



## **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

### **ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**



### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ:** Διερεύνηση δυνατοτήτων τροφοδότησης με ηλεκτρική ενέργεια ελλιμενισμένων πλοίων με διασύνδεση ξηράς

**ΚΑΛΤΣΑΣ ΦΛΩΡΙΑΝ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΡΟΥΣΑΛΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2011**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη στήριξη που μου παρέιχε σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, τον κ. Ιωάννη Προυσαλίδη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα τόσο ενδιαφέρον και την πολύ σημαντική βοήθεια του σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αχιλλέα Λεφάκη του τμήματος Μάρκετινγκ του Ο.Λ.Π. Α.Ε. για τα στατιστικά στοιχεία που μας παρέιχε και μας βοήθησε να διαμορφώσουμε την πραγματική εικόνα που προβλήματος.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>6</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ρύπανση που προκαλεί η ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο και συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον.....</b>	<b>10</b>
1.1 . Παγκόσμιος στόλος.....	10
1.2 . Παγκόσμιο σκηνικό.....	11
1.3 . Κατάσταση που επικρατεί στα λιμάνια.....	12
1.4 . Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων.....	12
1.5 . Επιπτώσεις της ρύπανσης στο περιβάλλον .....	15
1.6 . Επιπτώσεις της ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία .....	16
1.6.1. Συμμετοχή των αιωρούμενων σωματιδίων στην επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας.....	17
1.7. Προσπάθειες αντιμετώπισης του προβλήματος.....	20
1.7.1. Δράσεις ευρωπαϊκού κοινοβουλίου για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί η ναυτιλία.....	21
1.7.2 MARPOL 73/78 Παράρτημα VI.....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ηλεκτροδότηση ελλειμενισμένων πλοίων από την ξηρά .....</b>	<b>24</b>
2.1 COLD IRONING.....	24
2.2 Παρουσίαση εγκατάστασης cold-ironing.....	26
2.3 Διαδικασία διασύνδεσης.....	27

2.4	Προβλήματα στην εφαρμογή της μεθόδου.....	30
2.5	Παράδειγμα Κόστους εγκατάστασης συστήματος.....	32
2.6	Ενδεικτικός πίνακας ενεργειακών καταναλώσεων.....	33

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Ανάλυση του προβλήματος ρύπανσης και των δυνατοτήτων εφαρμογής Cold ironing στο λιμάνι του Πειραιά.....35**

3.1	Μελέτη στατιστικών στοιχείων από την κίνηση των επιβατικών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά.....	35
3.1.1	Κίνηση κρουαζιερόπλοιων.....	35
3.1.2	Κίνηση πλοίων αργοσαρωνικού.....	39
3.1.3	Κίνηση ακτοπλοϊκών πλοίων.....	41
3.2	Εκτίμηση των συνολικών ενεργειακών αναγκών των επιβατικών πλοίων κατά τον ελλιμενισμό τους στο λιμάνι του Πειραιά.....	43
3.2.1	Κρουαζιερόπλοιων.....	43
3.2.2	Πλοία που εκτελούν δρομολόγια στον Αργοσαρωνικό .....	46
3.2.2	Ακτοπλοϊκά.....	51
3.3	Έκταση του προβλήματος στο λιμάνι του Πειραιά.....	56
3.4	Σύγκριση κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ανάμεσα στην λειτουργία των Diesel μηχανών και στην χρήση της διαδικασίας cold ironing.....	63

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Μελέτη δυνατοτήτων εφαρμογής Cold ironing σε απομακρυσμένο νησί με αυτόνομο δίκτυο με αποκλειστική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....68**

4.1	Υφιστάμενη κατάσταση παραγωγής ενέργειας στα Ελληνικά νησιά.....	68
-----	------------------------------------------------------------------	----

4.2	Περιορισμοί διείσδυσης αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα.....	69
4.3	Αντιμετώπιση των περιορισμών που εμφανίζονται κατά την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα.....	70
4.3.1	Αρχή λειτουργίας συστήματος αιολικών και αντλησιοταμιευτήρων.....	70
4.4	Προοπτικές κατασκευής ενός ‘πράσινου’ λιμανιού σε νησί με δυνατότητα παροχής υπηρεσιών Cold ironing.....	74
4.4.1	Πλεονεκτήματα εφαρμογής του συστήματος.....	75
<b>Συμπεράσματα .....</b>		<b>76</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>		<b>78</b>
<b>Παραρτήματα.....</b>		<b>81</b>
<u>Παράρτημα Α</u> ( Μελέτη των δυνατοτήτων εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε πλωτά μέσα ).....		
		81
<u>Παράρτημα Β</u> ( Αναλυτικοί πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των διαγραμμάτων).....		
		85

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος γύρω μας είναι γενικός αποδεκτή και παρότι εμφανίζονται πολλές επιστημονικές λύσεις που υπόσχονται εξάλειψη των προβλημάτων αυτών, η πραγματικότητα διαψεύδει τις υποσχέσεις και τα προβλήματα συνεχώς διογκώνονται. Στην αποτυχία των προτεινόμενων λύσεων βασικός παράγοντας που συντελεί είναι το οικονομικό σύστημα που μας περιβάλλει και ορίζει ότι κάθε αλλαγή έχει ελπίδες εφαρμογής μόνον όταν εξασφαλίζει μείωση του κόστους και οδηγεί σε αύξηση κερδών των δυνάμεων που λαμβάνουν αποφάσεις. Το σύνολο, λοιπόν, των προτεινόμενων λύσεων που σκοπό έχουν την αναβάθμιση του περιβάλλοντος γύρω μας και την βελτίωση του επιπέδου ζωής μειονεκτούν στο τελικό κόστος εφαρμογής και παρά την πιλοτική τους εφαρμογή ποτέ δεν καθίστανται ευρέως αποδεκτές.

Οι θαλάσσιες μεταφορές ευθύνονται για το 4% περίπου των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>, γεγονός που καθιστά το αποτύπωμα CO<sub>2</sub> των εν λόγω μεταφορών ανάλογο με αυτό της Γερμανίας. Σήμερα 50.000 περίπου εμπορικά πλοία μεταφέρουν το 90% των παγκοσμίως παραγόμενων προϊόντων και καθιστούν τις θαλάσσιες μεταφορές απαραίτητες για την παγκόσμια οικονομία. Μολονότι οι θαλάσσιες μεταφορές παρουσιάζουν τα μικρότερα ποσοστά εκπομπών CO<sub>2</sub> ( εκπομπές ανά μεταφερόμενο χιλιομετρικό τόνο σε σύγκριση με τους άλλους τρόπους μεταφοράς ) οι οικείες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου υπολογίζεται να αυξηθούν κατά 150-200% τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες από τα τρέχοντα επίπεδα του 1 γιγατόνου περίπου ετησίως.

Υπάρχουν, ωστόσο, σημαντικές δυνατότητες περιορισμού των εκπομπών που προέρχονται από τη ναυτιλία. Υφίστανται ήδη τεχνικές λύσεις για τον περιορισμό της κατανάλωσης καυσίμων (των αερίων ρύπων και των αερίων του θερμοκηπίου), όπως βελτίωση του σχεδιασμού της πρόωσης και των μηχανολογικών χαρακτηριστικών των πλοίων, βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών πλεύσης τους κλπ. Ωστόσο, προκειμένου να επιτευχθούν σημαντικές βελτιώσεις στη μείωση των ανθρακούχων εκπομπών και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι τεχνολογικές λύσεις στον τομέα των καυσίμων και των κινητήρων πρέπει να συμπληρωθούν από άλλα μέτρα.

Ως τώρα η οικολογική σκέψη ελάχιστα είχε ασχοληθεί με τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία, τους υπεργίγαντες των θαλασσών που καταναλώνουν μαζούτ, δηλαδή την πλέον ρυπογόνο μορφή καυσίμου, αφού τα καυσαερίά τους περιέχουν δηλητηριώδεις ενώσεις του θείου. Στα κατά κανόνα μοναχικά ταξίδια τους και στον αγώνα με τα κύματα, η κάπνα ήταν το τελευταίο πράγμα που θα

μπορούσε να απασχολήσει ναυτικούς και πλοιοκτήτες. Αυτό που προείχε, ήταν να φτάσει το φορτίο όσο το δυνατόν πιο γρήγορα στο λιμάνι προορισμού.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος των βλαβερών ουσιών που εκπέμπουν τα πλοία διαφέρει από αντίστοιχα προβλήματα που έχουν μελετηθεί για χερσαίες εγκαταστάσεις. Ο λόγος είναι ότι τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα πλοία είναι υπολείμματα της διαδικασίας παραγωγής ευγενέστερων προϊόντων από τα διυλιστήρια, επομένως και οι εκπομπές που προκαλούνται από την καύση τους είναι διαφορετικές από αυτές που προκαλούνται από τα άλλα μέσα μεταφοράς. Αν τα πλοία έπρεπε να κάψουν τα ίδια καύσιμα με τα άλλα μέσα μεταφοράς, τότε θα αυξάνονταν σημαντικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από τα διυλιστήρια, επειδή για να παράγουν το ευγενέστερο καύσιμο, οι διαδικασίες θα ήταν σημαντικά πιο ενεργοβόρες.

Στις ατμοσφαιρικές εκπομπές των ποντοπόρων πλοίων περιλαμβάνονται εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, αερίων του θερμοκηπίου και ουσιών που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος. Οι εκπομπές αυτές δεν διασκορπίζονται στη θάλασσα αβλαβώς, ούτε σταματούν σε εθνικά σύνορα. Οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων των πλοίων, ιδιαίτερα σε παράκτιες περιοχές και σε λιμάνια, διασκορπίζονται στην ξηρά, προκαλώντας περιβαλλοντικά προβλήματα που επηρεάζουν την υγεία του ανθρώπου, το φυσικό και το δομημένο περιβάλλον. Οπουδήποτε, όμως, σημειώνονται και λαμβάνουν χώρα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από πλοία συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η παγκοσμιοποίηση και η εξέλιξη του διεθνούς εμπορίου έχει καταστήσει τα λιμάνια κλειδί για την οικονομική ανάπτυξη πολλών χωρών. Ωστόσο, ο αυξανόμενος όγκος των φορτίων έχει προκαλέσει και αυξανόμενο προβληματισμό, κυρίως στους κατοίκους των γύρω περιοχών, για τις επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία τους λόγω της συνεχώς αυξανόμενης μόλυνσης που προκαλείται από τα ελλιμενισμένα πλοία.

Ως πολλά υποσχόμενη αντιπρόταση στον περιορισμό της μόλυνσης των πλοίων στις μέρες μας εμφανίζεται το Cold ironing. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε αρχικά από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ και αναφέρεται στην διασύνδεση ενός πλοίου με την ξηρά κατά την παραμονή του στο λιμάνι για την τροφοδότηση των ενεργειακών του αναγκών. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι αναγκαία η διατήρηση σε λειτουργία των μηχανών που πριν ήταν επιφορτισμένες με την παροχή της απαραίτητης ενέργειας με ταυτόχρονη όμως διακοπή και της μόλυνσης. Αυτό προφανώς προϋποθέτει ότι το τοπικό δίκτυο είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή τουλάχιστον τροφοδοτούμενο από μονάδα παραγωγής που βρίσκεται σε τέτοια απόσταση, ώστε να μην συμβάλει στην επιβάρυνση της κατάστασης στο λιμάνι.

Η πρώτη εφαρμογή του, πολλές δεκαετίες πριν χρησιμοποιήθηκε από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ, είχε τελείως διαφορετικούς σκοπούς και τρόπο εφαρμογής. Η σημαντικότερη διαφορά ήταν ότι η παροχή ενέργειας δεν γινόταν από την ξηρά αλλά από κάποιο άλλο πλωτό μέσο ( ένα Πυρηνοκίνητο πλοίο για παράδειγμα σίγουρα δεν θα αντιμετώπιζε πρόβλημα να καλύψει τις ανάγκες αυτές ). Και η δεύτερη βασική διαφορά ήταν ο σκοπός, διότι το τελευταίο πράγμα που τους απασχολούσε ήταν η ρύπανση του περιβάλλοντος, αντίθετα σε συνθήκες πολεμικής εμπλοκής είναι πολύ σημαντικό να αποφεύγονται οι άσκοπες φθορές του πλοίου και η διατήρηση του άμεση ετοιμότητα. Στην επέκταση εφαρμογής της μεθόδου και στην ξηρά πρέπει να συνέβαλλε καθοριστικά ο μέσος χρόνος παραμονής ενός πολεμικού πλοίου σε κάποιο λιμάνι που μπορεί να κυμαίνεται από εβδομάδες έως και μήνες αντίθετα με τα εμπορικά που συνήθως κυμαίνεται 24-48 ώρες. Το Cold ironing βρίσκει αποτελεσματική εφαρμογή στην περίπτωση που εφαρμόζεται σε πλοία που έχουν συχνές επισκέψεις στην ίδια θύρα ενός λιμανιού. Παραδείγματα τέτοιων πλοίων είναι τα κρουαζιερόπλοια και τα Ro-Ro.



Για πρώτη φορά η μέθοδος εφαρμόστηκε σε κρουαζιερόπλοιο στο Juneau της Alaska τον Ιούλιο του 2001. Αρχικά αφορούσε ένα κρουαζιερόπλοιο ενώ στην συνέχεια το πρόγραμμα εφαρμόστηκε σε άλλα 5. Το πρόγραμμα περιελάμβανε μόνον επιβατικά πλοία και είχε ως στόχο την συμμόρφωση με τις προϋποθέσεις που έθετε η τοπική κοινωνία.

Για τους παραπάνω λόγους βασικός στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η προσέγγιση αντίστοιχων προβλημάτων βάση οικονομικών κριτηρίων που εξασφαλίζουν πέρα από την αντιμετώπιση του προβλήματος και την αυτόνομη οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

**Ρύπανση που προκαλεί η ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο και συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον**

### 1.1 Παγκόσμιος στόλος

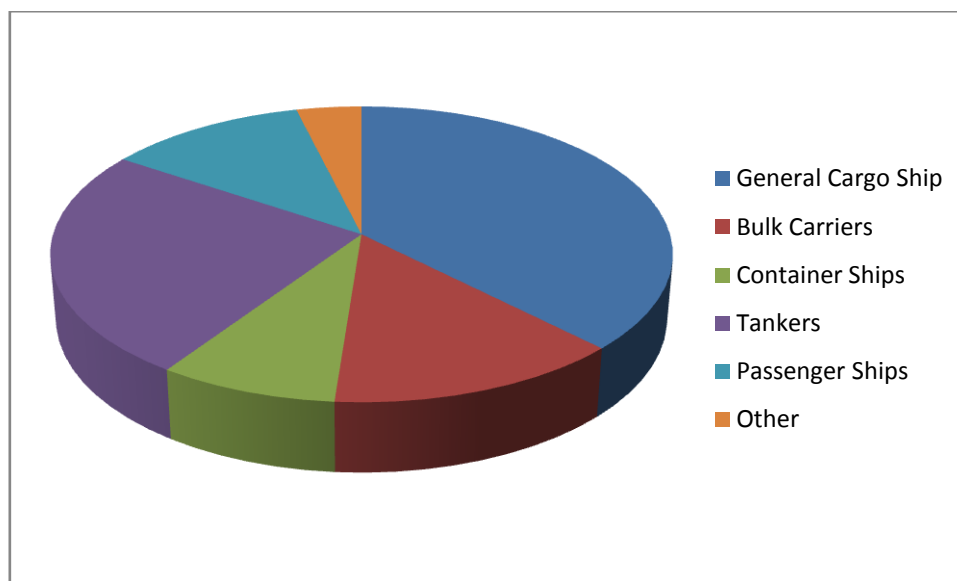
Σύμφωνα με τα στοιχεία του Lloyd's Register, ο αριθμός πλοίων τον Ιανουάριο του 2008 σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχονταν στα 50525 πλοία με συνολική μεταφορική ικανότητα 728,225,000 gross tones, με τον αριθμό αυτό να αντιστοιχεί σε πλοία με μεταφορική ικανότητα άνω των 1000GT, καθώς σύμφωνα με την ίδια μέτρηση υπάρχουν 170,000 πλοία με μεταφορική ικανότητα μεγαλύτερη των 100GT. Τα στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 1.1**

General Cargo Ship	18982
Bulk Carriers	6890
Container Ships	4170
Tankers	12583
Passenger Ships	5957
Other	1943
Total	50525

Στην σχήμα 1 γίνεται γραφική απεικόνιση των παραπάνω στοιχείων

## Κατανομή των πλοίων με βάση το τύπο τους



Σχήμα 1.1. Γραφική απεικόνιση του πίνακα 1.1

### 1.2 Παγκόσμιο σκηνικό

Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας διαπιστώθηκαν τα εξής :

- ✓ Τα πλοία παραδοσιακά δεν υπόκεινται σε ελέγχους καυσαερίων.
- ✓ Τα πλοία απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια και κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού.
- ✓ Οι Diesel μηχανές αποτελούν την πρωταρχική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τα πλοία.
- ✓ Τα πλοία χρησιμοποιούν κατά κανόνα βαρύ μαζούτ για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✓ Ένα πλοίο μπορεί να προκαλέσει, τόση μόλυνση ετησίως, όσο 50 εκατομμύρια αυτοκίνητα.
- ✓ Ο Παγκόσμιος στόλος εμπορικών πλοίων είναι άνω των 50,000.
- ✓ Η εμπορική ναυτιλία εκπέμπει 1.000 τόνους σωματιδίων κάθε χρόνο και ευθύνεται για σχεδόν το 30% των οξειδίων του αζώτου που συμμετέχουν στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους.
- ✓ Η σωματιδιακή ρύπανση από τα πλοία απειλεί τη δημόσια υγεία στις παράκτιες περιοχές, δεδομένου ότι το 70% των θαλασσίων μεταφορών πραγματοποιείται σε απόσταση έως 350 χιλιομέτρων από τις ακτές.

### **1.3 Κατάσταση που επικρατεί στα λιμάνια**

- ✓ Κατά μέσο όρο κάθε πλοίο βρίσκεται ελλιμενισμένο 100 μέρες ανά έτος.
- ✓ Η ημερήσια κατανάλωση είναι κατά μέσο όρο 5 MT καυσίμου.
- ✓ Το μέσο κόστος σε δολάρια να είναι 265 (USD) ανά MT.
- ✓ Για κάθε Kwh παραγόμενης ενέργειας από τα πλοία μέσω των ντίζελ μηχανών απαιτούνται 200 g καυσίμου , με την μέση κατανάλωση κάθε πλοίου να φτάνει τα 0,55 τόνους ανά ώρα.
- ✓ Για κάθε 1 kg καυσίμου παράγονται 3,125 kg διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).
- ✓ Κατά τη διάρκεια ελλιμενισμού το κάθε πλοίου οι βοηθητικές μηχανές συνεχίζουν να λειτουργούν για να τροφοδοτήσουν με ενέργεια τα βοηθητικά συστήματα του πλοίου, καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την διαχείριση του φορτίου.
- ✓ Οι ενεργειακές απαιτήσεις κατά τον ελλιμενισμό παρουσιάζουν τεράστιες διαφορές ανάμεσα σε πλοία διαφορετικού τύπου με τα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων να παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες καταναλώσεις.

### **1.4 Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων**

Ως ρύποι κατά την λειτουργία Ναυτικών κινητήρων θεωρούνται :

- Οξείδια του αζώτου, NO<sub>x</sub>
- Οξείδια του θείου, SO<sub>x</sub>
- Διοξείδιο του άνθρακα, CO<sub>2</sub>
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια PM (Particulate material)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις VOC. (προ καύσεως)

Από τα παραπάνω, προς το παρόν, μόνο τα οξειδία του αζώτου NO<sub>x</sub>, τα οξειδία του θείου SO<sub>x</sub> και οι πτητικές οργανικές ενώσεις VOC, υπόκεινται σε νομοθετικούς περιορισμούς. Όμως, αν και η ναυτιλία έχει μέχρι στιγμής εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο για τα αέρια θερμοκηπίου, είναι σαφές ότι η εποχή αυτή πλησιάζει γρήγορα στο τέλος της, και μέτρα για τον περιορισμό του CO<sub>2</sub> αναζητούνται επείγοντως, με τον IMO να έχει θέσει ήδη τους πρώτους κανόνες. Παράλληλα, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O), καθώς και για αέρια που δεν είναι αέρια του θερμοκηπίου (όπως SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και άλλα) είναι πολύ ψηλά στις προτεραιότητες όχι μόνο του IMO, αλλά και άλλων φορέων με κανονιστική αρμοδιότητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, μεμονωμένα κράτη, κλπ).

### ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO<sub>x</sub>)

Τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), παράγονται από το άζωτο και το οξυγόνο όταν βρεθούν:

1. σε υψηλές θερμοκρασίες και
2. σε υψηλές πιέσεις καύσεως μέσα στον κύλινδρο.

Τα NO<sub>x</sub> έχουν ιδιαίτερη σημασία, καθώς σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Τα οξειδία του αζώτου πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα για καρκινογενέσεις, επίσης συμβάλλουν στην φωτοχημική ρύπανση και στην όξινη βροχή. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης δημιουργούν κυρίως οξειδία του αζώτου, αλλά ποσοστό λιγότερο από 10% αυτών διαφεύγει στο περιβάλλον μέσω των καυσαερίων. Η αρνητική επίδραση του διοξειδίου του αζώτου στα φυτά ξεκινά από συγκεντρώσεις 0,6 mg/kg, οπότε έχουμε παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης. Σε συγκεντρώσεις 2 mg/kg, καταστρέφονται τα φύλλα των φυτών. Όμως οι μεγαλύτερες βλαπτικές επιδράσεις του ασκούνται πάνω στον άνθρωπο. Η περιορισμένη διαλυτότητα, του επιτρέπει να διεισδύσει βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα. Οι ενοχλήσεις μπορούν να αρχίσουν από χαμηλές συγκεντρώσεις των 15 ppm (ppm: μέρη στο εκατομμύριο), με τσούξιμο στα μάτια και στη μύτη. Από 25 ppm αρχίζουν οι αναπνευστικές ενοχλήσεις, με βήχα, δύσπνοια, πόνους στο στήθος, βήχα με κίτρινο επίχρισμα ή αίμα, κυάνωση, πυρετό, κρίση άσθματος, αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, τραχειοβρογχίτιδα, βρογχοπνευμονία και πνευμονικό οίδημα. Έκθεση σε 150-200 ppm μπορεί να οδηγήσει σε θανατηφόρα πνευμονική ίωση. Το διοξείδιο του αζώτου αντιδρά επίσης με την αιμοσφαιρίνη δημιουργώντας αδρανείς ενώσεις, με κύρια την μεθαιμοσφαιρίνη, της οποίας τα επίπεδα χρησιμοποιούνται και σαν ένδειξη του ύψους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου. Με αυτό τον τρόπο εμποδίζεται η οξυγόνωση των ιστών. Το αποτέλεσμα είναι ταχυπαλμία υπέρταση και καρδιακή αρρυθμία.

### ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO<sub>x</sub>)

Τα οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), είναι ανόργανες χημικές ενώσεις. Επειδή οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου, αναπόφευκτα η καύση τους σε συνδυασμό με το οξυγόνο εκλύει διοξείδιο του θείου. Με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη, όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται παραπέρα σε θειικό οξύ, πράγμα που όταν γίνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής κ' επίσης επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα.

### ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)

Οι υδρογονάνθρακες (HC), προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου-λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου-καρκινογενέσεις αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης, καθώς υπάρχει έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα, είναι εξαιρετικά τοξικό σε μεγάλη συγκέντρωση. Λόγω της περίσσειας αέρα στις δίχρονες Ναυτικές μηχανές οι εκπομπές μονοξειδίου είναι πολύ μικρές.

### ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM)

Τα σωματίδια είναι ένα σύνθετο μείγμα από οργανικές και ανόργανες ενώσεις που προκύπτουν από ατελή καύση, άκαυστες ποσότητες λιπαντικού, θερμικό ξέσπασμα υδρογονανθράκων, υπολείμματα άκαυστων σωματιδίων στα καύσιμα και στα λιπαντικά και ύπαρξη νερού. Μεγαλύτερο ποσοστό από 50% των σωματιδίων εξέρχεται στην ατμόσφαιρα υπό μορφή καπνού. Τα άκαυστα σωματίδια άνθρακα δεν είναι τοξικά από μόνα τους και αποτελούν λιγότερο από 0.003% των καυσαερίων.

### ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΠΟΥ ΥΠΟΚΕΙΝΤΑΙ ΣΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τους προαναφερόμενους ρύπους που εκπέμπουν τα πλοία αυτοί που καθορίζονται από νομοθετικούς περιορισμούς -προς το παρόν- είναι:

- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)

- Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)
- Οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>)

Νομοθετικοί περιορισμοί που σχετίζονται με την ρύπανση του περιβάλλοντος από την Ναυτιλία μπορεί να θεσπιστούν από τους εξής φορείς : International Maritime Organization (IMO που αποτελεί το σημαντικότερο νομοθέτη για την παγκόσμια ναυτιλία), φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα π.χ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Europe Council) και μεμονωμένα κράτη (π.χ. California).

### **1.5 Επιπτώσεις της ρύπανσης στο περιβάλλον**

Οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων των πλοίων έχουν ποικίλες επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία: το SO<sub>2</sub> και τα NO<sub>x</sub> που εκπέμπονται προκαλούν όξινες εναποθέσεις, οι οποίες μπορεί να αποδειχθούν επιβλαβείς τόσο για το φυσικό περιβάλλον (π.χ. λίμνες, ποτάμια, έδαφος, πανίδα και χλωρίδα) όσο και για το δομημένο (π.χ. πολιτιστική κληρονομιά). Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> συμβάλλουν επίσης στον ευτροφισμό, φαινόμενο κατά το οποίο ένα πλεόνασμα θρεπτικού αζώτου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ευαίσθητη ισορροπία των οικοσυστημάτων, περιλαμβανομένων και των θαλάσσιων. Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> (52%) και SO<sub>2</sub> (24%) ήταν οι πιο σημαντικοί ρύποι που συνέβαλαν στα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας, με τα πρωτογενή σωματίδια να συμβάλουν μόνο κατά 11%. (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Θεματική έκθεση αριθ. 5/2001 σχετικά με τις ατμοσφαιρικές εκπομπές ). Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των πλοίων, κυρίως CO<sub>2</sub>, παρά την σχετικά μικρή επικινδυνότητα όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία αντίθετα έχει πολύ μεγάλη επίπτωση στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη. Οι εκπομπές αλόνων των πλοίων καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της ποσότητας της βλαβερής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη, και, συνεπώς, βλάπτει την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Οι αλόνες είναι 8-10 φορές πιο καταστρεπτικοί από τους χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι οποίοι απαγορεύτηκαν σε όλες τις βιομηχανικές χώρες το 1995. Επομένως, η απομάκρυνση και η καταστροφή των αλόνων από τα πλοία θα είχε ως αποτέλεσμα την αποφυγή σημαντικής μελλοντικής καταστροφής της στιβάδας του όζοντος και θα αύξανε τις πιθανότητες έγκαιρης αποκατάστασης του προβλήματος.

