

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



## ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

### ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΝΑΥΛΩΝ ΤΩΝ CAPESIZE BULK CARRIERS ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Μαγδαληνή Σαμίου

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως  
μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος  
Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2017



## **Δήλωση αυθεντικότητας / ζητήματα Copyright**

Το άτομο το οποίο εκπονεί τη Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Υπογραφή Συγγραφέα

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Διονύσιος Πολέμης (Επιβλέπων)
- Θεόδωρος Πελαγίδης
- Γεώργιος Βλάχος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Πολέμη Διονύσιο, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, για την καθοδήγηση και τη βοήθειά του κατά τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας. Η άμεση επικοινωνία και οι συμβουλές του συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Βλάχο Γεώργιο και κ. Πελαγίδα Θεόδωρο, μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους συναδέλφους μου καθώς και την οικογένειά μου για την αμέριστη υποστήριξη και κατανόησή τους κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή στοχεύει στην εξέταση των χαρακτηριστικών του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα ως βασικά εμπορεύματα και στη σχέση των τιμών τους με τις τιμές των ναύλων των πλοίων που τα μεταφέρουν. Στην εμπειρική ανάλυση, διερευνάται η ύπαρξη αιτιότητας κατά Granger μεταξύ των τιμών των δύο εμπορευμάτων και των τιμών των ναύλων των Capesize Bulk Carriers σε πέντε σημαντικές θαλάσσιες διαδρομές ναυλώσεων κατά ταξίδι για κάθε εμπόρευμα και στις χρονοναυλώσεις εξαμήνου και έτους.

Στο θεωρητικό μέρος αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά, τα είδη, οι μέθοδοι παραγωγής και οι εφαρμογές του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα. Προσδιορίστηκαν οι μεγαλύτεροι παραγωγοί, καταναλωτές, εισαγωγείς και εξαγωγείς των δύο εμπορευμάτων τα τελευταία χρόνια καθώς και οι σημαντικότερες θαλάσσιες διαδρομές τους.

Στην εμπειρική ανάλυση, εξετάστηκε η αιτιότητα κατά Granger με τη μέθοδο των Toda-Yamamoto (1995) μεταξύ των τιμών των εμπορευμάτων και των ναύλων των Capesize Bulk Carriers ναυλώσεων κατά ταξίδι και χρονοναυλώσεων. Δεν βρέθηκε ύπαρξη αιτιότητας του σιδηρομεταλλεύματος και των ναύλων για τη περίοδο 2009 έως 2016. Ωστόσο, βρέθηκε αιτιότητα από την τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς τις τιμές όλων των εξεταζόμενων ναύλων της περιόδου 2013-2016. Τα αποτελέσματα του ελέγχου για τον άνθρακα δείχνουν κυρίως αιτιώδη σχέση από τα ναύλα προς την τιμή του θερμικού άνθρακα (5% σημαντικότητα) και από τη τιμή του άνθρακα προς τα ναύλα σε κάποιες από της διαδρομές (10% σημαντικότητα).

Συνεπώς, η τιμή του σιδηρομεταλλεύματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε ένα μοντέλο πρόβλεψης των ναύλων των Capesize Bulk Carriers ως ανεξάρτητη μεταβλητή.

**Λέξεις κλειδιά:** αιτιότητα κατά Granger, σιδηρομετάλλευμα, άνθρακας, ναύλα Capesize Bulk Carriers

## **ABSTRACT**

This thesis aims to the examination of iron ore and coal characteristics as basic commodities and their price relationship to freight rates of the vessels that transport them. In the empirical analysis of the study, the existence of Granger causality between commodities prices and freight rates of Capesize Bulk Carriers is examined, using five important voyage charter sea routes and six month and one year time-charter rates.

In the theoretical part, the characteristics, types, production methods and the uses of iron ore and coal were analyzed. The major producers, consumers, importers and exporters of the last years were identified, including the most important sea routes for each commodity.

In the empirical analysis, Granger causality using the Toda-Yamamoto (1995) procedure between commodity prices and Capesize Bulk Carriers freight rates (voyage charter and time charter) has been examined. No signs of causality were found between iron ore prices and freight rates for the period 2009-2016. On the contrary, causality was found from iron ore price to all freight rates for the period 2013-2016. The test results for coal show causality from freight rates to thermal coal prices (5% significance level) and from coal prices to freight rates for some of the examined routes (10% significance level).

In conclusion, iron ore prices could be used as an independent variable in a forecasting model of Capesize Bulk Carriers freight rates.

**Keywords:** Granger causality, iron ore, coal, Capesize Bulk Carriers freight rates

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΑΣ .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>2.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ .....</b>                          | <b>4</b>  |
| 2.1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ.....                     | 4         |
| 2.1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ                   | 8         |
| 2.1.3. ΤΙΜΗ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ.....  | 14        |
| <b>2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΘΡΑΚΑ.....</b>                                       | <b>16</b> |
| 2.2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΝΘΡΑΚΑ .....                                | 16        |
| 2.2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ .....                    | 20        |
| 2.2.3. ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ.                   | 21        |
| 2.2.4. ΤΙΜΗ ΑΝΘΡΑΚΑ .....   | 30        |
| <b>2.3. Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ .....</b>                             | <b>32</b> |
| <b>3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....</b>               | <b>36</b> |
| <b>4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....</b>                  | <b>45</b> |
| <b>4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ .....</b>                                     | <b>45</b> |
| 4.1.1. ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....  | 45        |
| 4.1.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....                                 | 46        |
| 4.1.3. ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (VAR).....                         | 47        |
| 4.1.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....                           | 48        |
| 4.1.5. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER (GRANGER CAUSALITY) .....                       | 49        |
| 4.1.6. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΩΝ TODA-YAMAMOTO (1995) .....                  | 50        |
| 4.1.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ (CROSS-<br>CORRELATION) ..... | 51        |
| <b>4.2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>5. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>5.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ.....</b>                         | <b>56</b> |
| <b>5.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ.....</b>                | <b>57</b> |
| <b>5.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ JOHANSEN.....</b>                         | <b>59</b> |
| <b>5.4. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER – WALD TEST .....</b>                          | <b>60</b> |
| <b>5.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΝΑΥΛΩΝ .....</b>                    | <b>63</b> |
| <b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>  | <b>71</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>   | <b>76</b> |



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 2-1: Παραγωγή Σιδηρομεταλλεύματος 2000-2015 .....                           | 9  |
| Πίνακας 2-2: Ετήσια Παραγωγή Σιδηρομεταλλεύματος 2015 .....                         | 10 |
| Πίνακας 2-3: Παγκόσμιο Εμπόριο Σιδηρομεταλλεύματος 2016 .....                       | 12 |
| Πίνακας 2-4: Παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα .....                        | 22 |
| Πίνακας 2-5: Παγκόσμια Παραγωγή Άνθρακα .....                                       | 23 |
| Πίνακας 2-6: Παγκόσμια Κατανάλωση Άνθρακα .....                                     | 25 |
| Πίνακας 2-7: Παγκόσμιο Εμπόριο Άνθρακα .....  | 27 |
| Πίνακας 2-8: Κύριοι Εισαγωγείς Άνθρακα.....   | 28 |
| Πίνακας 5-1: Αποτελέσματα ADF Test.....   | 57 |
| Πίνακας 5-2: Βέλτιστος αριθμός χρονικών υστερήσεων ανά VAR μοντέλο .....            | 58 |
| Πίνακας 5-3: Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen-Σιδηρομετάλλευμα (2009-2016)..... | 59 |
| Πίνακας 5-4: Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen-Σιδηρομετάλλευμα (2013-2016)..... | 59 |
| Πίνακας 5-5: Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen-Άνθρακας (2007-2016).....         | 60 |
| Πίνακας 5-6: Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger-Σιδηρομετάλλευμα (2009-2016) .....     | 61 |
| Πίνακας 5-7: Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger-Σιδηρομετάλλευμα (2013-2016) .....     | 62 |
| Πίνακας 5-8: Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger-Άνθρακας (2007-2016).....              | 63 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Γράφημα 2-1: Εφαρμογές του Χάλυβα κατά κλάδο στις ανεπτυγμένες χώρες.....      | 8  |
| Γράφημα 2-2: Τιμή Σιδηρομεταλλεύματος.....                                     | 14 |
| Γράφημα 2-3: Παραγωγή Χάλυβα Κίνας και Υπόλοιπου κόσμου 2000-2010 .....        | 15 |
| Γράφημα 2-4: Σύσταση πρωτογενούς ενέργειας κατά περιοχή.....                   | 24 |
| Γράφημα 2-5: Τιμές Άνθρακα .....   | 31 |
| Γράφημα 2-6: Τιμή θερμικού Άνθρακα Αυστραλίας .....                            | 32 |
| Γράφημα 2-7: Τιμή μετοχής BHP Billiton .....                                   | 33 |
| Γράφημα 5-1: Iron Ore Voyage Rates .....                                       | 54 |
| Γράφημα 5-2: Coal Voyage Rates .....   | 55 |
| Γράφημα 5-3: Time Charter Rates.....   | 56 |
| Γράφημα 5-4: Cross Correlation-Iron-Tubarao-Rotterdam Route 2013-2016.....     | 64 |
| Γράφημα 5-5: Cross Correlation-Iron-W.Aust.-Japan Route 2013-2016.....         | 64 |
| Γράφημα 5-6: Cross Correlation-Iron-Tubarao-Qingdao Route 2013-2016.....       | 65 |
| Γράφημα 5-7: Cross Correlation-Iron-W. Aust.-Qingdao Route 2013-2016.....      | 65 |
| Γράφημα 5-8: Cross Correlation-Iron-Saldanha Bay-Qingdao Route 2013-2016 ..... | 66 |
| Γράφημα 5-9: Cross Correlation-Iron-1 Year time charter 2013-2016.....         | 66 |
| Γράφημα 5-10: Cross Correlation-Iron-6 Months time charter 2013-2016.....      | 67 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Διάγραμμα 2-1: Διαδικασία Παραγωγής Χάλυβα .....                               | 6  |
| Διάγραμμα 2-2: Τυποι γαιάνθρακα .....  | 18 |
| Διάγραμμα 2-3: Διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση άνθρακα..... | 19 |
| Διάγραμμα 2-4: Παγκόσμια αποθέματα ορυκτών καυσίμων.....                       | 21 |
| Διάγραμμα 2-5: Παγκόσμιες ροές άνθρακα.....                                    | 30 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

|  |    |
|--|----|
| <b>Πίνακας 1:</b> Έλεγχος ADF Τιμής Iron Ore .....   | 76 |
| <b>Πίνακας 2:</b> Έλεγχος ADF Τιμής Iron Ore-1 <sup>η</sup> διαφορά .....  | 77 |
| <b>Πίνακας 3:</b> Έλεγχος ADF Τιμής Coal.....  | 78 |
| <b>Πίνακας 4:</b> Έλεγχος ADF Τιμής Coal-1 <sup>η</sup> διαφορά.....   | 79 |
| <b>Πίνακας 5:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής IOR1 .....   | 80 |
| <b>Πίνακας 6:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής IOR1-1η διαφορά.....   | 81 |
| <b>Πίνακας 7:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής CR1 .....  | 82 |
| <b>Πίνακας 8:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής CR1-1η διαφορά.....  | 83 |
| <b>Πίνακας 9:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Χρονοναύλωσης 6Μ.....  | 84 |
| <b>Πίνακας 10:</b> Έλεγχος ADF Τιμών Χρονοναύλωσης 6Μ-1 <sup>η</sup> διαφορά .....   | 85 |
| <b>Πίνακας 11:</b> Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμής Coal- Διαδρομής CR4. ....     | 86 |
| <b>Πίνακας 12:</b> Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμής Coal- Χρονοναύλωσης 6Μ. ....  | 86 |
| <b>Πίνακας 13:</b> Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμής Iron Ore- Διαδρομής IOR1..... | 87 |
| <b>Πίνακας 14:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR1 (2009-2013).....   | 87 |
| <b>Πίνακας 15:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR2 (2009-2016).....   | 88 |
| <b>Πίνακας 16:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR3 (2009-2016).....   | 88 |
| <b>Πίνακας 17:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR4 (2009-2016).....   | 89 |
| <b>Πίνακας 18:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR5 (2009-2016).....   | 89 |
| <b>Πίνακας 19:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Χρονοναύλωσης 1Υ (2009-2016).....                                       | 90 |
| <b>Πίνακας 20:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοναύλωσης 6Μ(2009-2016).....   | 90 |
| <b>Πίνακας 21:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR1 (2007-2016) 91  |    |
| <b>Πίνακας 22:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR2 (2007-2016).91  |    |
| <b>Πίνακας 23:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR3 (2007-2016) 92  |    |
| <b>Πίνακας 24:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR4 (2007-2016).92  |    |
| <b>Πίνακας 25:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR5 (2007-2016).93  |    |
| <b>Πίνακας 26:</b> Granger Causality / Wald Test-Τιμής Coal-Χρονοναύλωσης 1Υ (2007-2016).....  | 93 |
| <b>Πίνακας 27:</b> Granger Causality / Wald Test-Τιμής Coal-Χρονοναύλωσης 6Μ(2007-2016).....   | 94 |
| <b>Πίνακας 28:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR1 (2013-2016).....  | 94 |
| <b>Πίνακας 29:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR2 (2013-2016).....  | 95 |
| <b>Πίνακας 30:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR3 (2013-2016).....  | 95 |
| <b>Πίνακας 31:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR4 (2013-2016).....  | 96 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Πίνακας 32:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR5 (2013-2016).....   | 96 |
| <b>Πίνακας 33:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοναύλωσης 1Y (2013-2016)..... | 97 |
| <b>Πίνακας 34:</b> Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοναύλωσης 6M (2013-2016)..... | 97 |

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ναυτιλία είναι ένας κλάδος που χαρακτηρίζεται από υψηλό επίπεδο διεθνούς ανταγωνισμού, υψηλές κεφαλαιουχικές επενδύσεις και μεγάλη μεταβλητότητα. Συνεπώς, η πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας της αγοράς των ναύλων είναι σημαντική στη χάραξη της επενδυτικής πολιτικής και λειτουργικής διαχείρισης τόσο των πλοιοκτητών όσο και των ναυλωτών.

Στο παρελθόν έχουν διεξαχθεί ποικίλες έρευνες με στόχο την αποτελεσματική πρόβλεψη της πορείας των ναύλων στους διάφορους τομείς της ναυτιλίας. Επιπλέον, έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες εύρεσης της σχέσης μεταξύ μικροοικονομικών και μακροοικονομικών μεταβλητών με την αγορά των ναύλων. Η τιμή των ναύλων διαμορφώνεται από την ισορροπία της προσφοράς και της ζήτησης των πλοίων. Ωστόσο, η ζήτηση των πλοίων αποτελεί παράγωγο ζήτηση της ανάγκης για μεταφορά εμπορευμάτων παγκοσμίως.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, εστιάζουμε στον κλάδο της ναυτιλίας χύδην ξηρού φορτίου και ειδικότερα στα πλοία τύπου Capesize Bulk Carriers. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των τιμών των ναύλων των Capesize Bulk Carriers και των τιμών των εμπορευμάτων που αυτά μεταφέρουν. Αναλυτικότερα, οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- η διερεύνηση των χαρακτηριστικών των δύο βασικών εμπορευμάτων (σιδηρομεταλλεύματος και άνθρακα) που μεταφέρονται κατά κύριο λόγο με τα πλοία τύπου Capesize,
- η ανασκόπηση προηγούμενων ερευνών σχετικά με τις προσπάθειες πρόβλεψης της αγοράς των ναύλων και διερεύνησης των σχέσεων μεταξύ των τιμών των εμπορευμάτων και των ναύλων των πλοίων που τα μεταφέρουν
- η εξέταση των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των τιμών του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα και των ναύλων ώστε να κριθεί αν οι τιμές των δύο αυτών εμπορευμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των τιμών των ναύλων.

