς δεν έχει ακόμη ξεκινήσει η πρώτη φάση, το χρονοδιάγραμμα δεν κρίνεται ως εφικτό.

Σενάριο 3 Διασύνδεση όλων των ΜΔΝ με την Ηπειρωτική Ελλάδα

Το σενάριο αυτό αφορά μελέτη της Ελληνικής Επιτροπής του Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Δικτύων και χωρίζει το έργο σε 5 φάσεις αρχής γενομένης της διασύνδεσης των νησιών Σύρου, Μυκόνου, Πάρου, Νάξου καθώς και Άνδρου, Τήνου με το Λαύριο σε συνδυασμό με την υφιστάμενη διασύνδεση από Εύβοια (ΚΥΚΛΑΔΕΣ1). Επιπλέον ενισχύεται το το δίκτυο σε δεύτερο στάδιο και διασυνδέονται και τα νησιά Ίος, Σαντορίνη και Μήλος από Πάρο και Σύρο αντίστοιχα. Σε δεύτερη φάση θα διασυνδεθεί η Άνδρος με την Ν. Εύβοια για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας της Ν. Εύβοιας προς την Άνδρο και την Τήνο. Την επόμενη φάση διασυνδέεται η Λήμνος, η Λέσβος και η Χίος και αργότερα η Ικαρία, η Σάμος και τα Δωδεκάνησα. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε με την σύνδεση τους με τα υπόλοιπα νησιά του Β. Αιγαίου είτε με επέκταση του βρόχου Χίου – Κώ και σύνδεση με την Κρήτη. Τέλος διασυνδέονται η Κρήτη με την Ηπειρωτική Ελλάδα απ την νοτιανατολική Πελοπόννησο αλλά και απευθείας απ την Αττική και τα Δωδεκάνησα μέσω της Καρπάθου και της Κάσου όπου θα συνδέσουν ουσιαστικά την Ρόδο με την Κρήτη.

Το συνολικό κόστος του σεναρίου αυτού ανέρχεται περίπου στα 3-4 δις. Ευρω και τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ανα διασύνδεση και ανα τύπο εξοπλισμού.

Πίνακας 10 : Εκτιμώμενο Κόστος Διασυνδέσεων Αιγαίου

Διασύνδεση		Κόστος (Μ€)
Κυκλάδες I	Στάδιο 1	400
	Στάδιο 2	255÷320
Κυκλάδες II		350÷430
Βόρειο Αιγαίο	Σενάριο 1	835÷1035
	Σενάριο 2	1030÷1250
Κρήτη		810÷970
Δωδεκάνησα		480÷585
Συνολικό Κόστος Έργων		3130÷3955

3.5.3 Εξ ολοκλήρου χρησιμοποίηση ΑΠΕ

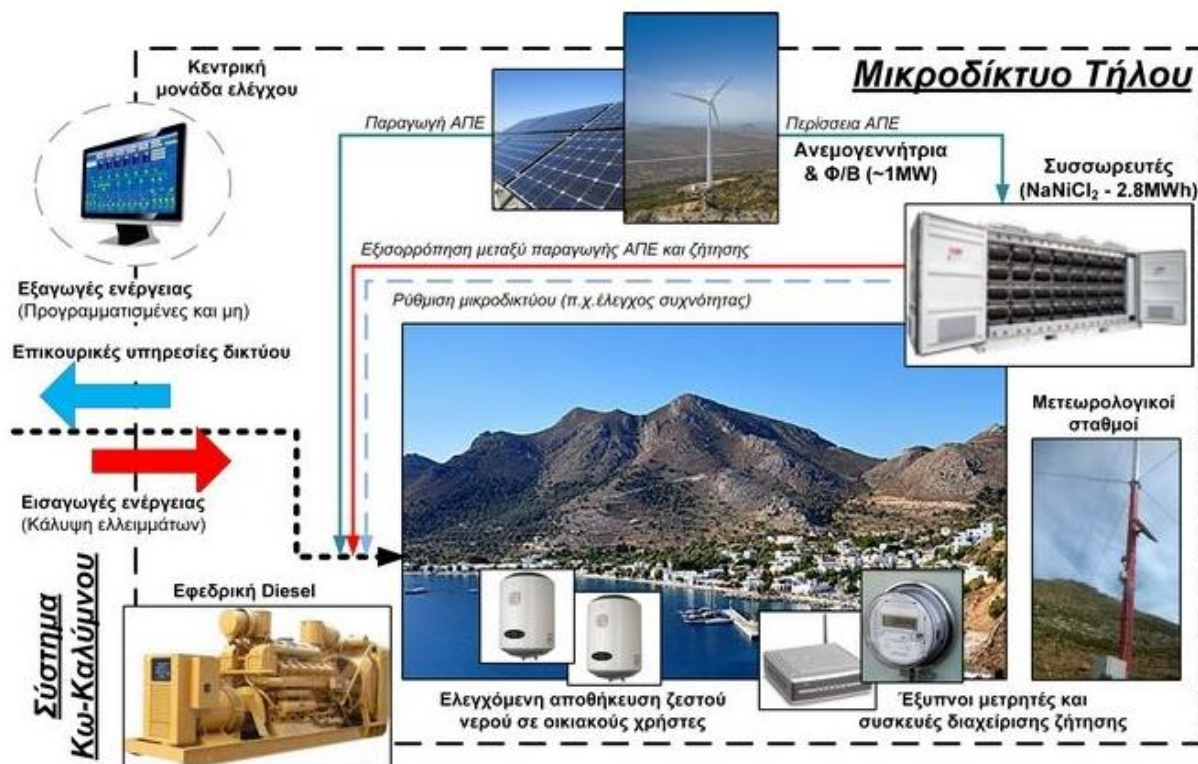
Παράδειγμα της εναλλακτικής λύσης για την χρησιμοποίηση εξ ολοκλήρου ΑΠΕ για την κάλυψη των αναγκών ενός νησιού είναι η Τήλος και το Tilos Project.

Η Τήλος ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Κω-Καλύμνου έχει έκταση 61,487 km² και 829 κατοίκους. Επειδή δεν έχει στην έκταση της αυτόνομο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής παίρνει ηλεκτρικό ρεύμα μέσω υπόγειου υποθαλάσσιου καλωδίου από την Κω. Βασικό πρόβλημα των κατοίκων της Τήλου είναι οι πολύ συχνές και πολύωρες διακοπές ρεύματος που έκαναν τους κατοίκους να στραφούν σε άλλες πηγές ενέργειας.

Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει :

- i. Μια ανεμογεννήτρια ισχύος 800 KW
- ii. Ένα φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 160 KW
- iii. Πρωτότυπο σύστημα μπαταριών NaNiCl_2 2,88 MWh αποθήκευσης περίσσειας ενέργειας απ τις ηλιόλουστες και με ισχυρό αιολικό δυναμικό ημέρες και εξιδεικευμένους μετατροπείς
- iv. “Εξυπνες” συσκευές (DSM) διαχείρισης όπου κάθε νοικοκυριό θα μπορεί να ελέγχει την κατανάλωση τους ανα πάσα στιγμή
- v. Ένα Ενιαίο Σύστημα Διαχείρισης (EMS) που θα ελέγχει ολόκληρο το TILOS PROJECT^{xii}

Στο TILOS PROJECT συμμετέχουν 13 εταιροι από 7 ευρωπαϊκές χώρες, με επικεφαλής το Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ και με συμμετοχή επίσης από ελληνικής πλευράς του ΔΕΔΔΗΕ, της εταιρίας EUNICE, της εταιρίας Eugosol και της περιβαλλοντικής οργάνωσης WWF Ελλάς. Το έργο ύψους 15 εκατομμυρίων ευρώ χρηματοδοτείται σε μεγάλο βαθμό από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (11 εκατομμύρια από την Επιτροπή και 4 από ιδιώτες).



Εικόνα 21 : Tilos Project

Αρχικά προβλέπεται η κάλυψη των αναγκών του νησιού, κατά ελάχιστο σε ποσοστό 60%-70% και στη συνέχεια στο 100% με τη δυνατότητα, τις καλές μέρες να υπάρχει και περίσσειμα. Από την ολοκλήρωση του σχεδίου

προβλέπεται εξοικονόμηση της τάξης των 350.000 ευρώ ετησίως (κόστος ηλεκτροπαραγωγής).

Παρ όλα αυτά το αυξημένο αρχικό κόστος επένδυσης, στοχαστική συμπεριφορά της πηγής ενέργειας και το κόστος των μπαταριών είναι κάποια αρνητικά της συγκεκριμένης λύσης.

3.5.4 Κυψέλες Καυσίμου

Το υδρογόνο (H₂) υπάρχει σχεδόν παντού, αλλά δυστυχώς είναι δύσκολο να βρεθεί στη φύση ως ξεχωριστό στοιχείο, αντ' αυτού συνδέεται με χημικό δεσμό με το οξυγόνο στο νερό και με τον άνθρακα σε υδρογονάνθρακες. Το υδρογόνο που υφίσταται δεσμευμένο στο νερό και σε οργανικές ενώσεις αποτελεί περισσότερο από το 70% της γήινης επιφάνειας (Dunn, 2002). Αυτό το άχρωμο, άοσμο, και άγευστο χημικό στοιχείο αποτελεί μία χρήσιμη "πρώτη ύλη" για ποικίλες βιομηχανικές δραστηριότητες και ένα σημαντικότερο καύσιμο που επαρκεί να τροφοδοτήσει το σύνολο των δραστηριοτήτων της κοινωνίας, από τις ανάγκες για ηλεκτρικό στα σπίτια, στις επιχειρήσεις, στη βιομηχανία ακόμα και ως καύσιμο στις μεταφορές.

Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από μία ποικιλία ευρέως διαθέσιμων πρώτων υλών συμπεριλαμβανομένων των διάφορων ορυκτών καυσίμων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με χρήση διαφορετικών τεχνολογιών ανά περίπτωση:

- ορυκτά καύσιμα (αναμόρφωση του φυσικού αερίου, αεριοποίηση άνθρακα),
- ανανεώσιμη και πυρηνική ενέργεια (διεργασίες αξιοποίησης της βιομάζας, φωτο-ηλεκτρόλυση, βιολογική παραγωγή, διάσπαση του νερού σε υψηλή θερμοκρασία), και
- ηλεκτρική ενέργεια (ηλεκτρόλυση του νερού) (Momirolan *et al*, 2002).

Το φυσικό αέριο αποτελεί μία ιδανική, από οικονομική άποψη, πρώτη ύλη για την παραγωγή υδρογόνου, επειδή είναι ευρέως διαθέσιμο, είναι εύκολο να διαχειριστεί και έχει υψηλή αναλογία υδρογόνου-άνθρακα, η οποία ελαχιστοποιεί το σχηματισμό CO₂ ως παραπροϊόν. Το υδρογόνο σήμερα μπορεί να παραχθεί από το φυσικό αέριο χρησιμοποιώντας τις παρακάτω διεργασίες:

- Αναμόρφωση με ατμό (αναμόρφωση του μεθανίου με ατμό, SMR)
- Μερική οξείδωση (POX)
- Αυτόθερμη αναμόρφωση (ATR).

Και στις τρεις διεργασίες στόχος είναι ένα μόριο Φ.Α., το οποίο αποτελείται από άνθρακα (C) και υδρογόνο (H) να διαχωριστεί. Συγκεκριμένα διαχωρίζονται ο άνθρακας με το υδρογόνο και ο μεν άνθρακας αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο βέβαια είναι λιγότερο από ότι εκπέμπεται απ τους αεριοστρόβιλους ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, το δε υδρογόνο εισέρχεται σε μια κυψέλη καυσίμου και ενώνεται με το οξυγόνο (O₂) και παράγουν νερό (H₂O), θερμότητα και ηλεκτρισμό.

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες εναλλακτικές τεχνικές παραγωγής όμως, καμία από αυτές με τα σημερινά δεδομένα δεν θεωρείται εμπορική.