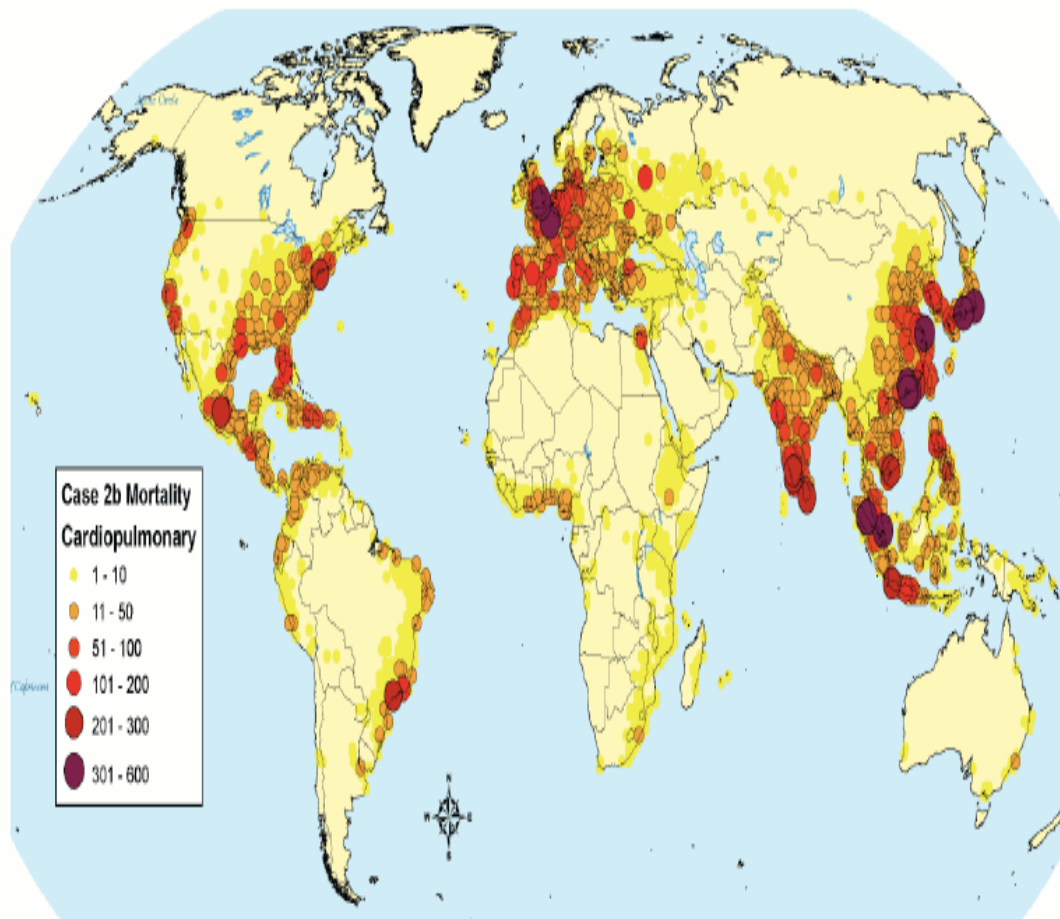
## **1.6 Επιπτώσεις της ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία**

Βασικό συμπέρασμα, στο οποίο συγκλίνουν όλες οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τις επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης γύρω από τους λιμένες είναι ότι οι επιπτώσεις είναι άμεσες, ενώ συνοπτικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τις ακόλουθες:

- ❖ Πρόωρη θνησιμότητα (είναι γενικά παραδεκτό, ότι η μακροχρόνια έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων είναι δυνατόν να μειώσει τη διάρκεια της ζωής από 1 έως 2 χρόνια, κατά μέσο όρο).
- ❖ Αναπνευστικά προβλήματα και καρδιαγγειακές παθήσεις, τόσο σε νεαρά άτομα, όσο όμως και σε άτομα που βρίσκονται στην παραγωγική φάση του κύκλου ζωής.
- ❖ Ανάπτυξη άσθματος σε άτομα μικρής ηλικίας.
- ❖ Αύξηση νοσηρότητας.
- ❖ Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> και VOC συμβάλλουν στο σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος (φωτοχημικής αιθαλομίχλης), το οποίο μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες για την υγεία του ανθρώπου.
- ❖ Οι εκπομπές SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα σχηματίζοντας θειικά και νιτρικά σωματίδια, τα οποία, σε συνδυασμό με τις εκπομπές πρωτογενών σωματιδίων (όπως αιθάλης και σκόνης), καταλήγουν σε λεπτά σωματίδια, τα οποία μπορούν να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου.



Στην παρακάτω σχήμα 1.2 παρουσιάζεται ο χάρτης των θανάτων λόγο καρδιοπαθειών που πιθανολογείται ότι σχετίζεται με την έκταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της ναυτιλίας.



Σχήμα 1.2. Παγκόσμιος χάρτης θανάτων λόγω καρδιοπαθειών

#### 1.6.1 Συμμετοχή των αιωρούμενων σωματιδίων στην επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας

Η μεγαλύτερη επιβάρυνση από τους αέριους ρύπους στην ανθρώπινη υγεία είναι αποδεδειγμένο ότι προκαλείται από τους αιωρούμενα σωματίδια. Η κατάταξη τους γίνεται κυρίως, λαμβάνοντας υπόψη την διεισδυτικότητα στον ανθρώπινο οργανισμό που είναι σε άμεση συνάρτηση με τις επιπτώσεις που προκαλούνται στην ανθρώπινη υγεία. Με βάση την ταξινόμηση αυτή, έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες :

#### A) Εισπνεύσιμα σωματίδια

Εισπνεύσιμα σωματίδια είναι τα αιωρούμενα σωματίδια που εισέρχονται στο ανώτερο σύστημα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας). Περιλαμβάνουν σωματίδια με διάμετρο έως 10 μm, καθώς η πλειοψηφία των σωματιδίων με διαμέτρους μεγαλύτερες από 10 μm κατακρατούνται στην στοματική και τη ρινική κοιλότητα.

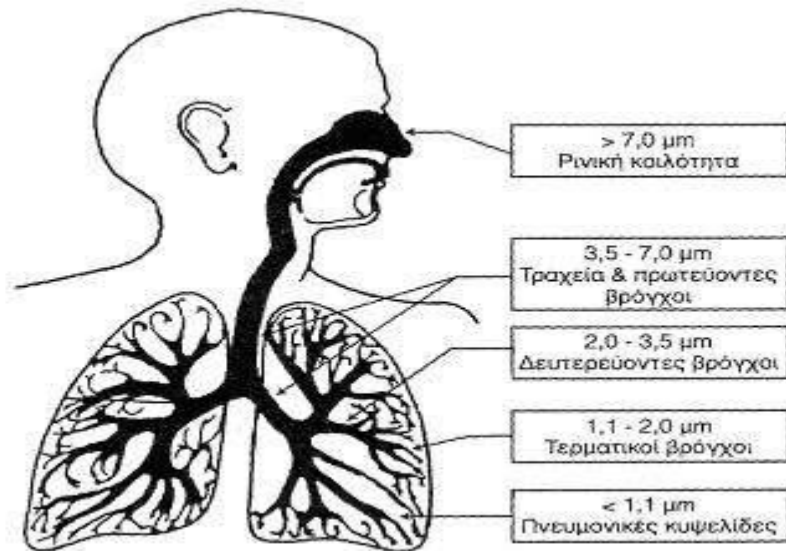
#### B) Θωρακικά σωματίδια

Τα θωρακικά σωματίδια αποτελούν το κλάσμα των εισπνεύσιμων σωματιδίων που καταφέρνουν να διαπερνούν το ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας). Θεωρείται ότι έχουν μέγεθος μικρότερο των 7 μm.

#### Γ) Αναπνεύσιμα σωματίδια

Το σωματιδιακό κλάσμα με μέγεθος αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερο από 2,5 μm είναι το πιο σημαντικό από άποψη επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Τα σωματίδια αυτά καταφέρνουν γενικά να διεισδύσουν έως τα βάθη των πνευμόνων και γι' αυτό καλούνται αναπνεύσιμα, και αποτελούν τμήμα των εισπνεύσιμων (PM10)

Στο σχήμα 1.3 παρουσιάζεται η διεισδυτικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων



Σχήμα 1.3 . Δεισδυτικότητα αιωρούμενων σωματιδίων

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO), η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια αποτελεί την αιτία περίπου 3.000.000 θανάτων ετησίως, σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα σωματίδια δρουν επιβαρυντικά για την υγεία ακόμη και σε συγκεντρώσεις κατά πολύ μικρότερες από τα προβλεπόμενα ανώτατα επιτρεπτά όρια. Τα παρατηρούμενα προβλήματα υγείας κατά την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια οφείλονται κυρίως στην διείσδυσή τους στο αναπνευστικό σύστημα και την τοξική τους δράση. Γενικά, τα σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από 10 μm απομακρύνονται από τον οργανισμό με κατακράτηση από το στόμα ή την μύτη. Τα PM10 (σωματίδια με διάμετρο < 10 μm), αντιθέτως, είναι δυνατόν να διαφύγουν σε πρώτη φάση από τους μηχανισμούς κατακράτησης, και να εισχωρήσουν στον οργανισμό, για τον λόγο αυτό καλούνται και εισπνεύσιμα. Πρόσφατα, το διεθνές επιστημονικό ενδιαφέρον έχει στραφεί προς την επίδραση της έκθεσης σε ακόμη μικρότερα σωματίδια, καθώς υπάρχουν ενδείξεις ότι τα υπερλεπτόκοκκα σωματίδια ενδεχομένως να προκαλούν σοβαρότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία σε σχέση με τα μεγαλύτερα σωματίδια. Πλήθος μελετών καταδεικνύουν ότι, για την ίδια ποσότητα σωματιδιακής ύλης που έχει εναποτεθεί στους πνεύμονες, η τοξικότητα αυξάνει με την μείωση του μεγέθους των σωματιδίων.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν και έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, προκαλώντας μια γενικότερη εξασθένηση στην καλή λειτουργία του οργανισμού. Μελέτες αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε PM είναι δυνατόν να προκαλέσει εμφάνιση αναπνευστικών προβλημάτων, αλλοιώσεις στην λειτουργία των πνευμόνων και στους μηχανισμούς

αυτοκαθαρισμού τους, καθώς και δημιουργία φλεγμονών σε αυτούς. Τα παραπάνω συμπτώματα οδηγούν σε αυξημένη ευαισθησία του οργανισμού, η οποία ευνοεί τη συμπύκνωση υγρού μέσα στους πνεύμονες, ιδιαίτερα σε άτομα με καρδιακές παθήσεις. Η έκθεση σε PM είναι δυνατόν, επίσης, να αυξήσει την ευαισθησία των πνευμόνων σε μολύνσεις από βακτήρια ή ιούς. Το γεγονός αυτό προκαλεί την αύξηση επεισοδίων πνευμονίας στην ομάδα των ευπαθών ατόμων ανεξαρτήτως ηλικίας.

### **1.7 Προσπάθειες αντιμετώπισης του προβλήματος**

- ✓ Νέοι κανονισμοί απαιτούν τον έλεγχο των εκπομπών πλοίων ( Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, τα κράτη μέλη οφείλουν να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα, ώστε οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων να μη υπερβαίνουν συγκεκριμένες οριακές τιμές.
- ✓ Η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο με βάση τους κανονισμούς του IMO θα πρέπει να έχει περιοριστεί κάτω από το 4,5% μέχρι το 2010, ενώ μέχρι το 2020 να βρίσκεται κάτω από το 0,5%.
- ✓ Σταδιακά διεθνείς κανονισμοί επιβάλλουν την χρήση πιο 'καθαρών' καυσίμων κυρίως κατά την είσοδο πλοίων σε μεγάλα λιμάνια με σημαντική πληθυσμιακή ανάπτυξη. Ως αποτέλεσμα, προκύπτει η σημαντική αύξηση του κόστους καυσίμου με επακόλουθη αύξηση του συνολικού κόστους λειτουργίας του πλοίου.
- ✓ Εναλλακτικές λύσεις, όπως η παροχή ενέργειας από την ξηρά σε ελλιμενισμένα πλοία, τα οποία δεν χρειάζεται πλέον να κάνουν χρήση των Diesel γεννητριών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους, εξελίσσονται σε οικονομικά συμφέρουσες επιλογές.

### 1.7.1 Δράσεις ευρωπαϊκού κοινοβουλίου για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί η ναυτιλία

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στο πλαίσιο της πολιτικής περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί η ναυτιλία με τρεις ξεχωριστές οδηγίες, απαιτεί από την αρμόδια Επιτροπή να εξετάσει τη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από το ναυτιλιακό τομέα. Οι οδηγίες είναι οι ακόλουθες :

- Η οδηγία 2001/81 σχετικά με εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους, η οποία δεσμεύει την Επιτροπή να υποβάλλει εκθέσεις στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο, σχετικά με την έκταση, στην οποία οι εκπομπές από τη διεθνή θαλάσσια ναυσιπλοΐα συμβάλλουν στην οξίνιση, στον ευτροφισμό και στο σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος στην Κοινότητα.

- Η οδηγία 1999/32 σχετικά με τη μείωση της περιεκτικότητας ορισμένων υγρών καυσίμων σε θείο, η οποία καθορίζει ήδη ανώτατες τιμές για την περιεκτικότητα σε θείο των αποσταγμάτων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα στα χωρικά ύδατα της ΕΕ, αλλά δεσμεύει την Επιτροπή να εξετάζει τι μέτρα μπορούν να ληφθούν για να μειωθεί η συμβολή των καυσίμων των πλοίων στην οξίνιση, πέραν των αποσταγμάτων.

- Η οδηγία 1994/63 για τον έλεγχο των εκπομπών πτητικών οργανικών ουσιών (VOC) που προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και τη διάθεσή της από τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων, η οποία καλεί την Επιτροπή να εξετάσει την περίπτωση διεύρυνσης του πεδίου της οδηγίας για την αντιμετώπιση των πτητικών οργανικών ουσιών που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της φόρτωσης και της εκφόρτωσης πλοίων.

Σκοπός του προγράμματος είναι ο έλεγχος των παρακάτω εκπομπών :

Οι ατμοσφαιρικές εκπομπές περιλαμβάνουν εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, αερίων του θερμοκηπίου και ουσιών που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος. Οι πρωτογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι με τους οποίους ασχολείται η παρούσα στρατηγική είναι το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub> ή SO<sub>x</sub>), τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και τα πρωτογενή αιωρούμενα σωματίδια (PM). Οι δευτερογενείς ρύποι που εξετάζονται είναι τα θειικά και τα νιτρικά οξέα που σχηματίζονται από την οξειδωση του SO<sub>2</sub> και των NO<sub>x</sub>, το τροποσφαιρικό όζον που σχηματίζεται από φωτοχημικές αντιδράσεις NO<sub>x</sub> και VOC σε επαφή με το ηλιακό φως και τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια (PM), συμπεριλαμβανομένων των θειικών και νιτρικών σωματιδίων που προκύπτουν από την οξειδωση των NO<sub>x</sub> και του SO<sub>2</sub>.

Εξετάζεται το κύριο αέριο του θερμοκηπίου που είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) καθώς και οι βασικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για την καταστροφή της στιβάδα του όζοντος που είναι οι αλόνες (halon).

Τα τελευταία χρόνια, σε ορισμένες χώρες και λιμάνια καθιερώθηκαν οικονομικά μέτρα που είχαν ως στόχο να ενθαρρύνουν τα πλοία να μειώσουν τις ατμοσφαιρικές εκπομπές τους. Τα οικονομικά αυτά μέτρα περιλαμβάνουν διαφορετικούς φόρους επί των καυσίμων πλοίων, διαφοροποιημένα λιμενικά τέλη και τέλη διαύλων ναυσιπλοΐας, καθώς και διαφοροποιημένα τέλη επί της χωρητικότητας.

Το πιο σημαντικό οικονομικό μέτρο στην ΕΕ είναι το σύστημα περιβαλλοντικά διαφοροποιημένων τελών διαύλων ναυσιπλοΐας που καθιερώθηκε στη Σουηδία το 1998. Τα τέλη διαύλων ναυσιπλοΐας είναι μια εθνική εισφορά που συλλέγεται από την σουηδική κυβέρνηση μέσω της Υπηρεσίας Ναυτιλίας. Καταβάλλονται από τα πλοία κάθε σημαίας που επισκέπτονται τα λιμάνια της Σουηδίας, βάσει της ολικής χωρητικότητάς τους και του όγκου του φορτίου που μεταφέρουν. Το 1998 προστέθηκε ένα στοιχείο διαφοροποίησης που αντανακλά τις εκπομπές NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub> των πλοίων, χάρη στο οποίο τα πλοία που εγκαθιστούν τεχνολογία μείωσης των εκπομπών NO<sub>x</sub> ή/και χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο επωφελούνται από μειωμένα τέλη. Πολλά λιμάνια της Σουηδίας, όπως και το λιμάνι του Mariehamn στη φινλανδική αυτόνομη περιφέρεια του Eland, προσφέρουν πρόσθετες μειώσεις των λιμενικών τελών.

Αντίστοιχη πριμοδότηση του Green Shipping (οικολογική ναυτιλία) καθιερώθηκε και από το Λιμάνι του Αμβούργου το 2001 που προβλέπει τη μείωση των λιμενικών τελών, ανάλογα με την περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών.

Ιδιαίτερης συμβολής και σημασίας είναι επίσης η προσπάθεια τροποποίησης της οδηγίας 1999/32/ΕΚ, ώστε να περιοριστεί η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων που χρησιμοποιούνται και διακινούνται εμπορικά στην ΕΕ. Στόχος της πρότασης είναι να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των εκπομπών στην συμβολή των πλοίων στην οξίνιση και στα προβλήματα ποιότητας του αέρα σε τοπικό επίπεδο. Η πρόταση προβλέπει όριο 1,5% σε θείο για τα καύσιμα θαλάσσης που χρησιμοποιούνται σε όλα τα ποντοπόρα πλοία στη Βόρειο Θάλασσα, τη Θάλασσα της Μάγχης και τη Βαλτική Θάλασσα, σύμφωνα με τα όρια περιεκτικότητας σε θείο που περιέχει το Παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), προκειμένου να μειωθούν η οξίνιση και οι συνέπειες στην ποιότητα του αέρα στη Βόρειο Ευρώπη. Το ίδιο όριο του 1,5% σε θείο θα εφαρμοσθεί και για τα καύσιμα θαλάσσης που χρησιμοποιούνται στα επιβατηγά πλοία τα οποία εκτελούν τακτικά δρομολόγια προς και από οιοδήποτε κοινοτικό λιμένα, έτσι ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα γύρω από τους λιμένες και τις ακτές, και να δημιουργηθεί αρκετή ζήτηση για την προμήθεια καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε όλη την ΕΕ.. Τέλος, προτείνεται όριο 0,2% σε θείο για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στα πλοία που

είναι αγκυροβολημένα σε κοινοτικούς λιμένες προκειμένου να μειωθούν οι τοπικές εκπομπές διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων και να βελτιωθεί τοπικά η ποιότητα του αέρα.

### 1.7.2 MARPOL 73/78 Παράρτημα VI

Στο πλαίσιο του νέου πρωτοκόλλου στη Σύμβαση MARPOL 73/78, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός ενέκρινε το 1997 το Παράρτημα VI το οποίο περιλαμβάνει κανονισμούς για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία. (Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships-Annex VI).

Η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της παγκόσμια Ναυτιλιακής κοινότητας έχει επικυρώσει όλα τα παραρτήματα και τις τροποποιήσεις της διεθνούς σύμβασης MARPOL 73/78.

Με τις διατάξεις του εν λόγω Παραρτήματος θεσπίζονται ενιαίοι κανόνες που στοχεύουν στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Ειδικότερα, μεταξύ των λοιπών απαιτήσεων, περιλαμβάνονται ρυθμίσεις, υπό μορφή κανονισμών, με τις οποίες καθορίζονται:

1) Οι μέγιστες επιτρεπόμενες περιεκτικότητες σε θείο του καυσίμου πετρελαίου που χρησιμοποιούν τα πλοία,

2) τα επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου για μηχανές diesel πλοίων, καθώς και

3) τα ληπτέα μέτρα σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την υποδοχή δεξαμενοπλοίων στα οποία μπορεί να απαιτηθεί η ύπαρξη συστημάτων ελέγχου εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων

#### 2.1 COLD IRONING



Σχήμα 2.1. Πλοίο κατά την διάρκεια τροφοδότησης των ενεργειακών του αναγκών από την ξηρά

Η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από το δίκτυο ξηράς, γνωστή και ως cold-ironing, αναφέρεται σε πλοία που είτε στα πλαίσια των δρομολογίων τους, είτε κατά την εκτέλεση εργασιών επιθεώρησης επισκευής ή συντήρησης βρίσκονται σε κάποιο λιμάνι για κάποιο χρονικό διάστημα. Κοινό σημείο όλων το παραπάνω είναι ότι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους γίνεται μέσω της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από εξωτερική πηγή. Η παροχή ενέργειας στοχεύει στην ηλεκτροδότηση :

- Ηλεκτρονικών συστημάτων περιλαμβανομένων των συστημάτων ανεφοδιασμού.
- Διαδικασιών φορτοεκφόρτωσης.



- Βοηθητικές μηχανές που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αναγκών φωτισμού, θέρμανσης, κλιματισμού κλπ, λειτουργίες οι οποίες απαιτούν την κατανάλωση τεραστίων ποσοτήτων βαρέων καυσίμων προκαλώντας αέρια ρύπανση.

Στόχος της παραπάνω διαδικασίας είναι η απεξάρτηση από την αναγκαιότητα παροχής ενέργειας από τις Diesel μηχανές του πλοίου, οπότε είναι δυνατόν οι μηχανές αυτές να αποδεσμευτούν από το σύστημα. Αποτέλεσμα είναι η απαλλαγή από το σύνολο των εκπεμπόμενων ρύπων από της ηλεκτρογεννήτριες των πλοίων, αλλά και η δυνατότητα διασποράς των ηλεκτροπαραγωγικών εγκαταστάσεων σε μια πιο διευρυμένη γεωγραφικά περιοχή, περιορίζοντας δραστικά το πρόβλημα στα λιμάνια. Η ρύπανση των πλοίων δεν είναι μόνον περιβαλλοντική, αλλά έχει ταυτόχρονα και τεράστιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία τόσο των εργαζομένων, είτε αυτοί εργάζονται στο λιμάνι, είτε αποτελούν το πλήρωμα το πλοίου, όσο και για τους κατοίκους των γύρω περιοχών.

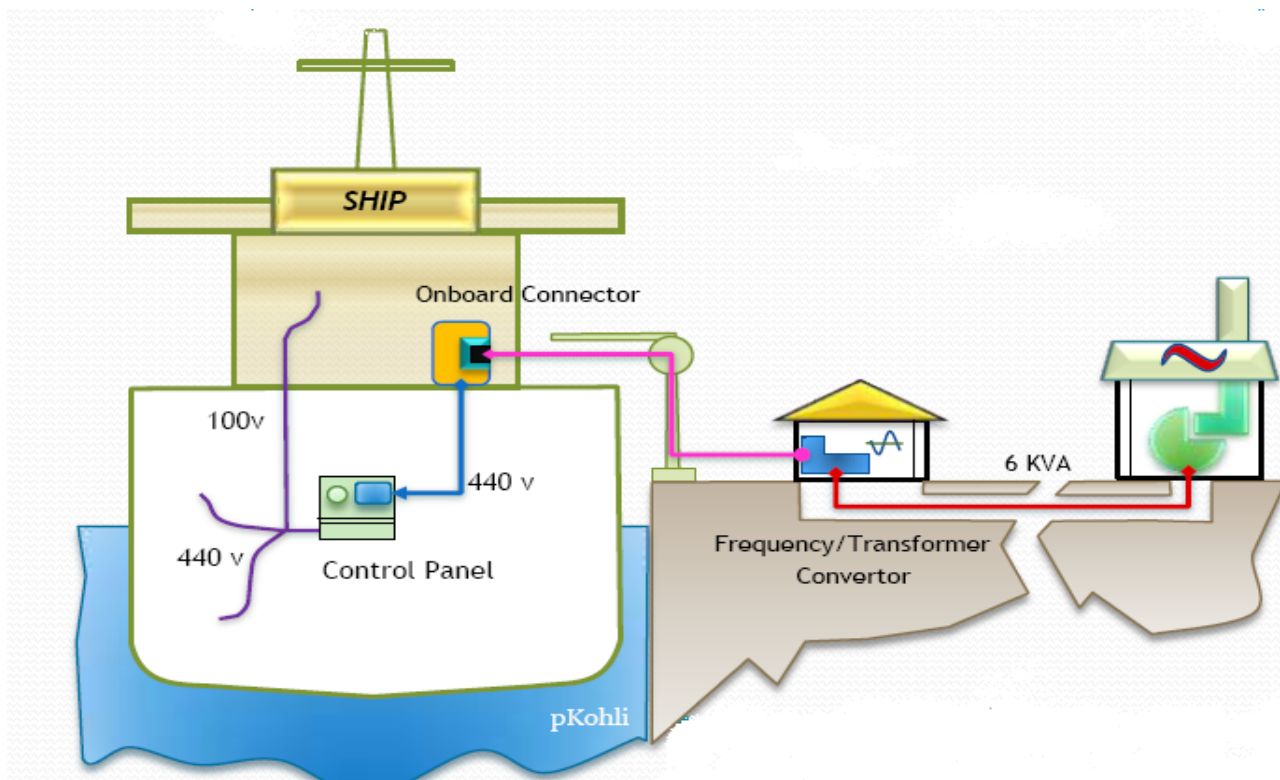


Σχήμα 2.2. Πλοίο που εκτελεί ελιγμούς προσπαθώντας να εισέλθει σε κάποιο λιμάνι

Ως πηγή παροχής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είτε το δημόσιο σύστημα ηλεκτροδότησης σε περιπτώσεις μεγάλων λιμανιών με μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι η περίπτωση του λιμανιού του Πειραιά, είτε μέσω κάποιου αυτόνομου συστήματος ανανεώσιμων

πηγών ενέργειας (αιολικό, φωτοβολταϊκό ή και συνδυασμός τους) στην περίπτωση που το σύστημα απευθύνεται σε κάποιο απομακρυσμένο νησί το οποίο παράγει την απαιτούμενη ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες του μέσω ηλεκτρογεννητριών.

## 2.2 Παρουσίαση εγκατάστασης cold-ironing



Σχήμα 2.3. Παρουσίαση εγκατάστασης Cold ironing

Χαρακτηριστικά του συστήματος :

- Μονάδα παροχής 'καθαρής' ενέργειας.
- Μονάδα ρύθμισης τάσης και συχνότητας.
- Εγκατάσταση διασύνδεσης και διαχειρίσεις ενέργειας πάνω στο αντίστοιχο πλοίο.
- Η διαδικασία διασύνδεσης απαιτεί 1 ώρα για την σύνδεσή του συστήματος πάνω στο πλοίο και 30 λεπτά για την αποσύνδεση.

### 2.3 Διαδικασία διασύνδεσης



Σχήμα 2.4. Στο σχήμα απεικονίζεται η εγκατάσταση παροχής ενέργειας

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας διασύνδεσης ένα καλώδιο προέκτασης εκτείνεται από την προβλήτα και συνδέεται με την αντίστοιχη υποδοχή στο πλοίο. Αναλυτικότερα, παρακάτω περιγράφεται η εγκατάσταση cold ironing του σταθμού China Shipping Terminal στο λιμάνι του Λος Άντζελες :



Σχήμα 2.5. Παρουσιάζεται η εγκατάσταση υποδοχής πάνω στο πλοίο των καλωδίων τροφοδοσίας

Στην άκρη του λιμανιού βρίσκεται μια εγκατάσταση η οποία προμηθεύεται ρεύμα με τάση 14,5 (kV) και με τον μετασχηματιστή που διαθέτει μετατρέπει το ρεύμα αυτό σε 6,6 (kV). Στην συνέχεια υπόγεια καλώδια εκατοντάδων μέτρων μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια στην άκρη της προβλήτας. Στην άκρη της προβλήτας βρίσκεται μια φορητή γίδα η οποία διαθέτει επίσης μετασχηματιστή ο οποίος μειώνει περαιτέρω την τάση φτάνοντας πλέον τα 440 V. Στην φορητή γίδα αυτή περιλαμβάνεται ένας γερανός, καλώδιο σε τροχούς, μηχανισμός έλεγχου της ταχύτητας και εννέα καλώδια. Όταν λοιπόν ένα πλοίο είναι έτοιμο να συνδεθεί ο γερανός σηκώνει τα καλώδια ανεβάζοντας τα στην πρύμνη του πλοίου όπου άτομα από το πλήρωμα αναλαμβάνουν τα τοποθετήσουν στις αντίστοιχες υποδοχές.



Σχήμα 2.6. Ανυψωμένα καλώδια κατά την διαδικασία μεταφοράς τους πάνω στο πλοίο

Λόγω του μεγάλου κόστους χρήσης της φορτηγίδας και των δυσκολιών, που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση της διαδικασίας, σκοπός είναι μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν άλλες λύσεις που θα έχουν την δυνατότητα να απλουστεύσουν την διαδικασία και συντομεύσουν τον χρόνο.