Το σιδηρομετάλλευμα και ο άνθρακας είναι δύο βασικά εμπορεύματα τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πορεία της παγκόσμιας οικονομίας. Το

σιδηρομετάλλευμα είναι η βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή χάλυβα, ο οποίος βρίσκεται εφαρμογές σε πολλούς τομείς της οικονομίας όπως στις μεταφορές και στην κατασκευή υποδομών. Ο άνθρακας αποτελεί τη βασική πηγή πρωτογενούς ενέργειας σε πολλές χώρες και τη δεύτερη βασικότερη πρώτη ύλη μετά το σιδηρομετάλλευμα στην παραγωγή χάλυβα.

Αρχικά, στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα είδη των δύο εμπορευμάτων, οι χρήσεις και οι εφαρμογές τους και ο τρόπος παραγωγής τους. Επιπλέον, αναφέρονται οι μεγαλύτεροι παραγωγοί, καταναλωτές, εισαγωγείς και εξαγωγείς του κάθε εμπορεύματος. Βάσει των παραπάνω στοιχείων, περιγράφονται οι σημαντικότερες ροές και οι συχνότερες θαλάσσιες διαδρομές των εμπορευμάτων αυτών τα τελευταία χρόνια ώστε να βρεθούν οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το παγκόσμιο εμπόριο τους. Στη συνέχεια, περιγράφεται η πορεία της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα τα τελευταία χρόνια και οι πιθανές αιτίες που συνέβαλαν σ' αυτή την πορεία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μία εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση μελετών από τη δεκαετία του '80 και έως σήμερα. Ο στόχος των περισσότερων από αυτές είναι η κατασκευή οικονομετρικών μοντέλων ικανών να προβλέψουν την πορεία των ναύλων σε διάφορους κλάδους της ναυτιλίας. Κάποιες από αυτές τις μελέτες, εστιάζουν την προσοχή τους στην εύρεση αιτιωδών σχέσεων μεταξύ της αγοράς των ναύλων συγκεκριμένων πλοίων και της αγοράς των εμπορευμάτων που αυτά μεταφέρουν, είτε χρησιμοποιώντας τις τρέχουσες τιμές είτε τις τιμές της αγοράς των παραγώγων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο των οικονομετρικών εργαλείων που εφαρμόζονται στην ανάλυση του επόμενου κεφαλαίου. Αναλυτικότερα, περιγράφονται η στασιμότητα των χρονοσειρών, ο επαυξημένος έλεγχος της στασιμότητας κατά τους Dickey-Fuller, ο ορισμός του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου μοντέλου (VAR) και ο έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen. Τα παραπάνω εργαλεία χρησιμεύουν ώστε να προχωρήσουμε στη συνέχεια στον ορισμό και τον έλεγχο της αιτιότητας κατά Granger και στον επαυξημένο έλεγχο της αιτιότητας κατά Granger των Toda-Yamamoto. Τέλος, αναφέρονται τα επιμέρους στοιχεία της ανάλυσης, οι χρονοσειρές που εξετάζονται για την ύπαρξη αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των τιμών των εμπορευμάτων και των ναύλων των Capesize φορτηγών πλοίων και η περίοδος εξέτασης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται η εμπειρική ανάλυση των χρονοσειρών με τα εργαλεία που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η ύπαρξη αιτιωδών σχέσεων μεταξύ της πορείας των τιμών του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα με τα ναύλα των κυριότερων διαδρομών του κάθε εμπορεύματος αλλά και των τιμών των χρονοναυλώσεων εξαμήνου και έτους για τα Capesize Bulk Carriers. Για τον έλεγχο της αιτιότητας κατά Granger χρησιμοποιείται η μέθοδος των Toda-Yamamoto, κατά την οποία η μη στασιμότητα των χρονοσειρών που εξετάζονται δεν δημιουργεί πρόβλημα κατά τον έλεγχο της αιτιότητας.

Στο έκτο κεφάλαιο, διεξάγονται τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας τόσο για τον ρόλο του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα στην παγκόσμια οικονομία όσο και για το αν οι τιμές των δύο αυτών εμπορευμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματική πρόβλεψη των ναύλων των Capesize Bulk Carriers. Τέλος, αναφέρονται τα τυχόν προβλήματα και οι περιορισμοί κατά την συγγραφή της παρούσας εργασίας καθώς και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο θέμα της αιτιώδους σχέσης μεταξύ των ναύλων των εκάστοτε πλοίων και των τιμών των εμπορευμάτων που αυτά μεταφέρουν.

## **2. ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΑΣ**

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστούν τα χαρακτηριστικά των δύο βασικών εμπορευμάτων χύδην ξηρού φορτίου, του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα. Συγκεκριμένα, αναλύονται ο ορισμός των εμπορευμάτων, τα είδη, τα παγκόσμια αποθέματά , οι εφαρμογές και οι διαδικασίες επεξεργασίας τους. Στην συνέχεια, παρατίθενται στατιστικά στοιχεία των τελευταίων ετών που αφορούν την παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση τους καθώς και τους μεγαλύτερους εισαγωγείς και εξαγωγείς του κάθε εμπορεύματος. Βάσει των παραπάνω στοιχείων, προσδιορίζονται οι κυριότερες θαλάσσιες διαδρομές μεταφοράς του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα και τα κυριότερα λιμάνια εισαγωγής και εξαγωγής τους. Τέλος, αναλύονται διαχρονικά οι τιμές των δύο εμπορευμάτων βάσει της παγκόσμιας οικονομικής κατάστασης και η πορεία των βασικότερων εταιρειών εξόρυξης των εμπορευμάτων.

### **2.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ**

#### ***2.1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ***

Το σιδηρομετάλλευμα (Iron Ore) είναι ένα ορυκτό το οποίο χρησιμοποιείται ως βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (κοινώς ατσάλι). Το μέταλλευμα αυτό είναι συνήθως πλούσιο σε οξείδια του σιδήρου και ποικίλει ως προς το χρώμα και τη σύνθεσή του. Τα ορυκτά με μεγάλη περιεκτικότητα σε αιματίτη και μαγνητίτη αποτελούν την ιδανική πρώτη ύλη για την παραγωγή του ακατέργαστου σιδήρου με τη χρήση υψικαμίνων.

Ο ορυκτός σίδηρος βρίσκεται σε αφθονία στην επιφάνεια της γης. Το 98% του σιδήρου που εξορύσσεται χρησιμοποιείται για την παραγωγή χάλυβα. Εκτιμάται ότι η παγκόσμια βιομηχανία χάλυβα χρησιμοποιεί κατά μέσο όρο 2 δις τόνους σιδηρομεταλλεύματος, ένα δις μεταλλουργικού άνθρακα και 520 εκατομμύρια τόνους ανακυκλωμένου χάλυβα για να παράξει 1,6 δις τόνους ακατέργαστου χάλυβα ετησίως (World Steel Association, 2017).

Το σιδηρομετάλλευμα κατηγοριοποιείται βάσει της επίδρασης στην παραγωγικότητα των υψικαμίνων στους εξής τύπους (Καρλής, 2003, σελ. 133):

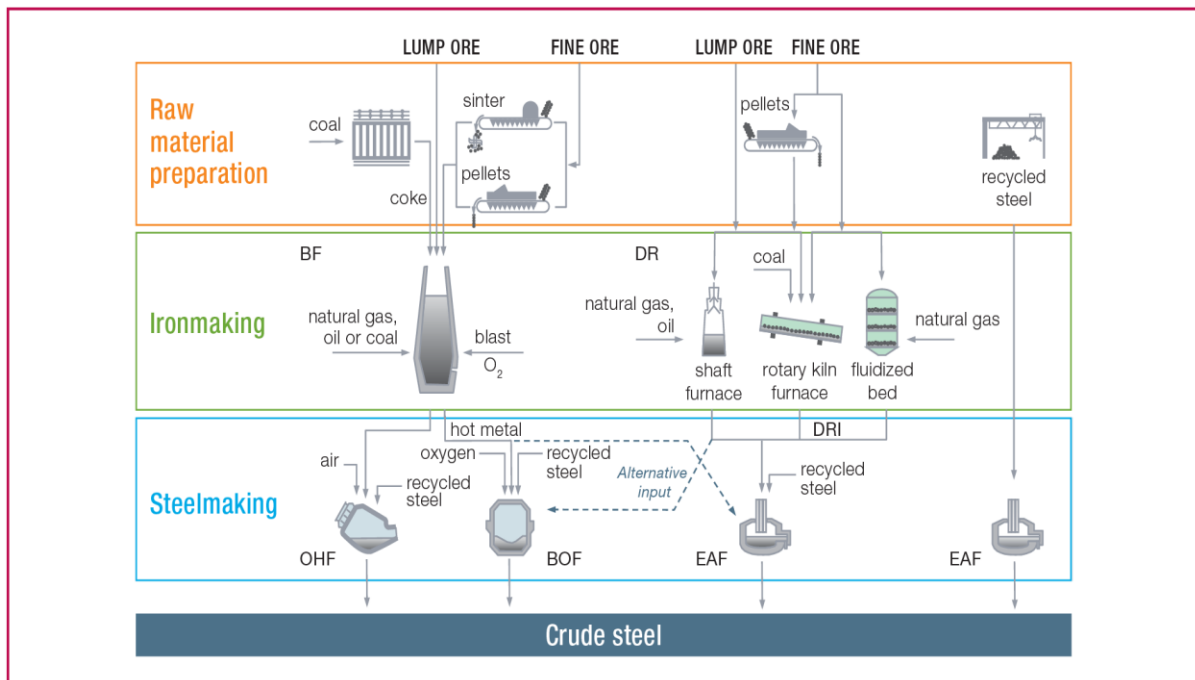
- Fine Ores: Σιδηρομετάλλευμα το μέγεθος του οποίου κυμαίνεται από 0,15mm έως 6,3mm. Πριν εισαχθεί στην υψικάμινο χρειάζεται διεργασία για να γίνει διαπερατό, γεγονός που έχει αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα των υψικαμίνων.
- Lump: Κυμαίνεται μεταξύ 6,3mm και 30 mm. Είναι προτιμητέο σε σχέση με τα Fine καθώς το πρακτικό μέγεθός τους επιτρέπει τη κυκλοφορία αέρα και οξυγόνου μέσα στην υψικάμινο και δεν χρειάζονται προηγούμενη επεξεργασία.
- Pellets: Σιδηρομετάλλευμα μεγέθους μικρότερου των 0,15 mm (concentrates), το οποίο αναμειγνύεται με πρόσθετα σε αναλογία που εξαρτάται από την επιθυμητή ποιότητα των pellets και την ποιότητα της πρώτης ύλης. Το μείγμα μορφοποιείται σε σχήμα μικρών σφαιριδίων και ψήνεται σε θερμοκρασία 1200 με 1300 °C (Ecofys, 2009, σελ.4) . Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή υψηλής ποιότητας και τιμής πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται απευθείας στις υψικαμίνους για την παραγωγή χάλυβα.

Ταυτόχρονα με τις άνω κατηγορίες σιδηρομεταλλεύματος, χρησιμοποιούνται και ανακυκλωμένα μεταλλικά αντικείμενα (Scrap) κυρίως ως συμπλήρωμα. Το Scrap δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του στην παραγωγική διαδικασία χάλυβα καθώς δεν αποφέρει μεγάλη ποσότητα καθαρού σιδήρου.

Οι κύριοι μέθοδοι παραγωγής χάλυβα είναι δύο, οι υψικάμινοι (blast furnace-basic oxygen furnace-BF BOF) και οι ηλεκτροκάμινοι (electric arc furnace-EAF). Υφίστανται επίσης παραλλαγές και συνδυασμοί των δύο αυτών μεθόδων.

Η βασική διαφορά των προαναφερθεισών μεθόδων είναι οι τύποι των πρώτων υλών που καταναλώνουν. Οι υψικάμινοι χρησιμοποιούν κυρίως σιδηρομετάλλευμα, άνθρακα, ασβεστόλιθους και ανακυκλωμένο ατσάλι ενώ οι ηλεκτροκάμινοι παράγουν χάλυβα κυρίως από ανακυκλωμένο ατσάλι και ηλεκτρισμό. Περίπου το 70% της παραγωγής χάλυβα γίνεται με τη μέθοδο της υψικαμίνου (World Steel Association, 2012) Η διαδικασία παραγωγής περιγράφεται σχηματικά στο παρακάτω διάγραμμα.





Πηγή: World Steel Association

### Διάγραμμα 2-1: Διαδικασία Παραγωγής Χάλυβα

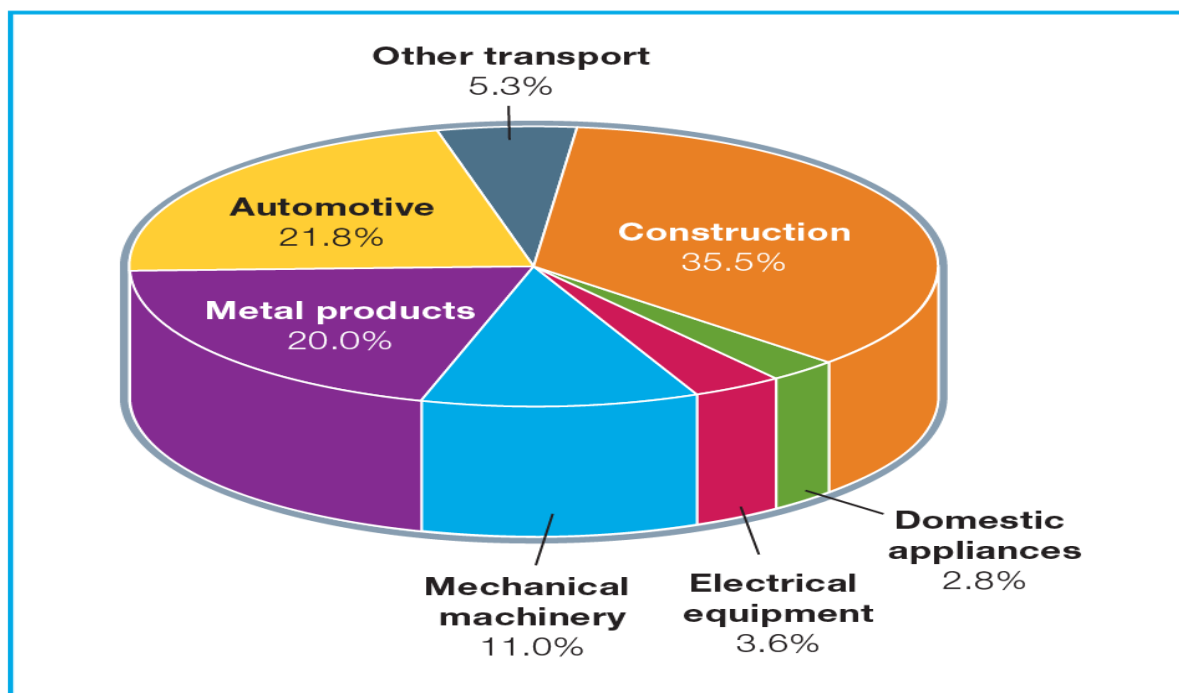
Η βιομηχανία της παραγωγής χάλυβα εστιάζει τις έρευνές του στη βελτιστοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών προσπαθώντας να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και του αζώτου. Επιπλέον, τα εργοστάσια εστιάζουν στη σωστή διαχείριση του νερού που χρησιμοποιείται στη διαδικασία της παραγωγής. Το 98% του ακατέργαστου χάλυβα μετατρέπεται σε προϊόντα και υποπροϊόντα με στόχο τις μηδενικές απώλειες των πρώτων υλών. Εκτιμάται ότι από το 1975 έως το 2005, η Βόρεια Αμερική, η Ιαπωνία και η Ευρώπη έχουν καταφέρει να μειώσουν την ενέργεια που απαιτείται στην παραγωγή χάλυβα κατά περίπου 48%.