Τέλος, για να κερδίσει ένα σημαντικό μερίδιο της αγοράς ενέργειας κατά τη διάρκεια των ερχόμενων δεκαετιών θα πρέπει το κόστος παραγωγής, διανομής και τελικής χρήσης του υδρογόνου να μειωθούν σημαντικά, και να τεθούν σε ισχύ αποτελεσματικές πολιτικές για αύξηση της απόδοσης, μείωση των εκπομπών του CO₂ και βελτίωση του ενεργειακού εφοδιασμού και της σχετιζόμενης ασφάλειας. Το κόστος παραγωγής H₂ πρέπει να μειωθεί κατά 3 έως 10 φορές (ανάλογα με την τεχνολογία και την διεργασία). Συγχρόνως τα κίνητρα μείωσης των εκπομπών σε 17–33 €/tCO₂ (ανάλογα με την τιμή των ορυκτών καυσίμων) θα βοηθούσαν να καταστήσουν το καύσιμο H₂ ανταγωνιστικότερο οικονομικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η αύξηση των εκπομπών κατά τη διάρκεια των ερχόμενων δεκαετιών θα μπορούσε να μειωθούν σημαντικά ώστε οι αναμενόμενες εκπομπές το 2050 να έχουν ελαττωθεί κατά το ήμισυ^{xlii}.

3.5.5 Παραγωγή Ενέργειας από καύση Βιομάζας

Όσο περνούν τα χρόνια λόγω των αρκετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχει η καύση των ορυκτών καυσίμων έχουν στρέψει τους ανθρώπους σε αναζήτηση πιο ‘καθαρής’ ενέργειας όπως είναι η καύση βιομάζας.

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την

ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1450/2013 "βιομάζα" είναι οποιοδήποτε από τα ακόλουθα:

- A) προϊόντα που αποτελούνται από οποιαδήποτε φυτική ύλη, προερχόμενη από τη γεωργία ή τη δασοκομία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο προκειμένου να ανακτηθεί το ενεργειακό της περιεχόμενο,
- B) τα εξής απόβλητα:
- φυτικά απόβλητα της γεωργίας ή της δασοκομίας,
 - φυτικά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, εφόσον ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα,
 - ινώδη φυτικά απόβλητα από την παραγωγή παρθένου χαρτοπολτού και την παραγωγή χαρτιού από χαρτοπολτό, εφόσον για τα απόβλητα αυτά εφαρμόζεται διαδικασία συν-αποτέφρωσης στον τόπο παραγωγής και ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα,
 - απόβλητα φελλού, και
 - απόβλητα ξύλου εκτός από τα απόβλητα ξύλου που ενδέχεται να περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα ως αποτέλεσμα επεξεργασίας με συντηρητικά ξύλου ή επίστρωσης, και τα

οποία περιλαμβάνουν ιδίως απόβλητα ξύλου προερχόμενα από οικοδομές και κατεδαφίσεις.

Στα θετικά της χρήσης βιομάζας είναι

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.
5. Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Στα αρνητικά όμως, και τα οποία καθιστά την λύση της καύσης βιομάζας αρκετά δύσκολη και κοστοβόρα, συγκαταλέγονται τα ακόλουθα

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

3.5.6 Ένωση νησιών με αγωγούς Φυσικού Αερίου

Όπως είδαμε και στο σχήμα 1 της ενότητας 1.3 για μικρές αποστάσεις η σύνδεση των νησιών με υποθαλάσσιους αγωγούς φυσικού αερίου είναι λιγότερο δαπανηρή απ τους υπόλοιπους τρόπους μεταφοράς του. Κάτι τέτοιο θα ήταν αποδοτικό στην περιοχή των Κυκλάδων όπου οι αποστάσεις των νησιών είναι πολύ πιο κάτω απ τα 1000km. Αν συνυπολογίσουμε και τον αγωγό EAST MED, που έχει προγραμματιστεί και θα ολοκληρωθεί κάποια στιγμή στο μέλλον και θα ενώνει το Ισραήλ, την Κύπρο και την Κρήτη, τότε θα μπορούσαμε με αγωγό απ την Κρήτη να τροφοδοτήσουμε με φυσικό αέριο τα υπόλοιπα νησια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους.

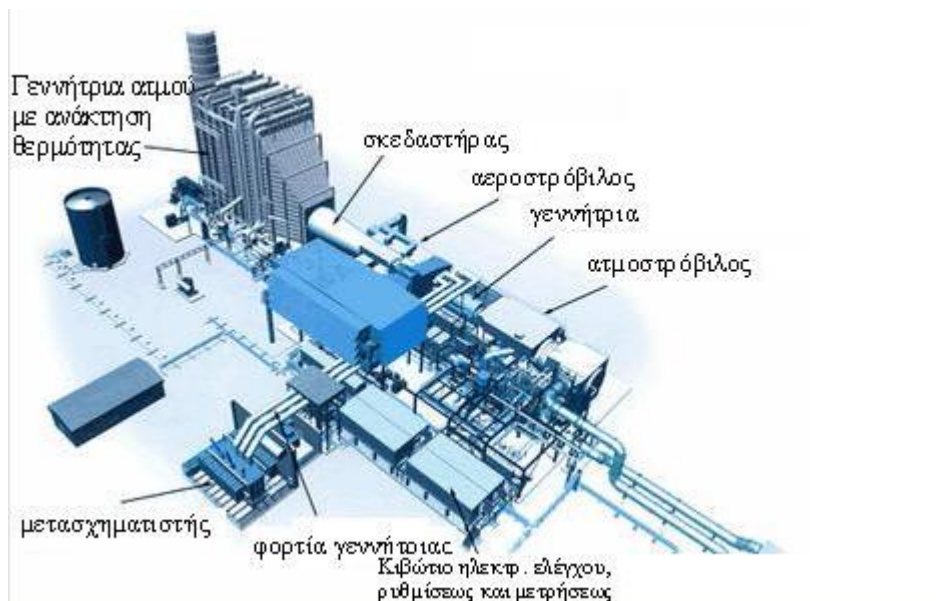
Ένα τέτοιο project όμως περιλαμβάνει αρκετά χρόνια μελέτης και κατασκευής των αγωγών κάτι που για την ώρα δεν μπορούμε να αναλύσουμε περαιτέρω.

3.5.7 Μονάδες Φυσικού Αερίου

Θα μπορούσαμε να παράγουμε ηλεκτρισμό με νέες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη το φυσικό αέριο και να ‘παροπλίσουμε’ τους ήδη υπάρχοντες που χρησιμοποιούν πετρέλαιο και να βρίσκονται σε κατάσταση εφεδρείας προς κάλυψη του φορτίου αιχμής.

Πιο χαρακτηριστικά υπάρχουν δύο τύποι εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο:

- (1) αεριοστρόβιλοι συνδυασμένου κύκλου και
- (2) αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου



Εικόνα 22 : Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου από Φυσικό Αέριο

Στην τεχνολογία αεροστροβίλων ανοιχτού κύκλου το με φυσικό αέριο αναμειγνύεται με τον αέρα και τροφοδοτεί ένα αεριοστρόβιλο, που στην η οποία στη συνέχεια θέτει σε κίνηση μια ηλεκτρογεννήτρια.

Η τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου κάνει τα ίδια, αλλά χρησιμοποιεί τη θερμότητα από τα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου για να παράγει ατμό. Ο ατμός στην συνέχεια θέτει σε κίνηση ένα ατμοστρόβιλο και δεύτερη ηλεκτρογεννήτρια (παράγοντας διπλάσια ηλεκτρικής ενέργειας με το ίδιο το κόστος καυσίμων).

Το ποσό της ενέργειας που παράγεται και από τις δυο τεχνολογίες αεριοστρόβιλων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες. Η ποσότητα του καυσίμου που μπορεί να καεί αποτελεσματικά εξαρτάται από την θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία του αέρα με τον οποίο αναμειγνύεται. Γενικά, όσο πιο κρύος είναι ο καιρός τόσο πιο αποτελεσματική είναι η μονάδα. Οι αεροστρόβιλοι συνδυασμένου κύκλου μπορεί να είναι πάνω από 50% αποδοτικοί στην μετατροπή του φυσικού αερίου σε ηλεκτρισμό, σε σύγκριση με περίπου 33% που ισχύει για τους ατμοστρόβιλους (που χρησιμοποιούνται στο λιθάνθρακα). Ο ατμός που χρησιμοποιείται για την περιστροφή του ατμοστρόβιλου κατευθύνεται σε ένα συμπυκνωτή, όπου με την ψύξη ξαναγίνεται νερό για να επαναχρησιμοποιηθεί στους λέβητες. Για αυτό το σκοπό (ψύξη των ατμών) 10.000 λίτρα θαλασσινού νερού ανά δευτερόλεπτο αντλούνται στο συμπυκνωτή. Το θαλασσινό νερό επανα-ψύχεται σε πύργους ψύξης και ρίχνετε πίσω στην θάλασσα σε θερμοκρασία δύο βαθμών C πάνω από την αρχική του θερμοκρασία

Η Κατασκευή μια μονάδας Φ.Α χρειάζεται 27-30 μήνες και κοστίζει 500 με 600 Ευρώ για κάθε κιλοβάτ που θα μπορεί να παράγει (δηλαδή κατασκευή ενός εργοστασίου Φ.Α. 400 MW κοστίζει 200 με 240 εκατ. Ευρώ). Η ζωή μιας τέτοιας μονάδας είναι 20 χρόνια.^{xliii}

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από την καύση φυσικού αερίου είναι χαμηλότερες από την καύση λιθάνθρακα και πετρελαίου. Σε σύγκριση με τον λιθάνθρακα, το φυσικό αέριο εκπέμπει 43% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα για κάθε μονάδα ενέργειας που παράγει, και 30% λιγότερο CO₂ από το πετρέλαιο. Η καύση του φυσικού αερίου εξακολουθεί να παράγει οξείδια του αζώτου, που είναι η κύρια πηγή τροποσφαιρικού νέφους και όξινης βροχής.

Συγκεκριμένα το φυσικό αέριο εκπέμπει λιγότερο από το ένα τρίτο οξείδια του αζώτου, και 1% τα οξείδια του θείου που εκπέμπουν οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με λιθάνθρακα. Το φυσικό αέριο δεν παράγει στερεά απόβλητα, σε αντίθεση με τα τεράστια ποσά της τέφρας του λιθάνθρακα, και ελάχιστο διοξείδιο του θείου, ενώσεις υδραργύρου και αιωρούμενα σωματίδια.

Οι μέσες τιμές των εκπομπών από την χρήση φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή είναι: 516 κιλά διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh, 50 γραμμάρια διοξείδιο του θείου ανά MWh, και 770 γραμμάρια οξείδια του αζώτου ανά MWh. Το μεθάνιο, το πρωτεύον συστατικό του φυσικού αερίου είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου. Εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, όταν το φυσικό αέριο δεν καίγεται πλήρως ή από διαρροές και απώλειες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του. Το φυσικό αέριο (μεθάνιο) είναι από μόνο του ένα πολύ ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, 58 φορές πιο επικίνδυνο από το διοξείδιο του άνθρακα στην παγίδευση θερμότητας. Πληροφοριακά, οι συγκεντρώσεις μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί οκτώ φορές ταχύτερα από ό, τι το διοξείδιο του άνθρακα (που η συγκέντρωση του έχει διπλασιαστεί από την έναρξη της βιομηχανικής περιόδου). Η χρήση του φυσικού αερίου αντιπροσωπεύει περίπου το 10% του συνόλου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η καύση του φυσικού αερίου στους αεριοστρόβιλους (τεχνολογία ανοιχτού κύκλου) απαιτεί ελάχιστο νερό. Ωστόσο, η καύση του φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου απαιτεί νερό για την ψύξη. Όταν οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απορροφούν νερό από λίμνες ή ποτάμια, μπορεί να σκοτώσουν ψάρια και τα άλλα υδρόβια ζώα, και να επηρεάσουν τα ζώα και τους ανθρώπους που εξαρτώνται από αυτούς τους υδάτινους πόρους. Οι αεριοστρόβιλοι καύσης δεν παράγουν λύματα. Ωστόσο, οι ρύποι και θερμότητα συσσωρεύονται στο νερό που χρησιμοποιείται στους λέβητες φυσικού αερίου στα συστήματα συνδυασμένου κύκλου. Όταν οι εν λόγω ρύποι και θερμότητα φτάσουν ορισμένα επίπεδα, το νερό συχνά

απορρίπτεται σε λίμνες ή ποτάμια. Αυτή η απόρριψη του νερού σε πολλές χώρες συνήθως απαιτεί άδεια και είναι υπό συνεχή έλεγχο.