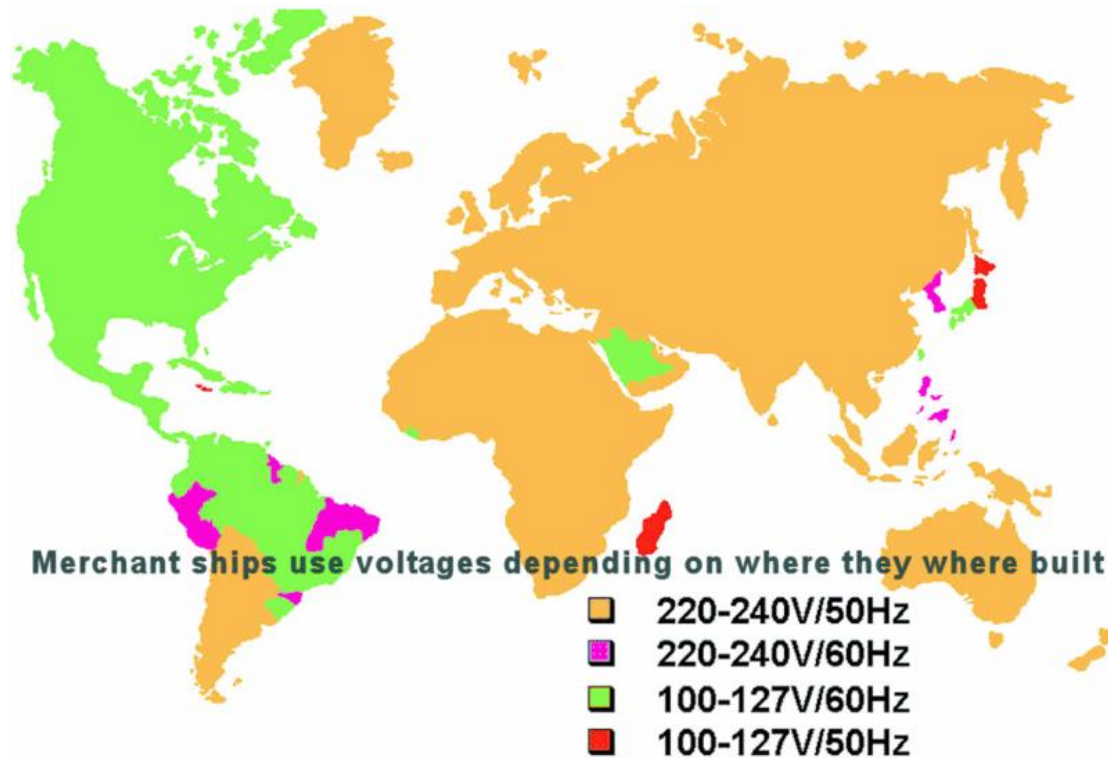


Σχήμα 2.7. Αυτοκινούμενη μονάδα τροφοδοσίας

Η μελέτη προβλέπει ότι το 70 % των πλοίων με συχνές επισκέψεις στο λιμάνι αυτό κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού τους να τροφοδοτούν τις ηλεκτρικές τους ανάγκες από το τοπικό δίκτυο. Το 2005 η εγκατάσταση που περιγράφεται παραπάνω μπορούσε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες 28-39 πλοίων, ποσοστό πολύ μικρό αν αναλογιστούμε ότι 2004 το λιμάνι επισκέφτηκαν 2940 πλοία.

#### 2.4 Προβλήματα στην εφαρμογή της μεθόδου

- Η τάση που χρησιμοποιείται για την μεταφορά της ενέργειας δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία καθώς έχουμε από χώρα σε χώρα διαφορετική ονομαστική τάση λειτουργίας να χρησιμοποιείται για την διασύνδεση πλοίου - λιμανιού (με την πρωτοβάθμια τάση διανομής να παίρνει τιμές 11000 V , 6600 V , 660 V και 400 V και η τάση που εφαρμόζουν τα πλοία να διαμορφώνεται από 110-220 V). Η χρήση υψηλότερης τάσης επιτρέπει τη χρήση καλωδίου διασύνδεσης με μικρότερη διάμετρο, άρα και με μικρότερο βάρος, οπότε καθίσταται ευκολότερος ο χειρισμός από τους εργάτες και συντομότερο το χρονικό διάστημα για την διασύνδεση. Στην περίπτωση που η χρησιμοποιούμενη τάση είναι στα 400 V ο μέσος χρόνος που απαιτείται για την διασύνδεση είναι της τάξης των 30 λεπτών. Στο σχήμα 2.8. παρουσιάζεται το πώς διαμορφώνεται ο παγκόσμιος χάρτης όσον αφορά την τάση και συχνότητα χρήσης.



Σχήμα 2.8. Χάρτης που παρουσιάζει την χρησιμοποιούμενη τάση και συχνότητα ανά τον κόσμο

- Το δεύτερο σημαντικό εμπόδιο είναι η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων (όπως 60 Hz αντί των 50 Hz με το κόστος μετατροπής στην περίπτωση αυτή να είναι της τάξης 300.000 – 500.000 ευρώ).
- Το επόμενο σχετίζεται με το μέγεθος των ενεργειακών απαιτήσεων που για τα ποντοπόρα πλοία είναι συνήθως της τάξης των 2,0 - 10 MW. Σε ένα λιμάνι με έναν μεγάλο αριθμό πλοίων που επιλέγουν να εφοδιαστούν από την ξηρά είναι προφανές ότι το υπάρχον δίκτυο αδυνατεί να καλύψει απαιτήσεις αυτού του μεγέθους, όποτε το υπάρχον τοπικό δίκτυο χρειάζεται ριζική αναδιάρθρωση, πιθανότατα με την ταυτόχρονη κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δεν έχει υπάρξει μέχρι σήμερα κάποια τυποποιημένη μέθοδος, γενικώς αποδεκτή, που να χρησιμοποιείται για την διασύνδεση σε παγκόσμιο επίπεδο αν και οι προσπάθειες στρέφονται πλέον σε αυτή την κατεύθυνση.

## 2.5 Παράδειγμα Κόστους εγκατάστασης συστήματος

Στην ενότητα αυτή δίνεται μια αριθμητική εφαρμογή για την προσέγγιση του κόστους στηριζόμενοι στην μελέτη του έργου που πραγματοποιήθηκε το 2002 στο Juneau της Αλάσκας:

Η μελέτη αφορούσε την εγκατάσταση συστήματος ηλεκτροδότησης για την κάλυψη αναγκών του κρουαζιερόπλοιου Princess Cruises κατά την παραμονή του στο λιμάνι. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης ανέρχονταν σε 5,5 εκ USD από τα οποία τα 4,7 αφορούσαν το κόστος εγκατάστασης στην ξηρά, 0.5 εκ USD δαπανήθηκαν για τις απαραίτητες μετασκευές πάνω στο πλοίο και τέλος 0.15 εκ USD απαιτήθηκαν για την μετασκευή του συστήματος τροφοδοσίας του πλοίου για τον συγχρονισμό με τις εγκαταστάσεις στην ξηρά. Οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια κατά τον ελλιμενισμό για το Princess Cruises φτάνουν στα 7 MW στα 6,6KV. Σχετικά με το κόστος λειτουργίας, κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού στην περίπτωση, κατά την οποία τροφοδοτείται από το επίγειο σύστημα υπολογίζεται στα 4-5000 δολάρια ημερησίως, όταν στην ίδια περίπτωση κάνοντας χρήση των Diesel μηχανών θα ήτανε 3500 δολάρια.



## 2.6 Ενδεικτικός πίνακας ενεργειακών καταναλώσεων

Στον παρακάτω πίνακα 2.1 παρουσιάζονται ενδεικτικά η ενεργειακές ανάγκες διαφόρων τύπων πλοίων κατά την διάρκεια του ελλιμενισμού τους καθώς και ο μέσος χρόνος παραμονής τους σε κάποιο λιμάνι.

**Πίνακας 2.1**

Όνομα Πλοίου	Τυπος	Έτος κατασκευής	Μέση Ενεργειακή Κατανάλωση Κατά την Διάρκεια Ελλιμενισμού (Kw)	Μέσος χρόνος παραμονής στο λιμάνι (ώρες)	Αριθμός επισκέψεων ανά έτος
Victoria Bridge	Container	1998	600	44	10
Hanfin Paris	Container	1997	4800	63	10
Lihue	Container	1971	1700	50	16
OOCL California	Cont/Reefer	1996	5200	121	8
Chiquita Joy	Reefer	1994	3500	68	25
Ecstasy	Cruise	1991	7000	12	52
Alaskan Frontien	Tanker	2004	3780	33	15
Chevron Washigton	Tanker	1976	2300	32	16
Groton	Tanker	1982	300	56	24
Ansac Harmony	RO-RO	1998	1250	60	1
Pyxis	Bulk	1986	1510	17	9

**Πίνακας 2.1. Ενδεικτικός πίνακας ενεργειακών αναγκών διαφόρων τύπων πλοίων**

Παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρουσιάζονται στα κρουαζιερόπλοια κατά τον ελλιμενισμό τους και ποιο συγκεκριμένα βλέπουμε το Ecstasy να εμφανίζεται με κατανάλωση που ανέρχεται στα 7 MW. Οι ιδιότητες του πλοίου αυτού είναι :

**Πίνακας 2.2**

ECSTASY DETAILS	
Built	1991
Passengers	2040
Crew	920
Tonnage ( GT )	70364
Decks	10

**Πίνακας 2.2 Χαρακτηριστικά κρουαζιερόπλοιοι ECSTASY**

Δεδομένου του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα κρουαζιερόπλοια, παρακάτω παρουσιάζεται το μεγαλύτερο κρουαζιερόπλοιο που έχει ναυπηγηθεί μέχρι σήμερα. Το αποτελεί το πρώτο πλοίο στην κλάση του με δυνατότητα μεταφοράς άνω των 6000 επιβατών ( pass max = 6296). Με το εκτόπισμα του Disp =100'000 t να είναι αντίστοιχο το αεροπλανοφόρου Nimitz. Αναλυτικότερα στοιχεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 2.3**

Oasis of the Seas DETAILS	
Built	2009
Passengers	6296
Crew	2165
Tonage ( GT )	225282
Decks passenger	16
Length	361.8 m
Depth	22.55 m
Speed	22.6 knots

**Πίνακας 2.3. Χαρακτηριστικά κρουαζιερόπλοιοι Oasis of the Seas**

Οι ενεργειακές ανάγκες του πλοίου καλύπτονται από 6 ναυτικούς Diesel κινητήρες εκ των οποίων τρεις Wärtsilä 16-κύλινδροι πετρελαιοκινητήρες σιδηροδρόμων που παράγουν 18.860 κιλοβάτ (25.290 hp) ο καθένας, και καταναλώνουν 1.377 λίτρα καυσίμου ανά ώρα λειτουργίας , και τρεις 12-κύλινδρους κινητήρες που παράγουν 13.860 κιλοβάτ (18.590 hp) που καταναλώνουν 1.033 λίτρα. Η συνολική ταυτόχρονη παραγωγική δυνατότητα αυτών ανέρχεται στα 97.020 κιλοβάτ (130 110 hp), και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια χρησιμοποιείται για την ηλεκτροδότηση φώτων, ανελκυστήρων, ηλεκτρονικών ειδών, αναγκών εστίασης, μονάδων επεξεργασίας υδάτων, καθώς και όλων των άλλων συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του πλοίου.

Εκτός όλων των παραπάνω, η βασικότερη χρήση είναι η κάλυψη των αναγκών πρόωσης μέσω των ηλεκτροκινητήρων. Το σύστημα πρόωσης αποτελείται από τρεις αζιμουθιακούς προωστήρες (rods) με ισχύ 20.000 κιλοβάτ (26.800 hp), οι οποίοι έχουν την δυνατότητα περιστροφής γύρω από τον άξονά τους αντικαθιστώντας το πηδάλιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Ανάλυση του προβλήματος ρύπανσης και των δυνατοτήτων εφαρμογής Cold ironing στο λιμάνι του Πειραιά

#### 3.1 Μελέτη στατιστικών στοιχείων από την κίνηση των επιβατικών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία βάση της βάσης δεδομένων που διαθέτει ο Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς για την κίνηση των επιβατικών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά για τα έτη 2007-2009, καθόλη την διάρκεια του έτους.

##### 3.1.1 Κίνηση κρουαζιερόπλοιων

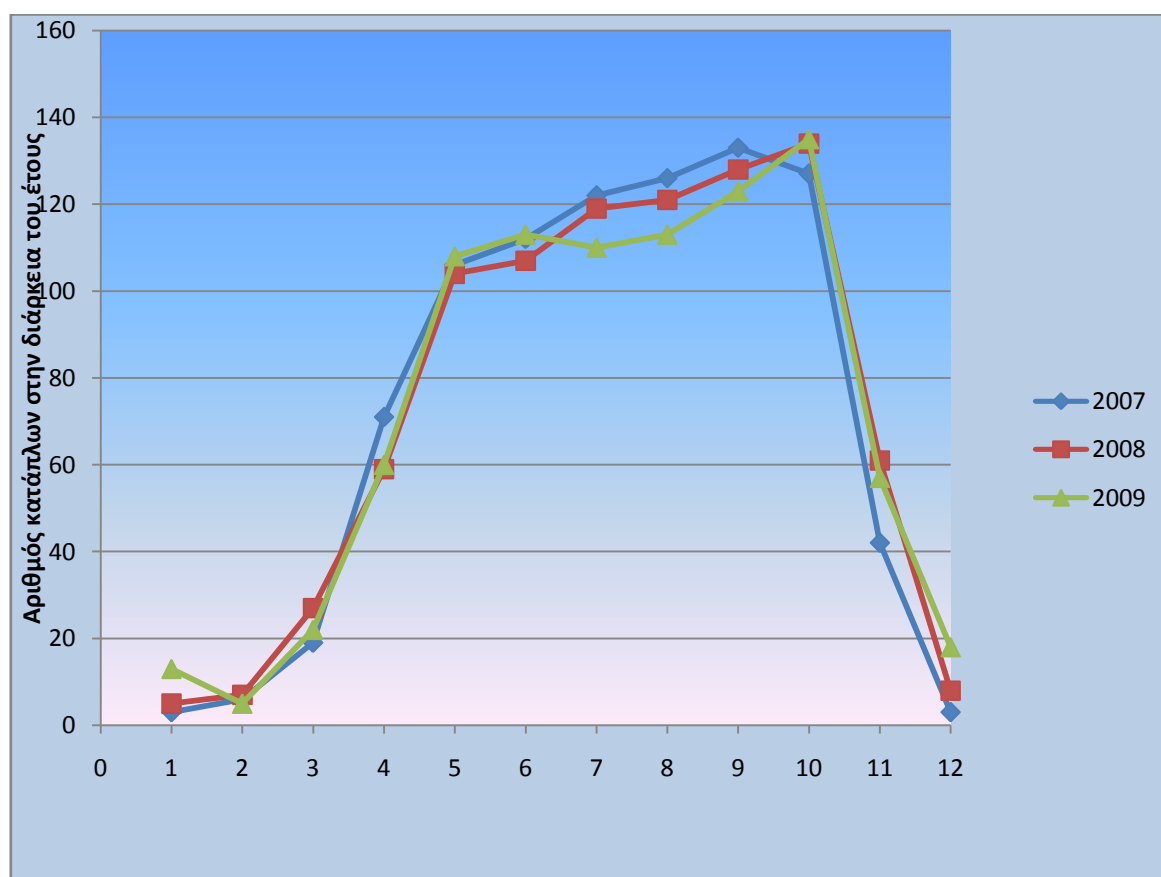
**Πίνακας 3.1.**

ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ 2007-2009						
ΜΗΝΑΣ	2007		2008		2009	
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.
1ος	3	318703	5	403851	13	949444
2ος	6	497847	7	347241	5	526061
3ος	19	1036832	27	1081834	22	1106591
4ος	71	2177586	59	2145395	60	2421871
5ος	106	3672881	104	3587630	108	4073688
6ος	112	3198125	107	3455048	113	4632176
7ος	122	3464892	119	4373099	110	4549405
8ος	126	3474901	121	4429552	113	4724469
9ος	133	4251774	128	4936718	123	5219065
10ος	127	3725725	134	4728668	135	5337753
11ος	42	2094494	61	2644200	57	3223651
12ος	3	298965	8	678631	18	1293651
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>870</b>	<b>28212725</b>	<b>880</b>	<b>32811867</b>	<b>877</b>	<b>38057825</b>

Πίνακας 3.1 Παρουσιάζεται η μηνιαία κίνηση των κρουαζιερόπλοιων στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009

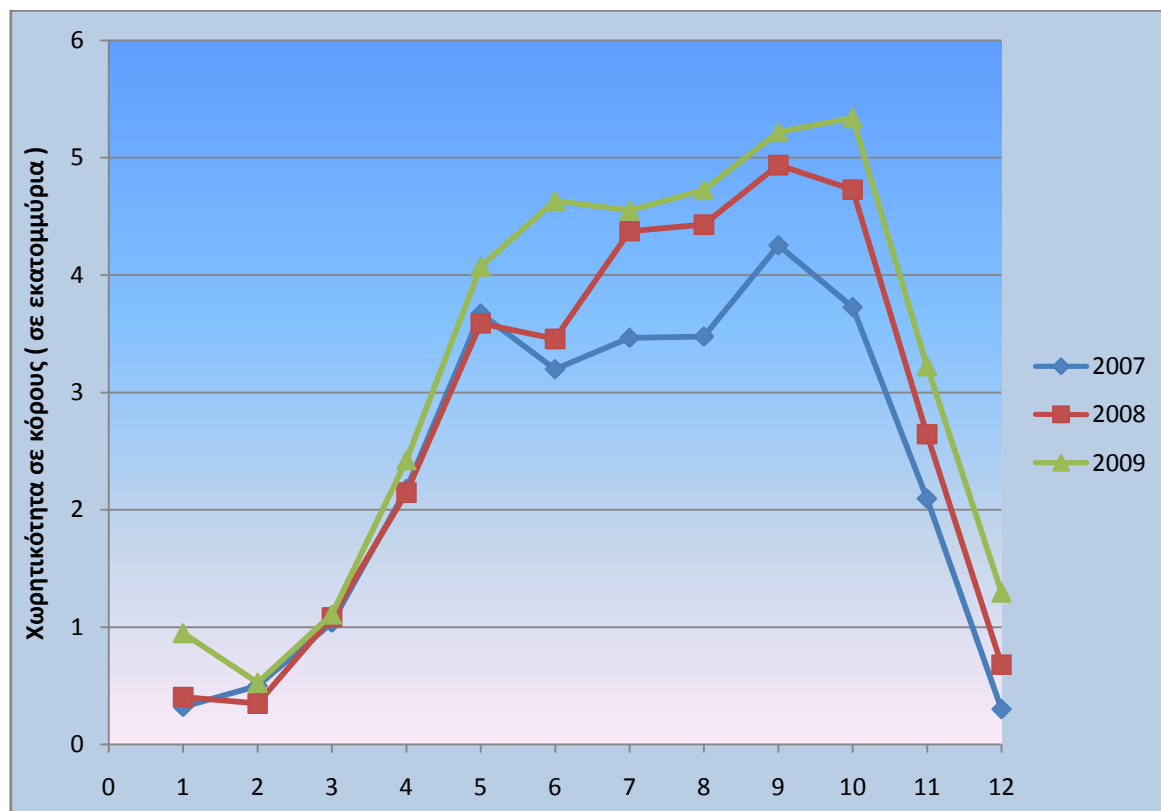
Βλέπουμε ότι από έτος σε έτος, ενώ το πλήθος των κατάπλων παραμένει σχεδόν σταθερό, η συνολική χωρητικότητα αντίθετα παρουσιάζει σημαντική αύξηση με το ποσοστό του ρυθμού αύξησης που αντιστοιχεί για τις χρονιές 2007-2008 και 2008-2009 να διαμορφώνεται στο 16,3% και 16% αντίστοιχα. Με βάση την παραδοχή ότι οι ρυθμοί αύξησης θα παραμείνουν της τάξης του 16% μπορούμε να υποθέσουμε ότι η συνολική χωρητικότητα για τα έτη 2010 και 2011 θα είναι 44147000 κόρους και 51210000 κόρους αντίστοιχα, αν και για το 2011 είναι δύσκολο να γίνει πρόβλεψη λόγω της αλλαγής της νομοθεσίας και της δυνατότητας πλοίων με ξένη σημαία να έχουν ως αφετηρία ελληνικά λιμάνια, οπότε αναμένεται σημαντική αύξηση. Στα διάγραμμα σχ. 3.1 γίνεται γραφική παρουσίαση των παραπάνω αποτελεσμάτων σχετικά με την κίνηση των κρουαζιερόπλοιων, στα οποία γίνονται και εύκολα αντιληπτές οι παρατηρήσεις που έγιναν.

**Σχήμα 3.1. Κατάπλοι κρουαζιερόπλοιων στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009**



Σχήμα 3.1. Ετήσια διαμόρφωση του συνολικού αριθμού κατάπλων στην διάρκεια της τριετίας

Σχήμα 3.2. Μηνιαία χωρητικότητα στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009

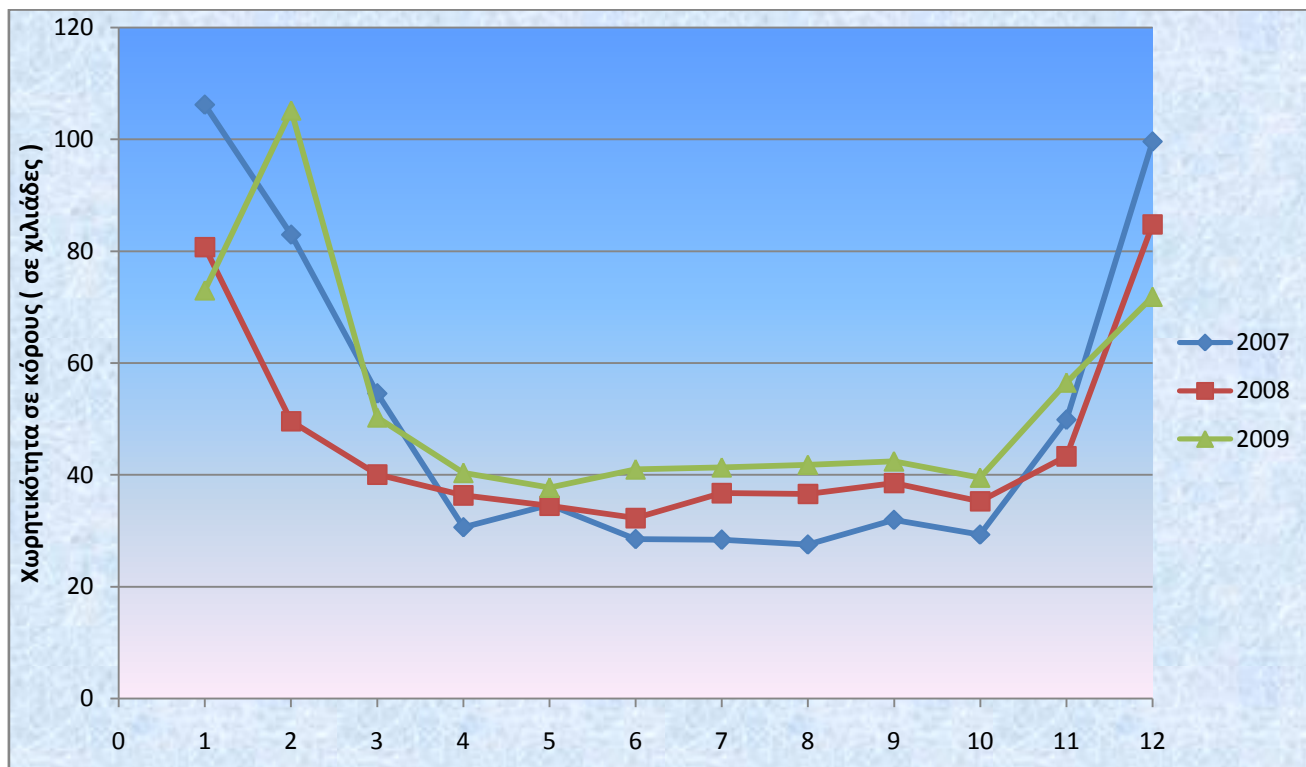


Σχήμα 3.2. διαμόρφωση της συνολικής χωρητικότητας από το σύνολο των κατάπλων κάθε μήνα

Γνωρίζουμε επίσης ότι τα κρουαζιερόπλοια απαιτούν τεράστιες ποσότητες καυσίμων για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών τόσο κατά την διάρκεια των ταξιδιών όσο και κατά την διάρκεια παραμονής τους στα λιμάνια, με τις συνέπειες, όμως, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τον ελλιμενισμό τους να είναι δραματικές όσον αφορά του κατοίκους των γύρω περιοχών.

Στο γράφημα ( σχήμα 3.3 ) βάσει του πίνακα Ι ( Παράρτημα Β ) φαίνεται η μέση χωρητικότητα των κρουαζιερόπλοιων κατά τη διάρκεια του έτους.

Σχήμα 3.3. Μέση χωρητικότητα κρουαζιερόπλοιων στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009



Σχήμα 3.3. Παρουσιάζεται ο λόγος της συνολικής χωρητικότητας προς το πλήθος των κατάπλων

Βασικό συμπέρασμα της παρατήρησης είναι ότι, ενώ ο αριθμός των κρουαζιερόπλοιων είναι σημαντικά μεγαλύτερος κατά τους θερινούς μήνες, η μέση χωρητικότητα μειώνεται με τα ελλιμενισμένα πλοία τον χειμώνα να είναι σημαντικά μεγαλύτερα. Η δεύτερη παρατήρηση από το σύνολο των απεικονίσεων είναι ότι, σε κανένα διάγραμμα δεν έχουμε μεγάλες μεταβολές από έτος σε έτος και σε γενικές γραμμές εμφανίζεται μια σταθεροποιητική εικόνα.

### 3.1.2 Κίνηση πλοίων αργοσαρωνικού

Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η κίνηση των επιβατικών πλοίων του αργοσαρωνικού :

**Πίνακας 3.2.**

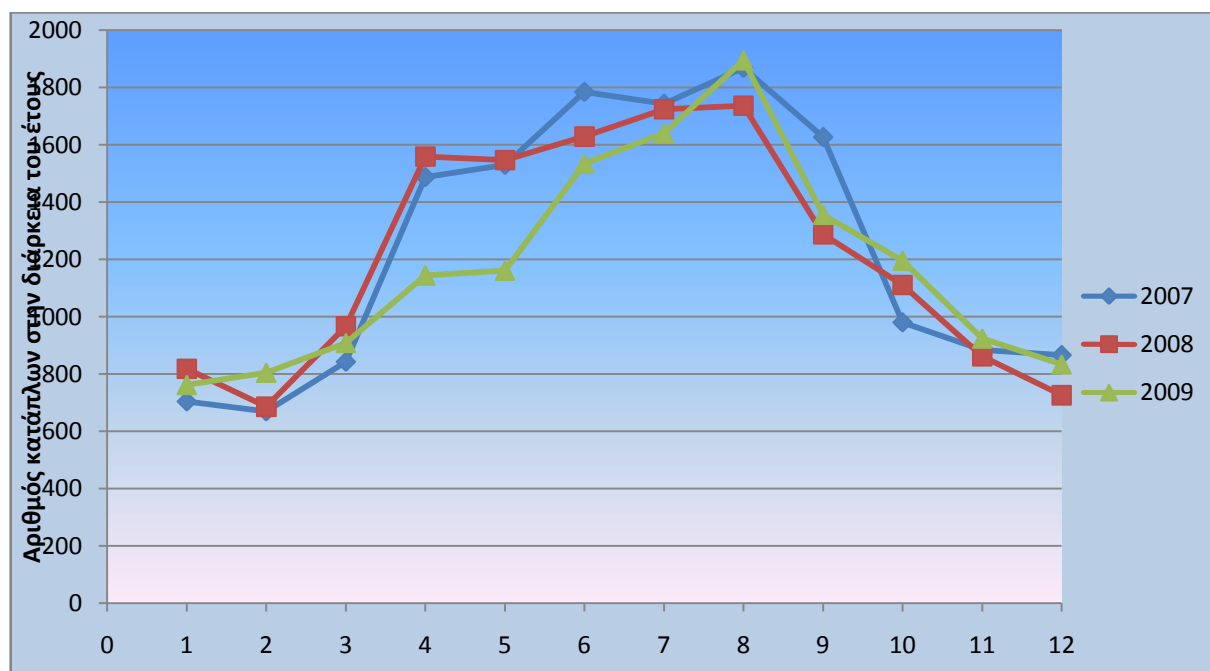
<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009</b>						
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2007</b>		<b>2008</b>		<b>2009</b>	
	<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>		<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>		<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>	
	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>
1ος	704	895800	818	928363	762	920951
2ος	670	751708	686	825788	805	993365
3ος	843	719675	967	1163521	909	1028367
4ος	1488	1470072	1559	1235545	1144	1199391
5ος	1530	1534223	1547	1317529	1161	1175709
6ος	1785	1713644	1629	1356096	1535	1308557
7ος	1744	1678015	1725	1411630	1641	1331060
8ος	1869	1866642	1737	1428078	1895	1378319
9ος	1627	1715556	1288	1247586	1356	3899019
10ος	980	955944	1111	1096259	1196	3778554
11ος	884	1015744	862	781343	924	1779903
12ος	866	1007224	726	700735	834	1523693
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14990</b>	<b>15324247</b>	<b>14655</b>	<b>13492473</b>	<b>14162</b>	<b>20316888</b>

Πίνακας 3.2. Παρουσιάζεται η μηνιαία κίνηση πλοίων που δραστηριοποιούνται στα δρομολόγια του Αργοσαρωνικού στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009

Από την πρώτη παρατήρηση, δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για την εξέλιξη στα επόμενα χρόνια, διότι η εικόνα από έτος σε έτος δεν παρουσιάζει κάποια ομοιομορφία. Παρατηρείται λοιπόν, μια συνεχής μείωση του πλήθους των κατάπλων της τάξης του 2-3 % αντίθετα με την συνολική χωρητικότητα που βλέπουμε ότι κατά τις χρονιές 2007-2008 μείωση της τάξης του 12 % και την επόμενη περίοδο αλματώδης αύξησης της τάξης του 50 %.