Το ατσάλι αποτελεί ένα από τα κύρια συστατικά σε πολλές βιομηχανίες για τη παραγωγή βιομηχανικών, οικιακών και καταναλωτικών προϊόντων. Στη συνέχεια περιγράφονται επιγραμματικά οι κυριότεροι κλάδοι στους οποίους ο χάλυβας έχει ευρεία εφαρμογή (Bell, 2017).

- **Κατασκευές:** Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής χάλυβα χρησιμοποιείται στον κλάδο των κατασκευών. Το ατσάλι στις διάφορες μορφές του είναι βασικό συστατικό σε όλες τις κατασκευές υποδομών, προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις του εκάστοτε εξωτερικού περιβάλλοντος. Η ανάπτυξη αποτελεσματικών τεχνικών παραγωγής χάλυβα κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα συνέβαλε στην ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου και

ψηλών κτιρίων. Επιπλέον, χρησιμοποιείται στην κατασκευή κτιρίων, γηπέδων, γεφυρών, λιμανιών, γραφείων, σιράγγων, στεγών και ενισχυμένου τσιμέντου.

- Μεταφορές: Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται στον κλάδο των μεταφορών μπορεί να έχει συγκεκριμένα επίπεδα ελαστικότητας, αντοχής, ευκαμψίας και αντίστασης στη διάβρωση ανάλογα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού του κάθε μεταφορικού μέσου. Το ατσάλι αποτελεί περίπου το 50% του βάρους ενός οχήματος πλεονεκτώντας έναντι άλλων μετάλλων λόγω του μικρού του βάρους, της μικρής ποσότητας ενέργειας που απαιτείται στην παραγωγή του και της φιλικότητάς του προς το περιβάλλον. Πέρα από την αυτοκινητοβιομηχανία, συναντάμε χάλυβα στην παρασκευή φορτηγών, τρένων, πλοίων, αεροπλάνων και μηχανών παντός είδους.
- Ενέργεια: Όλοι οι τύποι ενέργειας όπως η ηλεκτρική, η πυρηνική, η αιολική και η ηλεκτρική απαιτούν τη χρήση χάλυβα για την κατασκευή των υποδομών τους. Επιπρόσθετα, μεγάλη ποσότητα χρησιμοποιείται στην κατασκευή πετρελαϊκών εξεδρών, αγωγών, ηλεκτρικών πυλώνων, κινητήρων, πυλώνων μετάδοσης κ.α.
- Συσκευασία: Το ατσάλι βρίσκει εφαρμογή στο κλάδο της συσκευασίας καθώς μπορεί να προστατέψει τα διάφορα βρώσιμα και πόσιμα προϊόντα από το νερό, τον αέρα και το φως και είναι πλήρως ανακυκλώσιμο.
- Συσκευές και βιομηχανία: Το 75% του βάρους ενός τυπικού νοικοκυριού αποτελείται από χάλυβα. Τον συναντάμε σε οικιακές συσκευές όπως ψυγεία, πλυντήρια, φούρνους, νιπτήρες κ.α.



Πηγή: World Steel Association

**Γράφημα 2-1:** Εφαρμογές του χάλυβα κατά κλάδο στις ανεπτυγμένες χώρες

Στο παραπάνω γράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις εφαρμογές και χρήσεις του χάλυβα ανά κλάδο στις ανεπτυγμένες χώρες. Το 35,5% αναλώνεται στις κατασκευές, το 21,8% στην αυτοκινητοβιομηχανία και το 20% σε άλλα μεταλλικά προϊόντα. Το υπόλοιπο μέρος καταναλώνεται σε κατασκευή μηχανών, άλλων μεταφορικών μέσων, ηλεκτρικών εξοπλισμών, και οικιακών συσκευών.

### 2.1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ

Από την ετήσια ποσότητα παραγωγής του χάλυβα και από το πλήθος των εφαρμογών του, οι οποίες δεν εξαντλούνται στις παραπάνω, μπορούμε να αντιληφθούμε τη σημαντικότητα του σιδηρομεταλλεύματος ως πρώτη ύλη καθώς και την αναγκαιότητα εξέτασής του ως βασικό εμπόρευμα.

Στο παρακάτω πίνακα παρατηρούμε την παγκόσμια αύξηση παραγωγής σιδηρομεταλλεύματος από το 2000 έως το 2015 με επιμέρους κατανομή στις κύριες παραγωγικές χώρες και τον υπόλοιπο κόσμο.

**Πίνακας 2-1: Παραγωγή Σιδηρομεταλλεύματος 2000-2015**

| Usable iron ore |           |        |                  |       |        |               |       |             |
|-----------------|-----------|--------|------------------|-------|--------|---------------|-------|-------------|
| Year            | Australia | Brazil | China            | India | Russia | United States | Other | World Total |
| 2000            | 168       | 213    | 112              | 76    | 87     | 63            | 251   | 969         |
| 2001            | 182       | 202    | 108              | 79    | 83     | 46            | 237   | 937         |
| 2002            | 188       | 215    | 115              | 86    | 84     | 52            | 242   | 982         |
| 2003            | 213       | 231    | 127              | 99    | 92     | 49            | 270   | 1,080       |
| 2004            | 234       | 262    | 156              | 121   | 97     | 55            | 275   | 1,200       |
| 2005            | 262       | 282    | 186              | 152   | 97     | 54            | 287   | 1,320       |
| 2006            | 275       | 318    | 237              | 177   | 102    | 53            | 309   | 1,470       |
| 2007            | 299       | 355    | 345              | 207   | 105    | 53            | 318   | 1,680       |
| 2008            | 342       | 351    | 339              | 214   | 100    | 54            | 331   | 1,730       |
| 2009            | 394       | 299    | 374              | 218   | 92     | 27            | 306   | 1,710       |
| 2010            | 433       | 372    | 371              | 207   | 95     | 50            | 344   | 1,870       |
| 2011            | 488       | 398    | 442              | 169   | 104    | 56            | 377   | 2,030       |
| 2012            | 556       | 401    | 420              | 137   | 104    | 55            | 399   | 2,070       |
| 2013            | 683       | 387    | 417              | 152   | 102    | 53            | 436   | 2,230       |
| 2014            | 774       | 411    | 410 <sup>2</sup> | 129   | 102    | 56            | 445   | 2,330       |
| 2015            | 817       | 397    | 375 <sup>2</sup> | 156   | 101    | 46            | 390   | 2,280       |

<sup>1</sup> Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.  
<sup>2</sup> Estimated; reported figures were not available at the time of publication.

Πηγή: USGS-United States Geological Survey

Η παγκόσμια παραγωγή σιδηρομεταλλεύματος την τελευταία δεκαπενταετία έχει σημειώσει αύξηση της τάξης του 135%. Αναλυτικότερα, η Αυστραλία έχει σχεδόν τετραπλασιάσει την εξόρυξη σιδηρομεταλλεύματος από το 2000 έως το 2015. Η Κίνα έχει τριπλασιάσει την παραγωγή της μέσα σε αυτά τα έτη και η Ινδία την έχει διπλασιάσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μόνη χώρα που έχει μειώσει την παραγωγή της είναι οι Η.Π.Α. (από αυτές που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα).

Το μεγαλύτερο μέρος του σιδηρομεταλλεύματος εξορύσσεται στην Αυστραλία και στην Βραζιλία, μεταφέρεται στα λιμάνια μέσω σιδηροδρόμων και στη συνέχεια δια θαλάσσης σε εργοστάσια παραγωγής χάλυβα κυρίως στην Ασία και την Ευρώπη.

Πίνακας 2-2: Ετήσια Παραγωγή Σιδηρομεταλλεύματος 2015

million tonnes actual weight

|                               | Production | - Exports | + Imports | = Apparent consumption |
|-------------------------------|------------|-----------|-----------|------------------------|
| Austria                       | 2.4        | 0.0       | 5.1       | 7.5                    |
| Belgium-Luxembourg            | -          | 0.0       | 6.6       | 6.6                    |
| Czech Republic                | -          | 0.0       | 6.4       | 6.3                    |
| France                        | -          | 0.1       | 15.7      | 15.6                   |
| Germany                       | 0.5        | 0.1       | 41.0      | 41.3                   |
| Italy                         | -          | 0.0       | 8.1       | 8.1                    |
| Netherlands                   | -          | 23.4      | 30.9      | 7.5                    |
| Poland                        | -          | 0.0       | 7.2       | 7.2                    |
| Romania                       | -          | 0.0       | 3.0       | 3.0                    |
| Slovakia                      | -          | 0.0       | 5.5       | 5.5                    |
| Spain                         | -          | 0.0       | 6.4       | 6.4                    |
| Sweden                        | 24.6       | 20.1      | 0.1       | 4.6                    |
| United Kingdom                | -          | 0.1       | 12.0      | 12.0                   |
| Other EU                      | -          | 0.3       | 5.1       | 4.9                    |
| European Union (28)           | 27.5       | 44.1      | 153.1     | 136.5                  |
| Bosnia-Herzegovina            | 2.1        | 0.1       | 0.0       | 2.0                    |
| Norway                        | 3.5        | 3.8       | 0.0       | -0.3                   |
| Turkey                        | 6.0        | 0.3       | 10.0      | 15.7                   |
| Other Europe                  | -          | 0.0       | 3.8       | 3.8                    |
| Europe                        | 39.1       | 48.3      | 166.9     | 157.7                  |
| CIS                           | 195.3      | 75.3      | 10.5      | 130.6                  |
| Canada                        | 46.0       | 36.9      | 6.6       | 15.7                   |
| Mexico                        | 14.4       | 0.2       | 1.5       | 15.7                   |
| United States                 | 43.1       | 8.2       | 4.5       | 39.5                   |
| NAFTA                         | 103.5      | 45.2      | 12.6      | 70.9                   |
| Brazil                        | 422.5      | 366.2     | 0.0       | 56.4                   |
| Chile                         | 14.5       | 14.5      | -         | 0.0                    |
| Peru                          | 11.6       | 11.5      | -         | 0.0                    |
| Venezuela                     | 8.0        | 3.7       | -         | 4.3                    |
| Other America                 | 0.7        | 0.4       | 13.1      | 13.4                   |
| Central and South America     | 457.3      | 396.3     | 13.1      | 74.1                   |
| Liberia                       | 4.3        | 5.4       | -         | -1.1                   |
| Mauritania                    | 13.1       | 12.1      | -         | 1.0                    |
| South Africa                  | 61.4       | 65.3      | 0.4       | -3.4                   |
| Other Africa                  | 7.1        | 2.8       | 2.5       | 6.8                    |
| Africa                        | 85.9       | 85.6      | 2.9       | 3.2                    |
| Middle East                   | 39.4       | 15.3      | 27.8      | 51.9                   |
| China <sup>(1)</sup>          | 123.5      | 0.1       | 953.4     | 1076.8                 |
| India                         | 142.5      | 4.2       | 9.5       | 147.8                  |
| Japan                         | -          | 0.0       | 131.0     | 131.0                  |
| South Korea                   | 0.1        | 0.0       | 73.3      | 73.3                   |
| Other Asia                    | 14.1       | 27.5      | 114.1     | 100.7                  |
| Asia                          | 280.2      | 31.9      | 1281.3    | 1529.6                 |
| Australia                     | 811.2      | 810.5     | 2.8       | 3.5                    |
| New Zealand and Other Oceania | 3.2        | 2.1       | 0.0       | 1.1                    |
| World                         | 2015.0     | 1510.5    | 1518.0    | 2022.6                 |

<sup>(1)</sup> Production adjusted so that Fe content is similar to world average  
Source: United Nations

Πηγή: World Steel Association

Αναλυτικότερα, όπως παρατηρούμε στον άνω πίνακα, βάσει των δεδομένων για το 2015, η Αυστραλία ευθύνεται για το 40% της παγκόσμιας παραγωγής Iron Ore. Δεύτερη έρχεται η Βραζιλία με 21%, με την Ινδία και την Κίνα να ακολουθούν με 7% και 6 % αντίστοιχα.

Όσον αφορά στις εξαγωγές σιδηρομεταλλεύματος η Αυστραλία κατέχει την πρώτη θέση με 810,50 εκατ. τόνους εξαγοντας το 99,9% της παραγωγής της καθώς δεν το χρησιμοποιεί για εσωτερική κατανάλωση. Δεύτερη έρχεται η Βραζιλία με εξαγωγές που αγγίζουν τους 366,20 εκατ. τόνους ετησίως που αποτελούν το 86,6% της ετήσιας παραγωγής της. Η Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών (CIS-Ρωσία και χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης) εξάγει 75,30 εκατ. τόνους. Το ύψος των εξαγωγών σιδηρομεταλλεύματος της Νότιας Αφρικής για το 2015 ανέρχεται σε 65,30 εκατομμύρια τόνους.

Η κυριότερη εισαγωγός χώρα σιδηρομεταλλεύματος είναι η Κίνα με αξιοσημείωτη αύξηση τα τελευταία χρόνια. Το 2015 εισήγαγε 953,40 εκατ. τόνους, ποσότητα που αγγίζει το 47,3% της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής. Ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση με εισαγωγές 153,10 εκατ. τόνους σιδηρομεταλλεύματος με την Γερμανία και την Ολλανδία να εισάγουν το μεγαλύτερο μέρος αυτών και η Ιαπωνία με 131 εκατ. τόνους.

Τέλος, η Κίνα αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή σιδηρομεταλλεύματος παγκοσμίως αφού το 2015 χρησιμοποίησε το 53,43% της παγκόσμιας παραγωγής. Δεύτερη έρχεται η Ευρωπαϊκή Ένωση, με Ινδία και Ιαπωνία να ακολουθούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ινδία καταναλώνει το σύνολο της παραγωγής της πλέον των καθαρών εισαγωγών της (εισαγωγές-εξαγωγές) που ανέρχονται σε 147,8 εκατ. τόνους.

Εξετάζοντας τις ροές και τις ποσότητες σιδηρομεταλλεύματος που μεταφέρονται ανά τον κόσμο ετησίως, αντιλαμβανόμαστε ότι η θαλάσσια μεταφορά αυτού κρίνεται παραπάνω από αναγκαία. Για τη μεταφορά του Iron Ore χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά τα φορτηγά πλοία χύδην ξηρού φορτίου μεγέθους μεγαλύτερου των 100.000 τόνων που ονομάζονται Capesize bulkers. Οι επαγγελματίες της ναυτιλίας προς διευκόλυνσή τους χρησιμοποιούν και περαιτέρω υποδιαίρεσεις όπως (Γκιζιάκης και λοιποί, 2010, σελ. 66):

- Cape Bulkercs: 120.000-175.000 dwt
- Large Cape Bulkercs: 175.000-200.000 dwt
- Very Large Bulk Carriers (VLBC), Very Large Ore Bulkercs (VLOB), Very Large Ore Oil Bulkercs (VLOO): 200.000 dwt και πάνω

Η χωρητικότητα των πλοίων που απασχολούνται στη μεταφορά σιδηρομεταλλεύματος αυξάνεται συνεχώς από τη δεκαετία του '60 και μετά, καθώς οι τεράστιες ποσότητες μεταφερόμενου φορτίου και οι μεγάλες αποστάσεις το επιβάλλουν. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εταιρεία Vale S.A. που είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς σιδηρομεταλλεύματος

επένδυσε στο χτίσιμο φορτηγών πλοίων με χωρητικότητα 400.000 dwt (Valemax), σε μία προσπάθεια μείωσης του κόστους μεταφοράς των φορτίων της (οικονομία κλίμακας). Η χωρητικότητα αυτή είναι η μέγιστη επιτρεπτή από άποψη βυθίσματος και μήκους πλοίου στα λιμάνια της Κίνας.

Από τον παρακάτω πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις τάσεις που διαμορφώνονται στο εμπόριο σιδηρομεταλλεύματος.