Η αμερικανική υπηρεσία περιβαλλοντικής προστασίας (EPA) εκτιμά ότι οι κίνδυνοι για καρκίνο από την καύση φυσικού αερίου είναι κατά πολύ χαμηλότεροι από τους κινδύνους για καρκίνο από την καύση πετρελαίου ή λιθάνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή. Σύμφωνα με την ίδια υπηρεσία οι μονάδες φυσικού αερίου παράγουν ελάχιστες ποσότητες (για να είναι βλαβερές) αρσενικού, μόλυβδου, υδράργυρου και νικελίου που είναι καρκινογόνες ή τοξικές ουσίες.^{xliv}

3.5.8 Μετατροπή Θερμοηλεκτρικών Σταθμών ως προς το καύσιμο

Μια ακόμα λύση για την μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων είναι η μετατροπή των υφιστάμενων θερμικών σταθμών ώστε να τροφοδοτούνται με καύσιμο φυσικό αέριο. Όπως είπαμε στην προηγούμενη ενότητα το κόστος κατασκευής μιας καινούριας μονάδας φυσικού αερίου ανέρχεται στα 500 Ευρω / KW ενώ προσεγγιστικά το να μετατραπεί μια μονάδα που καίει μαζούτ ή diesel έχει κόστος 50-100 Ευρώ / KW^{xlv} κάτι το οποίο οικονομικά συμφέρει.

Η μετατροπή ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής δεν έχει μόνο οικονομικά οφέλη αλλά και περιβαλλοντικά. Οι εκπομπές των ρύπων CO₂ απ την πλήρη χρησιμοποίηση φυσικού αερίου και όχι ορυκτών καυσίμων λόγω της μετατροπής θα έχει μια μείωση της τάξης του 50-60%.

Περίπτωση Κρήτης

Η Κρήτη έχει θερμικούς σταθμούς στην Ξυλοκαμάρα Χανίων, στα Λινοπεράματα και στον Αθρινόλακκο Ηρακλείου των οποίων το μέσο ετήσιο κόστος παραγωγής κυμαίνεται στα 0,0856 ευρώ/KWh με περίπου 1.911.927 τόνους ρύπων CO₂ και κόστος συντήρησης τα 0,018 ευρώ/KWh. Η μετατροπή των σταθμών αυτών θα κόστιζε 30 εκατ. Ευρω, τα έξοδα συντήρησης 0,009 Ευρώ / KWh και η ρύποι CO₂ θα μειώνονταν στα 707,668 τόνους, δηλαδή πτώση 63%. Η εισαγωγή όμως του φυσικού αερίου στην Κρήτη θα πρέπει να γίνει με την μορφή του LNG απ την στιγμή που δεν υπάρχουν υποθαλάσσιοι

αγωγοί και αυτό απαιτεί ειδικές εγκαταστάσεις αεριοποίησης του καυσίμου καθώς και δεξαμενές. Το κόστος των εγκαταστάσεων αυτών αγγίζει τα 500 εκατ. Ευρω. Το μέσο ειδικό κόστος εκπομπής ρύπων για το υφιστάμενο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη προκύπτει από το Φ.Ε.Κ. 1683B/17-11-2006^{xlvi} ίσο με 0,00078 Ευρω /kWh αλλά με την προϋπόθεση της κατά 60% μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων CO₂ το κόστος αυτό θα διαμορφωθεί σε 0,000312 Ευρω / kWh της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.^{xlvii} Οι εκτιμήσεις αυτές οδηγούν στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 11 : Συνολικά μέσα ετήσια ειδικά κόστη παραγωγής και συνολική εξοικονόμηση χρημάτων με την εισαγωγή φυσικού αερίου στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στην Κρήτη

	Υφιστάμενο σύστημα	Σύστημα φυσικού αερίου
Ειδικό κόστος αγοράς καυσίμων και ενέργειας από Α.Π.Ε. (€/kWh)	0,0856	0,0741
Ειδικό κόστος συντήρησης μονάδων (€/kWh)	0,0180	0,0090
Ειδικό κόστος εκπομπής ρύπων (€/kWh)	0,0008	0,0003
Συνολικό ετήσιο ειδικό κόστος παραγωγής (€/kWh)	0,1044	0,0834
Συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	3.100.746	3.096.868
Συνολικό ετήσιο κόστος παραγωγής (€·10 ⁶)	323,656	258,316
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€·10 ⁶)	65,340	

Όπως παρατηρούμε απ τον παραπάνω πίνακα η εξοικονόμηση χρημάτων λόγω της μετατροπής των θερμικών σταθμών σε σταθμούς φυσικού αερίου είναι 65 εκατ. Ευρω όταν η κατασκευή μόνο των εγκαταστάσεων του LNG είναι περίπου 500 εκατ. Ευρω. Κατά συνέπεια, η εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής των αρχικών κεφαλαίων προκύπτει μεγάλη, ακόμα κι αν θεωρήσουμε ότι το κόστος συντήρησης των μονάδων και η απόδοσή του δεν επηρεάζεται αρνητικά με το πέρασμα των χρόνων. Επιπλέον, σχετική προγενέστερη μελέτη^{xlviii} έχει δείξει ότι η επέκταση του φυσικού αερίου για παραγωγή θερμικής ισχύος σε οικιακή χρήση θα απαιτήσει δυσανάλογα μεγάλης έκτασης και κόστους έργα υποδομής, σε σχέση με τη συνεπαγόμενη αύξηση της ετήσιας καταναλισκόμενης ποσότητας φυσικού αερίου. Άρα ως επένδυση, στο σύνολό της, παρουσιάζει ακόμα χειρότερους οικονομικούς δείκτες.

3.5.9 Μεταφορά LNG μέσω ISO Tanks

Ένας άλλος τρόπος για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων ενός νησιού που ανήκει στα ΜΔΝ είναι μέσω ειδικών containers τα οποία μπορούν και μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο. Τα container αυτά τα οποία έχουν την τεχνολογία μίας σταθερής δεξαμενής που αποθηκεύει υγροποιημένο φυσικό αέριο εισάγουν το καύσιμο από ειδικούς τερματικούς σταθμούς και με κατάλληλο τρόπο το μεταφέρουν προς κατανάλωση, αφού πρώτα προηγηθεί η διαδικασία της αεριοποίησης του καυσίμου. Η ανάλυσή τους ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο

3.6 LNG Containers

Τα LNG Containers είναι ειδικά κρυογενικά δοχεία τα οποία μπορούν εύκολα και με ασφάλεια να μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο μέσω πλοίων, σιδηροδρόμων αλλά και μέσω δρόμων με κατάλληλα φορτηγά.



Εικόνα 23 : LNG Container



Εικόνα 24 : LNG Container





Εικόνα 25 : Τρόποι μεταφοράς LNG Container

Ένα κρυογενικό δοχείο (ISO Tank) έχει την τεχνολογία να κρατάει την θερμοκρασία στο εσωτερικό του στους -162°C στην αρχή έτσι ώστε το φυσικό αέριο να είναι σε υγροποιημένη μορφή και τις κατάλληλες μονώσεις στο περίβλημα του για να πετυχαίνει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη παραμονή του

καυσίμου στο εσωτερικό του. Πιο αναλυτικά, η κάθε δεξαμενή (container) ανάλογα με την τεχνολογία της μπορεί αντέξει στο εσωτερικό της μια μέγιστη τιμή πίεσης (MAWP) πάνω απ την οποία το αέριο που έχει εξατμιστεί απ το LNG στο εσωτερικό της δεξαμενής πρέπει να εκτονωθεί στο περιβάλλον μέσω μιας ειδικής βαλβίδας (PRV). Στο υγροποιημένο φυσικό αέριο κάθε μέρα εξατμίζεται περίπου το 0,1-0,25 % της ποσότητάς του και έτσι ανάλογα με την τεχνολογία της δεξαμενής και του MAWP προκύπτουν οι μέρες συνολικά μετά απ τις οποίες θα έχουμε ελεγχόμενη διαρροή καυσίμου απ τις PRV και ονομάζονται Holding Time Days.

Ένα Container κυκλοφορεί στο εμπόριο συνήθως σε δύο μεγέθη 20ft και 40ft. Τα μεγέθη και χαρακτηριστικά των δεξαμενών ποικίλουν ανάλογα την εταιρεία κατασκευής. Για την παρούσα εργασία θα χρησιμοποιήσουμε τις δεξαμενές της εταιρείας CHART.

Τα χαρακτηριστικά ενός 20ft είναι ότι έχει χωρητικότητα περίπου 20000 λίτρα σε LNG, μήκος 6 μέτρα και ύψος 2,59 μέτρα. Ανάλογα με το MAWP οι holding time days κυμαίνονται από περίπου 45 έως 75 μέρες.

Αντιστοίχα για ένα container 40ft η χωρητικότητά του είναι στα 43500 λίτρα LNG με μήκος 12 μέτρα και ύψος 2,59 μέτρα. Οι holding time days είναι από 53 έως 65 ημέρες.

20 ft. TVAC® - EN - Pressure Transfer											
Model	Gross Gal	Capacity L	MAWP psig bar	Width in mm	Length in mm	Height in mm	Tare lbs	Weight kg	Hold Time Days (LNG)	Evaporation LNG%/day	
ICC-20-P-10	5,381	20,370	145 10	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	14,606	34,000	52	.25	
ICC-20-P-18	5,326	20,160	261 18	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	17,802	34,000	68	.25	
ICC-20-P-24	5,305	20,080	348 24	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	19,897	34,000	75	.25	

20 ft. TVAC® - ASME/DOT - Pressure Transfer											
Model	Gross Gal	Capacity L	MAWP psig bar	Width in mm	Length in mm	Height in mm	Tare lbs	Weight kg	Hold Time Days (LNG)	Evaporation LNG%/day	
ICC-54-P-100	5,384	20,380	100 6.9	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	14,606	34,000	44	.25	
ICC-54-P-150	5,379	20,360	150 10.3	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	16,755	34,000	54	.25	
ICC-53-P-180	5,326	20,160	180 12.4	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	17,802	34,000	59	.25	
ICC-53-P-230	5,326	20,160	230 15.9	96 2,438	238.5 6,058	102 2,591	19,897	34,000	65	.25	

40 ft. TVAC® - EN - Pressure Transfer											
Model	Gross Gal	Capacity L	MAWP psig bar	Width in mm	Length ft m	Height in mm	Tare lbs	Weight kg	Hold Time Days (LNG)	Evaporation LNG%/day	
TVS-43-PB-10/LNG	11,492	43,500	145 10	96 2,438	40 12.2	102 2,591	25,353	11,500	65	.20	

40 ft. TVAC® - ASME - Pressure Transfer											
Model	Gross Gal	Capacity L	MAWP psig bar	Width in mm	Length ft m	Height in mm	Tare lbs	Weight kg	Hold Time Days (LNG)	Evaporation LNG%/day	
ICC-115-P-100	11,492	43,500	100 6.9	96 2,438	40 12.2	102 2,591	25,353	11,500	53	.20	

Εικόνα 26 : Χαρακτηριστικά CHART LNG Containers^{xlix}

3.7 LNG Containers Project στα Ελληνικά Νησιά

Στην παρούσα ενότητα θα εξετάσουμε την περίπτωση της μεταφοράς LNG δεξαμενών μέσω πλοίων έτσι ώστε να καλύψουμε τις ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων. Σημαντικό ρόλο στους υπολογισμούς παίζει η ενέργεια που μπορεί να αποδώσει το φυσικό αέριο ανάλογα με την ποσότητά του.