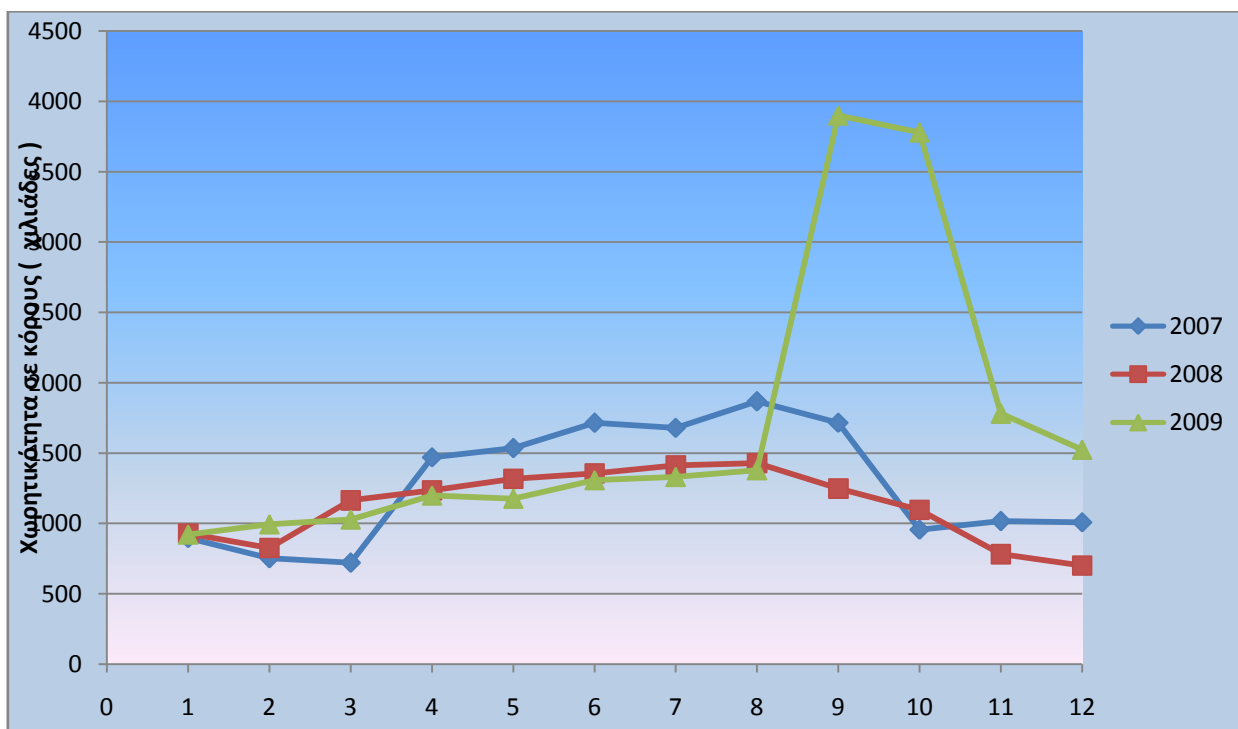
Η γραφική απεικόνιση των στοιχείων του πίνακα 3.2 γίνεται μέσω των γραφημάτων 3.4. και 3.5. :

**Σχήμα 3.4 Κατάπλοι πλοίων Αργοσαρωνικού στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009**



Σχήμα 3.4. Παρουσιάζεται η μηνιαία κίνηση σε αριθμούς κατάπλων των πλοίων που δραστηριοποιούνται στα δρομολόγια του Αργοσαρωνικού

**Σχήμα 3.5. Συνολική χωρητικότητα πλοίων Αργοσαρωνικού στην τριετία 2007-2009**



Σχήμα 3.5. Παρουσιάζεται η διαμόρφωση μηνιαίας χωρητικότητας σε κόρους του συνόλου των πλοίων στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009 που εκτελούν δρομολόγια Αργοσαρωνικού



### 3.1.3 Κίνηση ακτοπλοϊκών πλοίων

Τέλος, στον πίνακα 3.3 παρουσιάζεται η κίνηση των ακτοπλοϊκών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά.

**Πίνακας 3.3**

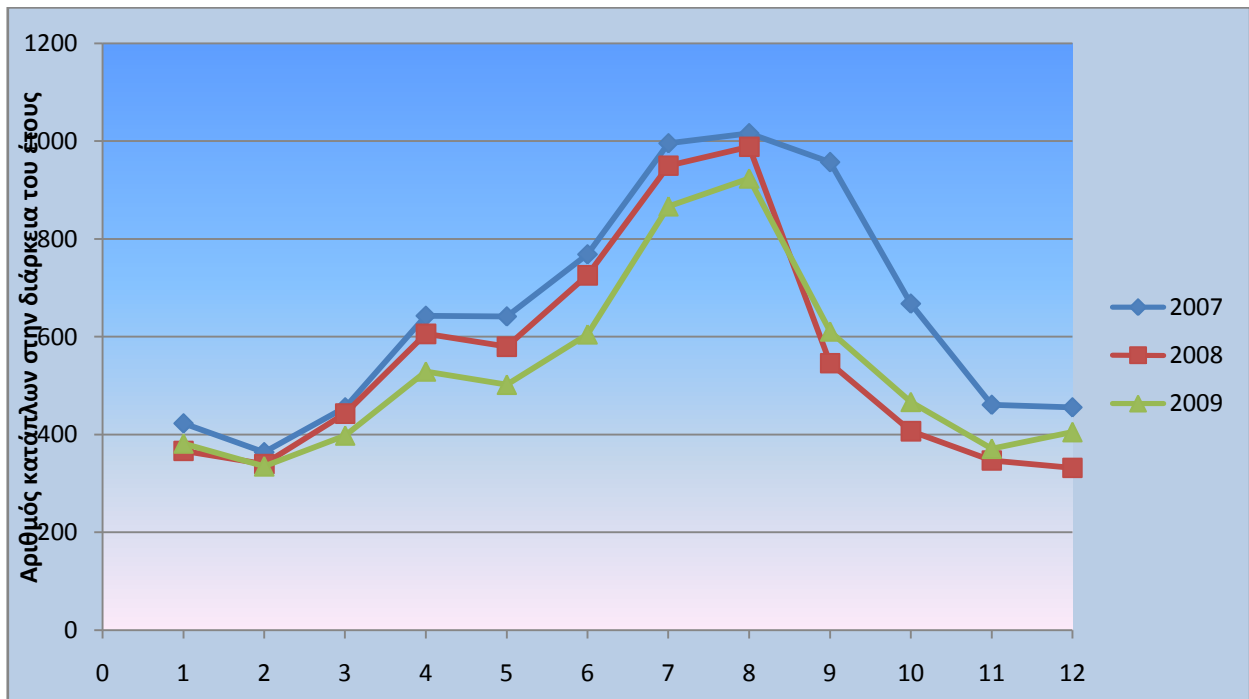
ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009						
ΜΗΝΑΣ	2007		2008		2009	
	ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ		ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ		ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.
1ος	423	4172625	367	3793517	382	4281543
2ος	364	3701961	340	3191685	335	3763169
3ος	456	4341739	443	4281884	398	4381648
4ος	643	5522496	606	5270772	529	5551985
5ος	642	5467017	580	5144680	502	5412555
6ος	769	5998576	726	6168490	605	5669302
7ος	996	7478609	950	7310351	867	7354339
8ος	1016	7187007	989	7857134	924	7988403
9ος	957	6227548	546	4954432	611	5671057
10ος	668	5298322	407	4333904	467	5106003
11ος	461	4884157	347	3830649	371	4761093
12ος	456	4838697	332	3863053	405	4894441
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7851</b>	<b>65118754</b>	<b>6633</b>	<b>60000551</b>	<b>6396</b>	<b>64835538</b>

Πίνακας 3.3. Παρουσιάζεται η μηνιαία κίνηση των ακτοπλοϊκών πλοίων που δραστηριοποιούνται στα δρομολόγια εσωτερικού στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009

Όσον αφορά το πλήθος των κατάπλων παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση της τάξης του -15,5 % και -3,6% αντίστοιχα, αντίθετα με την συνολική χωρητικότητα που βλέπουμε κατά τις χρονιές 2007-2008 μείωση της τάξης του -7,9 % και την επόμενη περίοδο επαναφορά στα προηγούμενα επίπεδα με αύξηση 8 %.

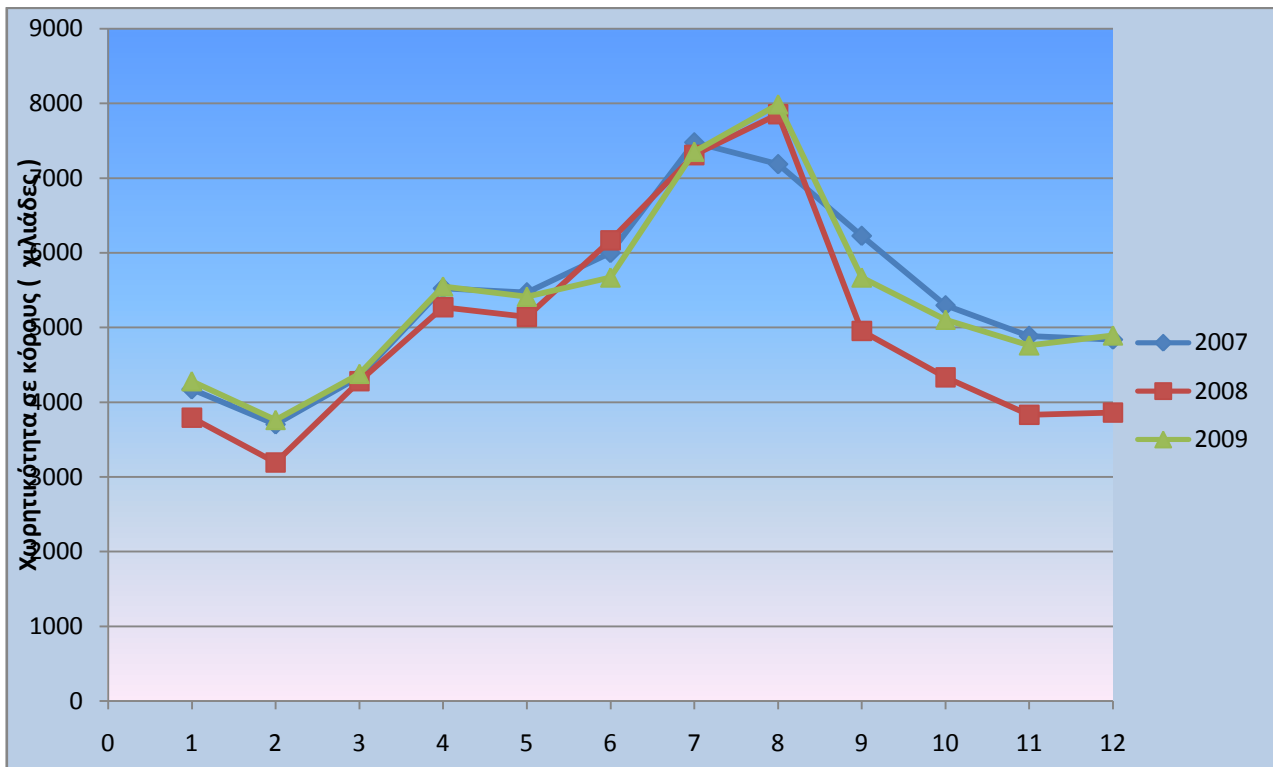
Ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση του πίνακα 3.3 μέσω των διαγραμμάτων :

**Σχήμα 3.6 Κατάπλοι ακτοπλοϊκών στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009**



Σχήμα 3.6. . Παρουσιάζεται η μηνιαία κίνηση σε αριθμούς κατάπλων των Ακτοπλοϊκών πλοίων που δραστηριοποιούνται στα δρομολόγια του εσωτερικού

**Σχήμα 3.7 Συνολική χωρητικότητα των Ακτοπλοϊκών στην τριετία 2007-2009**



Σχήμα 3.7. Παρουσιάζεται η διαμόρφωση μηνιαίας χωρητικότητας σε κόρους του συνόλου των Ακτοπλοϊκών στην διάρκεια της τριετίας 2007-2009 που εκτελούν δρομολόγια εσωτερικού

### 3.2 Εκτίμηση των συνολικών ενεργειακών αναγκών των επιβατικών πλοίων κατά τον ελλιμενισμό τους στο λιμάνι του Πειραιά

#### 3.2.1 Κρουαζιερόπλοια

Ενδεικτικά στοιχεία για τις ενεργειακές ανάγκες κρουαζιερόπλοιων, βασιζόμενοι σε πλοία διαφορετικών εκτοπισμάτων, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4. :

**Πίνακας 3.4.**

	G.T	Length	Passenger	Average Power Demand at Berth (kW)	APDB/G.T.
Ecstasy	70364	260,6	2040	7000	0,099
Ship1	40876	207,1	1800	3000	0,073
Ship2	14816	147	380	900	0,61

Πίνακας 3.4. Δίδονται 3 παραδείγματα ενεργειακών αναγκών κρουαζιερόπλοιων κατά την διάρκεια ελλιμενισμού τους

Στην τελευταία στήλη γίνεται μια προσπάθεια υπολογισμού των μέσων ενεργειακών αναγκών σε σχέση με την χωρητικότητα. Από την γενικότερη μελέτη των ενεργειακών αναγκών των κρουαζιερόπλοιων, βασικό συμπέρασμα που προκύπτει και φαίνεται και στον πίνακα 3.4. είναι ότι με την αύξηση του μεγέθους των πλοίων αυτού του τύπου έχουμε και μια παράλληλη αύξηση των ενεργειακών αναγκών συνάρτηση της χωρητικότητας. Αποτέλεσμα του αναβαθμισμένου επιπέδου των υπηρεσιών που παρέχουν πλοία αυτής της κατηγορίας.

Για να μπορέσει να γίνει μία εκτίμηση των συνολικών ετησίων ενεργειακών αναγκών κατά την διάρκεια του έτους θεωρείται ότι η κατανάλωση είναι γραμμική συνάρτηση της χωρητικότητας και ως συντελεστή αυτής της γραμμικότητας θεωρούμε την μέση τιμή από τιμές που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα και είναι **0,078 Kw/κόρο**. Στην χρήση αυτού του συντελεστή συντέλεσε και το γεγονός ότι στον πίνακα 3.4. περιλαμβάνονται πλοία διαφόρων μεγεθών.

Για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου παραμονής στο λιμάνι του Πειραιά θα στηριχτούμε στην μελέτη του συνόλου του στόλου των κρουαζιερόπλοιων της εταιρίας **LOUIS CRUISE** που έχουν ως αφετηρία το λιμάνι αυτό. Τα στοιχεία αυτά φαίνονται στον πίνακα 3.5. Τα στοιχεία αντλήθηκαν

από την επίσημη σελίδα στο διαδίκτυο της εταιρίας LOUIS CRUISE ( <http://www.louiscruises.com> ) όπου περιλαμβάνονται το σύνολο των τουριστικών πακέτων.

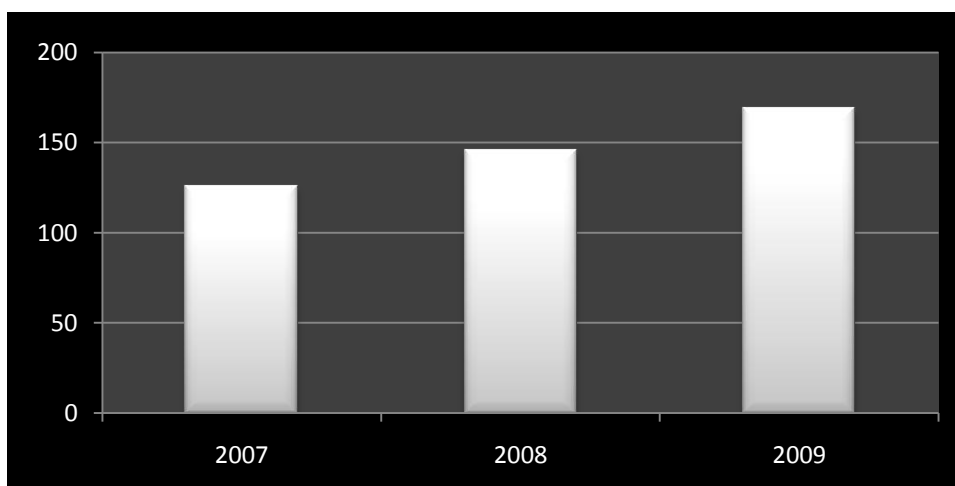
**Πίνακας 3.5.**

Name of Ship	Departure	Arrival	Time at Berth (hrs)
LOUIS MAJESTY	06/05/2011-11:00	09/05/2011-07:00	92
LOUIS CRISTAL	15/04/2011-17:00	22/04/2011-06:00	11
CALYPSO	20/06/2011-11:00	24/06/2011-07:00	68

Πίνακας 3.5. Ενδεικτικός πίνακας δρομολογίων κρουαζιερόπλοιων της εταιρίας LOUIS CRUISE

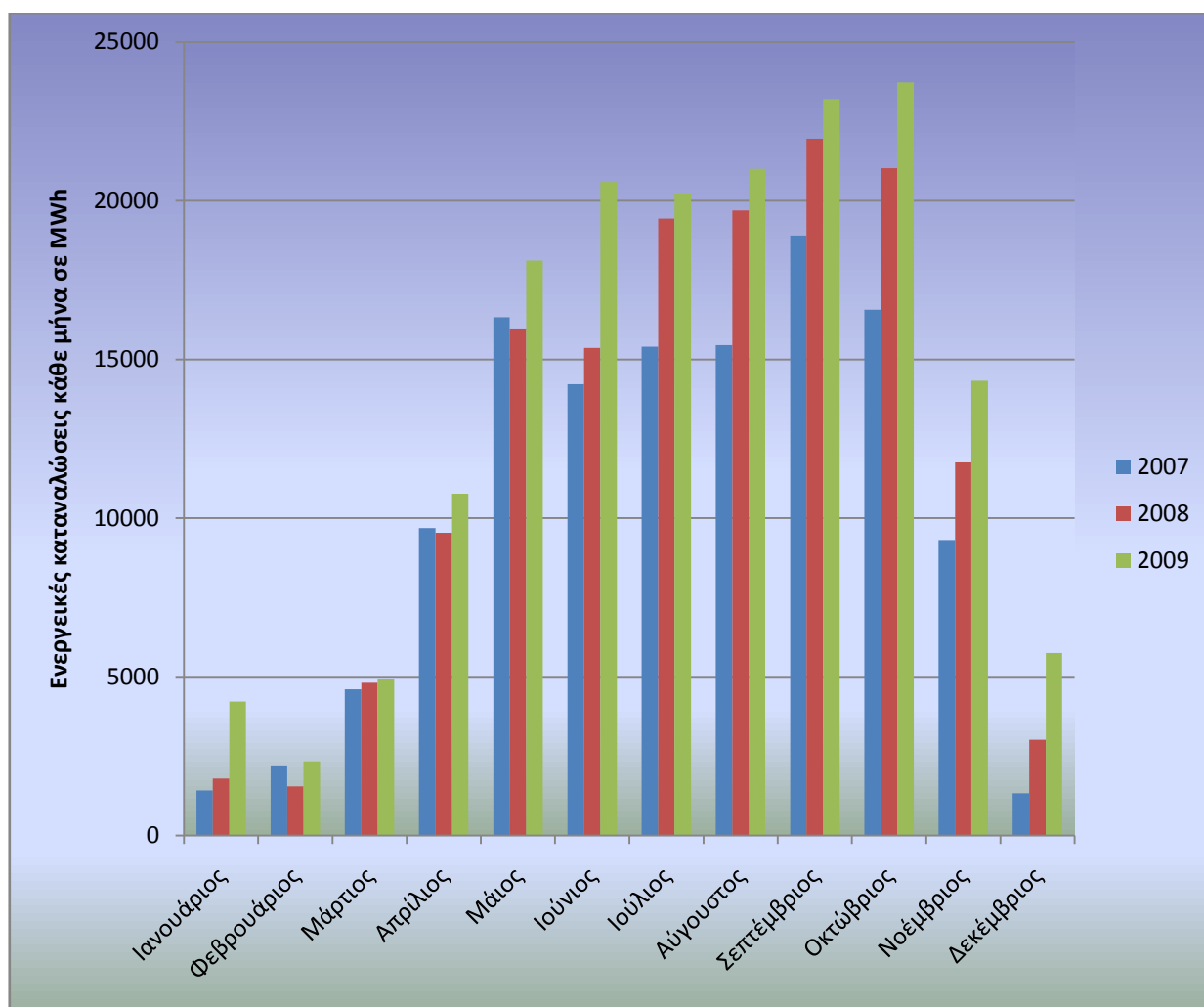
Η μέση τιμή που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα για τις ώρες ελλιμενισμού θα επεκταθεί για το σύνολο των πλοίων. Η τιμή που προκύπτει είναι 57 ώρες ανά κατάπλου κρουαζιερόπλοιου. Με το σύνολο των παραδοχών που έγιναν παραπάνω και με τα πραγματικά στοιχεία που διαθέτουμε είναι δυνατή πλέον μια εκτίμηση για το σύνολο των ενεργειακών αναγκών του συνόλου των κρουαζιερόπλοιων στην διάρκεια των ετών που διαθέτουμε τα στοιχεία αυτά. Πολλαπλασιάζοντας την συνολική χωρητικότητα με τον συντελεστή που υπολογίστηκε παραπάνω ( 0,078 ανά κόρο ) και στην συνέχεια με τον μέσο χρόνο παραμονής προκύπτουν οι συνολικές ανάγκες ανά μήνα και ανά έτος. Έτσι για τα έτη 2007, 2008 και 2009 και για τον κάθε μήνα χωριστά τα στοιχεία αυτά συνοψίζονται στα σχήματα 3.8. και 3.9. Αναλυτικά, οι πίνακες II, III και IV που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των γραφημάτων παρατίθενται στο παράρτημα Β. Από την επεξεργασία των στοιχείων παρατηρούμε μια συνεχή αύξηση των ενεργειακών αναγκών των κρουαζιερόπλοιων που από **125 GWh** για το έτος 2007 διαμορφώνονται στα **146 GWh** για το έτος 2008 και φτάνουν για το έτος 2009 στις **169 GWh**. Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις εμφανίζονται κατά τους θερινούς και φθινοπωρινούς μήνες με τις ανώτατες τιμές να διαμορφώνονται κατά τον Σεπτέμβριο και Οκτώβριο. Με την μέγιστη τιμή να εμφανίζεται τον Οκτώβριο του 2009 και να προσεγγίζει **τις 24 GWh**. Τα στοιχεία αυτά γίνονται περισσότερο αντιληπτά μέσω των παρακάτω γραφημάτων :

**Σχήμα 3.8** Συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις 2007-2009



Σχήμα 3.8. Εκτίμηση των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων των κρουαζιερόπλοιων βάση των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ

**Σχήμα 3.9** Μηνιαία διαμόρφωση των ενεργειακών καταναλώσεων των Κρουαζιερόπλοιων



Σχήμα 3.9. Εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων κρουαζιερόπλοιων βάση των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ

### 3.2.2 Πλοία που εκτελούν δρομολόγια στον Αργοσαρωνικό

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι επισκέψεις πλοίων, που δραστηριοποιούνται στον Αργοσαρωνικό, στο λιμάνι του Πειραιά. Η επιλογή των πλοίων έγινε τυχαία από την λίστα δρομολογίων. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από το διαδίκτυο και την ιστοσελίδα [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com) και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες μετά από την απαραίτητη επεξεργασία.

<b>NEFELI</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1990 G.T.: 3756 t DWT : 830 t Main Power : 5296 Kw L=97m B = 17m	12/06 - 14 : 00	12/06 - 14 : 38	38
	12/06 - 17 : 22	12/06 - 6 : 10	768
	13/06 - 9 : 03	13/06 - 9 : 36	33
	13/06 - 12 : 08	13/06 - 12 : 44	36
		<b>AVERAGE =</b>	219

<b>POSEIDON HELLAS</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1998 G.T.: DWT : Main Power : L=86 m B = 14 m	12/06 - 13 : 02	12/06 - 13 : 39	37
	12/06 - 17 : 22	13/06 - 7 : 13	853
	13/06 - 9 : 30	13/06 - 9 : 57	27
	13/06 - 12 : 49	13/06 - 13 : 15	26
		<b>AVERAGE =</b>	236

<b>APOLLON HELLAS</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1990 G.T.: DWT : 1032 t Main Power : L=92 m B = 14m	12/06 - 10 : 11	12/06 - 10 : 44	33
	12/06 - 15 : 56	13/06 - 5 : 11	795
		<b>AVERAGE =</b>	414

<b>FLYING CAT 1</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1998 G.T.: DWT : 65 t Main Power : L=48 m B = 13 m	12/06 - 6 : 09	12/06 - 7 : 14	65
	12/06 - 12 : 31	12/06 - 13 : 11	40
	13/06 - 16 : 58	13/06 - 17 : 45	47
		<b>AVERAGE =</b>	51

Ενδεικτικά στοιχεία μετά από τυχαία επιλογή πλοίων που δραστηριοποιούνται σε δρομολόγια στον Αργοσαρωνικό βάση στοιχείων που παρέχει η σελίδα [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)

Οι παραπάνω πίνακες παρουσιάζουν την ημερήσια κίνηση των δρομολογίων για τα πλοία : Nefeli, Poseidon Hellas, Apollon Hellas και Flying Cat 1. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες :

**Πίνακας 3.6.**

<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΥ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ</b>	
<i>ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ</i>	<i>ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ( min )</i>
<b>NEFELI</b>	219
<b>POSEIDON HELLAS</b>	236
<b>APOLLON HELLAS</b>	414
<b>FLYING CAT 1</b>	51

**Πίνακας 3.7.**

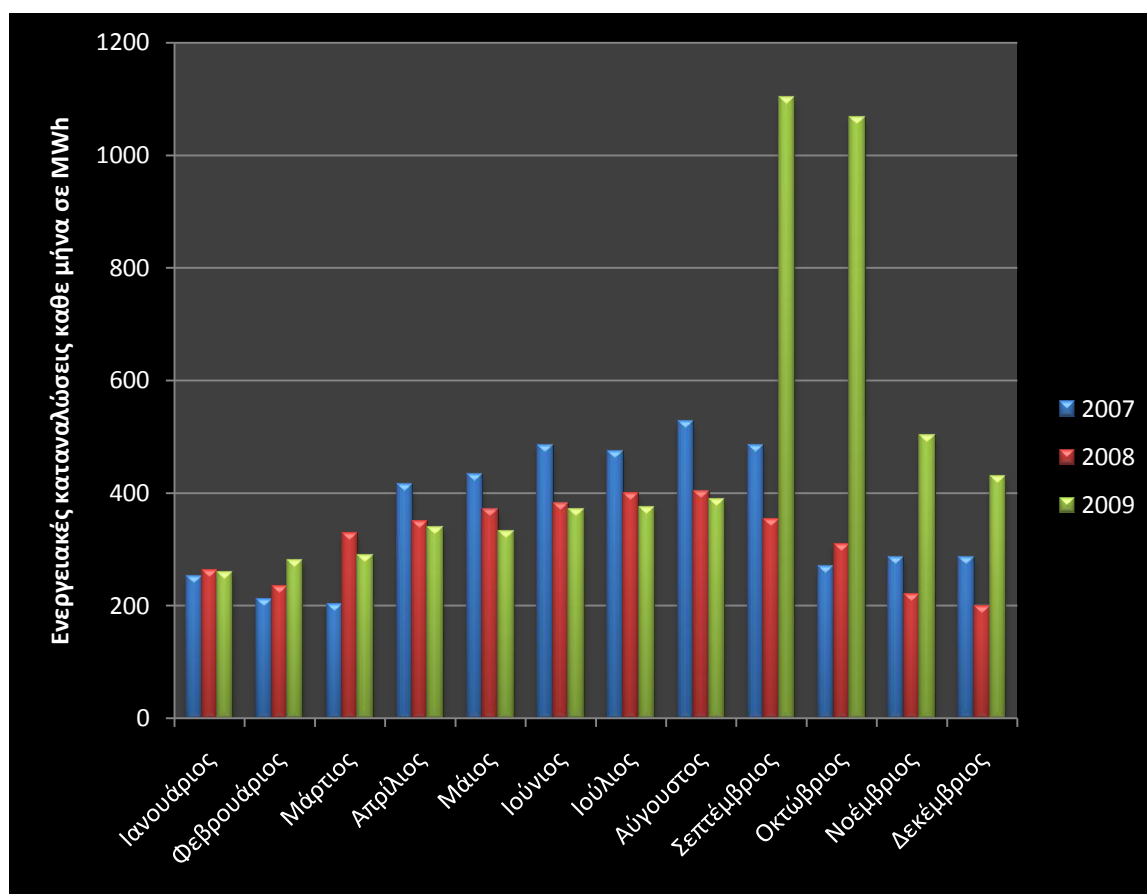
<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΥ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ</b>		
<i>ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ</i>	<i>ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ( min )</i>	<i>ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ (kW)</i>
<b>NEFELI</b>	219	277
<b>POSEIDON HELLAS</b>	236	193
<b>APOLLON HELLAS</b>	414	236
<b>FLYING CAT 1</b>	51	34
	<b>ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>	<b>185</b>

Από τον πίνακα 3.7. προκύπτει ότι, ο μέσος χρόνος παραμονής κάθε πλοίου είναι **230 min** η 3 ώρες και 50 λεπτά, καθώς και ότι η μέση κατανάλωση είναι της τάξης των **185 Kw**.