**Πίνακας 2-3: Παγκόσμιο εμπόριο σιδηρομεταλλεύματος 2016**

million tonnes

| Exporting region \ Destination    | European Union (28) | Other Europe | CIS  | NAFTA | Other America | Africa and Middle East | Asia     | Oceania | Total imports | of which: extra-regional imports |
|-----------------------------------|---------------------|--------------|------|-------|---------------|------------------------|----------|---------|---------------|----------------------------------|
| European Union (28)               | 28.8                | 2.0          | 27.7 | 19.3  | 52.4          | 12.0                   | 0.1      | -       | 142.4         | 113.7                            |
| Other Europe                      | 1.7                 | 0.0          | 4.6  | 0.7   | 5.2           | 0.3                    | -        | -       | 12.4          | 12.4                             |
| CIS                               | 4.7                 | 0.0          | 1.8  | -     | 2.6           | 0.0                    | -        | -       | 9.0           | 7.3                              |
| NAFTA                             | 0.4                 | -            | 0.0  | 8.1   | 4.7           | 0.5                    | 0.0      | -       | 13.8          | 5.7                              |
| Other America                     | 0.0                 | -            | 0.0  | 1.0   | 9.3           | 0.0                    | -        | 0.0     | 10.3          | 1.0                              |
| Africa and Middle East            | 6.1                 | 0.2          | 0.1  | 1.4   | 17.9          | 3.0                    | 0.4      | 0.0     | 29.1          | 26.0                             |
| China                             | 0.2                 | 0.1          | 22.6 | 9.9   | 236.9         | 70.5                   | 55.5     | 629.0   | 1 024.7       | 969.2                            |
| Japan                             | 0.0                 | -            | 1.7  | 5.3   | 31.1          | 4.4                    | 1.7      | 85.9    | 130.1         | 128.3                            |
| Other Asia                        | 0.0                 | 0.1          | 0.9  | 3.7   | 44.7          | 17.7                   | 1.1      | 141.6   | 209.8         | 208.7                            |
| Oceania                           | 0.0                 | -            | -    | -     | 0.2           | 0.0                    | 0.5      | 0.1     | 0.8           | 0.7                              |
| Total exports                     | 42.0                | 2.4          | 59.3 | 49.4  | 405.0         | 108.5                  | 59.4     | 856.5   | 1 582.5       | 1 473.1                          |
| of which: extra-regional exports* | 13.2                | 2.4          | 57.5 | 41.3  | 395.7         | 105.5                  | 1.1      | 856.4   | 1 473.1       |                                  |
| Net exports (exports - imports)   | -100.5              | -10.1        | 50.3 | 35.6  | 394.7         | 79.5                   | -1 305.2 | 855.7   |               |                                  |

\*Excluding intra-regional trade marked ■

Πηγή: World Steel Association

Η Αυστραλία το 2016 εξήγαγε σχεδόν το σύνολο του εξαγωγίμου σιδηρομεταλλεύματός της στην Ασία. Συγκεκριμένα, το 73,4% στην Κίνα, το 10% στην Ιαπωνία και το 16,5% στην υπόλοιπη Ασία. Οι ετήσιες εξαγωγές της Αυστραλίας από το 2011 έως το 2015 παρουσίασαν αύξηση 78%, η οποία οφείλεται στην εγγύτητά της με τη ζήτηση της Κίνας που είναι ο μεγαλύτερος εισαγωγέας σιδηρομεταλλεύματος. Η Νότια Αμερική, συμπεριλαμβανομένης της Βραζιλίας, εξήγαγε το 58% στην Κίνα, το 12,9% στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το 7% στην Ιαπωνία και το 11% στην υπόλοιπη Ασία. Τέλος, η Κίνα εισήγαγε το 6,88% των εισαγωγών της από την Αφρική.

Από τα παραπάνω μπορούν να παρατηρηθούν εύκολα οι θαλάσσιες διαδρομές του εμπορίου σιδηρομεταλλεύματος. Η σημαντικότερη διαδρομή τα τελευταία χρόνια, λόγω του ραγδαίου ρυθμού ανάπτυξης της Κίνας είναι Αυστραλία-Κίνα και Αυστραλία-Υπόλοιπη Ασία. Κατά δεύτερο λόγο, οι διαδρομές Βραζιλία-Κίνα, Βραζιλία-Ευρώπη και Βραζιλία-Υπόλοιπη Ασία.

Αναλυτικότερα, τα κύρια λιμάνια φόρτωσης Iron Ore είναι τα παρακάτω:

- Αυστραλία: τα λιμάνια φόρτωσης βρίσκονται κυρίως Δυτικά και είναι τα: Dampier, Darwin, Geraldton, Port Hedland καθώς και Νότια (Esperance).
- Βραζιλία: το μεγαλύτερο μέρος του σιδηρομεταλλεύματος εξάγεται από το Tubarao. Ακολουθούν τα λιμάνια Ponta Ubu, Sepetita Bay, Ponta Da Madeira.
- Νότια Αφρική: το κύριο λιμάνι φόρτωσης Iron Ore είναι το Saldhana Bay

Στα περισσότερα λιμάνια εξαγωγής σιδηρομεταλλεύματος, η ταχύτητα φόρτωσης των πλοίων είναι πολύ υψηλή φτάνοντας τους 16.000 τόνους την ώρα όπως στο λιμάνι του Tubarao. Συνήθως, λόγω της ταχύτητας φόρτωσης απαιτείται από τα πλοία που ναυλώνονται να έχουν στα αμπάρια τους δικούς του μηχανισμούς διευθέτησης του φορτίου (self-trimming holds) με υψηλές ταχύτητες λειτουργίας και αντλίες εξαγωγής έρματος μεγάλης χωρητικότητας.

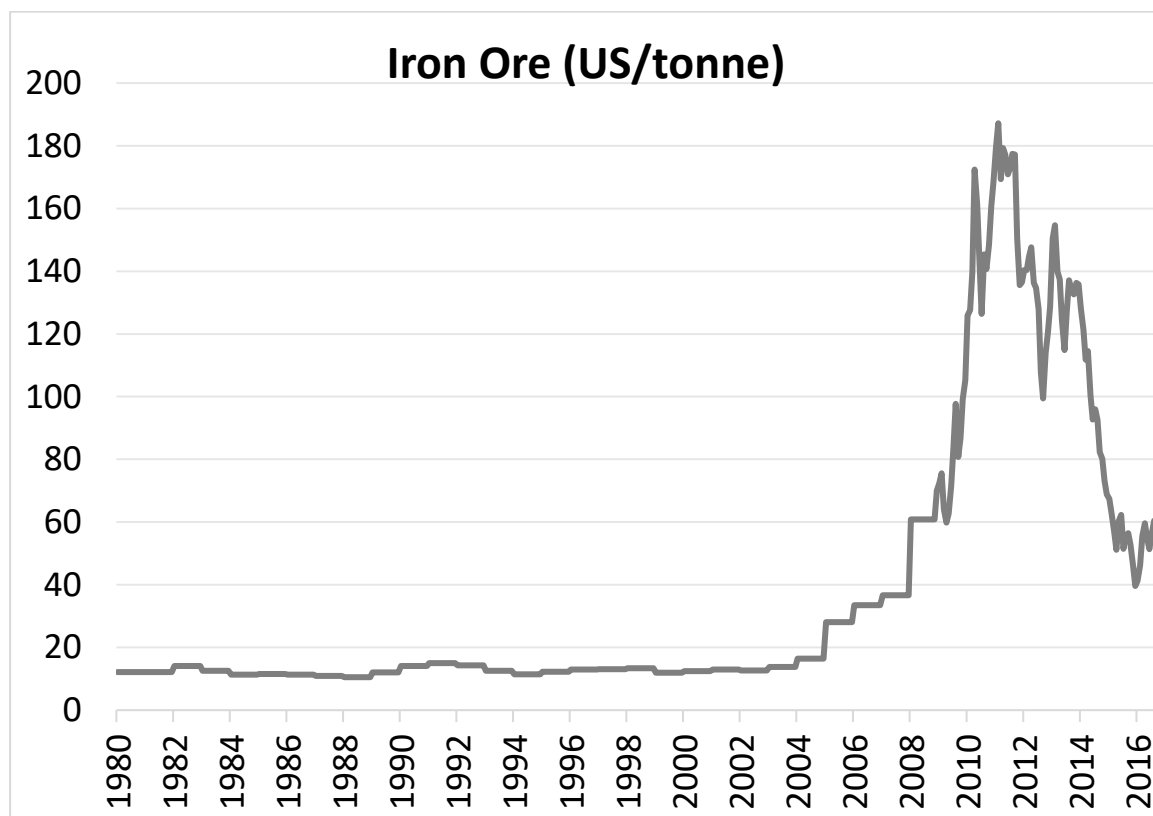
Όσον αφορά στα λιμάνια εκφόρτωσης, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, αποδέκτες είναι βιομηχανοποιημένες ή έντονα αναπτυσσόμενες χώρες. Την τελευταία δεκαετία τα λιμάνια της Κίνας διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην εισαγωγή σιδηρομεταλλεύματος. Οι μηχανισμοί εκφόρτωσης ποικίλουν από εξειδικευμένους σε απλούς γερανούς ανάλογα με τις υποδομές των λιμένων. Οι ταχύτητες εκφόρτωσης είναι μικρότερες από της φόρτωσης φτάνοντας τους 50.000 τόνους ημερησίως.



Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος του εμπορίου σιδηρομεταλλεύματος ελέγχεται από ένα πολύ μικρό αριθμό χωρών. Οι θαλάσσιες διαδρομές του Iron Ore με τη μεγαλύτερη συχνότητα επηρεάζουν κατά ένα μεγάλο μέρος την πορεία του δείκτη BCI (Baltic Cape Index) του Baltic Exchange. Οι σημαντικότερες από αυτές τις διαδρομές είναι οι εξής: West Australia- Qingdao, Tubarao-Qingdao, Tubarao-Rotterdam, China-Brazil round voyage (The Baltic Exchange, 2017).

### 2.1.3. ΤΙΜΗ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ

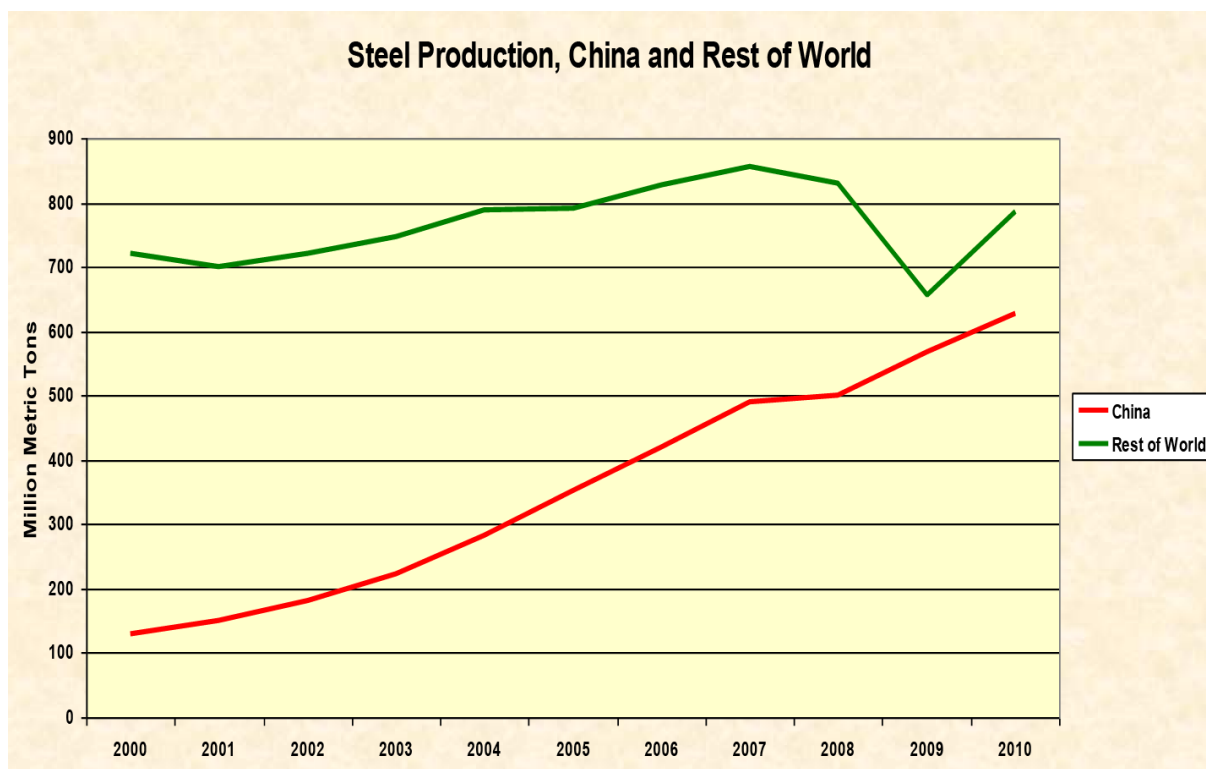
Το σιδηρομετάλλευμα είναι η πρώτη σε εμπορευσιμότητα πρώτη ύλη όσον αφορά στα χύδην ξηρά φορτία παγκοσμίως. Η τιμή του Iron Ore ορίζεται σε δολάρια Η.Π.Α. ανά τόνο φορτίου (Usd/Mt) ακόμα και στις εγχώριες αγορές για τη διευκόλυνση των συγκρίσεων τιμών μεταξύ των αγορών. Η πορεία της τιμής του Iron Ore, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, χαρακτηρίζεται από μεγάλη διακύμανση ειδικά από το 2007 και έπειτα.



Πηγή: <http://www.marketindex.com.au/iron-ore>

**Γράφημα 2-2:** Τιμή Σιδηρομεταλλεύματος

Ειδικότερα, από το 1980 έως το 2000 η τιμή του σιδηρομεταλλεύματος κυμαινόταν σε σταθερή βάση από 10 έως 14\$/MT. Από το 2000 έως το 2008 παρατηρείται μία ραγδαία και συνεχόμενη αύξηση στην τιμή του σιδηρομεταλλεύματος η οποία συνάδει με το παγκόσμιο οικονομικό κλίμα και τον ρυθμό αύξησης του παγκόσμιου ΑΕΠ. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, το σιδηρομετάλλευμα χρησιμοποιείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στην παραγωγή χάλυβα. Από το παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε την έντονη αύξηση της παραγωγής χάλυβα από το 2000 έως το 2010 για την Κίνα και τον υπόλοιπο κόσμο. Ειδικά για την Κίνα η παραγωγή ατσαλιού σε αυτή τη δεκαετία σχεδόν εξαπλασιάστηκε. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, η τιμή του Iron Ore από το 2000 έως το 2010 να παρουσιάσει μία θεαματική συνολική αύξηση της τάξης του 1.197,38%.



Πηγή: OECD.org

### Γράφημα 2-3: Παραγωγή Χάλυβα Κίνας και Υπόλοιπου κόσμου 2000-2010

Σημαντικό ρόλο στην αύξηση αυτή, διαδραμάτισε η ανάπτυξη της Κίνας και κατ' επέκταση η εκβιομηχάνευσή της. Στο διάστημα αυτό η ζήτηση της Κίνας για εισαγόμενο σιδηρομετάλλευμα αυξήθηκε καθώς η εγχώρια εξόρυξη Iron Ore ήταν αντιοικονομική με χαμηλής ποιότητας προϊόν. Η πλευρά της προσφοράς σιδηρομεταλλεύματος άργησε να απαντήσει στην αναπάντεχη αύξηση της ζήτησης για τους εξής λόγους:

- Ένα ορυχείο εξόρυξης σιδηρομεταλλεύματος χρειάζεται 5 με 10 χρόνια για να τεθεί σε λειτουργία.
- Υπήρχαν σημαντικές ανισοροπίες στις αγορές
- Καθώς αυξανόταν ο ανταγωνισμός για πρώτες ύλες, τόσο αυξήθηκαν και τα πολιτικά μέτρα και η φορολογία με σκοπό τη μείωση των εξαγωγών κάποιων πλούσιων σε φυσικές πηγές χωρών (Βλ. Ινδία) (OECD, 2012).