3.7.1 Θερμογόνος Δύναμη Φυσικού Αερίου

Θερμογόνος δύναμη (ή θερμότητα καύσης) του φυσικού αερίου ορίζεται ως η θερμότητα που εκλύεται κατά την πλήρη καύση της μονάδας μάζας αφυδατωμένου φυσικού αερίου με καθαρό οξυγόνο σε πίεση 0.101325 MPa. Η αρχική θερμοκρασία του φυσικού αερίου και του οξυγόνου είναι 25 °C. Τα προϊόντα της καύσης ψύχονται στην ίδια θερμοκρασία. Κατά τον προσδιορισμό της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (GHV), όλο το παραγόμενο νερό κατά την καύση συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή. Για τον προσδιορισμό της κατώτερης θερμογόνου δύναμης (NHV), όλο το νερό που παράγεται κατά την καύση παραμένει στην αέρια φάση. Η Διαφορά της ανώτερης από την κατώτερη θερμογόνου δύναμη είναι η λανθάνουσα θερμότητα (ενθαλπία) συμπύκνωσης του νερού¹.

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι προδιαγραφές και η θερμογόνος δύναμη των τριών τύπων φυσικού αερίου που προμηθεύεται η χώρα μας, απ την Ρωσία, την Αλγερία και την Τουρκία αντίστοιχα.

Πίνακας 12 : Θερμογόνος Δύναμη και προδιαγραφές Φ.Α.ⁱⁱ

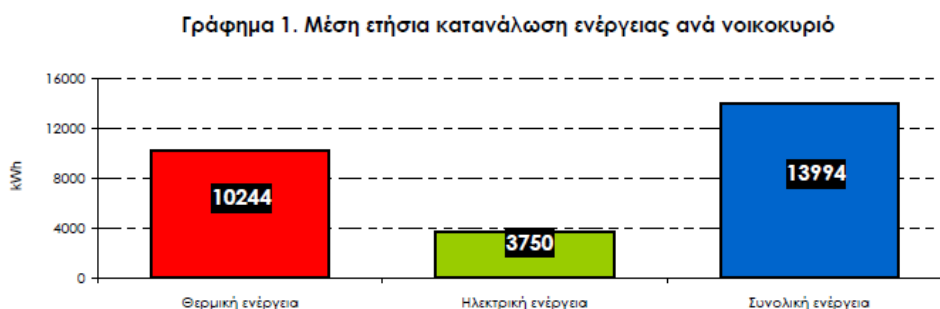
Α/Α	Συστατικό ή ιδιότητα	Ρωσικό Φ.Α.		Αλγερινό Φ.Α.		Τουρκικό Φ.Α.	
		min%	max%	min%	max%	min%	max
1	Μεθάνιο (CH ₄)	85,00	-	85,65	96,60	82,0	-
2	Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	-	7,00	3,2	8,50	-	12,0
3	Προπάνιο (C ₃ H ₈)	-	3,00	0	3,00	-	4,0
4	Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	-	2,00	0	0,70	-	2,5
5	Ισοβουτάνιο (i C ₄ H ₁₀)	-	-	0	0,52	-	-
6	Πεντάνιο (C ₅ H ₁₂)	-	1,00	0	0,23	-	1,0
7	CO ₂	-	3,00	-	-	-	3,0
8	N ₂	-	5,00	0,2	1,40	-	5,5
9	O ₂	-	0,02	-	-	-	0,15
10	H ₂ S	-	5mg/m ³	-	0,83mg/m ³	-	5,1 mg/Scm
11	S μερκαπτανών	-	15mg/m ³	-	2,3mg/m ³	-	15,3mg/Scm
12	Ολικό θείο	-	60mg/m ³	-	30mg/m ³	-	70mg/Scm
13	Α.Θ.Δ.	8.600 kcal/m ³	9.200 kcal/m ³	9.640 kcal/m ³	10.650 kcal/m ³	8.100 kcal/Scm	10.427 kcal/Scm
14	Δείκτης Wobbe	10.850	12.000	-	-	10.465 kcal/Scm	13.000 kcal/Scm
15	Σημείο δρόσου για υδρογονάνθρακες	-	0°C	-	-	-	0°C
16	Σημείο δρόσου για νερό	-	-8°C	-	-	-	0°C

Σημείωση: Για το ρωσικό Φ.Α. το m³ και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (Α.Θ.Δ.) ορίζονται στους 20°C και η πίεση στα 1,01325 bar, για το αλγερινό Φ.Α. το m³ και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη ορίζονται στους 0°C και πίεση στα 1,01325 bar και για το τουρκικό Φ.Α. το m³ και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη ορίζονται στους 15°C και η πίεση στα 1,01325 bar.

3.7.2 Κατανάλωση Ενέργειας ανά άτομο ανά ημέρα

Στην Ελλάδα μετά από έρευνα που διενήργησε η Ελληνική Στατιστική Αρχή για την κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυρια συλλέχθηκαν πληροφορίες αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας και τα επίπεδα κατανάλωσης για διαφορετικές χρήσεις (θέρμανση – ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός κ.α.) στον οικιακό τομέα, καθώς και τις ποσότητες και τα είδη των χρησιμοποιούμενων καυσίμων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5 : Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανα νοικοκυριό

Επιπρόσθετα, από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε η κατανομή της μέσης ετήσιας συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας κατά το χρησιμοποιούμενο καύσιμο καθώς και κατά το είδος χρήσης. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα εμφανίζονται στους ακόλουθους πίνακες

Πίνακας 13 : Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου

Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου	
Πετρέλαιο Θέρμανσης	44,1
Φυσικό αέριο	5,4
Τηλεθέρμανση	0,5
Κηροζίνη	0,3
Πυρήνας	0,3
Υγραέριο	1,8
Καυσόξυλα	17,4
Πελλέτες (Συσσωματώματα ξύλου)	0,5
Θερμική Ενέργεια (από Θερμικά Ηλιακά Συστήματα)	2,9
Ηλεκτρισμός	26,8
Σύνολο	100,0

Πίνακας 14 : Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση

Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση	
Θέρμανση χώρων	63,7
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)	5,7
Μαγείρεμα	17,3
Ψύξη Χώρων	1,3
Φωτισμός	1,7
Συσκευές (ηλεκτρικές/ηλεκτρονικές)	10,2
Σύνολο	100,0

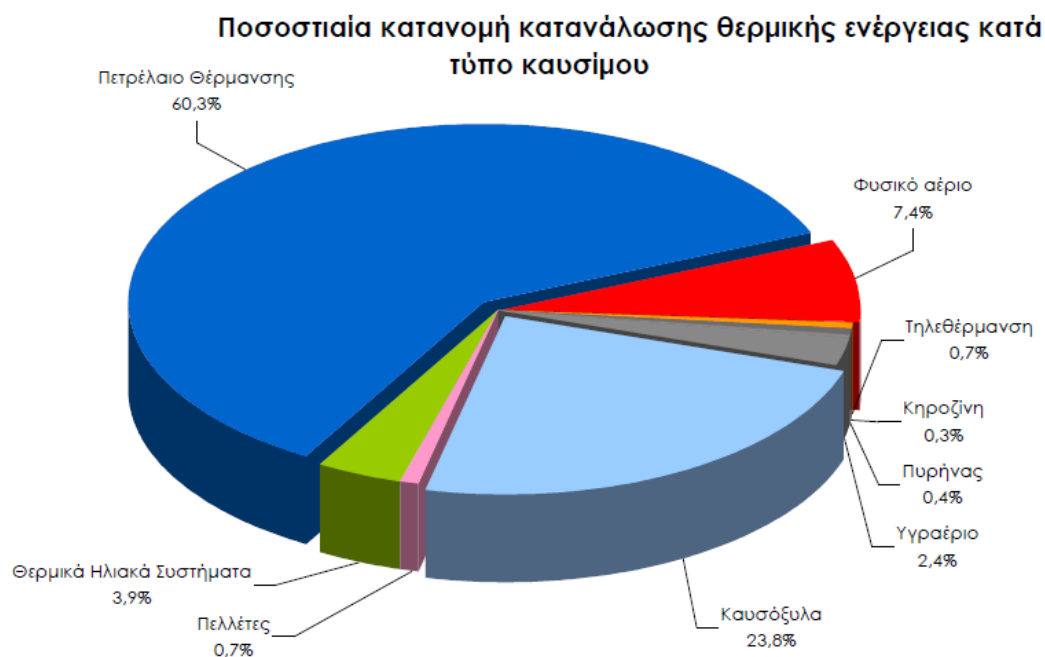
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι ανάγκες ενός νοικοκυριού για θέρμανση χώρων και μαγείρεμα αποτελούν το 81% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειάς του, ενώ συνολικά για την κάλυψη των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του καταναλώνει πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρισμό σε ποσοστό 44,1% και 26,8 %, αντίστοιχα.

Η θερμική ενεργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται κυρίως από μετατροπή ενέργειας (π.χ. καύση καυσίμου) μέσα στο νοικοκυριό (π.χ. υγραέριο για μαγείρεμα ή πετρέλαιο για θέρμανση) ή σε κάποιο απομακρυσμένο σταθμό (π.χ.ηλεκθέρμανση), καθώς και η πρωτογενής παραγωγή (π.χ. ενέργεια που παράγεται από ηλιακό θερμοσίφωνα για ZNX. Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανα νοικοκυριό, όπως είδαμε και στο γράφημα 1 είναι 10244 KWh. Σε ποσοστό 85,9% η θερμική ενέργεια που καταναλώνεται είναι για τη κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των κατοικιών. Αναλυτικά, η κατανομή αυτής της θερμικής ενέργειας κατά τελική χρήση παρουσιάζεται στον πίνακα 10 που ακολουθεί

Πίνακας 15 : Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανα νοικοκυριό

Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά νοικοκυριό - Ποσοστιαία (%) κατανομή κατά τελική χρήση	
Τύπος τελικής χρήσης	%
Θέρμανση χώρου	85,9
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)	4,4
Μαγείρεμα	9,7
Σύνολο	100,0

Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας κατά τύπο καυσίμου παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6 που ακολουθεί

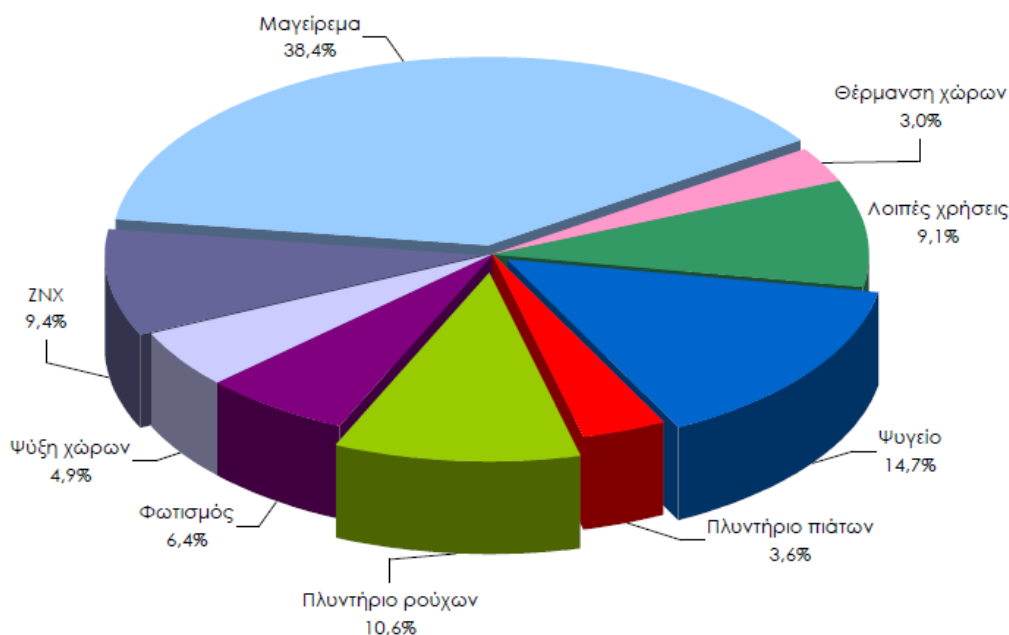


Διάγραμμα 6 : Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης θερμικής ενέργειας κατά τύπο καυσίμου

Όπως βλέπουμε το καύσιμο που χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμική ενέργεια –π.χ. θέρμανση χώρων, μαγείρεμα και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης- είναι το πετρέλαιο (60,3%), ενώ ακολουθούν τα καυσόξυλα (23,8%). Η χρήση του φυσικού αερίου για τις προαναφερθείσες χρήσεις παραμένει σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (7,4%).

Ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει παραχθεί σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και διανέμεται στο νοικοκυριό μέσω δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και σύμφωνα με το γράφημα 1 η μέση τιμή καταναλώσεως της ανα νοικοκυριό είναι 3750 KWh. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανα τελική χρήση.

Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση



Διάγραμμα 7 : Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση

Κατά μέσο όρο, το 38,4% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από ένα νοικοκυριό είναι για το μαγείρεμα, το 14,7% για τη λειτουργία του ψυγείου, το 10,6% για τη λειτουργία του πλυντηρίου ρούχων και, μόλις, το 6,6% για το φωτισμό και το 4,9% για την ψύξη της κατοικίας.^{lii}

Επιπλέον, σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας, η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζεται άμεσα και από το βαθμό αστικότητας της περιοχής στην οποία βρίσκεται η κατοικία. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τη θερμική και την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ετησίως, κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό ανά βαθμό αστικότητας.

Πίνακας 16 : Κατανάλωση Ενέργειας ανα βαθμό αστικότητας

	Ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά βαθμό αστικότητας	
	Αστικές περιοχές	Αγροτικές περιοχές
Θερμική ενέργεια [kWh]	8.453	16.923
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	4.000	3.070

Ακόμη σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat, η κατανάλωση ενέργειας το 2015 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 28 χωρών (EU-28) ήταν 1627 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe).^{liii} Αυτό σημαίνει, βάσει του αντίστοιχου πληθυσμού ότι αντιστοιχούν περίπου 3.2 toe σε κάθε άτομο. Το ενεργειακό μίγμα σε κάθε χώρας (δηλαδή το ποσοστό με το οποίο συμμετέχουν οι διάφορες πρωτογενείς πηγές ενέργειας) διαφέρει και εξαρτάται από τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους της χώρας, την δομή και το ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας και τις εθνικές επιλογές στα ενεργειακά συστήματα. Για παράδειγμα, το μεγαλύτερο ποσοστό των προϊόντων πετρελαίου στην ακαθάριστη κατανάλωση κάθε χώρας εμφάνισε για το έτος 2014 η Μάλτα που ανέρχεται στο 98% και η Κύπρος (93.6%).^{liv} Από την άλλη, το φυσικό αέριο έχει σημαντική θέση στην Ολλανδία με ποσοστό 38%, σε αντίθεση με τη Σουηδία, τη Μάλτα και την Κύπρο που είναι μόνο 2%. Ακόμη σημαντική ενεργειακή πηγή αποτελεί για την Ιταλία, την Αγγλία, τη Λιθουανία και την Ουγγαρία με ποσοστά άνω του 30%. Για το Λουξεμβούργο, τη Φινλανδία και την Εσθονία η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση για το 2014 ήταν 5toe κατά κεφαλήν ενώ στην Κροατία και στη Ρουμανία ήταν κάτω από 2. Η τιμή αυτή εξαρτάται από τη δομή της βιομηχανίας σε κάθε χώρα, τις καιρικές συνθήκες είτε άλλους παράγοντες όπως στην περίπτωση του Λουξεμβούργου (fuel tourism -λόγω των χαμηλών τιμών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών). Η Ελλάδα καταναλώνει περίπου 2toe κατά κεφαλήν.

3.7.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση

Προκειμένου να φτάσουμε στα αποτελέσματά μας ακολουθήσαμε μια κατάλληλη μεθοδολογική προσέγγιση και βάση αυτής κάποιους υπολογισμούς. Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε τα εξής δεδομένα απ τις προηγούμενες ενότητες :

Θερμογόνος Δύναμη Φυσικού Αερίου

Η **θερμογόνος δύναμη του Φ.Α.** κυμαίνεται ανάμεσα στα 8600 kcal/m³ και στα 10650 kcal/m³ ανάλογα με την σύσταση και την προέλευση του.

Κάνουμε την παραδοχή ότι η Θερμογόνος Δύναμη του Φυσικού Αερίου είναι 9000kcal/m³.

Μετατρέπουμε τα kcal σε KWh για καλύτερη επεξήγηση των αποτελεσμάτων

$$1 \text{ KWh} = 860 \text{ kcal}^{\text{iv}}$$

$$\text{Επομένως } 9000\text{kcal/m}^3 = 9000/860 \text{ KWh/m}^3 = \mathbf{10,5 \text{ KWh/m}^3}$$

Απαιτούμενη Ενέργεια ανά Κάτοικο

Από την ΕΛΣΤΑΤ η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ένα νοικοκυριό είναι 13994 KWh εκ των οποίων οι 10244 KWh καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες του νοικοκυριού και οι υπόλοιπες 3750 KWh τις ηλεκτρικές.

Σε ένα νοικοκυριό όμως η κατανάλωση δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει και σημεία μέγιστης κατανάλωσης ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και άλλες που επηρεάζουν την κατανάλωση. Για παράδειγμα, άλλη κατανάλωση έχει ένα νοικοκυριό για θέρμανση των χειμώνα και άλλη για το καλοκαίρι. Επίσης η κατανάλωση τον χειμώνα διαφοροποιείται μέσα στις ημέρες ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατεί. Τελος άλλη κατανάλωση έχει ένα νοικοκυριό τις καθημερινές ημέρες που λείπουν τα περισσότερα μέλη του σε εργασία και σχολείο και άλλη τα σαββατοκύριακα. Όλα αυτά πρέπει να προβλεφθούν έτσι ώστε το σύστημα ενεργειακής κάλυψης που θα προτείνουμε να μπορεί να ικανοποιήσει και αυτά τα σημεία 'risk'. Η ΔΕΠΑ κάθε φορά που θέλει να συνδέσει έναν πελάτη μετράει τις καταναλώσεις του ανά μήνα, έτσι ώστε να μπορεί να υπολογίσει τα σημεία αυτά της κατανάλωσης που εξαρτώνται από τις διάφορες συνθήκες, και αντίστοιχα υπολογίζει το καύσιμο που πρέπει να μεταφέρει.

Στην παρούσα διπλωματική επειδή δεν έχουμε την δυνατότητα της πρόβλεψης του μέγιστου σημείου κατανάλωσης για κάθε νοικοκυριό όλων των νησιών που ανήκουν στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά θα θεωρήσουμε ως καταναλώσεις αυτές που απεικονίζονται στον πίνακα 11, όπου για θερμική ενέργεια ένα νοικοκυριό σε αστικό κέντρο καταναλώνει 8453 KWh και για ηλεκτρική ενέργεια 4000 KWh.

Στην εργασία μας θα υπολογίσουμε τους χρόνους εξάντλησης του καυσίμου για τα LNG Containers και στις δυο περιπτώσεις και θα τους συγκρίνουμε.

Ένας άλλος τρόπος να υπολογίσουμε και στην ουσία να επαληθεύσουμε την ετήσια κατανάλωση ενός νοικοκυριού είναι ως εξής :

Η κατά κεφαλήν κατανάλωση στην Ελλάδα είναι 2 toe.

$$1 \text{ toe} = 11,63 \text{ MWh}^{\text{Ivi}}$$

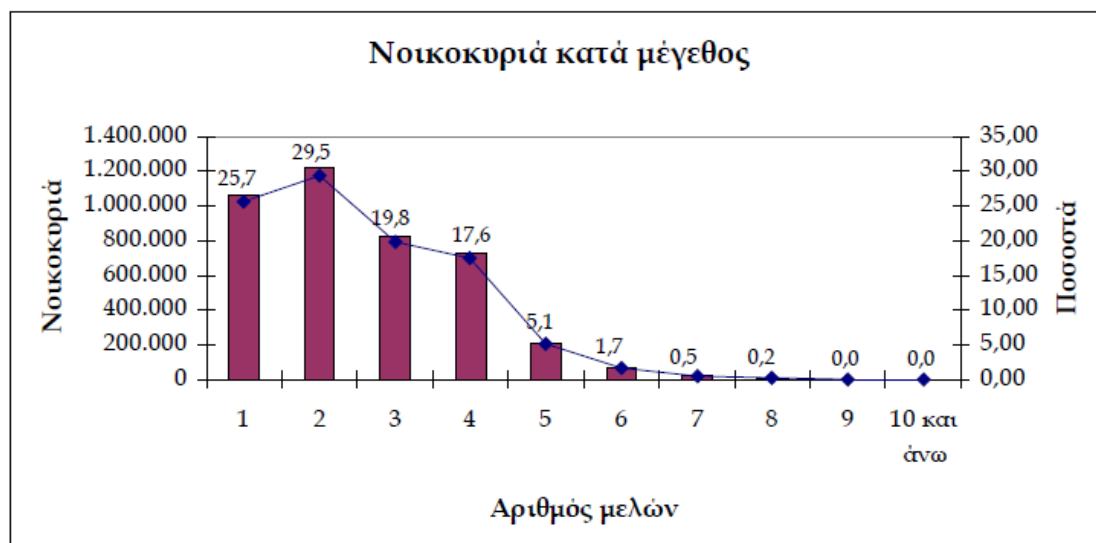
$$\text{Άρα } 2 \text{ toe} = 11,63 \times 2 = 23,26 \text{ MWh} = 23260 \text{ KWh/άτομο/χρόνο}$$

$$\text{Η ημερήσια κατανάλωση όμως είναι } 23260 / 365 = 63726 \text{ KWh/άτομο/ημέρα}$$

Από αυτήν την κατανάλωση όμως μόνο το 25% περίπου ανήκει σε ένα νοικοκυριό απ την στιγμή που 33% οφείλονται τις μετακινήσεις, 25% στην βιομηχανία, 13% στις υπηρεσίες και 2,5% σε διάφορα άλλα.^{Ivii}

Άρα $63726 \times 0,25 = 15931,5 \text{ KWh} \sim 13994 \text{ KWh}$ που μας έδωσε η Ελληνική Στατιστική Αρχή

Ένα νοικοκυριό όμως αποτελείται από 2,6 άτομα^{lviii}



Διάγραμμα 8 : Γραφική απεικόνιση Νοικοκυριών ανα αριθμό μελών

Άρα όταν ένα νοικοκυριό χρειάζεται 4000KWh/χρόνο για **ηλεκτρική ενέργεια** τότε μπορούμε να υπολογίσουμε ότι

$$4000 \times 2,6 \times 365 = \mathbf{3,8 \text{ KWh/άτομο/ημέρα}}$$

Δηλαδή 3,8 KWh χρειάζεται ένα άτομο μία ημέρα του χρόνου για ενέργεια

Αντίστοιχα για **θερμική ενέργεια** έχουμε

$$8453 \times 2,6 \times 365 = \mathbf{8 \text{ KWh/άτομο/ημέρα}}$$

Δηλαδή 8 KWh χρειάζεται ένα άτομο μία ημέρα του χρόνου για θέρμανση

Χωρητικότητα LNG Container

Μία κινητή κρυογενική δεξαμενή που μεταφέρει LNG κατασκευάζεται σε δύο μεγέθη 20ft και 40ft.

Μία τυπική δεξαμενή των 20ft μήκος, δηλαδή 6 μέτρα, έχει χωρητικότητα όπως αναφέραμε 20000 λίτρα. Όμως

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ λίτρα}$$

Άρα, η χωρητικότητα της είναι 20 m^3 σε καύσιμο LNG

Όπως έχουμε αναφέρει βασικό προνόμιο του υγροποιημένου φυσικού αερίου έναντι του φυσικού αερίου είναι ότι κατά την υγροποίηση μειώνεται ο όγκος του καυσίμου κατά 600 φορές.