Με τα στοιχεία που έχουμε στη διάθεσή μας, μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων στην διάρκεια της τριετίας που παρουσιάζουν τα πλοία του αργοσαρωνικού. Η εκτίμηση θα γίνει στηριζόμενοι στα συμπεράσματα που βγάλαμε παραπάνω μέσω των στοιχείων από τα δρομολόγια που εξετάστηκαν. Θεωρείται λοιπόν ότι το σύνολο των κατάπλων θα έχει τον ίδιο χρόνο παραμονής στο λιμάνι, ίδιο διάστημα δηλαδή, με αυτά που υπολογίσαμε παραπάνω ως μέσο όρο των δρομολογίων που εξετάσαμε.

Για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών, όπως και στην περίπτωση των κρουαζιερόπλοιων θα χρησιμοποιήσουμε ένα συντελεστή που συσχετίζει την χωρητικότητα με την μέση κατανάλωση, διαιρώντας λοιπόν το σύνολο της απαιτούμενης ισχύ για τα πλοία που εξετάσαμε με την συνολική χωρητικότητα έχουμε το συντελεστή που θέλουμε. Πολλαπλασιάζοντας μετά με το μέσο χρόνο παραμονής και την συνολική χωρητικότητα, που είναι γνωστά, έχουμε μια εκτίμηση για τις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις. Αναλυτικά τα στοιχεία παρουσιάζονται στο παράστημα Β ( Πίνακες V,VI,VII,ΙΙΧ ). Τα στοιχεία αυτά συνοψίζονται στα σχήματα 3.10. και 3.11.

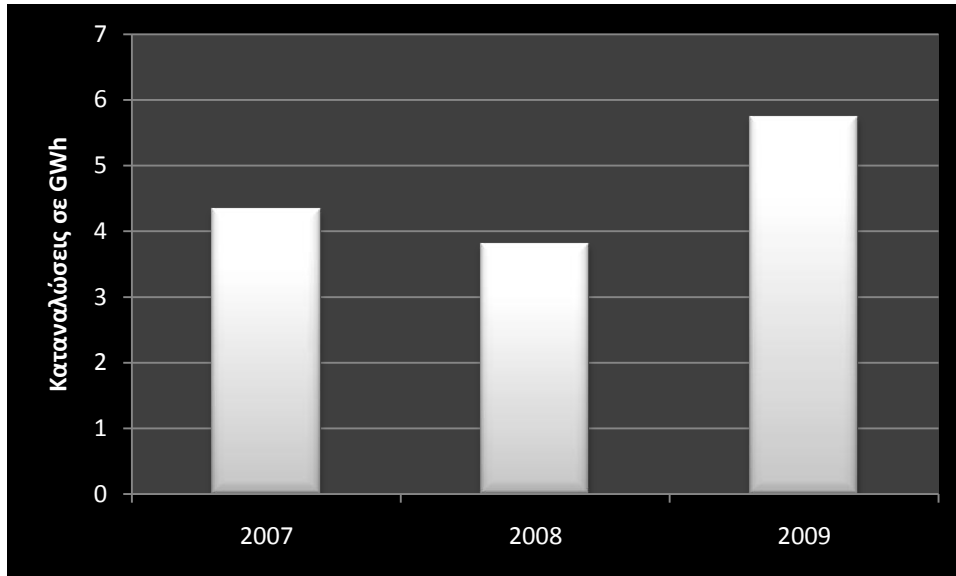
**Σχήμα 3.10 Ενεργειακές καταναλώσεις πλοίων Αργοσαρωνικού**



Σχήμα 3.10. Εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων πλοίων που εκτελούν δρομολόγια στον Αργοσαρωνικό βάση των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ



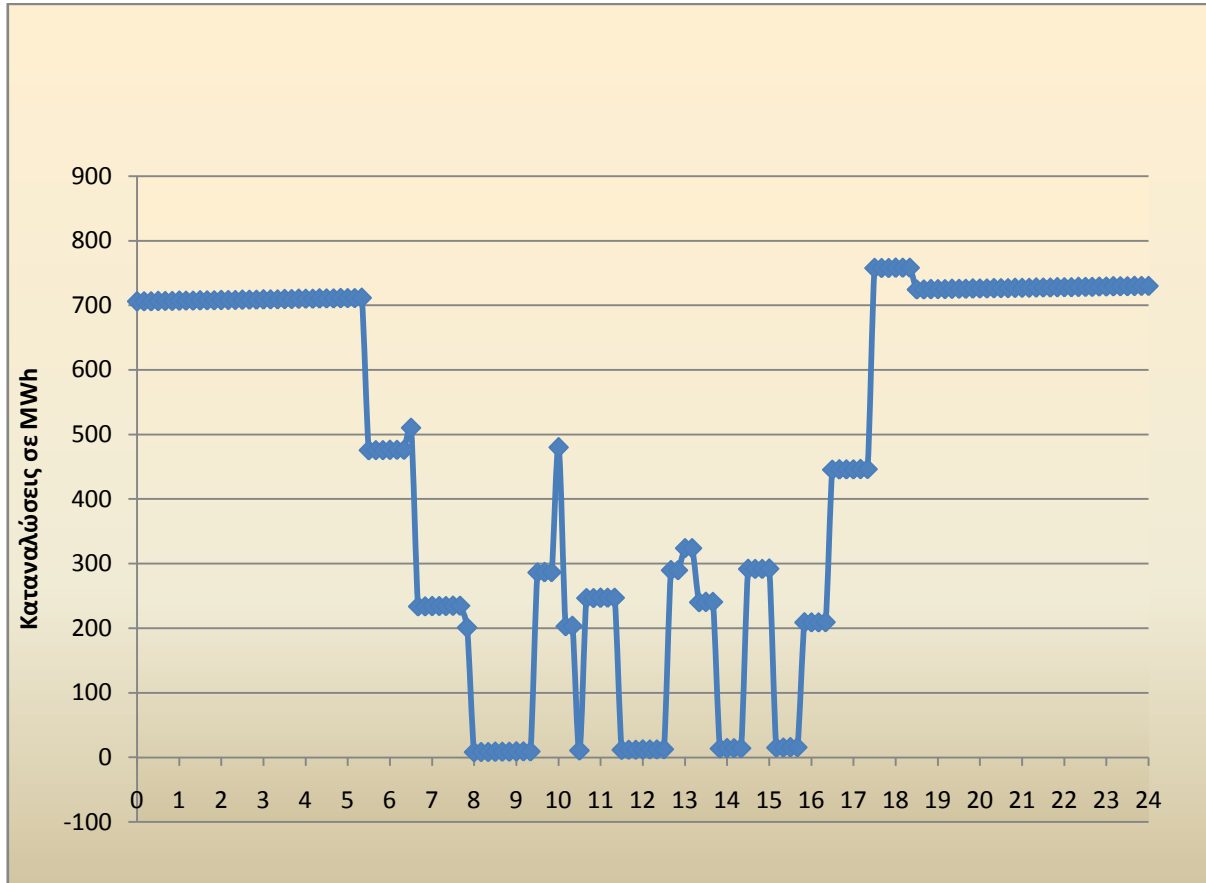
### Σχήμα 3.11. Συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις



Σχήμα 3.8. Εκτίμηση των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων πλοίων που δρομολογούνται στον αργοσαρωνικό βάση των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ

Με τα στοιχεία που έχουμε από τα ημερήσια δρομολόγια μπορούμε να κατασκευάσουμε το παρακάτω διάγραμμα όπου προκύπτουν οι ενεργειακές απαιτήσεις των συγκεκριμένων πλοίων που δραστηριοποιούνται στα δρομολόγια Αργοσαρωνικού στην διάρκεια μίας ημέρας ως μια εκτίμηση για τη φόρτιση που θα είχαμε σε περίπτωση κάλυψης των αναγκών από τοπικό δίκτυο.

**Σχήμα 3.12. Καταναλώσεις των πλοίων του πίνακα 3.7. που δραστηριοποιούνται στον Αργοσαρωνικό στην διάρκεια της ημέρας**



Σχήμα 3.12. Εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων επιλεγμένων πλοίων Αργοσαρωνικού, άρα και φόρτισης του τοπικού δικτύου ηλεκτροδότησης αν αυτά επέλεγαν να τροφοδοτηθούν από την ξηρά

### 3.2.3 Ακτοπλοϊκά

Αντίστοιχη μελέτη που παρουσιάστηκε παραπάνω για τα πλοία του Αργοσαρωνικού πραγματοποιήθηκε και για τα Ακτοπλοϊκά πλοία. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες :

<b>FESTOS PALACE</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 2001	9/06 - 2 : 10	9/06 - 19 : 26	1004
G.T.:	11/06 - 2 : 12	11/06 - 19 :12	1020
DWT : 6700 t	13/06 - 9 : 03	13/06 - 19 :10	1022
Main Power :			
L=214 m B = 26 m			
		<b>AVERAGE =</b>	1015

<b>DIAGORAS</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1990	10/06 - 9 : 59	10/06 - 12 : 15	136
G.T.:	12/06 - 15 :09	13/06 - 12 :54	1275
DWT : 3248 t			
Main Power : 9962kW			
L=141 m B = 23 m			
		<b>AVERAGE =</b>	706

<b>ADAMANTIOS KORAI</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1987	11/06 - 1 : 53	11/06 - 5 : 17	204
G.T.:	11/06 - 22 : 26	12/06 - 5 : 07	401
DWT : 1266 t			
Main Power : 5.968 kW			
L=100 m B = 17 m			
		<b>AVERAGE =</b>	303

<b>AGIOS GEORGIOS</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1972	11/06 - 1 : 49	11/06 - 4 : 53	184
G.T.:	12/06 - 2 :15	12/06 - 4 : 37	142
DWT : 1050 t			
Main Power : 11.185 kW			
L=117 m B = 19 m			
		<b>AVERAGE =</b>	163

<b>MYTILENE</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 1973	10/06 - 3 : 31	10/06 - 16 : 16	778
G.T.:	13/06 - 3 : 22	13/06 - 16 : 10	768
DWT : 2323 t			
Main Power : 14187 kW			
L=138 m B = 24 m			
		<b>AVERAGE =</b>	773

<b>BLUE STAR 1</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 2000	10/06 - 5 : 14	10/06 - 16 : 42	688
G.T.: 29415 t	12/06 - 3 : 36	12/06 - 16 : 07	751
DWT : 4500 t			
Main Power : 45259 kW			
L=176 m B = 26 m			
		<b>AVERAGE =</b>	720

<b>BLUE STAR 2</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 2000	9/06 - 4 : 14	9/06 - 16 : 39	745
G.T.: 29415 t	11/06 - 5 : 02	11/06 - 20 : 38	936
DWT : 4500 t			
Main Power : 45259 kW			
L=176 m B = 26 m			
		<b>AVERAGE =</b>	841

<b>SUPERFAST XII</b>	<b>ARRIVAL</b>	<b>DEPARTURE</b>	<b>TIME IN PORT (min)</b>
Year Built : 2002	9/06 - 2 : 32	9/06 - 18 : 58	986
G.T.: 32728 t	10/06 - 15 : 48	10/06 - 18 : 47	179
DWT : 6578 t	13/06 - 2 : 29	13/06 - 18 : 43	974
Main Power : 48680 kW			
L=200 m B = 25 m			
		<b>AVERAGE =</b>	713

Ενδεικτικά στοιχεία μετά από τυχαία επιλογή πλοίων που δραστηριοποιούνται σε δρομολόγια εσωτερικού βάσης στοιχείων που παρέχει η σελίδα [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)

Στους παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται οι αφίξεις και αναχωρήσεις των ακτοπλοϊκών ( FESTOS PALACA, DIAGORAS, ADMAMANTIOS KORAIIS, AGIOS GEORGIOS, MYTILENE, BLUE STAR 1, BLUE STAR 2 και SUPERFAST XII ). Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους πίνακες 3.8. και 3.9 :

**Πίνακας 3.8.**

<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΟΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ</b>	
<i>ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ</i>	<i>ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ( min )</i>
<b>FESTOS PALACE</b>	1015
<b>DIAGORAS</b>	706
<b>ADAMANTIOS KORAIIS</b>	303
<b>AGIOS GEORGIOS</b>	163
<b>MYTILENE</b>	773
<b>BLUE STAR 1</b>	720
<b>BLUE STAR 2</b>	841
<b>SUPERFAST XII</b>	713

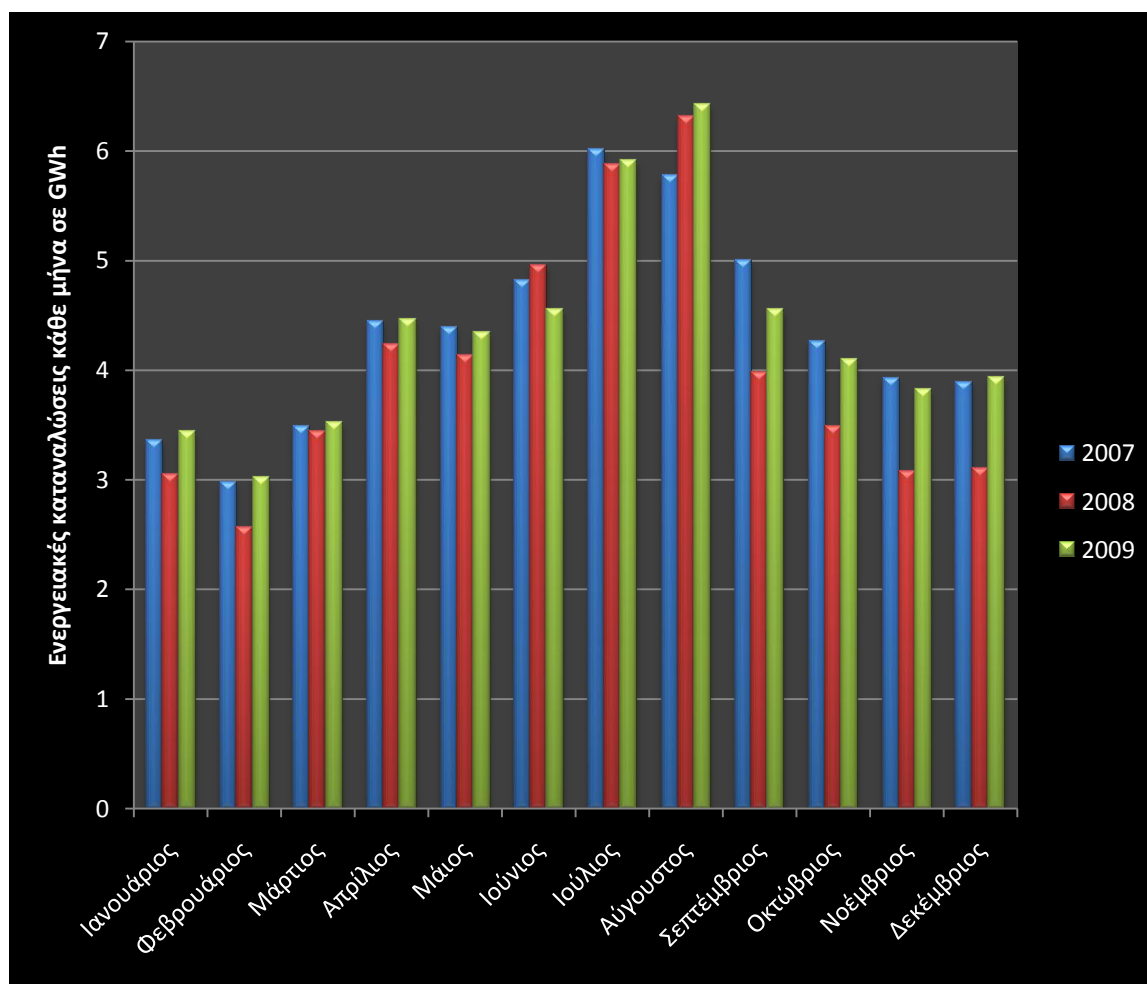
**Πίνακας 3.9.**

<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΟΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΤΟΠΛΟΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ</b>		
<i>ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ</i>	<i>ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ( min)</i>	<i>ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ (kW)</i>
<b>FESTOS PALACE</b>	1015	494
<b>DIAGORAS</b>	706	512
<b>ADAMANTIOS KORAIIS</b>	303	169
<b>AGIOS GEORGIOS</b>	163	413
<b>MYTILENE</b>	773	1127
<b>BLUE STAR 1</b>	720	2169
<b>BLUE STAR 2</b>	841	2169
<b>SUPERFAST XII</b>	713	2414
<b>ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>		<b>1183</b>

Στα βασικά συμπεράσματα των παραπάνω πινάκων είναι οι παρατηρήσεις ότι η συχνότητα προσέγγισης του λιμανιού του Πειραιά είναι κάθε 2 ή 3 ημέρες και δεύτερο ότι ο μέσος χρόνος ελλιμενισμού είναι 654 λεπτά η 10 ώρες και 54 λεπτά και τέλος ότι η μέση κατανάλωση για την συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων είναι της τάξης των 1183 kW.

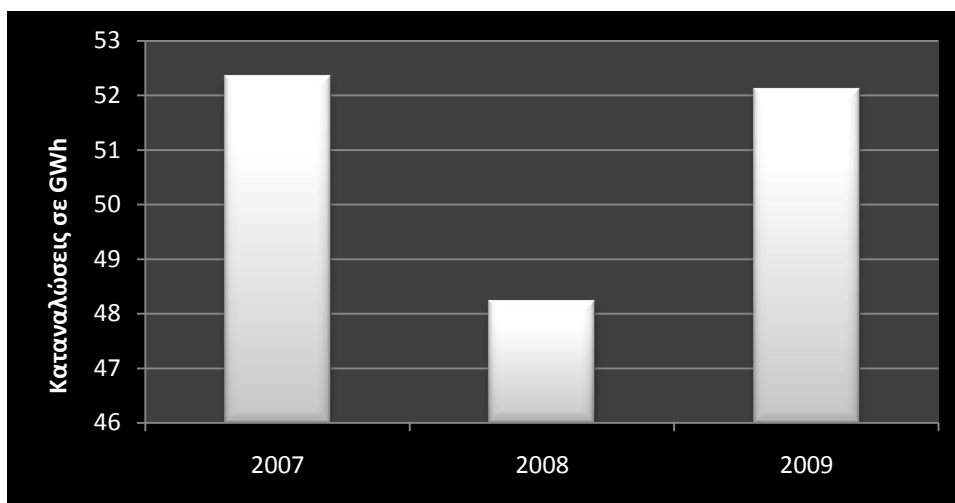
Από τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί και παρουσιάζονται παραπάνω, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε για τα πλοία του Αργοσαρωνικού, πραγματοποιείται το επόμενο βήμα με την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών. Τα στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Β ( πίνακες ΙΧ,Χ,ΧΙ,ΧΙΙ ) και συνοψίζονται με τα διαγράμματα 3.13. και 3.14. :

**Σχήμα 3.13 Ενεργειακές καταναλώσεις Ακτοπλοϊκών**



Σχήμα 3.13. Εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων πλοίων που εκτελούν δρομολόγια εσωτερικού βάσει των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ

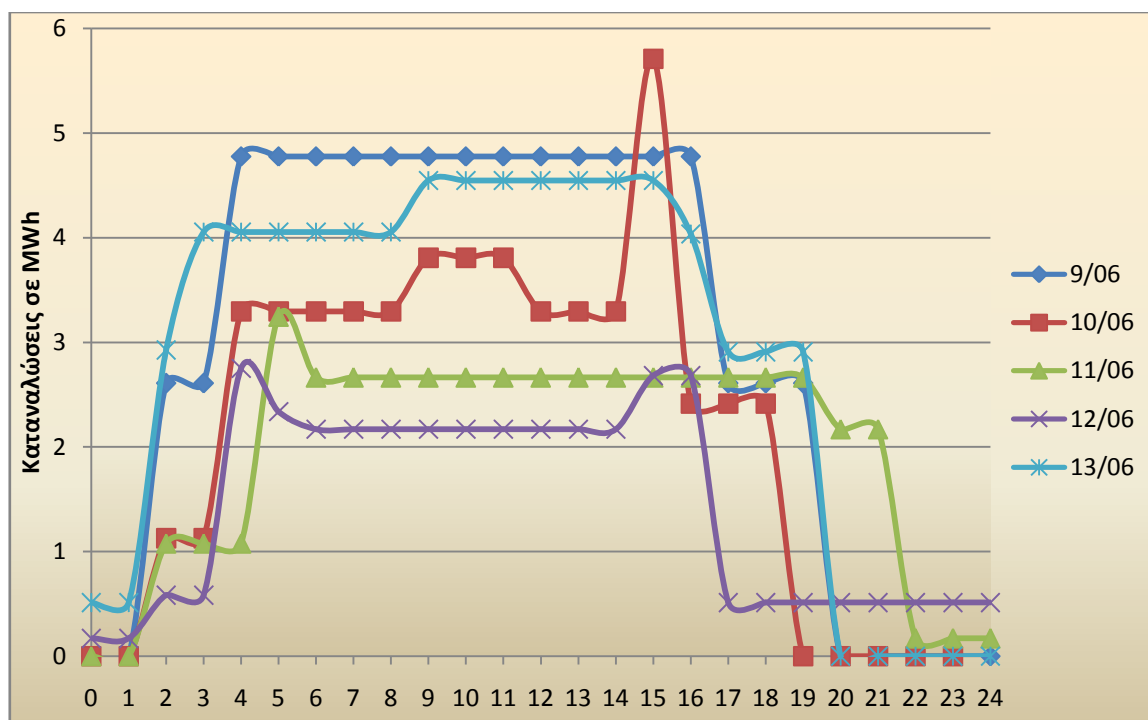
**Σχήμα 3.14. Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις**



Σχήμα 3.14. Εκτίμηση των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων πλοίων που εκτελούν δρομολόγια εσωτερικού βάσει των στατιστικών στοιχείων του ΟΛΠ

Στο γράφημα 3.15. παρουσιάζονται οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις των ακτοπλοϊκών που χρησιμοποιήθηκαν στους προηγούμενους πίνακες (πίνακας 3.9.) κατά την διάρκεια του 24-ώρου. (Χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται τα στοιχεία 5 διαφορετικών ημερών στο διάστημα 9-13 Ιουνίου 2011.)

**Σχήμα 3.15. Ενδεικτικές καταναλώσεις ακτοπλοϊκών στην διάρκεια του 24-ώρου**



Σχήμα 3.15. Εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων επιλεγμένων Ακτοπλοϊκών, άρα και φόρτισης του τοπικού δικτύου ηλεκτροδότησης αν αυτά επέλεγαν να τροφοδοτηθούν από την ξηρά, κατά την διάρκεια 09/06-13/06

### 3.3 Έκταση του προβλήματος στο λιμάνι του Πειραιά



Σχήμα 3.16. Πανοραμική εικόνα του λιμανιού του Πειραιά με τις πηγές προκλήσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Έχοντας υπολογίσει τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες που παρουσιάζονται στο λιμάνι του Πειραιά από τα ελλιμενισμένα πλοία κατά τη διάρκεια του έτους και στη διάρκεια της τριετίας, το επόμενο ουσιαστικό βήμα είναι να υπολογιστεί η συμβολή τους στην ρύπανση υπολογίζοντας τους ρύπους που εκπέμπονται από τα πλοία κατά την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας. Θεωρείται ότι τα πλοία έχουν συμμορφωθεί με τους κανονισμούς που έχουν προκύψει το τελευταίο διάστημα και επιβάλλουν κατά την είσοδο των πλοίων στα λιμάνια χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Σε διαφορετική περίπτωση οι παραγόμενοι ρύποι θα είναι πολλαπλάσιοι από την εκτίμηση που θα γίνει.

Στοιχεία για τους εκπεμπόμενους ρύπους κατά την καύση διαφορετικών ειδών καυσίμου εντοπίστηκαν στην σελίδα στο διαδίκτυο της εταιρίας Φυσικό Αέριο Αττικής. Τα στοιχεία που εντοπίστηκαν παρουσιάζονται στο πίνακα 3.10. (Ενδεικτικά δίνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την καύση του φυσικού αερίου σε σχέση με άλλα καύσιμα, σε g ρύπου ανά kWh εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου) :



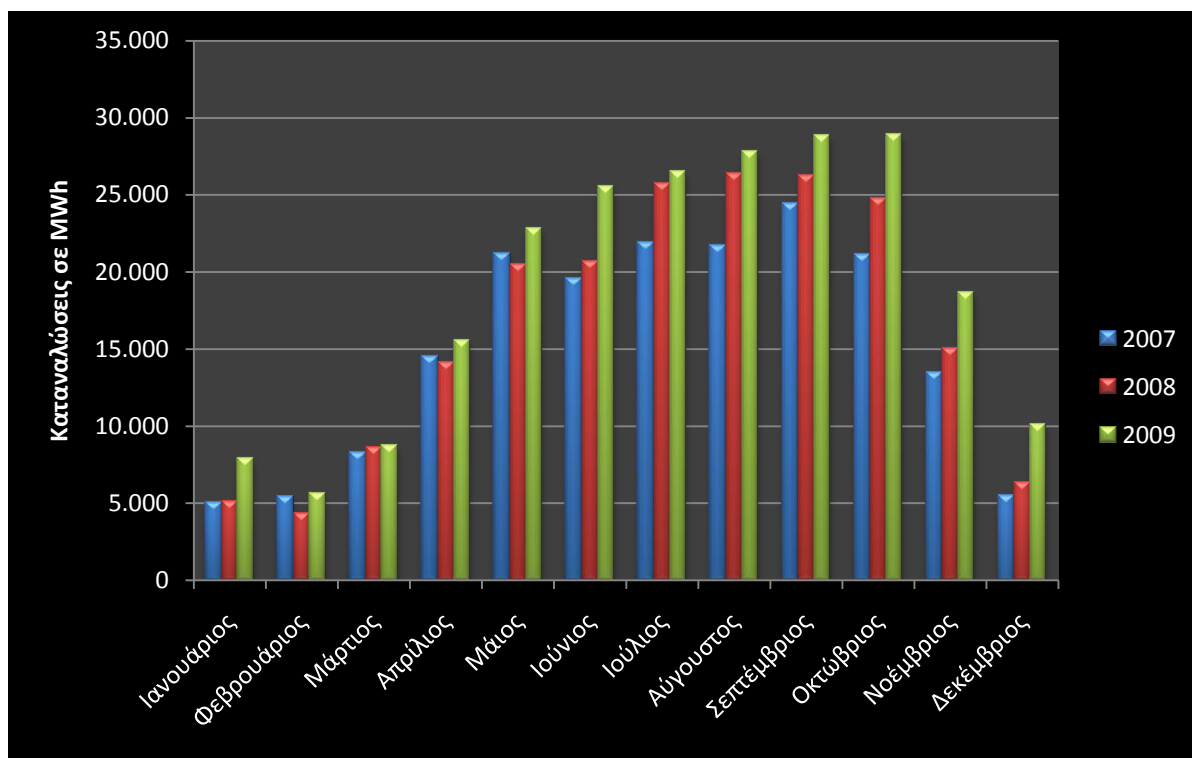
**Πίνακας 3.10.**

Τύπος καυσίμου	Διοξείδιο του Άνθρακα	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Μονοξείδιο του Αζώτου	Υδρογονάνθρακες	Σωματίδια
Μαζούτ χαμηλού θείου	260	1,147	0,046	0,0439	0,015	0,15
Πετρέλαιο θέρμανσης	249	0,056	0,045	0,189	0,015	0,023
Πετρέλαιο κίνησης	244	0,054	0,044	0,185	0,015	0,022
Υγραέριο	227	0	0,025	0,157	0,006	0,007
Φυσικό Αέριο	177	0	0,022	0,137	0,005	0,007

Πίνακας 3.10. Παρουσιάζονται οι ρύποι που προκύπτουν από την καύση διαφόρων τύπου καυσίμων

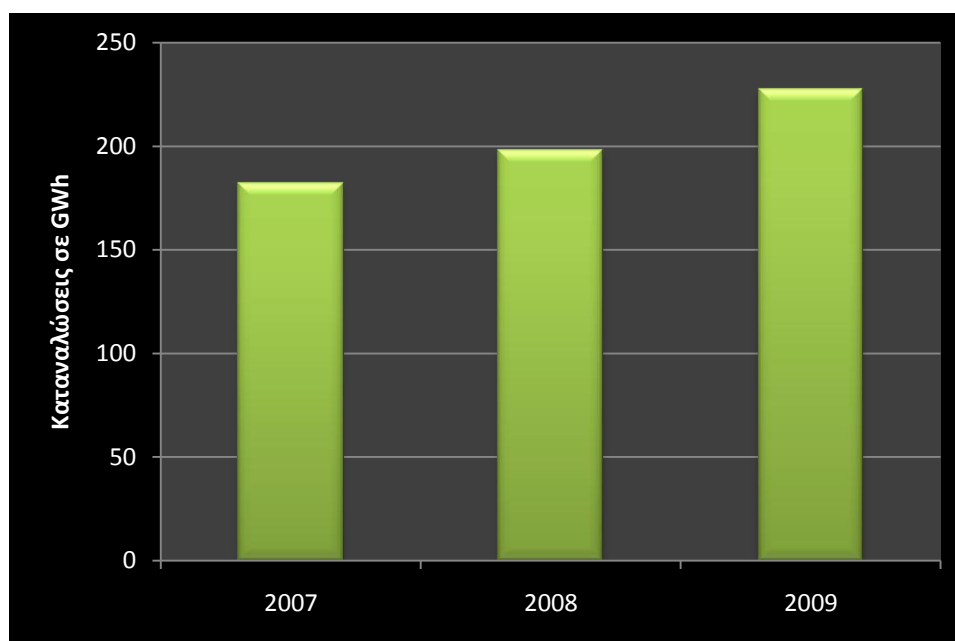
Στην περίπτωση που εξετάζεται, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία για το μαζούτ χαμηλού θείου. Στο σύνολο των διαγραμμάτων που περιλαμβάνονται παραπάνω παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις σε κατηγορίες πλοίων βάσει των δρομολογίων (πίνακες V, VI, VII, IIX, IX, X, XI). Στην περίπτωση που εξετάζεται, όμως εδώ σκοπός είναι να παρουσιαστεί μια συνολική εικόνα, οπότε ενδιαφέρει το άθροισμα όλων των επιμέρους κατηγοριών. Τα στοιχεία λοιπόν αθροίζονται και παρουσιάζονται στα γραφήματα 3.17. και 3.18.