Η τιμή του σιδηρομεταλλεύματος ακολούθησε μία έντονα καθοδική πορεία από τις αρχές του 2011 έως τα τέλη του 2015 με συνολική πτώση της τάξης του 78,8%. Η πτώση αυτή ακολούθησε την τεράστια άνοδο της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος την προηγούμενη δεκαετία η οποία οφειλόταν στην μεγάλη ζήτηση, ειδικά από την Κίνα, σε σχέση με την περιορισμένη προσφορά. Η αύξηση της ζήτησης τη δεκαετία αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής και την παραγωγικής ικανότητας των εξαγωγικών χωρών όπως η Αυστραλία. Παρότι μία μείωση της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος αναμενόταν λόγω της αύξησης της προσφοράς, η πτώση που πραγματοποιήθηκε ήταν μεγαλύτερη των προβλέψεων (Reserve Bank of Australia, 2015). Αυτό οφείλεται κυρίως στις προσδοκίες για πολύ υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης της Κίνας οι οποίες δεν επιβεβαιώθηκαν.

## 2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΘΡΑΚΑ

### *2.2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΝΘΡΑΚΑ*

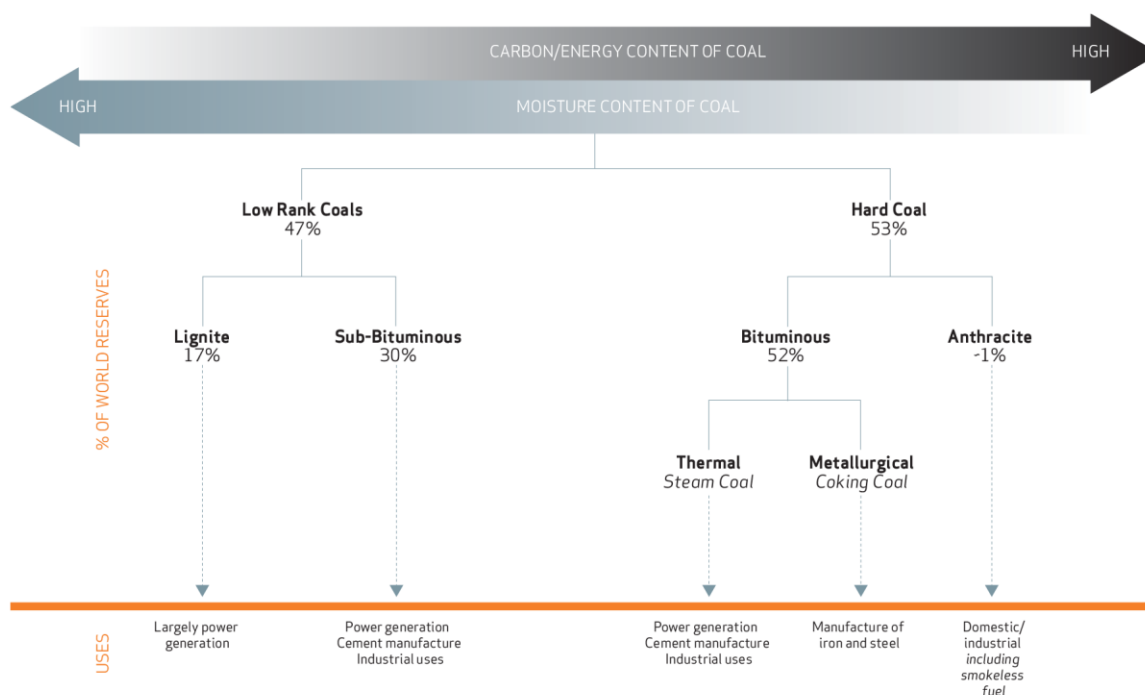
Ο γαιάνθρακας ή ορυκτός άνθρακας είναι ένα εύφλεκτο, ιζηματογενές και βιογενούς προέλευσης κοίτασμα το οποίο αποτελείται κυρίως από το χημικό στοιχείο του άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Προέρχεται από οργανική ύλη η οποία καταπλακώθηκε ανάμεσα σε πετρώματα και άλλαξε μορφή λόγω της υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας δημιουργώντας ενστρώσεις άνθρακα μέσα από διαδικασία χιλιάδων ετών (World Coal Institute, 2005). Ανήκει στην κατηγορία των ορυκτών καυσίμων μαζί με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο και αποτελεί μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Ο γαιάνθρακας κατηγοριοποιείται βάσει του βαθμού ενανθράκωσης του, σύμφωνα με το χρονικό διάστημα που χρειάστηκε για να σχηματιστεί. Ανάλογα με την ηλικία, οι διάφοροι τύποι γαιάνθρακα έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε μόρια άνθρακα, διαφορετικό

ποσοστό υγρασίας και διαφορετική ενεργειακή απόδοση (World Coal Institute, 2005). Το χρώμα του ορυκτού άνθρακα κυμαίνεται ανάμεσα σε καφέ, γκρι και μαύρο.

Τα είδη άνθρακα είναι τα ακόλουθα:

- Λιγνίτης (Lignite) και υποβιτουμενιούχος άνθρακας (Sub-Bituminous): είναι τα ορυκτά με τη χαμηλότερη ποιότητα, είναι συνήθως μαλακοί με σκούρο καφέ χρώμα. Χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα υγρασίας, χαμηλή περιεκτικότητα σε μόρια άνθρακα (50-65%) και συνεπώς χαμηλή θερμιδική απόδοση (5,5-14,3 MJ/Kg για τον λιγνίτη και 8,3-25 MJ/Kg για τον υποβιτουμενιούχο άνθρακα). Ο λιγνίτης χρησιμοποιείται κυρίως στα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ως καύσιμο.
- Βιτουμενιούχος ή σκληρός άνθρακας (Bituminous): είναι ανώτερης ποιότητας από τον λιγνίτη και τον υποβιτουμενιούχο άνθρακα. Η περιεκτικότητά του σε μόρια άνθρακα είναι μεγαλύτερη (80-92%) από του λιγνίτη καθώς και η θερμογόνο τους δύναμη (18,8-29,3 MJ/Kg). Είναι μαύρος ή σκούρος καφέ και η επιφάνεια του είναι γυαλιστερή. Χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (steam ή thermal coal) και στην παραγωγή χάλυβα (coking coal) ύστερα από περαιτέρω επεξεργασία.
- Ανθρακίτης (Anthracite): έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα (92-96%) και υψηλή ενεργειακή απόδοση (30MJ/Kg). Είναι σκληρός έχει λάμψη, μαύρο χρώμα, μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία και αφήνει ελάχιστα υπολείμματα κατά την καύση του. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μεταλλουργικές εργασίες και οικιακή θέρμανση. Τα αποθέματά του είναι πλέον σχεδόν μηδενικά, περίπου 1% του συνολικού άνθρακα παγκοσμίως.



Πηγή: World Coal Institute

### Διάγραμμα 2-2: Τύποι γαιάνθρακα

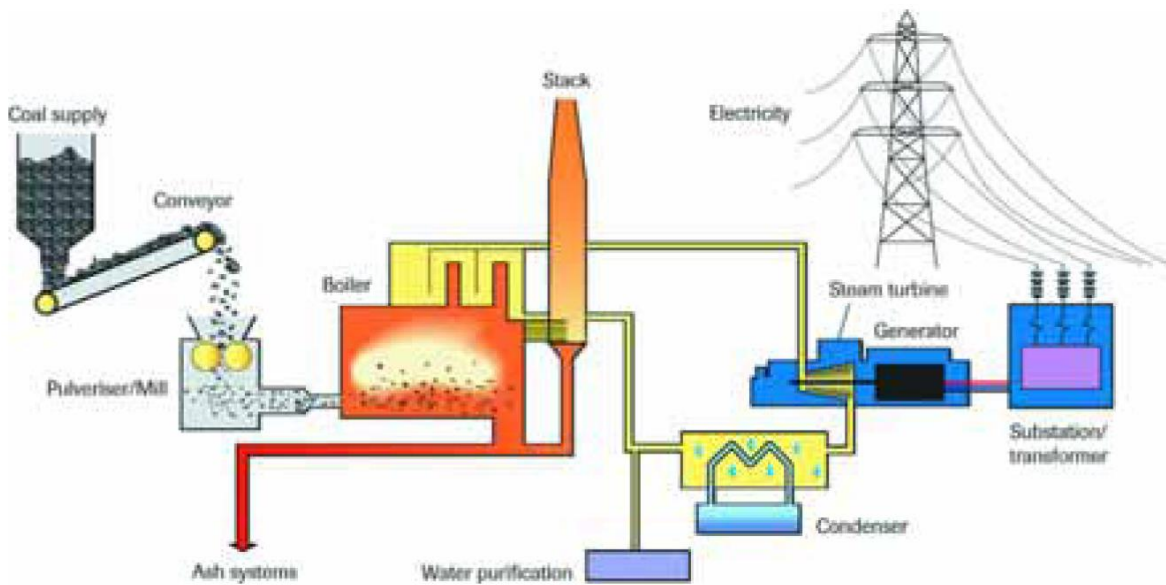
Η αύξηση της ζήτησης άνθρακα και η έντονη εξόρυξή του συνδέεται άμεσα με τη Βιομηχανική Επανάσταση τον 18ο και 19ο αιώνα. Την εποχή αυτή χρησιμοποιήθηκε μαζικά για την παραγωγή χάλυβα, την ανάπτυξη σιδηροδρομικών δικτύων, ως καύσιμο στα ατμόπλοια και την παραγωγή φωτιστικού αερίου. Με την ανάπτυξη της ηλεκτρικής ενέργειας ο άνθρακας έγινε η κυριότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Τη δεκαετία του 1960 το πετρέλαιο ξεπέρασε αυτή τη πρωτιά καθώς συνέβαλε στην τεράστια ανάπτυξη του τομέα των μεταφορών.

Στην σύγχρονη εποχή οι βασικές χρήσεις του άνθρακα είναι τέσσερις:

- Ο βιτουμενιούχος άνθρακας και ο λιγνίτης χρησιμοποιούνται στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο άνθρακας αλέθεται ώστε να έχει μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με το οξυγόνο για να καίγεται πιο αποτελεσματικά. Περιμετρικά του δοχείου καύσης ρέει νερό το οποίο θερμαίνεται και ατμοποιείται υπό πίεση. Ο θερμότητα του ατμού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια η οποία κινεί τις τουρμπίνες. Εκείνες με τη σειρά τους γυρίζουν τις ηλεκτρογεννήτριες

και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Συνεχώς εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες στα εργοστάσια ώστε να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα των μονάδων (μικρότερη ποσότητα άνθρακα για την παραγωγή ίδιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας). Ο άνθρακας παράγει περίπου το 40% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως.

### Converting Coal to Electricity



Πηγή: World Coal Institute

#### Διάγραμμα 2-3: Διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση άνθρακα

- Ο άνθρακας χρησιμοποιείται στην παραγωγή χάλυβα. Ο βιτουμενιούχος άνθρακας περνά από μία θερμική επεξεργασία με απουσία οξυγόνου κατά την οποία μετατρέπεται σε σκληρά και πορώδη μικρά κομμάτια κωκ (coke). Ο άνθρακας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κωκ είναι σπανιότερος και ακριβότερος από το θερμικό καθώς πρέπει να είναι φτωχός σε θείο και φώσφορο. Στις υψικαμίνους, εκτός από το κωκ, εισάγεται σιδηρομετάλλευμα και άλλες πρώτες ύλες (η διαδικασία περιγράφεται στην προηγούμενη υποενότητα). Κάποιες υψικαμίνους χρησιμοποιούν θερμικό άνθρακα για τη παραγωγή χάλυβα με σκοπό τη μείωση του κόστους (PCI-Pulverized Coal Injection) (World Coal Institute, 2005). Ο άνθρακας βρίσκει εφαρμογή και στις ηλεκτροκαμίνους για την παραγωγή χάλυβα. Σε αυτή τη περίπτωση δεν εισάγεται ως πρώτη ύλη αλλά χρησιμοποιείται για ένα μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στις ηλεκτροκαμίνους.

Υπολογίζεται ότι το 15% της παγκόσμιας παραγωγής άνθρακα χρησιμοποιείται στην παραγωγή χάλυβα.

- Ο άνθρακας χρησιμοποιείται μέσω της ρευστοποίησής του για τη παραγωγή καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα μέσα μεταφοράς και άλλων πετρελαϊκών προϊόντων όπως τα πλαστικά. Υπάρχουν δύο τρόποι μετατροπής του άνθρακα σε υγρό καύσιμο, ο άμεσος και ο έμμεσος. Στον έμμεσο τρόπο, ο άνθρακας σε πρώτη φάση αεριοποιείται και σε δεύτερη υγροποιείται. Αυτή η χρήση του άνθρακα ανταγωνίζεται το αργό πετρέλαιο και βρίσκει μεγαλύτερη εφαρμογή σε περιόδους όπου η τιμή του πετρελαίου είναι υψηλή αλλά και σε χώρες που δεν διαθέτουν κοιτάσματα πετρελαίου. Η Νότια Αφρική είναι πρωτοπόρα στην έρευνα και στην παραγωγή υγρού καυσίμου από άνθρακα.
- Ο άνθρακας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της καμίνου στην παραγωγή τσιμέντου. Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή του τσιμέντου είναι ο ασβεστόλιθος και ο άργιλος. Μετά την εξόρυξή τους και αφού αλεσθούν θερμαίνονται στους 1500 με 2000 βαθμούς Κελσίου σε καμίνους. Από αυτή τη διαδικασία παράγεται το κλίνκερ που είναι η βάση για τη δημιουργία όλων των τύπων σκυροδεμάτων. Επιπλέον, η ιπτάμενη τέφρα που παράγεται από την καύση του άνθρακα χρησιμοποιείται ως πρόσθετο στην παραγωγή τσιμέντου για την αντικατάσταση ή συμπλήρωση των πρώτων υλών.
- Ο άνθρακας βρίσκει εφαρμογή σε διάφορες βιομηχανίες ή προϊόντα. Τα εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου, οι χαρτοβιομηχανίες, οι φαρμακευτικές εταιρείες και άλλες χημικές βιομηχανίες χρησιμοποιούν άνθρακα για τη παραγωγή προϊόντων όπως πλαστικό, νάιλον, ναφθαλίνη, ασπιρίνη και φίλτρα ενεργού άνθρακα.