Οπότε υπολογίζουμε ότι η θεωρητική **χωρητικότητα** της δεξαμενής σε Φυσικό Αέριο θα ήταν

$$20 \text{ m}^3 \times 600 = \mathbf{12000 \text{ m}^3 \text{ Φυσικού Αερίου}}$$

Υπολογισμός ενέργειας ανά LNG Container

Αν πολλαπλασιάσουμε την χωρητικότητα φυσικού αερίου με την θερμογόνο του δύναμη τότε θα υπολογίσουμε την συνολική ενέργεια που μπορεί να παράγει ένα LNG container

$$12000 \text{ m}^3 \times 10,5 \text{ KWh/m}^3 = \mathbf{126000 \text{ KWh/container}}$$

Για να υπολογίσουμε πόσες ανθρωπομέρες αντέχει μία κρυογενική δεξαμενή τότε διαιρώ την συνολική ενέργειά της με την απαιτούμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που καταναλώνει ένα άτομο μέσα σε μία ημέρα.

Δηλαδή,

$$126000 \text{ KWh/container} / 3,8 \text{ KWh/άτομο/ημέρα} = \mathbf{33157 \text{ ανθρωπομέρες}}$$

Αντίστοιχα

$$126000 \text{ KWh/container} / 8 \text{ KWh/άτομο/ημέρα} = \mathbf{15750 \text{ ανθρωπομέρες}}$$

Χρόνος Εξάντλησης Καυσίμου

Αν διαιρέσουμε τα νούμερα αυτά που υπολογίσαμε (33157 και 15750) με τον πληθυσμό του κάθε νησιού την κάθε περίοδο μπορούμε να βρούμε πόσες ημέρες μπορεί να καλύψει ένα LNG Container τις ενεργειακές ανάγκες σε ηλεκτρισμό του κάθε νησιού που ανήκει στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.

Η ίδια μέθοδος και ίδιες πράξεις ακολουθούνται και στην περίπτωση της δεξαμενής με μήκος 40ft (12 μέτρα) και το αποτέλεσμα είναι περίπου το διπλάσιο.

Δηλαδή,

$$43500 \text{ λίτρα} = 43,5 \text{ m}^3 \text{ LNG}$$

$$43,5 \times 600 = 26100 \text{ m}^3 \text{ Φυσικό Αέριο}$$

$$26100 \times 10,5 = 274050 \text{ KWh/container}$$

$$274050 / 3,8 = 72118 \text{ ανθρωπομέρες}$$

$$274050 / 8 = 34256 \text{ ανθρωπομέρες}$$

Παράδειγμα,

Για το νησί της Μήλου έχουμε 4966 μόνιμους κατοίκους και 32010 τουρίστες

- ✓ Χειμερινή περίοδος για 20ft δεξαμενή :
 $33157 / 4966 = 6,67$ ημέρες για ηλεκτρική ενέργεια
 $15750 / 4966 = 3,17$ ημέρες για θερμική ενέργεια
- ✓ Καλοκαιρινή περίοδος για 20ft δεξαμενή :
 $33157 / 36976 = 0,89$ ημέρες (~ 21 ώρες) για ηλεκτρική ενέργεια
 $15750 / 36976 = 0,42$ ημέρες (~ 10 ώρες) για θερμική ενέργεια
- ✓ Χειμερινή περίοδος για 40ft δεξαμενή :
 $72118 / 4966 = 14,5$ ημέρες για ηλεκτρική ενέργεια
 $34256 / 4966 = 6,89$ ημέρες για θερμική ενέργεια
- ✓ Καλοκαιρινή περίοδος για 40ft δεξαμενή :
 $72118 / 36976 = 1,95$ ημέρες για ηλεκτρική ενέργεια
 $34256 / 36976 = 0,92$ ημέρες (~22 ώρες) για θερμική ενέργεια

3.8 Αποτελέσματα – Διαμόρφωση Πρότασης

Χρησιμοποιώντας τους υπολογισμούς και την μέθοδο που εφαρμόσαμε στην προηγούμενη ενότητα προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες οι οποίοι δείχνουν τις ημέρες που μπορεί να καλύψει ένα LNG Container για τις ενεργειακές ανάγκες των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών σε ηλεκτρική αλλά και σε θερμική ενέργεια.

Πίνακας 17 : Συνολική εικόνα νησιών και χρόνου εξάντλησης καυσίμου για ηλεκτρική ενέργεια

Νησί	Έκταση (km2)	Μόνιμος Πληθυσμός	Κλίνες	80% Πληρότητα	Σύνολο Τουριστών	Χειμώνας 20ft	Καλοκαίρι 20ft	Χειμώνας 40ft	Καλοκαίρι 40ft
ΚΡΗΤΗ	8336,125	682768	171516	137212	4125360	0,05	0,01	0,11	0,01
ΡΟΔΟΣ	1401,761	152538	85856	68684	2060520	0,22	0,01	0,47	0,03
ΚΩΣ	287,611	33388	44985	35988	1079640	0,99	0,03	2,16	0,06
ΘΗΡΑ (ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ)	76,191	17430	13160	10528	315840	1,90	0,10	4,14	0,22
ΜΥΚΟΝΟΣ	86,125	14165	12082	9665	289950	2,34	0,11	5,09	0,24
ΣΑΜΟΣ	477,942	33335	9484	7587	227610	0,99	0,13	2,16	0,28
ΛΕΣΒΟΣ	1636,732	86312	6637	5309	159270	0,38	0,14	0,84	0,29
ΠΑΡΟΣ	196,308	13694	6735	5388	161640	2,42	0,19	5,27	0,41
ΝΑΞΟΣ	429,785	18340	5951	4760	142800	1,81	0,21	3,93	0,45
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	300,152	6709	6125	4900	147000	4,94	0,22	10,75	0,47
ΧΙΟΣ	842,796	51269	2900	2320	69600	0,65	0,27	1,41	0,60
ΣΥΡΟΣ	84,069	21473	2378	1902	57060	1,54	0,42	3,36	0,92
ΛΗΜΝΟΣ	476,288	16743	1819	1455	43650	1,98	0,55	4,31	1,19
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	110,581	15863	1722	1377	41310	2,09	0,58	4,55	1,26
ΙΟΣ	108,713	2030	2159	1727	51810	16,33	0,62	35,53	1,34
ΠΑΤΜΟΣ	34,142	3429	1784	1427	42810	9,67	0,72	21,03	1,56
ΛΕΡΟΣ	54,052	7915	1237	989	29670	4,19	0,88	9,11	1,92
ΜΗΛΟΣ	151,362	4966	1334	1067	32010	6,68	0,90	14,52	1,95
ΙΚΑΡΙΑ	255,32	8423	1032	825	24750	3,94	1,00	8,56	2,17
ΣΙΦΝΟΣ	73,942	2543	1014	811	24330	13,04	1,23	28,36	2,68
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	32,384	787	1050	840	25200	42,13	1,28	91,64	2,78
ΣΚΥΡΟΣ	209,926	2888	739	591	17730	11,48	1,61	24,97	3,50
ΣΥΜΗ	57,825	3068	482	385	11550	10,81	2,27	23,51	4,93
ΤΗΛΟΣ	61,487	829	480	384	11520	40,00	2,68	86,99	5,84
ΑΣΤΥΠΑΛΛΑΙΑ	96,421	1270	459	367	11010	26,11	2,70	56,79	5,87
ΑΜΟΡΓΟΣ	121,464	1973	424	339	10170	16,81	2,73	36,55	5,94
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	5,774	412	426	340	10200	80,48	3,12	175,04	6,80
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	35,092	1196	341	272	8160	27,72	3,54	60,30	7,71
ΣΕΡΙΦΟΣ	74,207	1378	291	232	6960	24,06	3,98	52,34	8,65
ΚΥΘΟΣ	99,432	1436	193	154	4620	23,09	5,48	50,22	11,91
ΝΙΣΥΡΟΣ	41,263	982	142	113	3390	33,76	7,58	73,44	16,50
ΛΕΙΨΟΙ	15,842	784	125	100	3000	42,29	8,76	91,99	19,06
ΜΕΓΙΣΤΗ(ΚΑΣΤΕΛΛΟΡΙΖΟ)	9,113	496	106	84	2520	66,85	10,99	145,40	23,91
ΧΑΛΚΗ	26,988	702	96	76	2280	47,23	11,12	102,73	24,18
ΚΑΣΟΣ	66,415	1084	66	52	1560	30,59	12,54	66,53	27,28
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	8,144	225	93	74	2220	147,36	13,56	320,52	29,50
ΦΟΥΡΝΟΙ	30,521	1199	24	19	570	27,65	18,74	60,15	40,77
ΨΑΡΑ	40,467	408	48	38	1140	81,27	21,42	176,76	46,59
ΣΙΚΙΝΟΣ	41,676	270	37	29	870	122,80	29,09	267,10	63,26
ΚΙΜΩΛΟΣ	37,426	899	8	6	180	36,88	30,73	80,22	66,84
ΑΝΑΦΗ	38,636	294	24	19	570	112,78	38,38	245,30	83,47
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	18,078	150	28	22	660	221,05	40,93	480,79	89,03
ΟΙΝΟΥΣΕΣ	14,382	796	0	0	0	41,65	41,65	90,60	90,60
ΟΘΩΝΟΙ	10,078	558	0	0	0	59,42	59,42	129,24	129,24
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	4,449	506	0	0	0	65,53	65,53	142,53	142,53
ΡΗΝΕΙΑ	5,405	446	0	0	0	74,34	74,34	161,70	161,70
ΘΗΡΑΣΙΑ	9,246	322	6	4	120	102,97	75,02	223,97	163,16
ΜΕΓΑΛΟΝΗΣΙ (ΝΗΣΙΩΠΗ)	1,285	333	0	0	0	99,57	99,57	216,57	216,57
ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	43,325	249	0	0	0	133,16	133,16	289,63	289,63
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	13,417	186	0	0	0	178,26	178,26	387,73	387,73
ΔΟΝΟΥΣΑ	13,652	176	0	0	0	188,39	188,39	409,76	409,76
ΓΑΥΔΟΣ	29,585	158	0	0	0	209,85	209,85	456,44	456,44
ΘΥΜΑΙΝΑ	10,071	142	0	0	0	233,50	233,50	507,87	507,87
ΤΕΛΕΝΔΟΣ	4,648	111	0	0	0	298,71	298,71	649,71	649,71
ΨΕΡΙΜΟΣ	14,615	77	0	0	0	430,61	430,61	936,60	936,60
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	20,431	59	0	0	0	561,98	561,98	1222,34	1222,34
ΑΡΚΟΙ	6,697	43	0	0	0	771,09	771,09	1677,16	1677,16
ΔΗΛΟΣ	3,536	24	0	0	0	1381,54	1381,54	3004,92	3004,92
ΓΥΑΛΙ	4,558	21	0	0	0	1578,90	1578,90	3434,19	3434,19
ΜΑΡΑΘΙ	0,355	5	0	0	0	6631,40	6631,40	14423,60	14423,60

Πίνακας 18: Συνολική εικόνα νησιών και χρόνου εξάντλησης καυσίμου για θερμική ενέργεια