**Σχήμα 3.17. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του συνόλου των επιβατικών πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά**



Σχήμα 3.17. Παρουσιάζεται το άθροισμα όλων των επιμέρους κατηγοριών πλοίων ( Κρουαζιερόπλοιων, Ακτοπλοϊκών και Αργοσαρωνικών) που επισκέπτονται το λιμάνι του Πειραιά στην διάρκεια του έτους για τα έτη 2007-2009

**Σχήμα 3.18. Συγκεντρωτικές ετήσιες καταναλώσεις 2007-2009**

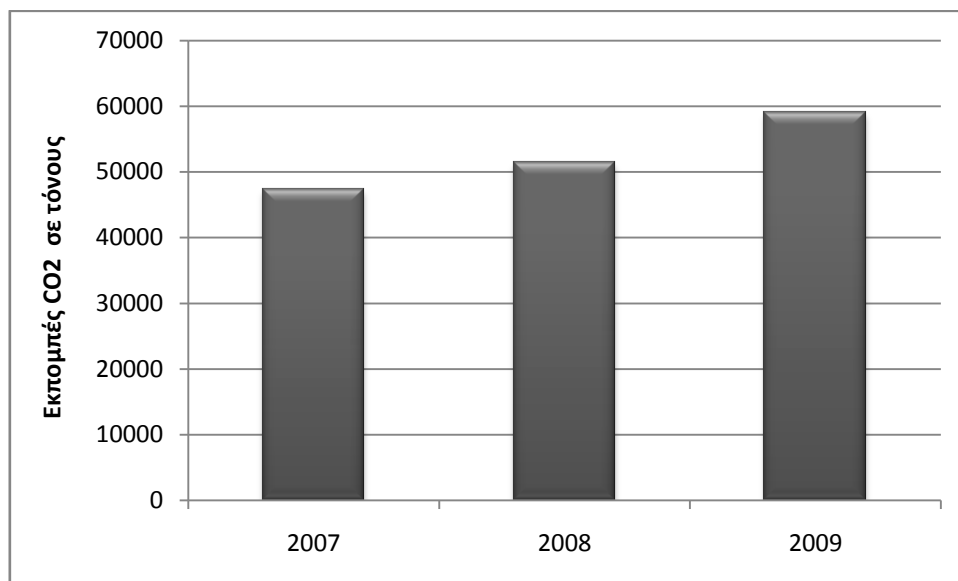


Σχήμα 3.19. Ετήσιο άθροισμα των καταναλώσεων από το σύνολο των επιβατικών που επισκέπτονται το λιμάνι του Πειραιά

Γνωρίζοντας τις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις και τους ρύπους που εκπέμπονται κατά την κατανάλωση μιας KWh μπορεί να γίνει το επόμενο βήμα υπολογίζοντας το σύνολο της επιβάρυνσης που προκαλείται.

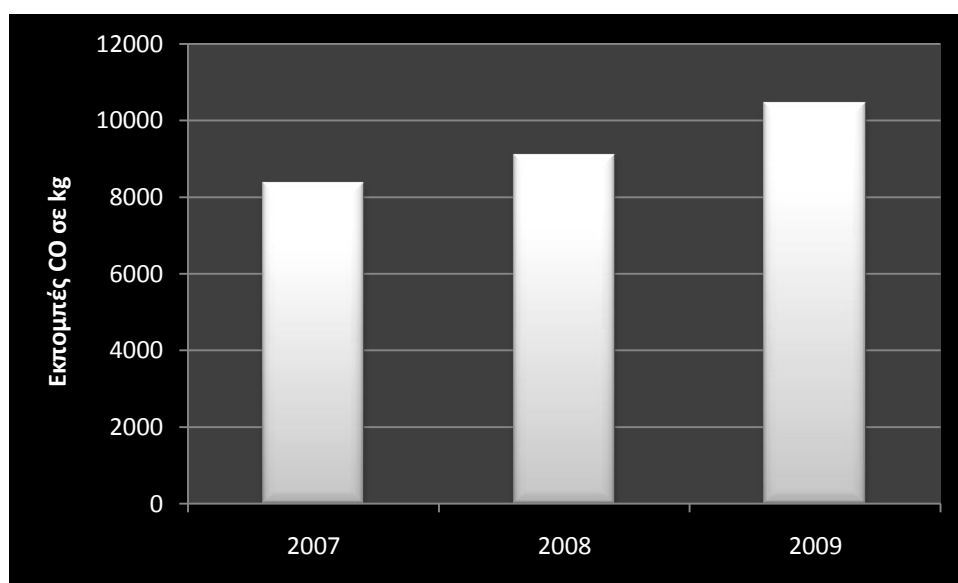
Στα διαγράμματα 3.19. έως 3.24. παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για το σύνολο των ρύπων που παράγονται κάθε χρονιά.

**Σχήμα 3.19. Ετήσιες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα**



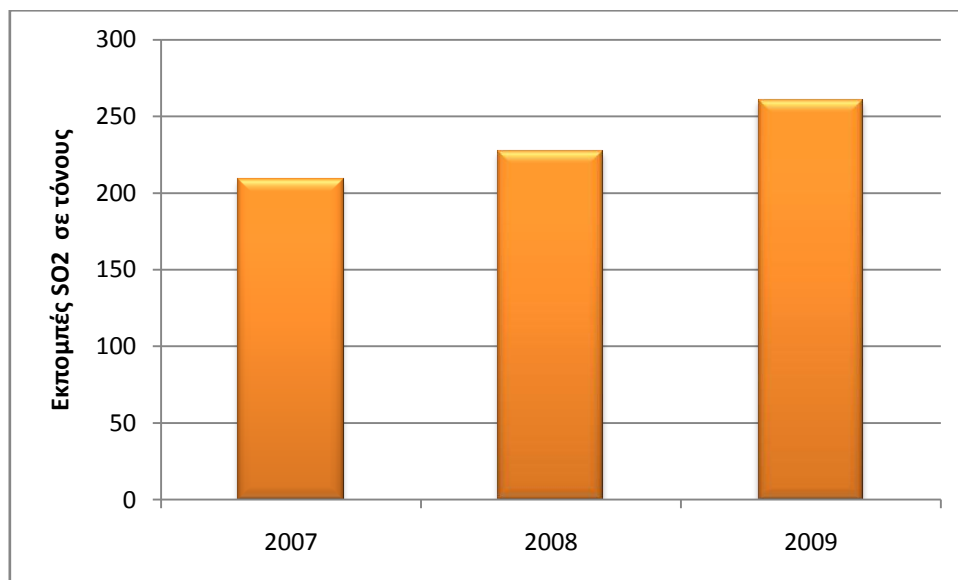
Σχήμα 3.19. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπομπών CO<sub>2</sub> από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

**Σχήμα 3.20. Ετήσιες εκπομπές Μονοξειδίου του Άνθρακα**



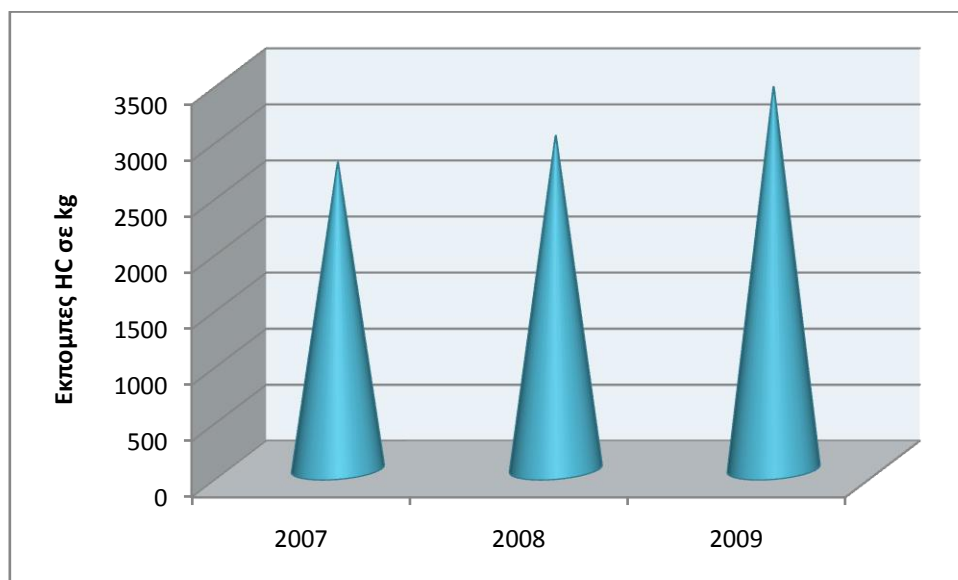
Σχήμα 3.20. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπομπών CO από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

**Σχήμα 3.21. Ετήσιες εκπομπές Διοξειδίου του Θείου**



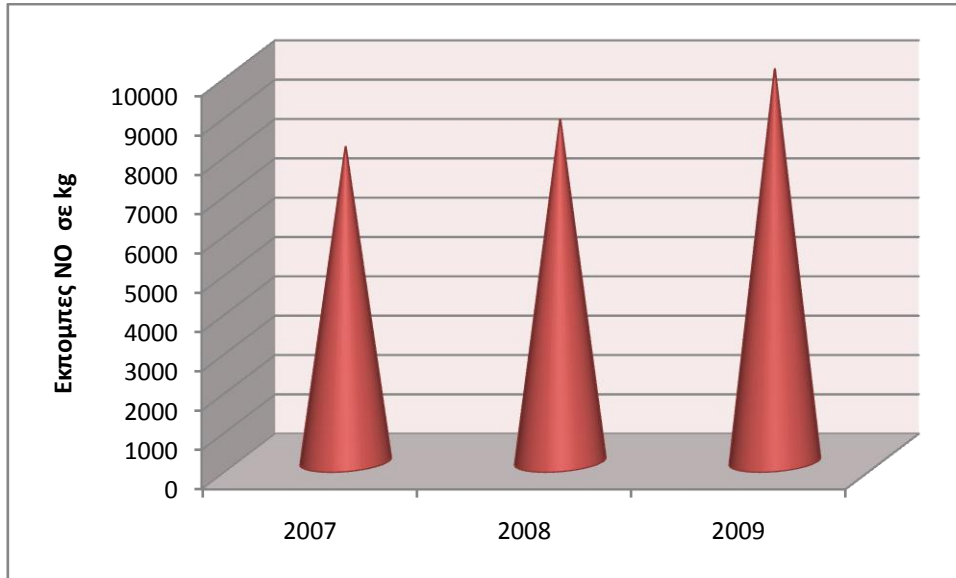
Σχήμα 3.21. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπομπών SO<sub>2</sub> από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

**Σχήμα 3.22. Ετήσιες εκπομπές άκαυστων Υδρογονανθράκων**



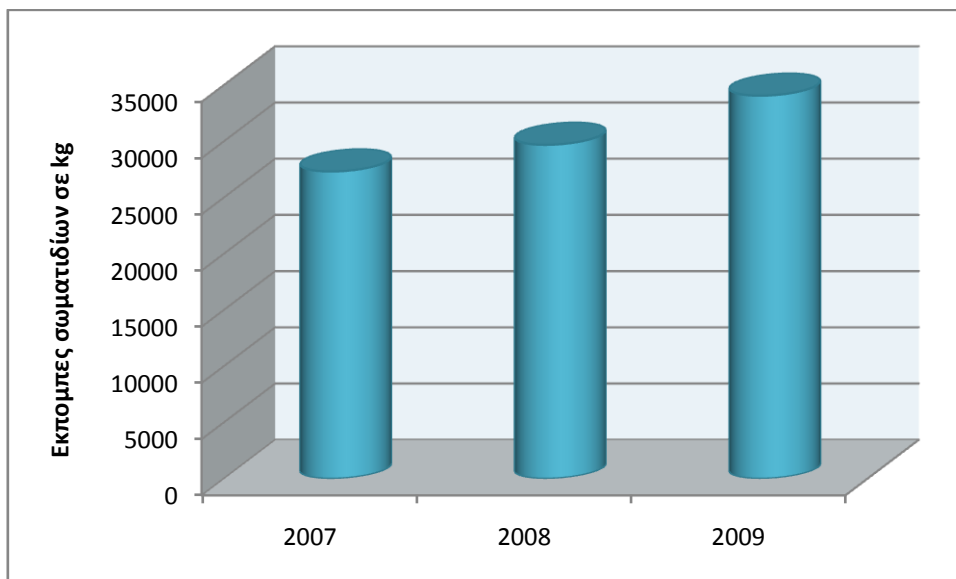
Σχήμα 3.22. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπομπών άκαυστων υδρογονανθράκων από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

**Σχήμα 3.23. Ετήσιες εκπομπές Μονοξειδίου του Αζώτου**



Σχήμα 3.23. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπομπών NO από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

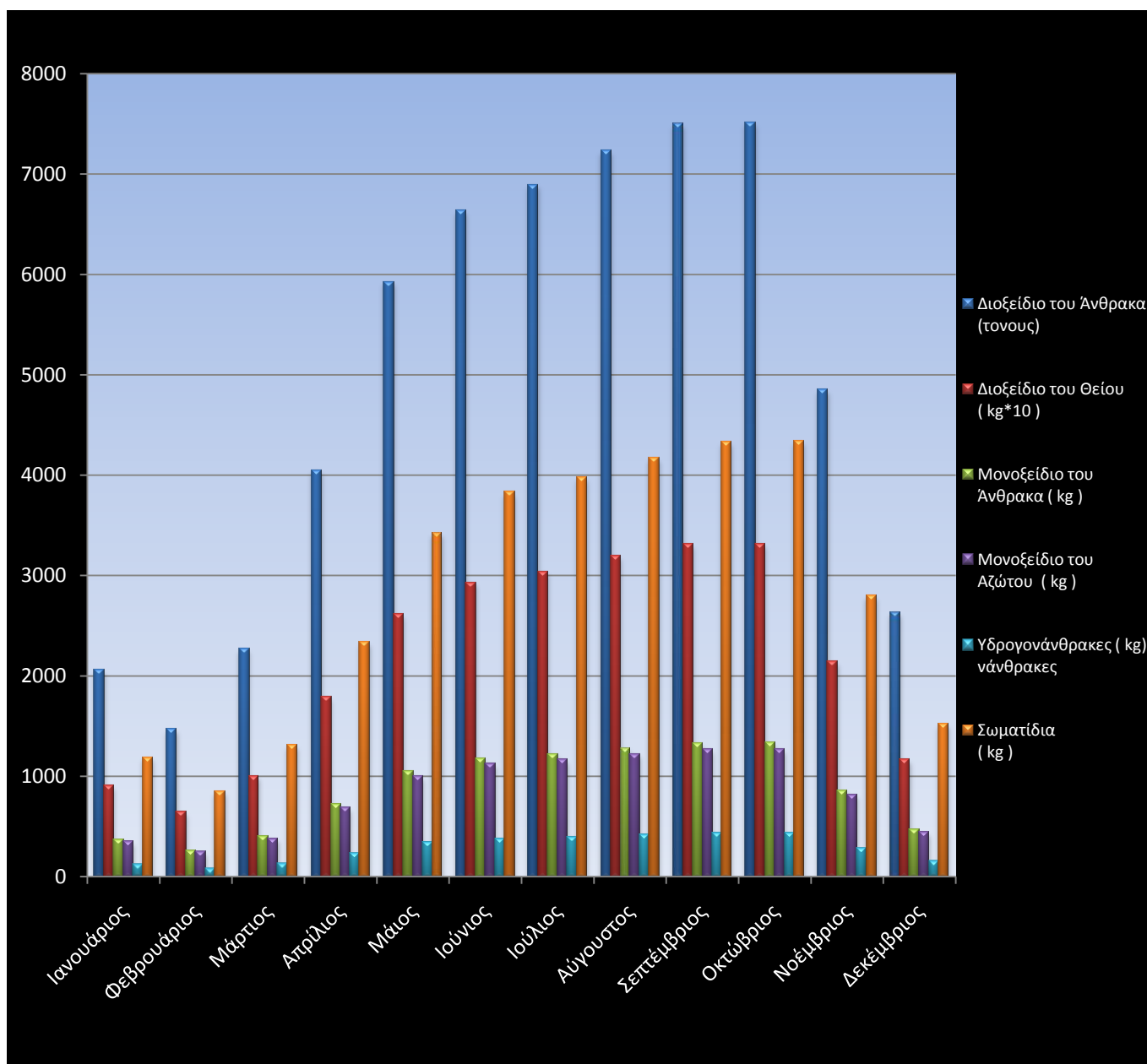
**Σχήμα 3.24. Ετήσιες εκπομπές Σωματιδίων**



Σχήμα 3.24. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των εκπεμπόμενων Σωματιδίων από το σύνολο των επιβατικών στον Πειραιά

Στο διάγραμμα 3.25. παρουσιάζεται η διασπορά του συνόλου των εκπεμπόμενων ρύπων στην διάρκεια του έτους για το έτος 2009 :

**Σχήμα 3.25. Σύνολο των ατμοσφαιρικών ρύπων για το έτος 2009**

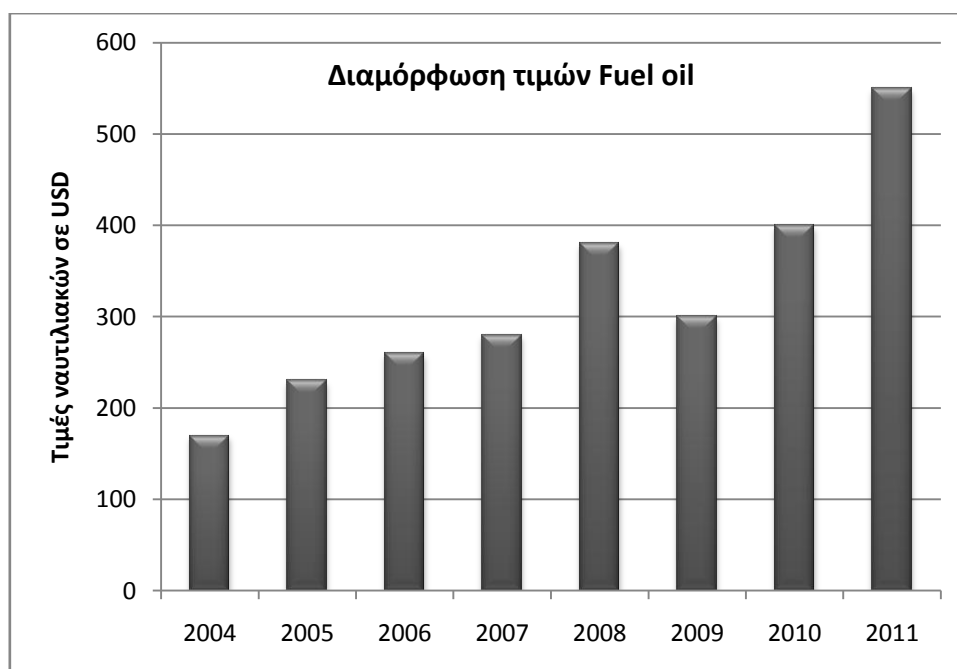


Σχήμα 3.25. Το σύνολο των εκπεμπόμενων ρύπων στην διάρκεια του έτους 2009 στο λιμάνι του Πειραιά από το σύνολο των επιβατικών πλοίων

### 3.4 Σύγκριση κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ανάμεσα στην λειτουργία των Diesel μηχανών και στην χρήση του προγράμματος cold ironing

Όπως αναφέρεται και παραπάνω κατά την λειτουργία των Diesel μηχανών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η ποσότητα καυσίμου ( Fuel oil ) που απαιτείται για την παραγωγή μιας KWh είναι 200 g. Για την παραγωγή 1 MWh επομένως απαιτούνται 200 kg ναυτιλιακού καυσίμου. Μετά από αναζήτηση στο διαδίκτυο ([www.shipfriends.gr](http://www.shipfriends.gr)) διαπιστώνεται ότι η τιμή αυτή τον Μάιο του 2011 διαμορφώνεται στα 550 USD ανά τόνο. Επομένως το κόστος για την παραγωγή 1 MWh διαμορφώνεται στα 110 USD, περιλαμβάνοντας μόνον το κόστος καυσίμου (χωρίς να περιλαμβάνονται οι φθορές, απασχόληση εργατικού δυναμικού και ότι άλλο συμμετέχει). Ενδιαφέρον έχει επίσης να εξετάσουμε την πορεία των τιμών καυσίμων τα τελευταία χρόνια για να εντοπίσουμε την τάση που διαμορφώνεται. Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη των τιμών από το 2004 μέχρι σήμερα.

**Σχήμα 3.26. Εξέλιξη των τιμών ναυτιλιακών καυσίμων από το 2004 μέχρι σήμερα**



Σχήμα 3.26. Πορεία της εξέλιξης των τιμών ναυτιλιακών καυσίμων

Από το διάγραμμα διαφαίνεται μια ξεκάθαρη ανοδική τάση, με αποτέλεσμα από το 2004 μέχρι 2001 οι τιμές να έχουν τριπλασιαστεί. Με τα εξακριβωμένα αποθέματα πετρελαίου συνεχώς να περιορίζονται, το κόστος εξόρυξης να αυξάνεται συνεχώς κατά την προσπάθεια εκμετάλλευσης κοιτασμάτων σε μεγαλύτερα βάθη και ταυτόχρονα οι χώρες παραγωγής να προσπαθούν να περιορίσουν την παραγωγή τους και να αυξήσουν τις τιμές, η τάση αυτή όχι μόνον αναμένεται να διατηρηθεί, αλλά να βαίνει αυξανόμενη. Σε όλα τα παραπάνω μπορούν να προστεθούν και οι επιστημονικές μελέτες, που προβλέπουν ότι τα συνολικά αποθέματα επαρκούν για τις ανάγκες των επόμενων 50 χρόνων. Η εξεύρεση εναλλακτικών λύσεων επομένως επιβάλλεται.

Για να συγκριθεί το κόστος θα πρέπει να εξεταστούν ποιές είναι οι τιμές πώλησης της ενέργειας που εφαρμόζει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού στις βιομηχανίες. Από την σελίδα του διαδικτύου <http://www.energia.gr/> διαπιστώνεται ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας προς τις βιομηχανίες από την δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού διαμορφώνεται στα 72 € MWh για παροχή όλου του 24-ώρου και 53,19 € MWh για παροχή κατά τις νυκτερινές ώρες και τα σαββατοκύριακα. Στην μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε την πρώτη τιμή, καθώς για να είναι αποτελεσματική η εφαρμογή της ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων και να συμβάλει αποτελεσματικά στον περιορισμό της ρύπανσης απαιτείται 24-ωρη εφαρμογή. Η μέση ισοτιμία ευρώ δολαρίου την τελευταίου τριμήνου είναι της τάξης του 1,40 , άρα τα 72 € MWh αντιστοιχούν σε 100,8 USD ανά MW/h. Παρατηρούμε ότι χωρίς να περιλαμβάνεται το κόστος των μετασκευών πάνω στο πλοίο και το κόστος των εγκαταστάσεων στο λιμάνι, έχουμε μία μείωση κόστους μέσω της ηλεκτροδότησης από το τοπικό δίκτυο της τάξης 9,2 USD ανά MWh.

Για να εκτιμηθεί το κόστος εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθεί αντίστοιχη μελέτη κόστους για την εγκατάσταση συστήματος Cold ironing που έχει γίνει για το λιμάνι του "Los Angeles " στις ΗΠΑ (Mark Sisson, PE, Lead Analyst & Krystle McBride, Analyst, AECOM ). Βασικά στοιχεία της μελέτης είναι ότι το επιπλέον κόστος περιλαμβάνει δύο βασικούς συντελεστές :

- a) Το κόστος των επιπλέον εγκαταστάσεων που απαιτούνται στο λιμάνι. Βάση της μελέτης που αναφέραμε το κόστος εγκατάστασης για την κάθε θέση ελλιμενισμού αντιστοιχεί σε 1,5 εκατ. USD. Θεωρώντας διάρκεια ζωής της εγκατάστασης τα 30-έτη και κόστος δανεισμού της τάξης του 6 %, για να έχουμε ισοδύναμη απόσβεση της επένδυσης στην περίοδο αυτή το κόστος ανέρχεται 102,000 USD ανά έτος για την κάθε δόση.
- b) Το κόστος μετασκευών πάνω στο πλοίο για να μπορεί να τροφοδοτείται από την ξηρά. Το κόστος αυτό ανέρχεται στα 400,000 USD και θεωρώντας ως διάρκεια ζωής του πλοίου τα 20 έτη και 6 % κόστος δανεισμού, το ισοδύναμο ετήσιο κόστος ανέρχεται σε 33000 USD ανά έτος.



Για να μπορεί να είναι πιο ολοκληρωμένη και πλήρης η μελέτη θα θεωρήσουμε ότι έχουμε έναν στόλο 5 πλοίων που χρησιμοποιεί εναλλάξ την θέση αυτή. Οπότε το κόστος της θέσης ελλιμενισμού περιορίζεται στα  $102,000/5=20,400$  USD. Το σύνολο, επομένως, του κόστους ανέρχεται σε 53,400 USD ανά έτος για το κάθε πλοίο.

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω τη μεγαλύτερη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας στο λιμάνι του Πειραιά προκαλούν τα κρουαζιερόπλοια λόγω των πολύ μεγάλων ενεργειακών αναγκών και του μεγάλου σχετικά χρόνου παραμονής στο λιμάνι. Τα στοιχεία όμως αυτά κάνουν ταυτόχρονα ελκυστική την αναζήτηση εναλλακτικών προτάσεων αντίστοιχων του Cold ironing. Από τα στοιχεία που αναφέρονται παραπάνω προκύπτει ότι το μέσο κρουαζιερόπλοιο που επισκέπτεται το λιμάνι του Πειραιά έχει μέσο μέγεθος G.T. = 32430 κόρους, με τις ενεργειακές ανάγκες για ένα πλοίο αυτού του μεγέθους να διαμορφώνονται στα 2,5 MW και αντίστοιχα με έναν μέσο χρόνο ελλιμενισμού, όπως έχει υπολογιστεί στις 57 ώρες.