### 2.2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

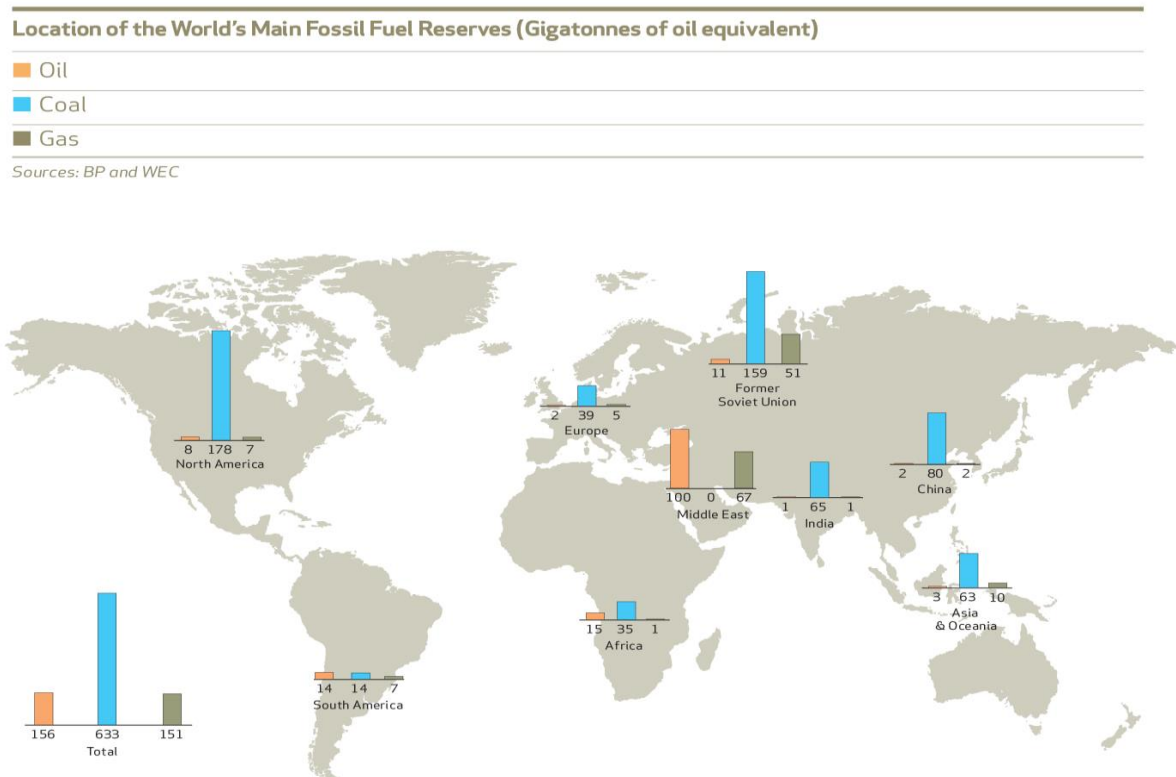
Υπάρχουν δύο τρόποι εξόρυξης των κοιτασμάτων γαιάνθρακα, η επιφανειακή εξόρυξη και τα ανθρακωρυχεία. Περίπου το 60% της παγκόσμιας παραγωγής πραγματοποιείται στα ανθρακωρυχεία. Ωστόσο η επιφανειακή εξόρυξη είναι συνηθέστερη σε χώρες με σημαντική παραγωγή όπως η Αυστραλία και οι Η.Π.Α. Στην επιφανειακή εξόρυξη, η ανάπλαση του φυσικού περιβάλλοντος μετά την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων είναι ζωτικής σημασίας για την αποκατάσταση των βλαβών που έχουν δημιουργηθεί στην ευρύτερη περιοχή.

Ο ακατέργαστος άνθρακας που εξορύσσεται από το έδαφος (run-of-mine ROM Coal) σε κομμάτια ποικίλου μεγέθους περιέχει ανεπιθύμητα συστατικά όπως πέτρες και χώμα. Ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται, ο άνθρακας επεξεργάζεται κατάλληλα ώστε

να αφαιρεθούν τα ανεπιθύμητα συστατικά και να υπάρχει ομοιογένεια ως προς την ποιότητά και τη σύστασή του. Αρχικά ο ακατέργαστος άνθρακας συνθλίβεται σε μικρότερα μέρη. Στη συνέχεια, τα μεγαλύτερα κομμάτια άνθρακα διαχωρίζονται από τα άλλα στοιχεία τοποθετώντας τα σε κάποιο υγρό με συγκεκριμένο ειδικό βάρος. Ο άνθρακας επιπλέει, ενώ τα ανεπιθύμητα συστατικά βυθίζονται στη δεξαμενή. Τα μικρότερα κομμάτια άνθρακα διαχωρίζονται με άλλες επεξεργασίες, χρησιμοποιώντας κυρίως τη φυγόκεντρο δύναμη.

### 2.2.3. ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

Τα παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα είναι εξαπλάσια σε όρους πετρελαίου ως προς τη θερμιδική τους απόδοση (oil equivalent) σε σχέση με τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επιπλέον, παρατηρείται ότι τα αποθέματα έχουν μεγάλη διασπορά στον παγκόσμιο χάρτη, καθώς βρίσκονται στην Β. Αμερική, τη Ρωσία, την Κίνα, την Ινδία, την Αυστραλία, την Ευρώπη και την Αφρική. Οι περιοχές με τα χαμηλότερα αποθέματα άνθρακα είναι η Ν. Αμερική και η Μέση Ανατολή. Η τελευταία βέβαια κατέχει τα μεγαλύτερα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου.



Πηγή: World Coal Institute

**Διάγραμμα 2-4:** Παγκόσμια αποθέματα ορυκτών καυσίμων



Αναλυτικότερα, στο παρακάτω πίνακα παρατηρούμε την κατανομή των αποθεμάτων άνθρακα παγκοσμίως και τον διαχωρισμό του ανά κατηγορία άνθρακα. Βάσει των στοιχείων του 2016, οι Η.Π.Α. κατέχουν τα μεγαλύτερα αποθέματα παγκοσμίως, της τάξεως των 22,1%. Η Ασία με την Ωκεανία κατέχουν το 46,5% και ειδικά η Κίνα το 21,4% της παγκόσμιας κατανομής των κοιτασμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί η Ρωσία με 160.364 εκατ. τόνους, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 14,1% των παγκόσμιων αποθεμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ρωσία και η Η.Π.Α. έχουν R/P Ratio 417 και 381 χρόνια αντίστοιχα, σε αντίθεση με την Κίνα που έχει 72 χρόνια. Τέλος, η Αυστραλία που έχει αναδειχθεί σε μεγάλο παραγωγό άνθρακα έχει R/P Ratio 294 χρόνια.

**Πίνακας 2-4: Παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα**

**Total proved reserves at end 2016**

| Million tonnes                        | Anthracite and bituminous | Sub-bituminous and lignite | Total          | Share of total | R/P ratio  |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|----------------|------------|
| US                                    | 221400                    | 30182                      | <b>251582</b>  | 22.1%          | 381        |
| Canada                                | 4346                      | 2236                       | <b>6582</b>    | 0.6%           | 109        |
| Mexico                                | 1160                      | 51                         | <b>1211</b>    | 0.1%           | 151        |
| <b>Total North America</b>            | <b>226906</b>             | <b>32469</b>               | <b>259375</b>  | <b>22.8%</b>   | <b>356</b> |
| Brazil                                | 1547                      | 5049                       | <b>6596</b>    | 0.6%           | *          |
| Colombia                              | 4881                      | –                          | <b>4881</b>    | 0.4%           | 54         |
| Venezuela                             | 731                       | –                          | <b>731</b>     | 0.1%           | *          |
| Other S. & Cent. America              | 1784                      | 24                         | <b>1808</b>    | 0.2%           | *          |
| <b>Total S. &amp; Cent. America</b>   | <b>8943</b>               | <b>5073</b>                | <b>14016</b>   | <b>1.2%</b>    | <b>138</b> |
| Bulgaria                              | 192                       | 2174                       | <b>2366</b>    | 0.2%           | 75         |
| Czech Republic                        | 1103                      | 2573                       | <b>3676</b>    | 0.3%           | 80         |
| Germany                               | 12                        | 36200                      | <b>36212</b>   | 3.2%           | 206        |
| Greece                                | –                         | 2876                       | <b>2876</b>    | 0.3%           | 87         |
| Hungary                               | 276                       | 2633                       | <b>2909</b>    | 0.3%           | 311        |
| Kazakhstan                            | 25605                     | –                          | <b>25605</b>   | 2.2%           | 250        |
| Poland                                | 18700                     | 5461                       | <b>24161</b>   | 2.1%           | 184        |
| Romania                               | 11                        | 280                        | <b>291</b>     | *              | 13         |
| Russian Federation                    | 69634                     | 90730                      | <b>160364</b>  | 14.1%          | 417        |
| Serbia                                | 402                       | 7112                       | <b>7514</b>    | 0.7%           | 196        |
| Spain                                 | 868                       | 319                        | <b>1187</b>    | 0.1%           | *          |
| Turkey                                | 378                       | 10975                      | <b>11353</b>   | 1.0%           | 163        |
| Ukraine                               | 32039                     | 2336                       | <b>34375</b>   | 3.0%           | *          |
| United Kingdom                        | 70                        | –                          | <b>70</b>      | *              | 17         |
| Uzbekistan                            | 1375                      | –                          | <b>1375</b>    | 0.1%           | 355        |
| Other Europe & Eurasia                | 2618                      | 5172                       | <b>7790</b>    | 0.7%           | 201        |
| <b>Total Europe &amp; Eurasia</b>     | <b>153283</b>             | <b>168841</b>              | <b>322124</b>  | <b>28.3%</b>   | <b>284</b> |
| South Africa                          | 9893                      | –                          | <b>9893</b>    | 0.9%           | 39         |
| Zimbabwe                              | 502                       | –                          | <b>502</b>     | *              | 186        |
| Other Africa                          | 2756                      | 66                         | <b>2822</b>    | 0.2%           | 276        |
| Middle East                           | 1203                      | –                          | <b>1203</b>    | 0.1%           | *          |
| <b>Total Middle East &amp; Africa</b> | <b>14354</b>              | <b>66</b>                  | <b>14420</b>   | <b>1.3%</b>    | <b>54</b>  |
| Australia                             | 68310                     | 76508                      | <b>144818</b>  | 12.7%          | 294        |
| China                                 | 230004                    | 14006                      | <b>244010</b>  | 21.4%          | 72         |
| India                                 | 89782                     | 4987                       | <b>94769</b>   | 8.3%           | 137        |
| Indonesia                             | 17326                     | 8247                       | <b>25573</b>   | 2.2%           | 59         |
| Japan                                 | 340                       | 10                         | <b>350</b>     | *              | 261        |
| Mongolia                              | 1170                      | 1350                       | <b>2520</b>    | 0.2%           | 66         |
| New Zealand                           | 825                       | 6750                       | <b>7575</b>    | 0.7%           | *          |
| Pakistan                              | 207                       | 2857                       | <b>3064</b>    | 0.3%           | *          |
| South Korea                           | 326                       | –                          | <b>326</b>     | *              | 189        |
| Thailand                              | –                         | 1063                       | <b>1063</b>    | 0.1%           | 63         |
| Vietnam                               | 3116                      | 244                        | <b>3360</b>    | 0.3%           | 85         |
| Other Asia Pacific                    | 1322                      | 646                        | <b>1968</b>    | 0.2%           | 29         |
| <b>Total Asia Pacific</b>             | <b>412728</b>             | <b>116668</b>              | <b>529396</b>  | <b>46.5%</b>   | <b>102</b> |
| <b>Total World</b>                    | <b>816214</b>             | <b>323117</b>              | <b>1139331</b> | <b>100.0%</b>  | <b>153</b> |
| of which: OECD                        | 319878                    | 177264                     | <b>497142</b>  | 43.6%          | 291        |
| Non-OECD                              | 496336                    | 145853                     | <b>642189</b>  | 56.4%          | 112        |
| European Union                        | 21813                     | 53006                      | <b>74819</b>   | 6.6%           | 162        |
| CIS                                   | 130162                    | 93066                      | <b>223228</b>  | 19.6%          | 417        |

\*More than 500 years.

•Less than 0.05%.

Notes: Total proved reserves of coal – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions. The data series for total proved coal reserves does not necessarily meet the definitions, guidelines and practices used for determining proved reserves at company level, for instance as published by the US Securities and Exchange Commission, nor does it necessarily represent BP's view of proved reserves by country. Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate. Reserves-to-production (R/P) ratios are calculated excluding other solid fuels in reserves and production. Shares of total and R/P ratios are calculated using million tonnes figures.

Source: Includes data from Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) Energy Study 2016.

Πηγή: BP Statistical Review of World Energy 2017

Όσον αφορά στην ετήσια παγκόσμια παραγωγή άνθρακα, το 2016 ήταν 3.656,40 εκατ. τόνοι σε ισοδύναμο πετρελαίου παρουσιάζοντας ετήσια μείωση της τάξης του 6,2%. Ωστόσο

αν λάβουμε υπόψιν τη δεκαετία 2005 έως 2015, η μέση ετήσια αύξηση της παραγωγής άνθρακα είναι 2,5% η οποία είναι η μικρότερη σε σχέση με τα άλλα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Επιπλέον, παρουσιάζεται αρνητικός αριθμός αύξησης της παγκόσμιας παραγωγής από το 2014 και μετά.

Η Ασία με την Αυστραλία ευθύνεται για το 71,6% της παγκόσμιας παραγωγής, με την Κίνα να κατέχει το 46,1%, την Ινδία το 7,9% και την Ινδονησία το 7%. Η δεύτερη χώρα σε επίπεδο παραγωγής είναι οι Η.Π.Α. με ποσοστό 10% της παγκόσμιας αλλά με πτωτικές τάσεις. Η τρίτη χώρα είναι η Αυστραλία με παραγωγή 299,3 εκατ. τόνους σε ισοδύναμο πετρελαίου, ποσοστό που φτάνει το 8,2% της παγκόσμιας παραγωγής το 2016. Η Ρωσία κατέχει την έκτη θέση στην παραγωγή άνθρακα με ποσοστό 5,3% και μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 3,1%.