Νησί	Έκταση (km ²)	Μόνιμος Πληθυσμός	Κλίνες	80% Πληρότητα	Σύνολο Τουριστών	Χειμώνας 20ft	Καλοκαίρι 20ft	Χειμώνας 40ft	Καλοκαίρι 40ft
ΚΡΗΤΗ	8336,125	682768	171516	137212	4125360	0,02	0,003	0,05	0,01
ΡΟΔΟΣ	1401,761	152538	85856	68684	2060520	0,10	0,007	0,22	0,02
ΚΩΣ	287,611	33388	44985	35988	1079640	0,47	0,014	1,03	0,03
ΘΗΡΑ (ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ)	76,191	17430	13160	10528	315840	0,90	0,047	1,97	0,10
ΜΥΚΟΝΟΣ	86,125	14165	12082	9665	289950	1,11	0,052	2,42	0,11
ΣΑΜΟΣ	477,942	33335	9484	7587	227610	0,47	0,060	1,03	0,13
ΛΕΣΒΟΣ	1636,732	86312	6637	5309	159270	0,18	0,064	0,40	0,14
ΠΑΡΟΣ	196,308	13694	6735	5388	161640	1,15	0,090	2,50	0,20
ΝΑΞΟΣ	429,785	18340	5951	4760	142800	0,86	0,098	1,87	0,21
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	300,152	6709	6125	4900	147000	2,35	0,102	5,11	0,22
ΧΙΟΣ	842,796	51269	2900	2320	69600	0,31	0,130	0,67	0,28
ΣΥΡΟΣ	84,069	21473	2378	1902	57060	0,73	0,201	1,60	0,44
ΛΗΜΝΟΣ	476,288	16743	1819	1455	43650	0,94	0,261	2,05	0,57
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	110,581	15863	1722	1377	41310	0,99	0,275	2,16	0,60
ΙΟΣ	108,713	2030	2159	1727	51810	7,76	0,293	16,87	0,64
ΠΑΤΜΟΣ	34,142	3429	1784	1427	42810	4,59	0,341	9,99	0,74
ΛΕΡΟΣ	54,052	7915	1237	989	29670	1,99	0,419	4,33	0,91
ΜΗΛΟΣ	151,362	4966	1334	1067	32010	3,17	0,426	6,90	0,93
ΙΚΑΡΙΑ	255,32	8423	1032	825	24750	1,87	0,475	4,07	1,03
ΣΙΦΝΟΣ	73,942	2543	1014	811	24330	6,19	0,586	13,47	1,27
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	32,384	787	1050	840	25200	20,01	0,606	43,53	1,32
ΣΚΥΡΟΣ	209,926	2888	739	591	17730	5,45	0,764	11,86	1,66
ΣΥΜΗ	57,825	3068	482	385	11550	5,13	1,077	11,17	2,34
ΤΗΛΟΣ	61,487	829	480	384	11520	19,00	1,275	41,32	2,77
ΑΣΤΥΠΑΛΛΑΙΑ	96,421	1270	459	367	11010	12,40	1,283	26,97	2,79
ΑΜΟΡΓΟΣ	121,464	1973	424	339	10170	7,98	1,297	17,36	2,82
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	5,774	412	426	340	10200	38,23	1,484	83,15	3,23
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	35,092	1196	341	272	8160	13,17	1,683	28,64	3,66
ΣΕΡΙΦΟΣ	74,207	1378	291	232	6960	11,43	1,889	24,86	4,11
ΚΥΘΝΟΣ	99,432	1436	193	154	4620	10,97	2,601	23,86	5,66
ΝΙΣΥΡΟΣ	41,263	982	142	113	3390	16,04	3,602	34,88	7,84
ΛΕΙΨΟΙ	15,842	784	125	100	3000	20,09	4,162	43,69	9,05
ΜΕΓΙΣΤΗ(ΚΑΣΤΕΛΛΟΡΙΖΟ)	9,113	496	106	84	2520	31,75	5,222	69,06	11,36
ΧΑΛΚΗ	26,988	702	96	76	2280	22,44	5,282	48,80	11,49
ΚΑΣΟΣ	66,415	1084	66	52	1560	14,53	5,957	31,60	12,96
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	8,144	225	93	74	2220	70,00	6,442	152,25	14,01
ΦΟΥΡΝΟΙ	30,521	1199	24	19	570	13,14	8,903	28,57	19,36
ΨΑΡΑ	40,467	408	48	38	1140	38,60	10,174	83,96	22,13
ΣΙΚΙΝΟΣ	41,676	270	37	29	870	58,33	13,816	126,87	30,05
ΚΙΜΩΛΟΣ	37,426	899	8	6	180	17,52	14,597	38,10	31,75
ΑΝΑΦΗ	38,636	294	24	19	570	53,57	18,229	116,52	39,65
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	18,078	150	28	22	660	105,00	19,444	228,37	42,29
ΟΙΝΟΥΣΕΣ	14,382	796	0	0	0	19,79	19,786	43,04	43,04
ΟΘΩΝΟΙ	10,078	558	0	0	0	28,23	28,226	61,39	61,39
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	4,449	506	0	0	0	31,13	31,126	67,70	67,70
ΡΗΝΕΙΑ	5,405	446	0	0	0	35,31	35,314	76,81	76,81
ΘΗΡΑΣΙΑ	9,246	322	6	4	120	48,91	35,633	106,39	77,50
ΜΕΓΑΛΟΝΗΣΙ (ΝΗΣΙΩΠΗ)	1,285	333	0	0	0	47,30	47,297	102,87	102,87
ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	43,325	249	0	0	0	63,25	63,253	137,57	137,57
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	13,417	186	0	0	0	84,68	84,677	184,17	184,17
ΔΟΝΟΥΣΑ	13,652	176	0	0	0	89,49	89,489	194,64	194,64
ΓΑΥΔΟΣ	29,585	158	0	0	0	99,68	99,684	216,81	216,81
ΘΥΜΑΙΝΑ	10,071	142	0	0	0	110,92	110,915	241,24	241,24
ΤΕΛΕΝΔΟΣ	4,648	111	0	0	0	141,89	141,892	308,61	308,61
ΨΕΡΙΜΟΣ	14,615	77	0	0	0	204,55	204,545	444,88	444,88
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	20,431	59	0	0	0	266,95	266,949	580,61	580,61
ΑΡΚΟΙ	6,697	43	0	0	0	366,28	366,279	796,65	796,65
ΔΗΛΟΣ	3,536	24	0	0	0	656,25	656,250	1427,33	1427,33
ΓΥΑΛΙ	4,558	21	0	0	0	750,00	750,000	1631,24	1631,24
ΜΑΡΑΘΙ	0,355	5	0	0	0	3150,00	3150,000	6851,20	6851,20

Όπως διακρίνουμε στους παραπάνω πίνακες όσο αυξάνει ο πληθυσμός των νησιών τόσο και λιγοστεύει ο χρόνος εξάντλησης του καυσίμου. Θεωρητικά ένα container καλύπτει περισσότερο τις ηλεκτρικές ανάγκες ενός νοικοκυριού από τις θερμικές και αυτό προκλήπτει απ το ότι η ενέργεια που χρειάζεται ένα νοικοκυριο για ηλεκτρισμό σε σχέση με την θερμική είναι πολύ μικρότερη. Κάτι τέτοιο στην πραγματικότητα όμως δεν ισχύει. Το φυσικό αέριο μπορεί να καεί ολόκληρο κατευθείαν προς θερμική ενέργεια για θέρμανση, μαγείρεμα και άλλες διαδικασίες αλλά δεν μπορεί να γίνει το ίδιο και στην ηλεκτρική ενέργεια. Το φυσικό αέριο θα πρέπει πρώτα να τροφοδοτήσει ως καύσιμο μια θερμική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής και να αποδώσει ενεργεια με την μορφή ηλεκτρισμού από όπου μέσω δικτύου καλωδίων θα μεταφερθεί στην τελική κατανάλωση. Όλη αυτή η διαδικασία έχει πολλές απώλειες και ο βαθμός απόδοσης της μετατροπής του φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι περίπου στο 28%.

Αυτή η πολύ σημαντική παράμετρος δίνει σαν αποτέλεσμα ο χρόνος εξάντλησης του φυσικού αερίου μέσα σε ένα LNG container που προορίζεται για ηλεκτρική χρήση να είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με τον χρόνο που χρειαζόμαστε για να καλύψουμε τις θερμικές ανάγκες των κατοίκων των νησιών.

Η πρόταση μας είναι ότι τα LNG containers θα πρέπει να μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο μόνο για να καλύψει την θερμική ενεργεια που χρειάζεται ένα νησί.

Απ τον πίνακα παρατηρούμε ότι ένα νησί με περίπου 1000 κατοίκους, όπως είναι η Νίσυρος, με ένα container 40 ft μπορεί να καλύψει τις θερμικές του ανάγκες για 34 ημέρες. Το νησί της Κρήτης είναι εκείνο το οποίο χρειάζεται τεράστια ποσότητα με containers ενώ το Μαράθι με τους μόλις 5 κατοίκους μπορεί να εξυπηρετηθεί ενεργειακά με μόλις ένα container για 18,7 χρόνια.

4. Συμπεράσματα

Το φυσικό αέριο βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στα κοιτάσματα της γής και λόγω των πολύ χαμηλών ρύπων στην καύση του αλλά την πολύ ανταγωνιστική του τιμή τείνει με το πέρασμα των χρόνων το πετρέλαιο. Το φυσικό αέριο μεταφέρεται εύκολα και οικονομικά σε μικρές αποστάσεις μέσω αγωγών αλλά σε πολύ μεγάλες αποστάσεις πρέπει να βρεθεί άλλος τρόπος μεταφοράς. Η υγροποίηση του φυσικού αερίου δίνει αυτή τη δυνατότητα γιατί ο όγκος του υγρού είναι 600 φορές μικρότερος απ του αερίου και μέσω ειδικών φορτηγών πλοίων μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα της απόστασης.

Στην Ελλάδα η κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών γίνεται είτε μέσω καλωδίων ηλεκτροδότησης της ΔΕΗ είτε του δικτυου μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς, είτε με υδροηλεκτρικούς σταθμούς και μοναδες ΑΠΕ. Τα νησιά λόγω της θάλασσα δεν μπορούν να ηλεκτροδοτηθούν όλα απ την ΔΕΗ και έτσι συνδεδεμένα με την Ηπειρωτική Ελλάδα είναι μόνο εκείνα που γεωγραφικά είναι κοντά. Τα υπόλοιπα ανήκουν στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και καταναλώνουν ενέργεια είτε μέσω θερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είτε μέσω μονάδων ΑΠΕ. Απ τα 60 νησιά που δεν είναι συνδεδεμένα με την Ηπειρωτική Ελλάδα τα 31 έχουν θερμικούς σταθμούς, 14 έχουν ανεμογεννήτριες και τα 22 φωτοβολταϊκά πάρκα με συνολική παραγωγή 550 GWh/ έτος.

Από τα 60 νησιά κάποια θα συνδεθούν στο μέλλον με την Ηπειρωτική Ελλάδα, όπως η Κρήτη και οι Κυκλάδες, και η Τήλος μέσα απ το πρόγραμμα Tilos Project θα δημιουργήσει αυτόνομο σύστημα βασισμένο εξ ολοκλήρου σε ΑΠΕ. Τα υπόλοιπα νησιά μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους με LNG Containers.

Με βάση την θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου και την χωρητικότητα τους υπολογίσαμε ότι η ενέργεια που μπορεί να προσφέρει ένα container είναι 126000 KWh για μεγέθους 6 μέτρων και 274050 KWh για μεγέθους 12 μέτρων. Υπολογίσαμε την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε ατόμου ανά ημέρα, οποία είναι 3,8 KWh/άτομο/ημέρα και συνδιάζοντας την ενέργεια του container με την ζήτηση του ατόμου υπολογίζουμε τον χρόνο εξάντλησης του καυσίμου για το κάθε μέγεθος του container για το κάθε νησί. Στους υπολογισμούς μας λάβαμε υπ όψη και τον τουρισμό τις κολοκαιρινές περιόδους υπολογίζοντας τον αριθμό των κλινών ανά νησί και παίρνοντας σαν παραδοχή ότι η καλοκαιρινή περίοδος κρατάει 4 μήνες και ότι η πληρότητα των ξενοδοχείων θα είναι 80%.

Ένα LNG container θα καλύψει μόνο τις θερμικές ανάγκες ενός νοικοκυριού απ την στιγμή που λόγω απωλειών η μετατροπή φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια έχει βαθμό απόδοσης 28%.

Ένα νησί με 1000 κατοίκους όπως η Νίσυρος μπορεί με ένα LNG Container 40 ft να καλύψει τις θερμικές της ενεργειακές ανάγκες για περίπου 34 ημέρες.