Αρχικά, θεωρώντας ότι στον λιμένα βρίσκεται συνεχώς ένα πλοίο ελλιμενισμένο για το σύνολο του έτους έχουμε συνολικό όφελος :

$$365 \text{ day} * 24 \text{ hour} * 2.5 \text{ MW/h} * 9.2 \text{ USD} = 201480 \text{ USD per year}$$

Αντίστοιχα, όμως, το κόστος του συνόλου της εγκατάστασης ( λιμένα και μετατροπών σε 5 πλοία ) ανέρχεται στα :

$$53400 * 5 \text{ ship} = 267000 \text{ USD}$$

Άρα παρά την τεράστια αύξηση των τιμών των πετρελαίων το κόστος είναι μικρότερο σε σχέση με την τροφοδότηση από το τοπικό δίκτυο. Σε αυτό το σημείο βέβαια λόγω της ιδιαίτερης σημασίας για την τοπική κοινωνία και τον πληθυσμό μιας τέτοιας εφαρμογής είναι πολύ πιθανό το κόστος σε περίπτωση φοροελαφρύνσεων από το κράτος και διαφορετικής τιμολογιακής πολιτικής της επιχείρησης ηλεκτροδότησης να έχουμε ανατροπή αυτής της ισορροπίας. Αυτό όμως δεν μπορεί να ληφθεί σοβαρά υπόψη και έτσι θα γίνει εξέταση δύο άλλων εναλλακτικών περιπτώσεων που θα καθιστούσαν την ηλεκτροδότηση βέλτιστη επιλογή, Οι περιπτώσεις αυτές είναι :

- a) Από ποια τιμή και άνω του καυσίμου η επιλογή ηλεκτροδότησης καθίσταται συμφέρουσα οικονομικά
- b) Με βάση την τιμή αυτή καύσιμου, ποιο θα ήταν το τέλος που αν επιβάλλονταν για τους εκπεμπόμενους ρύπους θα καθιστούσε οικονομικά συμφέρουσα την επιλογή του Cold ironing

Αρχικά για την πρώτη περίπτωση θα πρέπει να ισχύει η παρακάτω εξίσωση :

$$365 * 24 * 2,5 * x = 267000 \Rightarrow x = 12.19 \text{ USD}$$

Η παραπάνω τιμή πρέπει να αποτελεί το επιπλέον κέρδος, άρα το κόστος της MWh που παράγεται πάνω στο πλοίο θα πρέπει να διαμορφωθεί στην παρακάτω τιμή :

$$100.8 + 12.19 = 112.99 \text{ USD}$$

Θα έπρεπε επομένως το κόστος της MWh να διαμορφωνόταν στα 112,99 δολάρια. Για την παραγωγή μίας MWh απαιτούνται περίπου 200 kg καυσίμου που αντιστοιχούν σε 122,39 δολάρια, άρα ο ένας τόνος θα ισούται με  $112,99 * 5 = 564,95 \text{ USD}$  .

Βλέπουμε λοιπόν ότι μια μικρή διαφοροποίηση από τις σημερινές τιμές αρκεί για να ανατραπεί η κατάσταση, πράγμα που είναι πολύ πιθανό να συμβεί στο άμεσο μέλλον.

Στην δεύτερη περίπτωση, αν υποθέσουμε ότι έχουμε επιβολή ρήτρας το ελάχιστο κόστος θα ήταν:

$$267000 - 201480 = 65520 \text{ USD}$$

Όπως υποθέσαμε και παραπάνω στην οριακή κατάσταση, πάντα έχουμε ένα πλοίο από τον στόλο των 5 πλοίων που βρίσκεται ελλιμενισμένο, οπότε ισχύει :

$$\frac{\text{διαφορά κόστους}}{\text{ημέρες} * \text{ώρες} * \text{ισχύς}} = \frac{65520}{365 * 24 * 2,5} = 2,99 \text{ USD}$$

Η ελάχιστη ρήτρα που θα πρέπει να επιβάλλεται, επομένως, είναι 2,99 USD για κάθε παραγόμενη MWh.

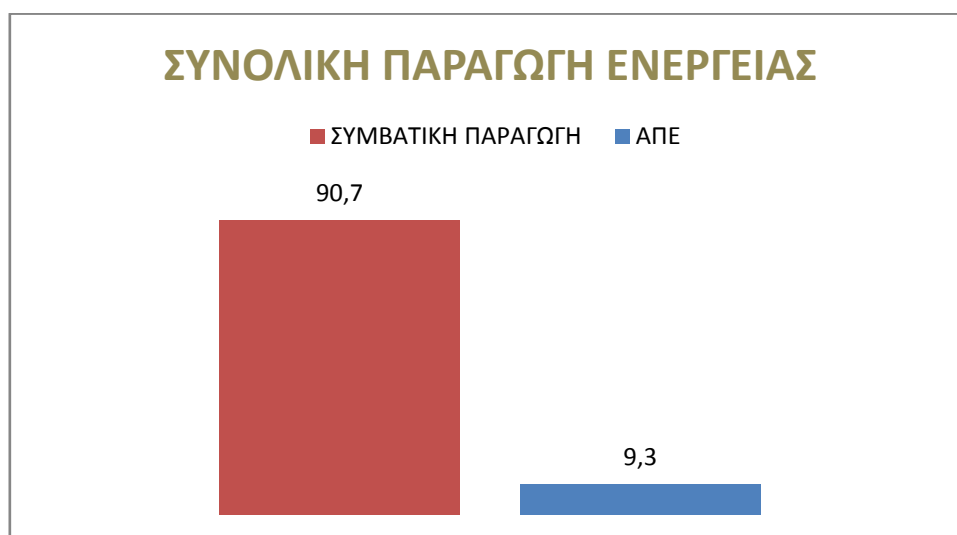
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Μελέτη δυνατοτήτων εφαρμογής Cold ironing σε απομακρυσμένο νησί με αυτόνομο δίκτυο με αποκλειστική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

#### 4.1 Υφιστάμενη κατάσταση παραγωγής ενέργειας στα Ελληνικά νησιά

Η παραγωγή ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας, βασίζεται κυρίως στους Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ) με χρήση συμβατικών καυσίμων, ενώ η συνεισφορά των ΑΠΕ ανέρχεται μόλις στο 9% της συνολικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, για το 2008, η συνολική παραγωγή ενέργειας ήταν περίπου 6.250 GWh και μόλις 580 GWh προήλθαν από ΑΠΕ.

#### Σχήμα 4.1. Ισοζύγιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 4.1. Παρουσιάζεται το ποσοστό συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην συνολική παραγωγή

Η ΔΕΗ είναι, ως γνωστόν, διαχειρίστρια του δικτύου, αποκλειστικός προμηθευτής και πρακτικά μοναδικός παραγωγός με συμβατικά καύσιμα. Με τον πολλαπλό αυτό ρόλο, καλείται να αντιμετωπίσει σειρά ποικιλόμορφων προβλημάτων ηλεκτροδότησης. Τα προβλήματα αυτά

περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την ανεπάρκεια ισχύος σε αρκετές νησιωτικές περιοχές, εποχιακές διακυμάνσεις, παλαιότητα υφιστάμενων συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και ασθενή δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η ηλεκτροδότηση των νησιών είναι στενά συνδεδεμένη με πολύ μεγάλα κόστη παραγωγής ενέργειας. Το κόστος παραγωγής για τη ΔΕΗ στα νησιά είναι υψηλότερο από την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα το σύνολο των καταναλωτών της χώρας να επιδοτεί εμμέσως και ορθά, για λόγους κοινωνικής ισότητας, τις νησιωτικές περιοχές. Όπως είναι εύλογο, με την άνοδο των τιμών του πετρελαίου, το κόστος αυτό ανεβαίνει, αφού το κόστος καυσίμου αποτελεί το 50% περίπου του συνολικού κόστους της κιλοβατώρας.

#### 4.2 Περιορισμοί διείσδυσης αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα

Η συνεισφορά των αιολικών συστημάτων στην ηλεκτροδότηση της χώρας, μέχρι στιγμής, είναι σε γενικές γραμμές περιορισμένη. Η στοχαστική συμπεριφορά του ανέμου που συνεπάγεται τη μη-σταθερή, και εν μέρει απρόβλεπτη παροχή ισχύος από τα αιολικά, έχει οδηγήσει στην επιβολή περιορισμών διείσδυσης της αιολικής ενέργειας για λόγους προστασίας του ηλεκτρικού δικτύου. Το πρόβλημα της διαχείρισης της ενέργειας που προέρχεται από Α/Π γίνεται ακόμη πιο έντονο και ανελαστικό όσο μικρότερο είναι το δίκτυο που τροφοδοτείται, όπως συμβαίνει στα νησιά, ακόμη και σε αυτά του μεγέθους της Κρήτης. Ήδη κάποια νησιά έχουν φθάσει το όριο πέρα από το οποίο προκαλείται αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας σε αυτά καθίσταται αδύνατη. Η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά καθορίζεται από τους τεχνικούς περιορισμούς των τοπικών ηλεκτρικών δικτύων. Σύμφωνα με τη νομοθεσία, ο διαχειριστής του ηλεκτρικού συστήματος επιτρέπεται να απορρίπτει την αιολική ενέργεια όταν αυτή δεν μπορεί να απορροφηθεί (π.χ. τις ώρες χαμηλής ζήτησης με ταυτόχρονα μεγάλη αιολική παραγωγή). Οι περιορισμοί των ηλεκτρικών δικτύων σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συμβατικών πετρελαϊκών μονάδων (τεχνικά ελάχιστα λειτουργίας και ταχύτητα ανάληψης φορτίου). Πρακτικά, κάθε στιγμή απαιτείται να είναι ενταγμένες και να λειτουργούν συμβατικές μονάδες ικανές να καλύψουν τις αυξομειώσεις ή μια πιθανή απώλεια της αιολικής παραγωγής. Η εμπειρία έχει δείξει ότι τα Α/Π σε αυτόνομα ελληνικά νησιά με βάση την υπάρχουσα υποδομή δεν μπορούν να καλύψουν περισσότερο από το 15% της ετήσιας ζήτησης, ενώ παράλληλα ένα μέρος της τάξεως του 15-20% της ετήσιας αιολικής ενέργειας περικόπτεται.

Για τον υπολογισμό της μέγιστης διείσδυσης αιολικής ισχύος σε ένα αυτόνομο σύστημα, απαραίτητα στοιχεία είναι η ωριαία ζήτηση φορτίου, τα τεχνικά ελάχιστα των μονάδων του εκάστοτε

θερμικού σταθμού, οι ειδικές τους καταναλώσεις, ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιούν και η σειρά ένταξης τους. Συγκεκριμένα, τα παρακάτω βήματα μπορούν να ακολουθηθούν:

I) Καθορισμός της σειράς ένταξης των μονάδων με βάση τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιούν ώστε να επιτευχθεί το ελάχιστο δυνατό κόστος παραγωγής.

II) Με βάση τα τεχνικά ελάχιστα των μονάδων, τη σειρά ένταξης τους και τις ειδικές τους καταναλώσεις, προσδιορίζονται τα σημεία λειτουργίας του θερμικού σταθμού. Τυπικές τιμές του συντελεστή απόδοσης είναι 30-50% για μηχανές που χρησιμοποιούν βαρύ πετρέλαιο και 20-35% για μηχανές που χρησιμοποιούν Diesel, μεγάλο ρόλο όμως παίζει η ηλικία και η κατάσταση της μηχανής.

III) Λαμβάνεται υπόψη ένα πρόγραμμα συντήρησης των μηχανών, κατά το οποίο κάποιες μονάδες τίθενται για μηνιαία χρονικά διαστήματα εκτός λειτουργίας, εξαιρώντας τους μήνες που η ζήτηση είναι πολύ μεγάλη (π.χ. καλοκαιρινοί μήνες). Οι μηχανές που θα δουλεύουν σε ωριαία βάση προσδιορίζονται βρίσκοντας τον ελάχιστο αριθμό μηχανών που πρέπει να είναι ενταγμένες ώστε να διασφαλίζεται η κάλυψη της μέσης-ωριαίας ζήτησης ισχύος και υποθέτοντας ότι το άθροισμα των τεχνικών τους ελαχίστων είναι η λιγότερη ποσότητα ισχύος που πρέπει να παραχθεί από τις θερμικές μηχανές. Πρακτικά η μέγιστη μέση-ωριαία διείσδυση αιολικής ισχύος σε ένα αυτόνομο δίκτυο είναι ίση με τη διαφορά μεταξύ της ζήτησης φορτίου και της ελάχιστης ισχύος (τεχνικά ελάχιστα) που παράγεται από τις εν λειτουργία θερμικές μηχανές.

#### 4.3 Αντιμετώπιση των περιορισμών που εμφανίζονται κατά την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα

Στη σημερινή εποχή, η αντλησιοταμίευση θεωρείται η μοναδική ώριμη εμπορική τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας (>100 MW) με πάνω από 300 μονάδες εγκατεστημένες σε όλο τον κόσμο που έχουν συνολική ισχύ πάνω από 95 GW καλύπτοντας περίπου το 3% της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής. Η Ιαπωνία είναι πρωτοπόρος στην εγκατεστημένη ισχύ αντλησιοταμιευτήρων με 25 GW [17], ενώ αμέσως μετά ακολουθούν οι ΗΠΑ με 22 GW [18] και η Ισπανία με 5,3 GW. Η Ελλάδα βρίσκεται 18η στη παγκόσμια κατάταξη με εγκατεστημένη ισχύ άντλησης 699 MW. Μία αναστρέψιμη μονάδα αντλησιοταμίευσης, συνολικής ισχύος 315 MW (3x105 MW), βρίσκεται στον Σφηκιά στη Μακεδονία. Η άντληση γίνεται κατά τις βραδινές ώρες με χρήση φθηνής συμβατικής ενέργειας και ο υδροστρόβιλος (Υ/Σ) παράγει ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η άλλη αναστρέψιμη μονάδα συνολικής ισχύος 384 MW (3x127 MW), βρίσκεται στον Θησαυρό κοντά στον ποταμό Νέστο. Η άντληση γίνεται και πάλι κατά τις βραδινές ώρες με χρήση

φθηνής συμβατικής ενέργειας και οι αποθηκευμένες ποσότητες νερού αξιοποιούνται για τη παραγωγή ενέργειας μέσω του Υ/Σ κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διαθέσιμη υδραυλική πτώση (H) είναι ίση με 154 m και ο όγκος του άνω ταμιευτήρα ίσος με  $565 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

Η τεχνολογία της αντλησιοταμίευσης χαρακτηρίζεται από μεγάλη τεχνική και οικονομική αξιοπιστία, είναι απόλυτα φιλική με το περιβάλλον και εύκολη στην εγκατάσταση σε περιοχές που η τοπογραφία και η διαθεσιμότητα νερού το επιτρέπει. Η κλασική χρήση των αντλησιοταμιευτήρων είναι η εξομάλυνση ενεργειακών αιχμών σε ενεργειακά συστήματα που παρουσιάζουν περιοδική αδυναμία κάλυψης της ζήτησης με μονάδες που λειτουργούν σε αποδεκτούς βαθμούς απόδοσης και με φτηνό καύσιμο. Η ιδέα του αντλητικού-υδροηλεκτρικού σταθμού με αιολική ενέργεια κρίνεται σήμερα ρεαλιστική, τουλάχιστον για τα νησιωτικά συστήματα που αποτελούν ευρύ πεδίο εφαρμογών, εξασφαλίζοντας μακροπρόθεσμες λύσεις με οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Με την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων εύκολα μπορεί πλέον να επιτευχθεί η περαιτέρω διεύρυνση της αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα δίκτυα αξιοποιώντας τις παραχθείσες ποσότητες ισχύος από Α/Π που είναι αδύνατο να απορροφηθούν. Η ιδέα αν και φαίνεται απλή δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί και δεν υπάρχει εγχώρια και διεθνής εμπειρία.

Σε ένα από τα Κανάρια νησιά (El Hierro) στην Ισπανία έχει ήδη ξεκινήσει η εγκατάσταση ενός αντλητικού-υδροηλεκτρικού σταθμού με αιολική ενέργεια, ο οποίος αναμένεται να ολοκληρωθεί στα μέσα του 2012. Το νησί δεν είναι διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό δίκτυο και έχει έκταση 276 km<sup>2</sup> και πληθυσμό περίπου 8.000 κατοίκους. Η ηλεκτροπαραγωγή μέχρι στιγμής βασίζεται κυρίως σε έναν συμβατικό θερμικό σταθμό που αποτελείται από 9 μηχανές diesel και ένα Α/Π (280 kW). Η διεύρυνση των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας μετά την εγκατάσταση της μονάδας αντλησιοταμίευσης αναμένεται 80%. Η μονάδα θα αποτελείται από ένα Α/Π 11,5 MW, ένα υδροηλεκτρικό σταθμό ισχύος 11,3 MW, αντλιοστάσιο 6 MW, άνω ταμιευτήρα χωρητικότητας 556.000 m<sup>3</sup>, κάτω ταμιευτήρα 150.000 m<sup>3</sup> καθώς και από μια μονάδα αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού.

#### 4.3.1 Αρχή λειτουργίας συστήματος αιολικών και αντλησιοταμιευτήρων

Όπως προαναφέρθηκε, η κλασική χρήση των αντλησιοταμιευτήρων είναι η εξομάλυνση ενεργειακών αιχμών σε ενεργειακά συστήματα που παρουσιάζουν περιοδική αδυναμία κάλυψης της ζήτησης. Σε αυτά τα συστήματα, η άντληση του νερού γίνεται, κυρίως, κατά τις βραδινές ώρες με κατανάλωση φθηνής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς. Άλλη χρήση αυτής της μεθόδου είναι η διαχείριση της περίσσειας ενέργειας που παράγεται από αιολικά συστήματα σε απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα. Η χρήση αυτή προκύπτει από την ανάγκη αποθήκευσης ποσοτήτων αιολικής ενέργειας, όταν αυτές διατίθενται σε μία δεδομένη χρονική στιγμή και δεν μπορούν να απορροφηθούν από το τοπικό δίκτυο. Τα αποθηκευμένα ποσά ενέργειας χρησιμοποιούνται μία

άλλη χρονική στιγμή, όταν προκύψει σχετική ανάγκη για παροχή ενέργειας. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από :

- Έναν αριθμό ανεμογεννητριών.
- Δεξαμενή υδροληψίας (κάτω δεξαμενή).
- Δεξαμενή ταμίευσης (πάνω δεξαμενή).
- Σύστημα Υ/Σ με γεννήτριες ικανό να καλύψει ένα επιθυμητό ποσοστό της αιχμής ζήτησης.
- Σύστημα κινητήρων με αντλίες ικανό να απορροφά την περίσσεια αιολική ενέργεια.
- Δίκτυο σωληνώσεων.
- Σύστημα ασφαλείας και ελέγχου.
- Σύστημα σύνδεσης με το δίκτυο.

Ο υβριδικός σταθμός λειτουργεί ως μονάδα με σταθερό ρυθμό παραγωγής, όπου εργαζόμενη παράλληλα με μια σειρά από ανεμογεννήτριες παρέχει στο τοπικό δίκτυο εγγυημένες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής ζήτησης φορτίου. Οι αντλίες τροφοδοτούνται, κυρίως, από την περίσσεια αιολικής ενέργειας και ανεβάζουν το νερό από την δεξαμενή υδροληψίας (κάτω ταμιευτήρας) στην δεξαμενή ταμίευσης (άνω ταμιευτήρας). Το αποθηκευμένο νερό παράγει ενέργεια μέσω του Υ/Σ τις ώρες αιχμής και καταλήγει πίσω στην δεξαμενή υδροληψίας. Συγκεκριμένα, κατά την λειτουργία του συστήματος μπορούν να εμφανιστούν οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Η περίσσεια αιολικής ενέργειας χρησιμοποιείται για την άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα και την αποθήκευση του.
- Εάν η περίσσεια αιολικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ισχύ των αντλιών, η απομένουσα αιολική ενέργεια καταναλώνεται από δευτερεύοντα φορτία του συστήματος.
- Εάν οι αποθηκευμένες ποσότητες νερού δεν επαρκούν για την παραγωγή εγγυημένου ισχύος από τον Υ/Σ της επόμενης ημέρας, οι αντλίες απορροφούν συμβατική ενέργεια από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης (π.χ. βραδινές ώρες).
- Οι αποθηκευμένες ποσότητες νερού στον άνω ταμιευτήρα χρησιμοποιούνται για να παράγουν εγγυημένα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω του Υ/Σ του συστήματος κατά τη διάρκεια προκαθορισμένων ωρών (π.χ. ζήτηση φορτίου αιχμής).

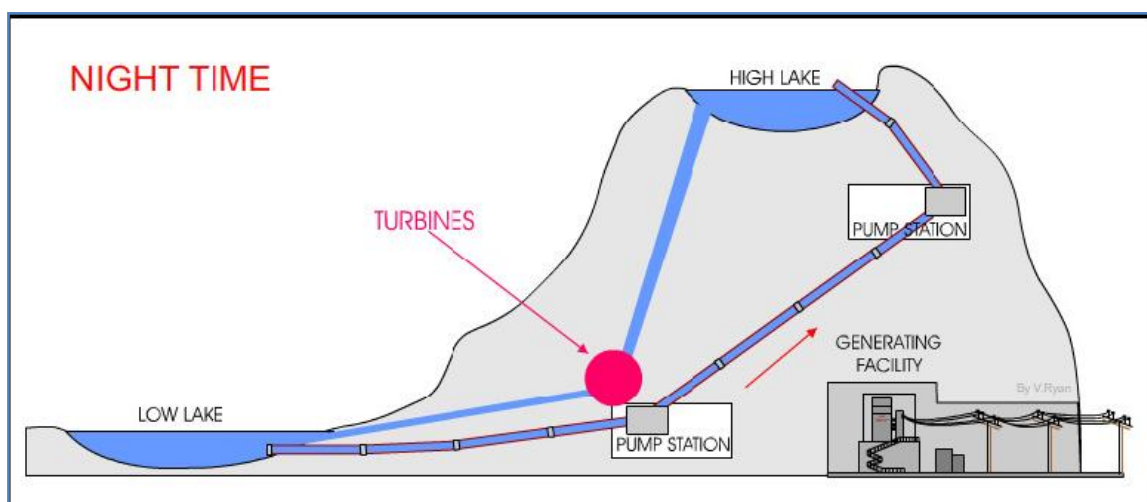
Η εκμετάλλευση των απορριπτόμενων ποσοτήτων ενέργειας μέσω του προτεινόμενου συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε αξιόλογη αύξηση διείσδυσης της αιολικής ενέργειας ή και γενικότερα στην αύξηση της συνεισφοράς ΑΠΕ σε αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα. Οι αυξημένες



περικοπές της αιολικής ενέργειας περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό με την μέθοδο της αποθήκευσης, ενώ, παράλληλα, η αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος αυξάνεται με τη συνεισφορά εγγυημένων ποσοτήτων ενέργειας (επί καθημερινής βάσεως κατά τις ώρες αιχμής) μέσω του Υ/Σ που αποτελεί μια ελεγχόμενη μονάδα παραγωγής με δυνατότητα άμεσης απόκρισης και παροχής πρόσθετων υπηρεσιών σταθεροποίησης του ηλεκτρικού δικτύου (ρύθμιση συχνότητας και ισχύος).

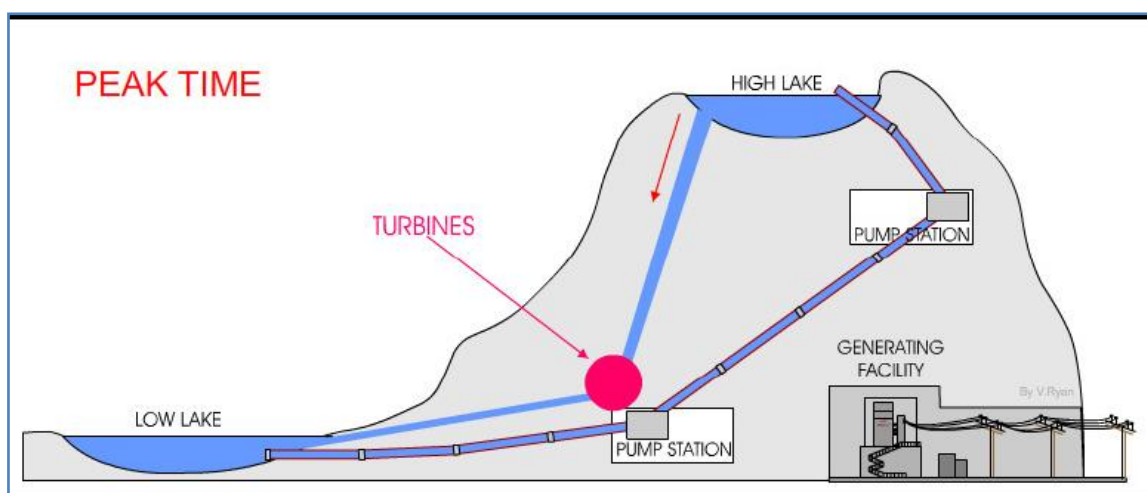
Ακολουθούν σχήματα του συστήματος που περιγράφηκαν παραπάνω:

**Σχήμα 4.2. Διάταξη σε διαδικασία αποθήκευσης ενέργειας**



Σχήμα 4.2. Η διάταξη βρίσκεται στην διάρκεια αποθήκευσης της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγουν οι ανεμογεννήτριες μεταφέροντας μέσω των αντλιών ποσότητες νερού στην άνω δεξαμενή

**Σχήμα 4.3. Διάταξη σε διαδικασία παραγωγής ενέργειας**



Σχήμα 4.3. Στο σχήμα παρουσιάζεται η αντίστροφη διαδικασία από το σχήμα 4.2., το σύστημα απαιτεί σε αυτήν την φάση ενέργεια οπότε το νερό που έχει αποθηκευτεί χρησιμοποιείται για να περιστρέψει τις Τουρμπίνες

#### 4.4 Προοπτικές κατασκευής ενός 'πράσινου' λιμανιού σε νησί με δυνατότητα παροχής υπηρεσιών

##### Cold ironing

Οι ιδιόμορφες συνθήκες που παρατηρούνται να εμφανίζονται σε ένα νησί με αυτόνομο δίκτυο για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών κάνουν πολύ σύνθετη την προοπτική του εγχειρήματος για ένα πράσινο λιμάνι . Σε αντίθεση με την κατασκευή στην ηπειρωτική τοποθεσία εμφανίζονται ορισμένες αντιθέσεις :

- 1) Σκοπός του Cold ironing είναι ο περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων στις κατοικημένες περιοχές. Σε ένα νησί, όμως, όπως αναφέραμε, η κύρια πηγή παραγωγής ενεργειακής είναι ηλεκτρογεννήτριες, οπότε η εφαρμογή του Cold ironing κλείνοντας της ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου και τροφοδοτώντας το με ενέργεια από ηλεκτρογεννήτριες του νησιού (οι οποίες πιθανότητα καίνε βαρύτερο καύσιμο από αυτό που χρησιμοποιούν τα πλοία, καθώς δεν υπόκεινται σε περιορισμούς για την ποιότητα καυσίμου όπως τα πλοία) θα επιδείωνε ακόμη περισσότερο τις συνθήκες ρύπανσης στο νησί.
- 2) Το κόστος της τροφοδοτούμενης ενέργειας από το τοπικό δίκτυο θα ήταν απαγορευτικό.
- 3) Η δυνατότητα που παρέχεται στα ηπειρωτικά για διασπορά των μονάδων παραγωγής σε μεγάλες αποστάσεις από τις κατοικημένες περιοχές σε ένα νησί είναι πολύ περιορισμένη.
- 4) Η αναβάθμιση των μονάδων παραγωγής ( χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο ) θα βελτίωνε την κατάσταση, χωρίς να δώσει, όμως, λύση στο πρόβλημα.

Η αναζήτηση λοιπόν εναλλακτικών λύσεων κρίνεται επιβεβλημένη. Οι ανάγκες τροφοδοσίας όμως που διαμορφώνονται σε ένα λιμάνι δεν μπορούν να εξεταστούν ανεξάρτητα από τις συνολικές ανάγκες που διαμορφώνονται σε ένα νησί.

Από το σύνολο των μελετών η βέλτιστη επιλογή αυτή την στιγμή για ένα νησί κρίνεται η παραγωγή ενέργειας μέσω το συνδυασμό αιολικών και αντλησιοταμιευτήρων. Οι οικονομικές αυτές μελέτες στηρίζονται στην σύγκριση κόστους ανάμεσα στο σημερινό κόστος παραγωγής, μέσω ηλεκτρογεννητριών και στη βάση ότι οι τιμές καυσίμων παραμένουν στα σημερινά επίπεδα, άρα και το κόστος παράγωγης και στο κόστος παραγωγής μέσω συνδυασμού αιολικών και αντλησιοταμιευτήρων.

#### 4.4.1 Πλεονεκτήματα εφαρμογής του συστήματος

- 1) Δεν έχουμε προβλήματα υπερφόρτισης (που θα απαιτούσε ανασύνταξη του συνόλου των μονάδων παραγωγής και του δικτύου διανομής ).
- 2) Με τις μεγάλες ενεργειακές ανάγκες να εμφανίζονται συγκεκριμένες σε περιόδους ( λόγω αύξησης της επιβατικής κίνησης ), η λειτουργία τους συστήματος στην διάρκεια τους έτους και ένα σύστημα με μεγάλο συσσωρευτή μπορεί να αντεπεξέλθει στις συνθήκες αυτές.
- 3) Σημαντική συμβολή στην μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος και επιβάρυνσης της ανθρώπινης υγείας.