**Πίνακας 2-5: Παγκόσμια παραγωγή άνθρακα**

**Coal: Production\***

| Million tonnes oil equivalent | 2006          | 2007          | 2008          | 2009          | 2010          | 2011          | 2012          | 2013          | 2014          | 2015          | Growth rate per annum |              |             | Share 2016    |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------|-------------|---------------|
|                               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 2016                  | 2016         | 2005-15     |               |
| US                            | 595.1         | 587.7         | 596.7         | 540.8         | 551.2         | 556.1         | 517.8         | 500.9         | 507.7         | 449.3         | <b>364.8</b>          | -19.0%       | -2.5%       | 10.0%         |
| Canada                        | 34.8          | 35.7          | 35.6          | 33.1          | 35.4          | 35.5          | 35.6          | 36.4          | 35.6          | 31.9          | <b>31.4</b>           | -1.8%        | -1.0%       | 0.9%          |
| Mexico                        | 6.8           | 7.3           | 6.9           | 6.1           | 7.3           | 9.4           | 7.4           | 7.2           | 7.3           | 6.9           | <b>4.5</b>            | -34.8%       | 1.2%        | 0.1%          |
| Total North America           | 636.7         | 630.7         | 639.2         | 580.0         | 594.0         | 600.9         | 560.9         | 544.5         | 550.5         | 488.1         | <b>400.7</b>          | -18.1%       | -2.4%       | 11.0%         |
| Brazil                        | 2.6           | 2.7           | 2.9           | 2.3           | 2.3           | 2.4           | 2.9           | 3.7           | 3.4           | 3.5           | <b>3.5</b>            | -            | 2.3%        | 0.1%          |
| Colombia                      | 45.7          | 48.2          | 50.7          | 50.2          | 51.3          | 59.2          | 61.5          | 59.0          | 61.1          | 59.0          | <b>62.5</b>           | 5.5%         | 3.7%        | 1.7%          |
| Venezuela                     | 5.2           | 5.0           | 3.7           | 2.4           | 1.9           | 1.9           | 1.4           | 0.9           | 0.6           | 0.6           | <b>0.2</b>            | -66.4%       | -19.7%      | *             |
| Other S. & Cent. America      | 0.4           | 0.3           | 0.4           | 0.4           | 0.4           | 0.4           | 0.5           | 1.7           | 2.4           | 1.9           | <b>1.5</b>            | -18.3%       | 16.3%       | *             |
| Total S. & Cent. America      | 53.9          | 56.2          | 57.7          | 55.3          | 55.9          | 63.9          | 66.3          | 65.3          | 67.5          | 64.9          | <b>67.6</b>           | 3.9%         | 2.7%        | 1.8%          |
| Bulgaria                      | 4.3           | 4.7           | 4.8           | 4.6           | 4.9           | 6.2           | 5.6           | 4.8           | 5.1           | 5.8           | <b>5.1</b>            | -12.5%       | 3.4%        | 0.1%          |
| Czech Republic                | 23.9          | 23.8          | 22.8          | 20.9          | 20.7          | 20.9          | 20.1          | 17.7          | 16.8          | 16.8          | <b>16.3</b>           | -3.4%        | -3.3%       | 0.4%          |
| Germany                       | 53.3          | 54.4          | 50.1          | 46.4          | 45.9          | 46.7          | 47.8          | 45.1          | 44.1          | 42.9          | <b>39.9</b>           | -7.2%        | -2.7%       | 1.1%          |
| Greece                        | 8.2           | 8.4           | 8.1           | 8.2           | 7.3           | 7.5           | 8.0           | 6.7           | 6.4           | 5.7           | <b>4.1</b>            | -28.7%       | -4.0%       | 0.1%          |
| Hungary                       | 1.8           | 1.8           | 1.7           | 1.6           | 1.6           | 1.6           | 1.6           | 1.6           | 1.6           | 1.5           | <b>1.5</b>            | 0.6%         | -1.4%       | *             |
| Kazakhstan                    | 41.4          | 42.2          | 47.9          | 43.4          | 47.5          | 49.8          | 51.6          | 51.4          | 48.9          | 46.2          | <b>44.1</b>           | -4.9%        | 2.2%        | 1.2%          |
| Poland                        | 68.0          | 62.5          | 60.9          | 56.4          | 55.4          | 55.7          | 57.8          | 57.2          | 54.0          | 53.0          | <b>52.3</b>           | -1.5%        | -2.7%       | 1.4%          |
| Romania                       | 6.5           | 6.9           | 7.0           | 6.6           | 5.9           | 6.7           | 6.3           | 4.7           | 4.4           | 4.7           | <b>4.3</b>            | -9.2%        | -2.0%       | 0.1%          |
| Russian Federation            | 141.0         | 143.5         | 149.0         | 141.7         | 151.0         | 157.6         | 168.3         | 173.1         | 176.6         | 186.4         | <b>192.8</b>          | 3.1%         | 3.2%        | 5.3%          |
| Serbia                        | n/a           | 7.2           | 7.5           | 7.4           | 7.2           | 7.8           | 7.3           | 7.7           | 5.7           | 7.2           | <b>7.4</b>            | 1.4%         | -           | 0.2%          |
| Spain                         | 6.2           | 5.9           | 4.4           | 3.8           | 3.3           | 2.6           | 2.5           | 1.8           | 1.6           | 1.2           | <b>0.7</b>            | -43.3%       | -15.7%      | *             |
| Turkey                        | 13.2          | 14.8          | 16.7          | 17.4          | 17.5          | 17.9          | 17.0          | 15.5          | 16.4          | 12.8          | <b>15.2</b>           | 18.7%        | 1.3%        | 0.4%          |
| Ukraine                       | 35.7          | 34.0          | 34.4          | 31.8          | 31.8          | 36.3          | 38.0          | 36.6          | 25.9          | 16.4          | <b>17.1</b>           | 4.3%         | -7.3%       | 0.5%          |
| United Kingdom                | 11.4          | 10.7          | 11.3          | 11.0          | 11.4          | 11.5          | 10.6          | 8.0           | 7.3           | 5.4           | <b>2.6</b>            | -51.5%       | -8.2%       | 0.1%          |
| Uzbekistan                    | 0.8           | 1.0           | 0.9           | 1.0           | 1.0           | 1.1           | 1.2           | 1.1           | 1.2           | 1.1           | <b>1.1</b>            | -1.8%        | 2.3%        | *             |
| Other Europe & Eurasia        | 24.8          | 16.3          | 16.5          | 16.6          | 16.9          | 17.1          | 15.6          | 18.0          | 17.0          | 15.3          | <b>14.9</b>           | -3.1%        | -4.0%       | 0.4%          |
| Total Europe & Eurasia        | 440.4         | 438.0         | 443.9         | 418.8         | 429.3         | 446.9         | 459.4         | 450.9         | 433.2         | 422.5         | <b>419.4</b>          | -1.0%        | -0.2%       | 11.5%         |
| Total Middle East             | 1.0           | 1.1           | 1.0           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.6           | 0.7           | <b>0.7</b>            | -            | -3.3%       | *             |
| South Africa                  | 138.3         | 138.4         | 141.0         | 139.7         | 144.1         | 143.2         | 146.6         | 145.3         | 148.2         | 142.9         | <b>142.4</b>          | -0.6%        | 0.3%        | 3.9%          |
| Zimbabwe                      | 1.4           | 1.3           | 1.0           | 1.1           | 1.7           | 1.7           | 1.0           | 2.0           | 3.7           | 2.8           | <b>1.7</b>            | -37.9%       | 2.6%        | *             |
| Other Africa                  | 0.9           | 0.8           | 0.8           | 0.7           | 0.9           | 1.1           | 4.4           | 5.1           | 5.5           | 6.0           | <b>6.3</b>            | 5.5%         | 20.6%       | 0.2%          |
| Total Africa                  | 140.5         | 140.5         | 142.7         | 141.5         | 146.8         | 146.0         | 152.0         | 152.3         | 157.5         | 151.7         | <b>150.5</b>          | -1.0%        | 0.7%        | 4.1%          |
| Australia                     | 220.4         | 227.0         | 234.2         | 242.5         | 250.6         | 245.1         | 265.9         | 285.8         | 305.7         | 305.8         | <b>299.3</b>          | -2.4%        | 3.6%        | 8.2%          |
| China                         | 1328.4        | 1439.3        | 1491.8        | 1537.9        | 1665.3        | 1851.7        | 1873.5        | 1894.6        | 1864.2        | 1825.6        | <b>1685.7</b>         | -7.9%        | 3.9%        | 46.1%         |
| India                         | 198.2         | 210.3         | 227.5         | 246.0         | 252.4         | 250.8         | 255.0         | 255.7         | 269.5         | 280.9         | <b>288.5</b>          | 2.4%         | 4.0%        | 7.9%          |
| Indonesia                     | 114.2         | 127.8         | 141.6         | 151.0         | 162.1         | 208.2         | 227.4         | 279.7         | 269.9         | 272.0         | <b>255.7</b>          | -6.2%        | 11.7%       | 7.0%          |
| Japan                         | 0.7           | 0.8           | 0.7           | 0.7           | 0.5           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.6           | <b>0.7</b>            | 14.2%        | 0.5%        | *             |
| Mongolia                      | 4.1           | 4.8           | 5.2           | 8.2           | 15.2          | 19.9          | 18.1          | 18.0          | 14.8          | 14.5          | <b>22.8</b>           | 57.0%        | 14.8%       | 0.6%          |
| New Zealand                   | 3.6           | 3.0           | 3.0           | 2.8           | 3.3           | 3.1           | 3.0           | 2.8           | 2.5           | 2.0           | <b>1.7</b>            | -15.4%       | -4.8%       | *             |
| Pakistan                      | 1.8           | 1.7           | 1.8           | 1.6           | 1.5           | 1.4           | 1.4           | 1.3           | 1.5           | 1.5           | <b>1.8</b>            | 19.5%        | -0.5%       | *             |
| South Korea                   | 1.3           | 1.3           | 1.3           | 1.2           | 1.0           | 1.0           | 1.0           | 0.8           | 0.8           | 0.8           | <b>0.8</b>            | -2.4%        | -4.4%       | *             |
| Thailand                      | 5.4           | 5.0           | 5.0           | 4.8           | 5.0           | 6.0           | 4.8           | 4.9           | 4.8           | 3.9           | <b>4.3</b>            | 10.6%        | -4.5%       | 0.1%          |
| Vietnam                       | 21.7          | 23.8          | 22.3          | 24.7          | 25.1          | 26.1          | 23.6          | 23.0          | 23.0          | 23.2          | <b>22.0</b>           | -5.4%        | 2.0%        | 0.6%          |
| Other Asia Pacific            | 22.4          | 20.6          | 22.0          | 23.5          | 24.7          | 24.9          | 25.3          | 25.1          | 25.7          | 26.6          | <b>33.9</b>           | 18.3%        | 2.6%        | 0.9%          |
| Total Asia Pacific            | 1922.2        | 2065.5        | 2156.2        | 2244.8        | 2406.7        | 2638.8        | 2699.7        | 2792.5        | 2783.1        | 2759.4        | <b>2617.4</b>         | -5.4%        | 4.4%        | 71.6%         |
| <b>Total World</b>            | <b>3194.7</b> | <b>3331.9</b> | <b>3440.8</b> | <b>3441.1</b> | <b>3633.3</b> | <b>3897.3</b> | <b>3938.9</b> | <b>4006.1</b> | <b>3992.4</b> | <b>3887.3</b> | <b>3656.4</b>         | <b>-6.2%</b> | <b>2.5%</b> | <b>100.0%</b> |
| of which: OECD                | 1060.1        | 1055.8        | 1064.6        | 1003.4        | 1023.4        | 1025.5        | 1005.7        | 1000.7        | 1020.9        | 946.6         | <b>844.8</b>          | -11.0%       | -1.0%       | 23.1%         |
| Non-OECD                      | 2134.6        | 2276.0        | 2376.3        | 2437.7        | 2609.9        | 2871.8        | 2933.1        | 3005.5        | 2971.4        | 2940.7        | <b>2811.6</b>         | -4.7%        | 3.9%        | 76.9%         |
| European Union                | 193.2         | 187.0         | 178.9         | 167.9         | 165.7         | 168.5         | 168.1         | 157.3         | 150.6         | 144.6         | <b>133.6</b>          | -7.9%        | -3.1%       | 3.7%          |
| CIS                           | 219.5         | 221.5         | 233.0         | 218.8         | 232.0         | 245.7         | 260.3         | 263.5         | 254.0         | 251.5         | <b>256.8</b>          | 1.8%         | 1.9%        | 7.0%          |

\* Commercial solid fuels only, i.e. bituminous coal and anthracite (hard coal), lignite and brown (sub-bituminous) coal, and other commercial solid fuels. Includes coal produced for Coal-to-Liquids and Coal-to-Gas transformations.

\*Less than 0.05%.

n/a not available.

Notes: Annual changes and shares of total are calculated using million tonnes oil equivalent figures.

Growth rates are adjusted for leap years.

Coal production data expressed in million tonnes is available at [bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)

Πηγή: BP Statistical Review of World Energy 2017

Η οικονομία της Κίνας από την αρχή του 21<sup>ου</sup> αιώνα παρουσίασε μία αλματώδη και άνευ προηγουμένου ανάπτυξη. Οι κλάδοι της παραγωγής ενέργειας, μεταφορών, υποδομών και ακινήτων γνώρισαν τεράστια άνθιση, αυξάνοντας ταυτόχρονα και την ανάγκη για πηγές πρώτων υλών και παραγωγή ενέργειας. Η έντονη βιομηχανοποίηση της Κίνας είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ρύπανσης στα μεγάλα κέντρα. Συγκεκριμένα το 2009, το 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του θείου οφειλόταν στους κλάδους που καταναλώνουν έντονα άνθρακα όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η παραγωγή χάλυβα (Kehui, 2014).

Κατά το 11<sup>ο</sup> πενταετές πρόγραμμα της περιόδου 2006-2010, η Κίνα αύξησε τις προσπάθειές της για μείωση των εκπομπών ρύπων, αποτελεσματικότερη χρήση της πρωτογενούς ενέργειας με κλείσιμο των μικρών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας και αλλαγή του «ενεργειακού μείγματος» της χώρας. Παρ' όλες τις παραπάνω ενέργειες η εξάρτηση του κινεζικού ΑΕΠ από τον άνθρακα παραμένει υψηλή χωρίς αξιοσημείωτη πτωτική τάση (Hering, 2014).

Εξετάζοντας σε βάθος την παραγωγή άνθρακα στις Η.Π.Α. παρατηρείται μία συστηματική πτωτική πορεία. Συγκεκριμένα, το 2016 υπήρξε μείωση της παραγωγής της τάξης του 19% ενώ ο μέσος ρυθμός μείωσης της τελευταίας δεκαετίας είναι 2,5%. Μόνο το 2015 μειώθηκαν κατά 13% τα παραγωγικά ανθρακωρυχεία της χώρας φτάνοντας τα 853 σε αριθμό (EIA, 2016). Όσον αφορά την ποιότητα του παραγόμενου άνθρακα στις Η.Π.Α. το 45% αφορά βιτουμενιούχους άνθρακες, το 46% υποβιτουμενιούχους, το 7,98% λιγνίτη και το 0,24% ανθρακίτη βάσει των στοιχείων του 2015 (EIA, 2016).

Η συνολική κατανάλωση άνθρακα αυξάνεται κατά μέσο όρο 1,9% ετησίως από το 2005 έως το 2015 αν και παρουσιάζει πτωτική πορεία από το 2014 και μετά. Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης άνθρακα λαμβάνει χώρα στην Ασία και την Ωκεανία με ποσοστό που αγγίζει το 73,8% της παγκόσμιας κατανάλωσης για το 2016. Οι δύο σημαντικότεροι καταναλωτές είναι η Κίνα με 50,6% της συνολικής κατανάλωσης και η Ινδία με 11%. Την τρίτη θέση στην κατανάλωση κατέχουν οι Η.Π.Α. με 9,6%. Ακολουθούν οι Ιαπωνία, η Νότια Αφρική και η Ρωσία με ποσοστά 3,2%, 2,3% και 2,3% αντίστοιχα.

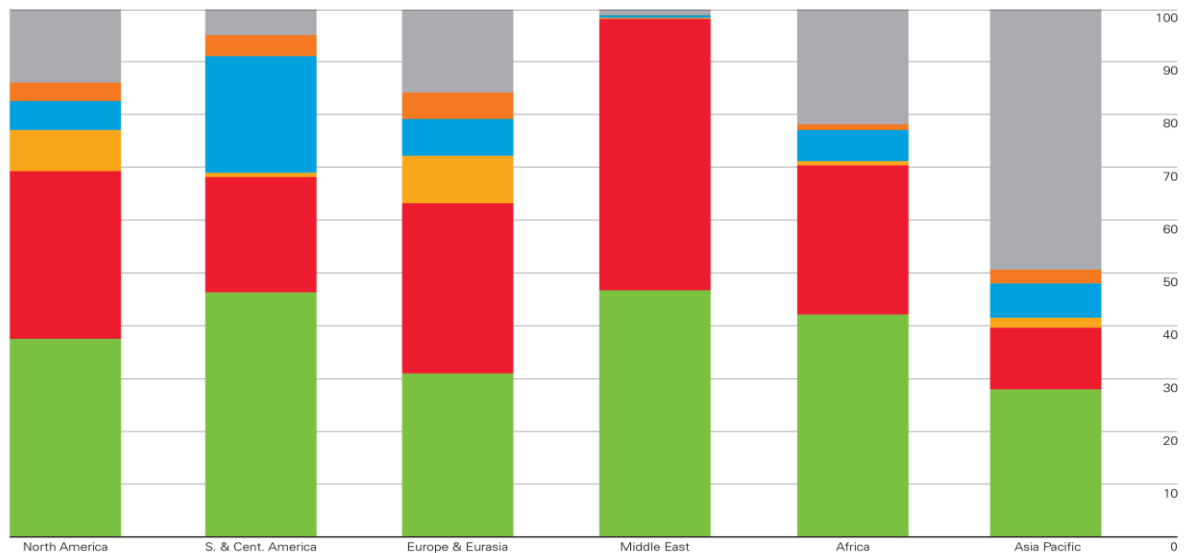
Πίνακας 2-6: Παγκόσμια κατανάλωση άνθρακα