Ένα container μόλις φτάσει σε ένα νησί πρέπει να περάσει από έναν σταθμό αεριοποίησης για να επανέλθει στην αέρια φάση και να μπει στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου του νησιού ώστε να τροφοδοτήσει τους καταναλωτές. Το κόστος όμως τέτοιων μονάδων είναι πάρα πολύ υψηλό, της τάξεως των 3 δις δολάρια για παραγωγή 1 bcf/day, συνυπολογίζοντας το κόστος συντήρησης, το κόστος ασφαλιστικών μέτρων για τις εγκαταστάσεις καθώς και το εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο θα απασχολείται. Στην περίπτωση της Κρήτης εκτιμήθηκε σε μελέτη ότι το κόστος εγκατάστασης μίας πιθανής μονάδας αεριοποίησης φυσικού αερίου κυμαίνεται στα 500 εκατ. Ευρω, κάτι το οποίο είναι υπερβολικό όταν το κόστος σύνδεσης όλων των μη διασυνδεδεμένων νησιών με την Ηπειρωτική Ελλάδα σε άλλη μελέτη υπολογίστηκε στα 3-4 δισεκατ. Ευρω.

Στο Διάγραμμα 1 εμφανίζεται η σχέση απόστασης και παροχής αερίου και φαίνεται ότι για αποστάσεις μικρότερες των 1000 km συμφέρει περισσότερο η μεταφορά φυσικού αερίου να γίνει με συμπιεσμένη μορφή παρά με υγροποιημένη. Στην περίπτωση των Ελληνικών νησιών η μεγαλύτερη απόσταση που πρέπει να διανύσει ένα Ο/Γ πλοίο που μεταφέρει υγρά καύσιμα από το λιμάνι του Πειραιά στο Καστελόριζο 607 km. Αν προσθέσουμε και το κόστος της εγκατάστασης αεριοποίησης σε κάθε νησί τότε θα ήταν προτιμότερο η μεταφορά του φυσικού αερίου να γίνει με CNG Containers. Στην περίπτωση αυτή απλά συνδέεται το container με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου του νησιού και τροφοδοτούνται τα νοικοκυριά με φυσικό αέριο.

Σε όλες μας τις μετρήσεις παραδεχτήκαμε ότι στην μελλοντική κατασκευή δικτύου διανομής στα νησιά θα υπήρχε είσοδος όλων των κατοίκων στο δίκτυο κάτι το οποίο δεν ισχύει. Θεωρητικά περίπου 40% των κατοίκων θα εισέλθει στο δίκτυο φυσικού αερίου. Το project της μεταφοράς LNG Containers στα νησιά προϋποθέτει σταθμούς τροφοδοσίας των container με κάουσιμο LNG. Στην Ελλάδα ακόμα δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα απ την στιγμή που ούτε ειδικά πρατήρια καυσίμων που να εφοδιάζουν με LNG υφίστανται αλλά και δεν έχει αναβαθμιστεί ο τερματικός σταθμός της Ρεβυθούσας για εφοδιασμό μικρής κλίμακας πλοία που μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο και containers.

5.Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην εργασία υπολογίσαμε την απαιτούμενη ενέργεια ανά άτομο και σε θερμική αλλά και σε ηλεκτρική ενέργεια και μετά από έρευνα των μόνιμων κατοίκων των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών και των τουριστών φτάσαμε στην εκτίμηση ζήτησης. Υπολογίσαμε την ενέργεια που μπορεί να προσφέρει ένα LNG Container και συνυπολογίζοντάς την στην ζήτηση ανα άτομο βρήκαμε τον χρόνο εξάντλησης καυσίμου ενός container. Επειδή όμως το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και προκειμένου να ολοκληρωθεί η πρόταση την οποία η διπλωματική παρουσιάζει προτείνουμε κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Αρχικά θα πρέπει να ελεγχθούν οι καταναλώσεις όλων των νησιών, με τα σημεία 'risk' τους, και να εκτιμηθεί ακριβώς η ζήτηση τους αναλυτικά. Θα πρέπει να γίνουν ειδικές τεchnοοικονομικές αναλύσεις για την κατασκευή τερματικών σταθμών αεριοποίησης και μελέτες για νέες τεχνολογίες αεριοποίησης για μείωση του κόστους των σταθμών αυτών.

Θα πρέπει να ερευνηθεί σε κάθε νησί ξεχωριστά η μεταφορά του φυσικού αερίου με LNG container έτσι ώστε να υπολογιστούν το κόστος κατασκευής του δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς και να συγκριθεί με την μεταφορά φυσικού αερίου με CNG που αυτή τη στιγμή φαίνεται πίο συμφερούσα και προωθείται απ την ΔΕΠΑ Α.Ε.

Βιβλιογραφία

ⁱ <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2016.pdf>

ⁱⁱ <http://www.depa.gr/content/article/002002001001/12.html>

ⁱⁱⁱ <http://www.depa.gr/content/article/002002001002/65.html>

^{iv} <http://www.depa.gr/index3.php//content/article/002003007/112.html>

^v Δημήτρης Παπακωνσταντίνου, "Πράσινη επιχειρηματικότητα. Ευκαιρίες και προκλήσεις για τις ελληνικές επιχειρήσεις", ΕΛΛΗΝΟ-ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ, 18 Μαρτίου 2008

^{vi} Δημήτρης Κατσαπρακάκης, Μύρωνας Μονιάκης, Νικόλαος Πασαδάκης, Ιωάννης Σκιάς του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 'Σκοπιμότητα Εισαγωγής Φυσικού Αερίου στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης'

^{vii} http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/gas/suppliers.csp

^{viii} Έκθεση λειτουργίας του ΕΣΦΑ για το 2016

^{ix} http://www.desfa.gr/?page_id=1191

^x ΔΕΣΦΑ Μελέτη Ανάπτυξης 2017-2026

^{xi} Tomohito Okamura, Michimobu Furukawa & Hisashi Ishitani με τίτλο 'Future forecast for life-cycle greenhouse gas emissions of LNG and city gas 13A

^{xii} Υπουργείο Ενέργειας Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής 'Liquefied Naturel Gas : Understanding Basic Facts'

^{xiii} Tom Casier με τίτλο 'Great Game or Great Confusion : The geopolitical understanding of EU-Russia energy relations'

^{xiv} Andrew Judge, Tomas Maltby & Jack D. Sharples 'Challenging Reductionism in Analyses of EU-Russia Energy Relations

^{xv} ARUP 'Gas and LNG Storage : The future of LNG modular LNG Tanks'

^{xvi} Richard G. Smead 'Could Hub-and-Spoke be the future of LNG'

^{xvii} Erkut Sonmez, Sunder Kekre, Alan Scheller-Wolf, Nicola Secomandi 'Strategic analysis of technology and capacity investments in the liquefied natural gas industry'

^{xviii} Oxford Institute for Energy Studies 'Floating Liquefaction (FLNG)

^{xix} Oxford Institute for Energy Sources 'Towards a Balkan gas hub: the interplay between pipeline gas, LNG and renewable energy in South East Europe'

^{xx} ΠΑΕ 'Ασφάλεια Εφοδιασμού της Χώρας με Φυσικό Αέριο'

^{xxi} Παντελής Κάπρος & Γιώργος Καμαράς 'Ενεργειακός Σχεδιασμός Περιφέρειας Κρήτης'

-
- ^{xxii} Δημήτρης Κατσαπρακάκης, Μύρωνας Μονιάκης, Νικόλαος Πασαδάκης, Ιωάννης Σκιάς του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας ‘Σκοπιμότητα Εισαγωγής Φυσικού Αερίου στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης’
- ^{xxiii} Grupo Sousa-Open Conference 16 March 2016-‘LNG Virtual Pipeline’
www.gainnprojects.eu/?force_download=466
- ^{xxiv} http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp
- ^{xxv} http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp
- ^{xxvi} http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/DELTIΟ_APE_IOYLIOS_2017.pdf
- ^{xxvii} http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/DELTIΟ_APE_IOYLIOS_2017.pdf
- ^{xxviii} http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSS/Meleti_eparkeias_final.pdf
- ^{xxix} <http://www.rae.gr/old/sub3/3B/3b3.htm>
- ^{xxx} http://www.visitgreece.gr/el/greek_islands
- ^{xxxi} ΕΛΣΤΑΤ Απογραφή πληθυσμού 2011
- ^{xxxii} http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity/market/mdn.csp
- ^{xxxiii} ΔΕΔΔΗΕ Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής στα ΜΔΝ για τον Ιούνιο 2017
- ^{xxxiv} http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity/market/mdn.csp
- ^{xxxv} Official Journal of the European Union - DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)
- ^{xxxvi} European Commission-The Medium Combustion Plant (MCP) Directive
<http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/mcp.htm>
- ^{xxxvii} ΔΕΗ - ΝΕΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΝΗΣΙΑ
- ^{xxxviii} <https://www.dei.gr/Documents2/%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%9D%20%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A4%202016/PPC%20FY2016%20GR.pdf>
- ^{xxxix} ‘Κανονισμός φόρτωσης, εκφόρτωσης, διακίνησης και παραμονής επικίνδυνων ειδών σε λιμένες και μεταφορά αυτών δια θαλάσσης ‘ Π.Δ. 405/1996 άρθρο 31 παρ. 1
- ^{xl} Ελληνική Επιτροπή Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Δικτύων ‘Ένα κομβικό έργο ανάπτυξης από τον ΕΣΜΗΕ’
- ^{xli} <http://ec.europa.eu/energy/en/news/tilos-island-project-find-out-more-about-double-sustainable-energy-awards-winner>
- ^{xlii} Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας-Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ‘Ειδικά Κεφάλαια Παραγωγής Ενέργειας-Ενότητα 5:Παραγωγή Υδρογόνου’
- ^{xliiii} DGEMP (2003) - Reference Costs for Power Generation

<http://www.industrie.gouv.fr/energy/electric/cdr-anglais.pdf> Tarjanne R & Luostarinen K (2003) - Competitiveness Comparison of the Electricity Production

^{xliiv} http://www.ucsusa.org/clean_energy/technology_and_impacts/energy_technologies/how-natural-gas-works.html <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/natural-gas.html>

^{xliv} Δημήτρης Κατσαπρακάκης, Μύρωνας Μονιάκης, Νικόλαος Πασαδάκης, Ιωάννης Σκιάς του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 'Σκοπιμότητα Εισαγωγής Φυσικού Αερίου στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης'

^{xlvi} Φ.Ε.Κ. 1683B'/17-11-2006. «Μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. Α.Ε. στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, για τον υπολογισμό του Ειδικού Τέλους του Άρθρου 40 παρ. 3 του ν. 2773/1999, για το τέταρτο τρίμηνο του έτους 2006»

^{xlvii} Δημήτρης Κατσαπρακάκης, Μύρωνας Μονιάκης, Νικόλαος Πασαδάκης, Ιωάννης Σκιάς του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 'Σκοπιμότητα Εισαγωγής Φυσικού Αερίου στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης'

^{xlviii} Βασιλάκος Νίκος, Βατσολάκης Πέτρος, Κροκιδιάς Αριστοτέλης, Χρηστάκης Δημήτρης, Ψοφογιαννάκης Μιχάλης, Ομάδα Εργασίας Τ.Ε.Ε. – Τ.Α.Κ. «Τεχνικοοικονομική μελέτη σκοπιμότητας για την εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Κρήτης». Ιούνιος 1996

^{xlix} http://files.chartindustries.com/14732510_LNG_ISO.pdf

^l Καρώνης,Λόης,Ζαννίκος-Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου 'Βασικά Χαρακτηριστικά Φυσικού Αερίου'
http://www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files/webdoc_23_2_6_2014.pdf

^{li} ΔΕΠΑ- Ορολογία και Μονάδες Βιομηχανίας Φυσικού Αερίου
http://www.depa.gr/templates/depa/pdf/depa_orologia.pdf

^{lii} ΕΛΣΤΑΤ Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012

^{liii} Consumption of energy - Statistics Explained.(2017).
Ec.europa.eu,http://ec.europa.eu/eurostat/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy

^{liv} Energy trends. (n.d.). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_trends

^{lv} ΔΕΠΑ- Ορολογία και Μονάδες Βιομηχανίας Φυσικού Αερίου
http://www.depa.gr/templates/depa/pdf/depa_orologia.pdf

^{lvi} <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-approximate-conversion-factors.pdf>

^{lvii} Final energy consumption, EU-28, 2015 (% of total, based on tonnes of oil equivalent) YB17

^{lviii} ΕΛΣΤΑΤ Πληθυσμιακή Απογραφή 2011