Σε οικονομικό επίπεδο ένα τέτοιο σύστημα, αν σε αυτό συμπεριληφθούν και το σύνολο των λιμενικών εγκαταστάσεων και οι μετασκευές στα πλοία, όπως απαιτεί το Cold ironing, δεν μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμο αν δεν εκτιμηθεί παράλληλα και περιβαλλοντική συμβολή. Το μοντέλο αυτό, όμως, όπως αποδεικνύουν σειρά μελετών όπως η μελέτη «Παραμετρική διερεύνηση της τιμολόγησης Υβριδικών Σταθμών σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά» του τμήματος ΗΜΜΥ του ΕΜΠ στο θέμα του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα σε υβριδικό σύστημα και χρήση ηλεκτρογεννητριών είναι απόλυτα βιώσιμο.

## Συμπεράσματα

Οι έντονες κλιματικές αλλαγές και οι αυξανόμενη επιβάρυνση στην ανθρώπινη υγεία που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση σταδιακά έχει συμβάλει στην μεταστροφή της κατάστασης και την αντιμετώπιση σε ουσιώδες πρόβλημα. Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν μια από τις κύριες συνιστώσες αυτού του προβλήματος, με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις να εμφανίζονται στα μεγάλα λιμάνια με μεγάλη κίνηση. Πέρα όμως από την οικολογική αντιμετώπιση του προβλήματος παραβλέποντας το κόστος της κάθε εναλλακτικής πρότασης, οι αυξανόμενες τιμές καύσιμων και οι δυσοίωνες προοπτικές για το μέλλον καθιστούν πλέον πολλές εναλλακτικές προτάσεις οικονομικά βιώσιμες. Δεδομένου ότι το 90% των παγκοσμίων μεταφορών είναι θαλάσσιες σε μία παγκοσμιοποιημένη οικονομία η εικόνα αυτή δεν προβλέπεται να μεταβληθεί σύντομα. Με τα μεγαλύτερα προβλήματα να εμφανίζονται στα λιμάνια, όπου τα πλοία συνεχίζουν κατά την παραμονή τους να κάνουν χρήση των βοηθητικών μηχανών, η αντιμετώπιση του προβλήματος κρίνεται επιβεβλημένη.

Στις μέρες μας η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων κρίνεται ως η πιο αξιόπιστη και άμεσα εφαρμόσιμη λύση. Στην περίπτωση που είναι δυνατή η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο με φθηνή ενέργεια, το κόστος των εγκαταστάσεων στο λιμένα και των μετατροπών πάνω στο πλοίο δεν αποτελεί εμπόδιο για την εφαρμογή. Η απαλλαγή από την φορολογία της ενέργειας που τροφοδοτεί τα πλοία από το τοπικό δίκτυο και η επιβολή τελών στα πλοία που ρυπαίνουν θα συνέβαλλε καθοριστικά στην άμεση επικράτηση του Cold ironing. Η επικράτηση της μεθόδου θα συνέβαλλε σημαντικά στον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στην αναβάθμιση τόσο του περιβάλλοντος όσο και του επιπέδου διαβίωσης ιδιαίτερα στα μεγάλα λιμάνια.

Το λιμάνι του Πειραιά αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τεράστιες επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων της Αττικής. Εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων που θα οδηγούσαν σε περιορισμό του προβλήματος ρύπανσης θα πρέπει να ήταν ήδη γεγονός. Η ενημέρωση της κοινής γνώμης για τα αποτελέσματα της ρύπανσης, θα συνέβαλε σημαντικά στην επίσπευση των διαδικασιών. Ταυτόχρονα, όμως, η μεταβολή των ισορροπιών, αποτέλεσε της αύξησης των τιμών καυσίμων, καθιστά πλέον τις εναλλακτικές λύσεις και οικονομικά βιώσιμες. Ο συνδυασμός των παραπάνω αυξάνει τις πιθανότητες επίλυσης του προβλήματος σύντομα. Στα νησιά αντίθετα το πρόβλημα παρουσιάζεται τους θερινούς μήνες και προκαλείται από τα ελλιμενισμένα Κρουαζιερόπλοια. Η οικονομική πραγματικότητα που διαμορφώνεται στις μέρες μας περιορίζει τις πιθανότητες προώθησης τέτοιων λύσεων λόγω του μεγάλου κόστους επένδυσης και του αμφιλεγόμενου τελικού οικονομικού αποτελέσματος.

Η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων στις μέρες κρίνεται ως μια λύση με άμεση δυνατότητα εφαρμογής. Στην κατεύθυνση αυτή, όμως, απαιτείται η άμεση μελέτη των δυνατοτήτων του τοπικού δικτύου να υποστηρίξει την ηλεκτροδότηση των ελλιμενισμένων πλοίων και οι μελέτες εξεύρεσης συμπληρωματικών πηγών τροφοδοσίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Volume I – Report Cold Ironing Cost Effectiveness Port Of Long Beach 925 Harbor , California [ Environ International Corporation Los Angeles , California 2004 ]
- Υβριδικό Σύστημα με Χρήση Αντλησιοταμίευσης για Μέγιστη Διείδυση της Αιολικής Ενέργειας στη Νήσο Σέριφο [ Μαντάς Ζήσιμος-Δανιήλ Υποψ. Διδάκτορας Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Θεοδωρόπουλος Πέτρος Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Μπέτζιος Γεώργιος Διπλ. Μηχανολόγος Διπλ. Οικονομολόγος, Ζερβός Αρθούρος Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ 2004 ]
- Airborne Toxic Control Measures for Auxiliary Diesel Engines Operation on Ocean-going Vessels at-berth in a California Port 2006
- Draft use of Shore-side for Ocean –going Vessels [ Prepared by Tetra Tech Inc – Alliance of the Ports of Canada, the Caribbean ,Latin America and the United States 2007 ]
- Analysis of the Feasibility and Cost Effectiveness of Cold-Ironing Ocean-going vessels while docked at California ports 2008
- The economics of cold ironing [ Mark Sisson, PE, Lead Analyst & Krystle McBride, Analyst, AECOM, Los Angeles, CA, USA 2008 ]
- Power Generation during Loading & Unloading : Implementation & Network 2009
- Ship-emission in harbor Shore-side electricity [ Swedish Environmental Research Institute –Northern Maritime University Erik Fridell, 2009 ]

- Εκτίμηση Επιπέδων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης- Τελική Έκθεση στην Παράκτια Περιοχή του Λιμένα του Πειραιά [ Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Χημικών Μηχανικών Επιστημονικός Υπεύθυνος Ν. Χ. Μαρκάτος, Καθηγητής ΕΜΠ, 2009 ]
- Ένα Ενεργειακό Σενάριο για την Λέσβο [ Γιώργος Κάραλης, Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ 2009 ]
- Υβριδικά Συστήματα Πολύ Υψηλής Διείσδυσης ΑΠΕ σε Μικρά Νησιωτικά Δίκτυα [Ε. Βρεττός, Α. Τσικαλάκης και Σ. Παπαθανασίου - Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ 2009 ]
- Electrifying the Port-Switching to clean , green electricity [ Darrell Desjardin Director Environmental Program 2010 ]
- Ocean-going Vessel at berth Emission Reduction Technologies for use at the port of Long Beach and the Port of Los Angeles [ Port of Long Beach October 2010 ]
- Παραμετρική Διερεύνηση της Τιμολόγησης Υβριδικών Σταθμών σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά [Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών -Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος –ΕΜΠ Επιστημονικός Υπεύθυνος: Επ. Καθ. Στ. Παπαθανασίου 2010 ]

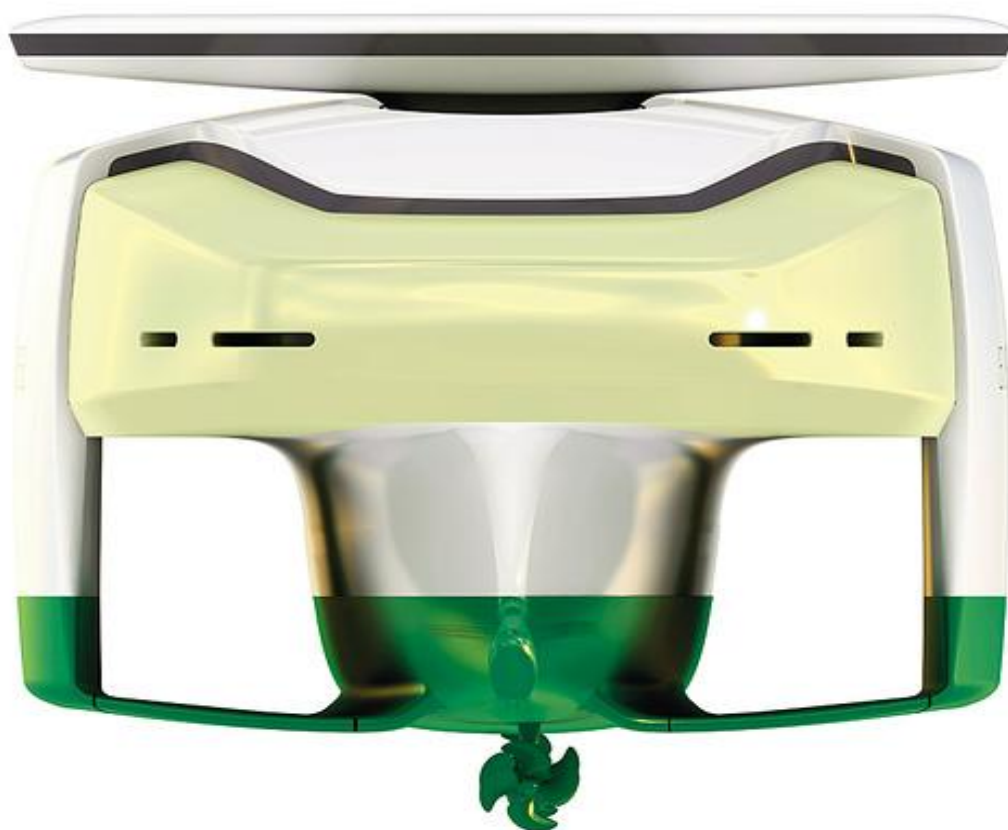
## Σελίδες Διαδικτύου

- <http://www.coldironing.us/>
- <http://www.arb.ca.gov>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://marinetraffic.com/>
- <http://www.aerioattikis.gr>
- <http://www.shipfriends.gr>
- <http://www.louiscruises.com/>

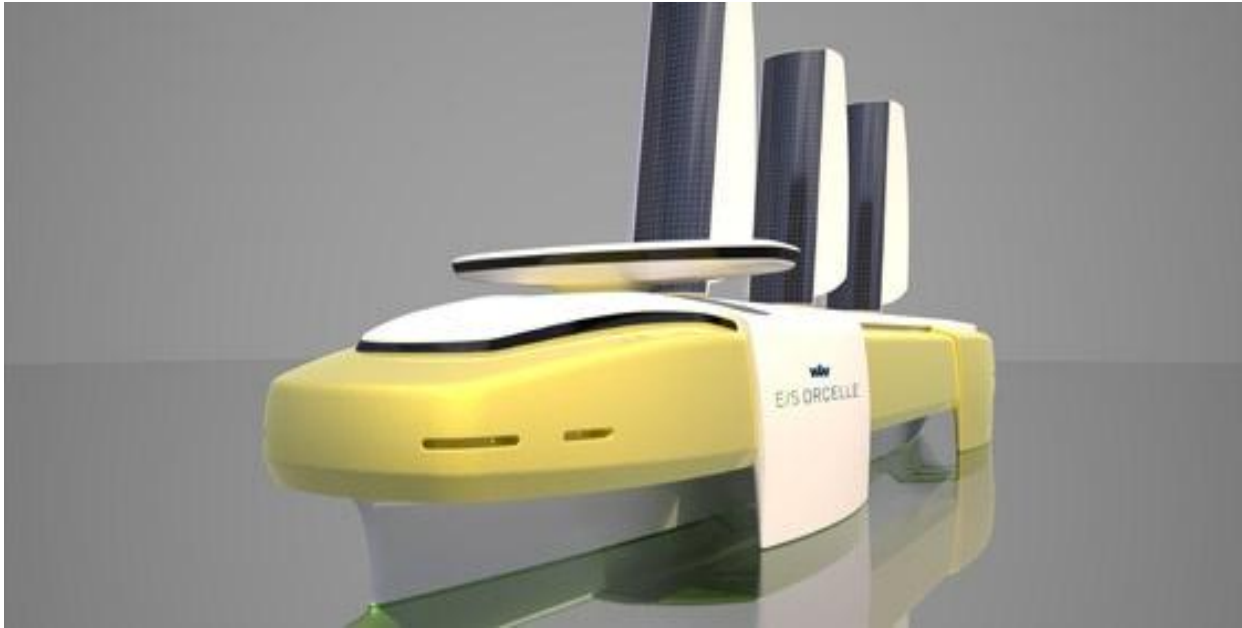


## Παράρτημα Α - Μελέτη των δυνατοτήτων εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε πλωτά μέσα

Εικόνα μελλοντικών κατασκευών :



Η αλματώδης αύξηση στις τιμές των ορυκτών καυσίμων που παρατηρείται την τελευταία πενταετία μετά από μια μακρά περίοδο διατήρησης σε χαμηλά επίπεδα έχει συντελέσει στην αναζήτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας που θα εξασφαλίσουν χαμηλότερο κόστος μεταφοράς και περιορισμό της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της προσπάθειας αποτελεί το εγχείρημα κατασκευής του πρωτότυπου πλοίου E/S “ORCELLE” (Η καθαρή βασίλισσα της θάλασσας )



Η ναυτιλιακή εταιρεία «Wallenius Wilhelmsen» παρουσίασε στην Παγκόσμια έκθεση EXPO 2005, στο Aichi της Ιαπωνίας, ένα πρότυπο πλοίο τύπου Ro-Ro, το οποίο θα κινείται αποκλειστικά με ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δεν θα έχει θαλασσινό νερό για έρμα. Το πλοίο θα χρησιμοποιεί για την κίνηση του την ηλιακή ενέργεια, η οποία θα συλλέγεται μέσω των τεραστίων ιστίων-panels με τα οποία θα εκμεταλλεύονται ταυτόχρονα και την αιολική ενέργεια λειτουργώντας και ως πανιά. Πέρα από τα παραπάνω θα διαθέτει επίσης και μηχανισμούς με τους οποίους θα εκμεταλλεύεται την ενέργεια των κυμάτων. Η μισή ενέργεια του πλοίου θα παράγεται από «fuel cells», η οποία είναι η πλέον ραγδαία αναπτυσσόμενη «καθαρή» τεχνολογία. Το πλοίο θα έχει μήκος 820 ft (270 m) και θα έχει επιφάνεια γκαράζ 85.000 m<sup>2</sup> ( ίση με 16 γήπεδα ποδοσφαίρου) σε 8 decks. Η υπηρεσιακή ταχύτητα θα είναι περίπου 15 knots. Πρόκειται για το πρώτο απολύτως καθαρό ενεργειακά πλοίο, με μόνα παράγωγα: θερμότητα και υδρατμούς. Βέβαια το πλοίο αυτό δεν προβλέπεται να κατασκευασθεί πλήρως πριν περάσουν 20 χρόνια (2025), αλλά μέσα στην επόμενη 5ετία θα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν ορισμένες από τις νέες τεχνολογίες στις νέες ναυπηγήσεις.

## Μελέτη Εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ

Μια εναλλακτική πρόταση, με δυνατότητες άμεσης εφαρμογής με την διαθέσιμη τεχνολογία που υπάρχει στις μέρες μας, είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε πλοία για την εξασφάλιση τμήματος των ενεργειακών αναγκών. Στην περίπτωση που θεωρούσαμε ότι μέσω της ενέργειας αυτής τροφοδοτούμε συγκεκριμένες μονάδες, δεδομένου ότι η παραγωγή της ενέργειας γίνεται σε συγκεκριμένο διάστημα, θα έπρεπε το σύστημα να διαθέτει συσσωρευτές (χαρακτηριστικό των οποίων είναι το υψηλό κόστος) καθιστώντας την μελέτη μη ελκυστική. Εναλλακτικά εμείς θα θεωρήσουμε ότι η ενέργεια παρέχεται άμεσα στο πλοίο για την κάλυψη των αναγκών περιορίζοντας τις ανάγκες για τροφοδοσία από τις ηλεκτρογεννήτριες, άρα και εξοικονομώντας κατανάλωση καυσίμου. Δεδομένου ότι η συνολική παραγωγή των φωτοβολταϊκών θα είναι μικρό ποσοστό των συνολικών αναγκών, το σύστημα θα συνδυάζεται με ένα πρόγραμμα διαχείρισης της ενέργειας, το οποίο θα ρυθμίζει κατάλληλα τις στροφές των ηλεκτρογεννητριών. Δεδομένου ότι συμβολή είναι μικρή δεν θα επηρεάζει σημαντικά τις στροφές λειτουργίας της ηλεκτρογεννήτριας ώστε, να βγει έξτος των στροφών βέλτιστης λειτουργίας. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά μία προσπάθεια οικονομικής μελέτης αυτών των χαρακτηριστικών. Θεωρούμε ότι κατάλληλο πλοίο να εφαρμόσουμε μια τέτοια εγκατάσταση είναι μια κατασκευή με μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες. Αντίστοιχη περίπτωση αποτελεί ένα τάνκερ. Έστω, λοιπόν, ότι έχουμε ένα τάνκερ με  $L=250\text{m}$  και  $B=42\text{m}$ . Οι ελεύθερη επιφάνεια πάνω στην οποία μπορούμε να τοποθετήσουμε φωτοβολταϊκά πάνελ φτάνει τα  $A_w=10000\text{ m}^2$ .

Το πάνελ που επιλέγουμε να τοποθετήσουμε είναι :



Φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος ονομαστικής ισχύος 220Watt με στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου πάνελ παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Βαθμός απόδοσης: 13,5%
- 2) Θερμοκρασιακός συντελεστής: -0,43%/°C
- 3) Διακύμανση ισχύος:  $\pm 3\%$
- 4) Χώρα προέλευσης: Κίνα
- 5) Επιφάνεια 2,7  $\text{m}^2$

Για να καλυφθεί το σύνολο της επιφάνειας απαιτούνται  $10000/2,7=3700$  πάνελ.

Άρα το σύνολο της ονομαστικής ισχύς διαμορφώνεται στα  $3700*220=814\text{kw}$

Κόστος αγοράς και εγκατάστασης :

$$3700*250=925000\text{€}.$$

Η διάρκεια ζωής των πάνελ είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη για το πλοίο, άρα έχουμε και μια πρόσθετη αξία στο τέλος ( θεωρούμε ότι αποτελεί το 10% άρα 92500 € ). Η απόδοση των φωτοβολταϊκών θεωρείται ότι είναι η τετραπλάσια της ονομαστικής, λόγω όμως των ιδιαιτέρων συνθηκών που διαμορφώνονται πάνω στο πλοίο θεωρούμε ότι αποτελεί διπλάσιο.

$814\text{kw}*2= 1.63\text{MWh}$  θα είναι επομένως η ημερήσια παραγωγή.

Το κόστος παραγωγής από τις ηλεκτρογεννήτριες με βάση τις πιο πρόσφατες τιμές ναυτιλιακού καυσίμου είναι όπως έχουμε υπολογίσει παραπάνω 110 € ανά MWh , οι 1,63 MWh αντιστοιχούν σε 179 € (  $179*30=5370$  ).

Υποθέτοντας διάρκεια ζωής του πλοίου 20 έτη, επιτόκιο 6 % και διατήρηση των τιμών καυσίμων στα σημερινά επίπεδα έχουμε :

Το αρχικό κόστος των 925000€ σε ισόποσες μηνιαίες δόσης στην διάρκεια των 20 ετών διαμορφώνεται σε 6600 € τον κάθε μήνα.

$$\text{Συνολικά } -6600+5370 = -1230 \text{ €}$$

Έχουμε ένα σημαντικό έλλειμμα λοιπών που στο διάστημα των 20 ετών διαμορφώνεται στο ποσό των 295200 €. Παρά τις πολύ υψηλές τιμές του καυσίμου επομένως δεν είναι αρκετές για να αποσβέσουν το αρχικό κόστος επένδυσης.

Οι ισορροπίες ανατρέπονται αν θεωρήσουμε ότι το επιτόκιο είναι 2 %, η μηνιαία ισόποση δόση διαμορφώνονται τότε στα 4680 € άρα  $-4680+5370= 690 \text{ €}$  είναι το όφελος.

## Παράστημα Β

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των γραφικών παραστάσεων στο κεφάλαιο 3.

**Πίνακας Ι**

<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ 2007-2009</b>									
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2007</b>			<b>2008</b>			<b>2009</b>		
	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Γ.Τ./ΣΗ</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Γ.Τ./ΣΗ</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Γ.Τ./ΣΗ</b>
1ος	3	318703	106234	5	403851	80770	13	949444	73034
2ος	6	497847	82975	7	347241	49606	5	526061	105212
3ος	19	1036832	54570	27	1081834	40068	22	1106591	50300
4ος	71	2177586	30670	59	2145395	36363	60	2421871	40365
5ος	106	3672881	34650	104	3587630	34496	108	4073688	37719
6ος	112	3198125	28555	107	3455048	32290	113	4632176	40993
7ος	122	3464892	28401	119	4373099	36749	110	4549405	41358
8ος	126	3474901	27579	121	4429552	36608	113	4724469	41809
9ος	133	4251774	31968	128	4936718	38568	123	5219065	42431
10ος	127	3725725	29336	134	4728668	35289	135	5337753	39539
11ος	42	2094494	49869	61	2644200	43348	57	3223651	56555
12ος	3	298965	99655	8	678631	84829	18	1293651	71870
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>870</b>	<b>28212725</b>	50372	<b>880</b>	<b>32811867</b>	45749	<b>877</b>	<b>38057825</b>	53432

Πίνακας II

ΜΗΝΑΣ	2007			
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (kW)	Σ. Ενεργειακές Καταναλώσεις ( kWh )
1ος	3	318703	24859	1416954
2ος	6	497847	38832	2213428
3ος	19	1036832	80873	4609755
4ος	71	2177586	169852	9681547
5ος	106	3672881	286485	16329629
6ος	112	3198125	249454	14218864
7ος	122	3464892	270262	15404910
8ος	126	3474901	271042	15449410
9ος	133	4251774	331638	18903387
10ος	127	3725725	290607	16564573
11ος	42	2094494	163371	9312120
12ος	3	298965	23319	1329198
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>870</b>	<b>28212725</b>		<b>125433775</b>

Πίνακας III

ΜΗΝΑΣ	2008			
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (kW)	Σ. Ενεργειακές Καταναλώσεις ( kWh )
1ος	5	403851	31500	1795522
2ος	7	347241	27085	1543833
3ος	27	1081834	84383	4809834
4ος	59	2145395	167341	9538426
5ος	104	3587630	279835	15950603
6ος	107	3455048	269494	15361143
7ος	119	4373099	341102	19442798
8ος	121	4429552	345505	19693788
9ος	128	4936718	385064	21948648
10ος	134	4728668	368836	21023658
11ος	61	2644200	206248	11756113
12ος	8	678631	52933	3017193
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>880</b>	<b>32811867</b>		<b>145881561</b>

Πίνακας IV

ΜΗΝΑΣ	2009			
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (kW)	Σ. Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh)
1ος	13	949444	74057	4221228
2ος	5	526061	41033	2338867
3ος	22	1106591	86314	4919904
4ος	60	2421871	188906	10767638
5ος	108	4073688	317748	18111617
6ος	113	4632176	361310	20594654
7ος	110	4549405	354854	20226655
8ος	113	4724469	368509	21004989
9ος	123	5219065	407087	23203963
10ος	135	5337753	416345	23731650
11ος	57	3223651	251445	14332352
12ος	18	1293651	100905	5751572
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>877</b>	<b>38057825</b>		<b>169205090</b>

Πίνακας V

ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009						
ΜΗΝΑΣ	2007		2008		2009	
	ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ		ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ		ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ	
	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.	ΚΑΤΑΠΛΟΙ	Κ.Ο.Χ.
1ος	704	895800	818	928363	762	920951
2ος	670	751708	686	825788	805	993365
3ος	843	719675	967	1163521	909	1028367
4ος	1488	1470072	1559	1235545	1144	1199391
5ος	1530	1534223	1547	1317529	1161	1175709
6ος	1785	1713644	1629	1356096	1535	1308557
7ος	1744	1678015	1725	1411630	1641	1331060
8ος	1869	1866642	1737	1428078	1895	1378319
9ος	1627	1715556	1288	1247586	1356	3899019
10ος	980	955944	1111	1096259	1196	3778554
11ος	884	1015744	862	781343	924	1779903
12ος	866	1007224	726	700735	834	1523693
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14990</b>	<b>15324247</b>	<b>14655</b>	<b>13492473</b>	<b>14162</b>	<b>20316888</b>

## Πίνακας VI

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2007</b>		
	<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh)</b>
1ος	895800	66069	253044
2ος	751708	55441	212341
3ος	719675	53079	203292
4ος	1470072	108424	415263
5ος	1534223	113155	433384
6ος	1713644	126388	484066
7ος	1678015	123760	474002
8ος	1866642	137672	527285
9ος	1715556	126529	484607
10ος	955944	70505	270033
11ος	1015744	74915	286925
12ος	1007224	74287	284518
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>15324247</b>		<b>4328760</b>

## Πίνακας VII

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2008</b>		
	<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh)</b>
1ος	928363	68470	262242
2ος	825788	60905	233267
3ος	1163521	85814	328669
4ος	1235545	91126	349014
5ος	1317529	97173	372173
6ος	1356096	100018	383067
7ος	1411630	104113	398754



8ος	1428078	105326	403400
9ος	1247586	92014	352415
10ος	1096259	80853	309669
11ος	781343	57627	220712
12ος	700735	51682	197942
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13492473</b>		<b>3811324</b>

### Πίνακας ΙΙΧ

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2009</b>		
	<b>ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΣ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh)</b>
1ος	920951	67924	260148
2ος	993365	73265	280604
3ος	1028367	75846	290491
4ος	1199391	88460	338801
5ος	1175709	86713	332112
6ος	1308557	96511	369638
7ος	1331060	98171	375995
8ος	1378319	101657	389345
9ος	3899019	287568	1101386
10ος	3778554	278683	1067358
11ος	1779903	131275	502783
12ος	1523693	112378	430409
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>20316888</b>		<b>5739070</b>

### Πίνακας ΙΧ

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ 2007-2009</b>						
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2007</b>		<b>2008</b>		<b>2009</b>	
	<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ</b>		<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ</b>		<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ</b>	
	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>ΚΑΤΑΠΛΟΙ</b>	<b>Κ.Ο.Χ.</b>
1ος	423	4172625	367	3793517	382	4281543
2ος	364	3701961	340	3191685	335	3763169
3ος	456	4341739	443	4281884	398	4381648
4ος	643	5522496	606	5270772	529	5551985
5ος	642	5467017	580	5144680	502	5412555
6ος	769	5998576	726	6168490	605	5669302
7ος	996	7478609	950	7310351	867	7354339
8ος	1016	7187007	989	7857134	924	7988403
9ος	957	6227548	546	4954432	611	5671057
10ος	668	5298322	407	4333904	467	5106003
11ος	461	4884157	347	3830649	371	4761093
12ος	456	4838697	332	3863053	405	4894441
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7851</b>	<b>65118754</b>	<b>6633</b>	<b>60000551</b>	<b>6396</b>	<b>64835538</b>

### Πίνακας Χ

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2007</b>		
	<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΑ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh )</b>
1ος	4172625	307748	3354451
2ος	3701961	273034	2976075
3ος	4341739	320221	3490405
4ος	5522496	407306	4439637
5ος	5467017	403214	4395037
6ος	5998576	442419	4822367
7ος	7478609	551577	6012193
8ος	7187007	530071	5777769
9ος	6227548	459307	5006442
10ος	5298322	390772	4259420
11ος	4884157	360226	3926465
12ος	4838697	356873	3889919
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>65118754</b>		<b>52350178</b>

## Πίνακας XI

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2008</b>		
	<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΑ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh )</b>
1ος	3793517	279787	3049679
2ος	3191685	235400	2565855
3ος	4281884	315806	3442286
4ος	5270772	388741	4237272
5ος	5144680	379441	4135904
6ος	6168490	454951	4958964
7ος	7310351	539168	5876927
8ος	7857134	579495	6316496
9ος	4954432	365409	3982960
10ος	4333904	319643	3484106
11ος	3830649	282526	3079530
12ος	3863053	284916	3105580
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>6000551</b>		<b>48235559</b>

## Πίνακας XII

<b>ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΚΑΤΑΠΛΟΙ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>2009</b>		
	<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΑ</b>		
	<b>Κ.Ο.Χ.</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Ανάγκες (KW)</b>	<b>Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh )</b>
1ος	4281543	315781	3442012
2ος	3763169	277549	3025282
3ος	4381648	323164	3522488
4ος	5551985	409481	4463344
5ος	5412555	399198	4351254
6ος	5669302	418134	4557657
7ος	7354339	542412	5912290
8ος	7988403	589177	6422026
9ος	5671057	418263	4559068
10ος	5106003	376588	4104811
11ος	4761093	351150	3827531
12ος	4894441	360985	3934732
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>64835538</b>		<b>52122495</b>