| Coal: Consumption*                  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | Growth rate per annum |        |         | Share 2016 |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|--------|---------|------------|
| Million tonnes oil equivalent       | 2006          | 2007          | 2008          | 2009          | 2010          | 2011          | 2012          | 2013          | 2014          | 2015          | 2016                  | 2016   | 2005-15 | Share 2016 |
| US                                  | 565.7         | 573.3         | 564.2         | 496.2         | 525.0         | 495.4         | 437.9         | 454.6         | 453.5         | 391.8         | <b>358.4</b>          | -8.8%  | -3.8%   | 9.6%       |
| Canada                              | 39.2          | 30.3          | 29.4          | 23.5          | 23.9          | 23.8          | 21.0          | 20.8          | 19.7          | 19.6          | <b>18.7</b>           | -5.2%  | -4.2%   | 0.5%       |
| Mexico                              | 12.3          | 11.3          | 10.1          | 10.3          | 12.7          | 14.7          | 12.8          | 12.7          | 12.7          | 12.7          | <b>9.8</b>            | -22.9% | 1.0%    | 0.3%       |
| <b>Total North America</b>          | <b>607.1</b>  | <b>614.9</b>  | <b>603.7</b>  | <b>530.0</b>  | <b>562.5</b>  | <b>531.9</b>  | <b>471.8</b>  | <b>488.1</b>  | <b>486.0</b>  | <b>424.2</b>  | <b>386.9</b>          | -9.0%  | -3.7%   | 10.4%      |
| Argentina                           | 1.1           | 1.2           | 1.4           | 1.0           | 1.3           | 1.5           | 1.3           | 1.3           | 1.5           | 1.4           | <b>1.1</b>            | -22.5% | 1.9%    | •          |
| Brazil                              | 12.8          | 13.6          | 13.8          | 11.1          | 14.5          | 15.4          | 15.3          | 16.5          | 17.5          | 17.7          | <b>16.5</b>           | -6.8%  | 3.1%    | 0.4%       |
| Chile                               | 3.4           | 4.1           | 4.4           | 4.0           | 4.5           | 5.8           | 6.7           | 7.5           | 7.6           | 7.3           | <b>8.2</b>            | 12.3%  | 10.2%   | 0.2%       |
| Colombia                            | 3.7           | 3.2           | 4.9           | 4.0           | 4.7           | 3.7           | 4.6           | 5.0           | 5.2           | 5.3           | <b>4.6</b>            | -14.0% | 14.8%   | 0.1%       |
| Ecuador                             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -                     | -      | -       | -          |
| Peru                                | 0.8           | 1.0           | 0.9           | 0.8           | 0.8           | 0.8           | 0.9           | 0.9           | 0.9           | 0.8           | <b>0.8</b>            | -      | -1.3%   | •          |
| Trinidad & Tobago                   | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -                     | -      | -       | -          |
| Venezuela                           | 0.2           | 0.1           | 0.1           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | <b>0.1</b>            | -66.4% | 18.4%   | •          |
| Other S. & Cent. America            | 2.3           | 2.4           | 2.4           | 2.1           | 2.2           | 2.7           | 2.7           | 2.9           | 3.2           | 3.2           | <b>3.4</b>            | 5.4%   | 4.9%    | 0.1%       |
| <b>Total S. &amp; Cent. America</b> | <b>24.3</b>   | <b>25.7</b>   | <b>28.0</b>   | <b>23.2</b>   | <b>28.1</b>   | <b>30.2</b>   | <b>31.7</b>   | <b>34.2</b>   | <b>36.1</b>   | <b>35.9</b>   | <b>34.7</b>           | -3.7%  | 5.4%    | 0.9%       |
| Austria                             | 4.1           | 3.9           | 3.8           | 2.9           | 3.4           | 3.5           | 3.2           | 3.3           | 3.0           | 3.2           | <b>3.2</b>            | -2.3%  | -2.1%   | 0.1%       |
| Azerbaijan                          | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | <b>0.7</b>            | -      | -19.8%  | •          |
| Belarus                             | 0.6           | 0.7           | 0.6           | 0.6           | 0.6           | 0.8           | 0.8           | 0.9           | 0.8           | 0.7           | <b>0.8</b>            | 16.5%  | -0.3%   | •          |
| Belgium                             | 5.0           | 4.4           | 4.5           | 3.1           | 3.8           | 3.5           | 3.2           | 3.3           | 3.3           | 3.2           | <b>3.0</b>            | -6.7%  | -4.7%   | 0.1%       |
| Bulgaria                            | 7.0           | 7.9           | 7.6           | 6.4           | 6.9           | 8.1           | 6.9           | 5.9           | 6.4           | 6.6           | <b>5.7</b>            | -13.5% | -0.4%   | 0.2%       |
| Czech Republic                      | 21.0          | 21.4          | 19.7          | 17.7          | 18.8          | 18.4          | 17.4          | 17.2          | 16.0          | 16.6          | <b>16.9</b>           | 1.7%   | -2.0%   | 0.5%       |
| Denmark                             | 5.6           | 4.7           | 4.1           | 4.0           | 3.8           | 3.2           | 2.5           | 3.2           | 2.6           | 1.7           | <b>2.1</b>            | 20.8%  | -7.3%   | 0.1%       |
| Finland                             | 7.4           | 7.0           | 5.3           | 5.4           | 6.8           | 5.5           | 4.5           | 5.0           | 4.5           | 3.8           | <b>4.1</b>            | 8.0%   | -2.2%   | 0.1%       |
| France                              | 12.4          | 12.8          | 12.1          | 10.8          | 11.5          | 9.8           | 11.1          | 11.6          | 8.6           | 8.4           | <b>8.3</b>            | -1.1%  | -4.6%   | 0.2%       |
| Germany                             | 84.5          | 86.7          | 80.1          | 71.7          | 77.1          | 78.3          | 80.5          | 82.8          | 79.6          | 78.5          | <b>75.3</b>           | -4.3%  | -0.4%   | 2.0%       |
| Greece                              | 8.4           | 8.8           | 8.3           | 8.4           | 7.9           | 7.9           | 8.1           | 7.0           | 6.7           | 5.6           | <b>4.7</b>            | -16.7% | -4.6%   | 0.1%       |
| Hungary                             | 3.1           | 3.1           | 3.1           | 2.6           | 2.7           | 2.7           | 2.6           | 2.3           | 2.2           | 2.4           | <b>2.3</b>            | -3.6%  | -2.5%   | 0.1%       |
| Ireland                             | 2.4           | 2.3           | 2.3           | 2.0           | 2.0           | 1.9           | 2.3           | 2.0           | 2.0           | 2.2           | <b>2.2</b>            | -0.7%  | -2.0%   | 0.1%       |
| Italy                               | 16.7          | 16.3          | 15.8          | 12.4          | 13.7          | 15.4          | 15.7          | 13.5          | 13.1          | 12.3          | <b>10.9</b>           | -11.9% | -2.9%   | 0.3%       |
| Kazakhstan                          | 28.3          | 31.1          | 33.8          | 30.9          | 33.4          | 36.3          | 36.5          | 36.3          | 41.0          | 35.8          | <b>35.6</b>           | -0.8%  | 2.9%    | 1.0%       |
| Lithuania                           | 0.3           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.3           | 0.2           | 0.2           | <b>0.2</b>            | 4.8%   | -0.1%   | 0.1%       |
| Netherlands                         | 7.7           | 8.4           | 8.0           | 7.5           | 7.5           | 7.5           | 8.2           | 8.2           | 9.1           | 11.0          | <b>10.3</b>           | -7.0%  | 3.1%    | 0.3%       |
| Norway                              | 0.6           | 0.7           | 0.7           | 0.6           | 0.8           | 0.8           | 0.8           | 0.8           | 0.9           | 0.8           | <b>0.8</b>            | -0.1%  | 1.3%    | •          |
| Poland                              | 57.4          | 55.9          | 55.2          | 51.8          | 55.1          | 55.0          | 51.2          | 53.4          | 49.4          | 48.7          | <b>48.8</b>           | -      | -1.2%   | 1.3%       |
| Portugal                            | 3.3           | 2.9           | 2.5           | 2.9           | 1.6           | 2.2           | 2.9           | 2.7           | 2.7           | 3.3           | <b>2.9</b>            | -11.9% | -0.2%   | 0.1%       |
| Romania                             | 9.5           | 10.1          | 9.6           | 7.6           | 7.0           | 8.2           | 7.6           | 5.8           | 5.7           | 5.9           | <b>5.4</b>            | -8.9%  | -0.3%   | 0.1%       |
| Russian Federation                  | 97.0          | 93.9          | 100.7         | 92.2          | 90.5          | 94.0          | 98.4          | 90.5          | 87.6          | 92.2          | <b>87.3</b>           | -5.5%  | -0.3%   | 2.3%       |
| Slovakia                            | 4.5           | 4.0           | 3.9           | 3.9           | 3.7           | 3.7           | 3.5           | 3.5           | 3.3           | 3.3           | <b>3.3</b>            | -      | -       | 0.1%       |
| Spain                               | 17.9          | 20.0          | 13.5          | 9.4           | 6.9           | 12.8          | 15.5          | 11.4          | 11.6          | 13.7          | <b>10.4</b>           | -23.9% | -4.0%   | 0.3%       |
| Sweden                              | 2.7           | 2.7           | 2.4           | 1.9           | 2.5           | 2.5           | 2.2           | 2.2           | 2.1           | 2.1           | <b>2.2</b>            | 6.0%   | -2.1%   | 0.1%       |
| Switzerland                         | 0.2           | 0.2           | 0.2           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | <b>0.1</b>            | -      | -1.1%   | •          |
| Turkey                              | 26.2          | 29.5          | 29.6          | 30.9          | 31.4          | 33.9          | 36.5          | 31.6          | 36.1          | 34.7          | <b>38.4</b>           | 10.3%  | 4.6%    | 1.0%       |
| Turkmenistan                        | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -                     | -      | -       | -          |
| Ukraine                             | 39.8          | 39.8          | 41.8          | 35.9          | 38.3          | 41.5          | 42.5          | 41.6          | 35.6          | 27.3          | <b>31.5</b>           | 14.9%  | -3.1%   | 0.8%       |
| United Kingdom                      | 40.9          | 38.4          | 35.6          | 29.8          | 30.9          | 31.4          | 39.0          | 36.8          | 29.7          | 23.0          | <b>11.0</b>           | -52.5% | -4.7%   | 0.3%       |
| Uzbekistan                          | 0.8           | 1.0           | 1.0           | 1.0           | 0.9           | 1.1           | 1.2           | 1.1           | 1.2           | 1.1           | <b>1.0</b>            | -10.1% | 1.9%    | •          |
| Other Europe & Eurasia              | 21.0          | 21.2          | 22.2          | 21.3          | 22.5          | 24.6          | 22.9          | 23.8          | 21.9          | 23.0          | <b>23.0</b>           | -0.1%  | 1.1%    | 0.6%       |
| <b>Total Europe &amp; Eurasia</b>   | <b>536.3</b>  | <b>540.2</b>  | <b>528.3</b>  | <b>475.8</b>  | <b>492.5</b>  | <b>514.9</b>  | <b>528.1</b>  | <b>508.1</b>  | <b>487.3</b>  | <b>471.3</b>  | <b>451.6</b>          | -4.5%  | -0.9%   | 12.1%      |
| Iran                                | 1.5           | 1.6           | 1.2           | 1.4           | 1.3           | 1.4           | 1.1           | 1.4           | 1.6           | 1.6           | <b>1.7</b>            | 4.3%   | 0.5%    | •          |
| Israel                              | 7.8           | 8.0           | 7.9           | 7.7           | 7.7           | 7.9           | 8.8           | 7.4           | 6.9           | 6.7           | <b>5.7</b>            | -15.5% | -1.6%   | 0.2%       |
| Kuwait                              | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -                     | -      | -       | -          |
| Qatar                               | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -                     | -      | -       | -          |
| Saudi Arabia                        | -             | 0.1           | 0.1           | -             | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | 0.1           | <b>0.1</b>            | -      | 13.5%   | •          |
| United Arab Emirates                | 0.3           | 0.1           | 0.3           | 0.6           | 0.7           | 1.3           | 1.7           | 1.4           | 1.5           | 1.3           | <b>1.3</b>            | -      | 24.1%   | •          |
| Other Middle East                   | 0.1           | 0.1           | 0.2           | 0.2           | 0.3           | 0.4           | 0.6           | 0.5           | 0.7           | 0.5           | <b>0.5</b>            | -      | 13.2%   | •          |
| <b>Total Middle East</b>            | <b>9.8</b>    | <b>9.9</b>    | <b>9.7</b>    | <b>9.9</b>    | <b>10.1</b>   | <b>11.2</b>   | <b>12.3</b>   | <b>10.9</b>   | <b>10.8</b>   | <b>10.2</b>   | <b>9.3</b>            | -9.5%  | 0.4%    | 0.2%       |
| Algeria                             | 0.9           | 0.8           | 0.8           | 0.5           | 0.3           | 0.3           | 0.3           | 0.2           | 0.2           | 0.1           | <b>0.1</b>            | -      | -13.2%  | •          |
| Egypt                               | 0.9           | 0.8           | 0.7           | 0.6           | 0.5           | 0.4           | 0.4           | 0.4           | 0.4           | 0.4           | <b>0.4</b>            | 4.3%   | -7.0%   | •          |
| South Africa                        | 81.5          | 83.7          | 93.3          | 93.8          | 92.8          | 90.5          | 88.3          | 86.6          | 89.8          | 83.4          | <b>85.1</b>           | 1.8%   | 0.4%    | 2.3%       |
| Other Africa                        | 7.4           | 6.9           | 6.7           | 6.1           | 6.5           | 7.2           | 7.0           | 8.3           | 11.9          | 11.4          | <b>10.3</b>           | -10.3% | 3.8%    | 0.3%       |
| <b>Total Africa</b>                 | <b>90.6</b>   | <b>92.1</b>   | <b>101.5</b>  | <b>101.0</b>  | <b>100.1</b>  | <b>98.5</b>   | <b>96.1</b>   | <b>97.5</b>   | <b>102.3</b>  | <b>95.3</b>   | <b>95.9</b>           | 0.4%   | 0.7%    | 2.6%       |
| Australia                           | 53.1          | 52.7          | 54.9          | 53.1          | 49.4          | 48.1          | 45.1          | 43.0          | 42.6          | 44.1          | <b>43.8</b>           | -0.9%  | -1.6%   | 1.2%       |
| Bangladesh                          | 0.5           | 0.6           | 0.6           | 0.8           | 0.8           | 0.7           | 0.9           | 1.0           | 0.8           | 0.7           | <b>0.8</b>            | 17.0%  | 3.7%    | •          |
| China                               | 1454.7        | 1584.2        | 1609.3        | 1685.8        | 1748.9        | 1903.9        | 1927.8        | 1969.1        | 1954.5        | 1913.6        | <b>1887.6</b>         | -1.6%  | 3.7%    | 50.6%      |
| China Hong Kong SAR                 | 6.9           | 7.5           | 6.9           | 7.2           | 6.2           | 7.4           | 7.3           | 7.8           | 8.1           | 6.7           | <b>6.7</b>            | -0.3%  | -0.2%   | 0.2%       |
| India                               | 219.4         | 240.1         | 259.3         | 280.8         | 290.4         | 304.8         | 330.0         | 352.8         | 387.5         | 396.6         | <b>411.9</b>          | 3.6%   | 6.5%    | 11.0%      |
| Indonesia                           | 28.9          | 36.2          | 31.5          | 33.2          | 39.5          | 46.9          | 53.0          | 57.0          | 45.1          | 51.2          | <b>62.7</b>           | 22.2%  | 7.7%    | 1.7%       |
| Japan                               | 112.3         | 117.7         | 120.3         | 101.6         | 115.7         | 109.6         | 115.8         | 121.2         | 119.1         | 119.9         | <b>119.9</b>          | -0.2%  | 0.5%    | 3.2%       |
| Malaysia                            | 7.3           | 8.8           | 9.8           | 10.6          | 14.8          | 14.8          | 15.9          | 15.1          | 15.4          | 16.9          | <b>19.9</b>           | 17.6%  | 9.4%    | 0.5%       |
| New Zealand                         | 2.2           | 1.7           | 2.1           | 1.6           | 1.4           | 1.4           | 1.7           | 1.5           | 1.5           | 1.4           | <b>1.2</b>            | -15.4% | -4.5%   | -          |
| Pakistan                            | 4.0           | 5.4           | 6.0           | 4.9           | 4.6           | 4.0           | 4.0           | 3.2           | 4.7           | 4.7           | <b>5.4</b>            | 15.1%  | 2.2%    | 0.1%       |
| Philippines                         | 5.0           | 5.4           | 6.4           | 6.1           | 7.0           | 7.7           | 8.1           | 10.0          | 10.6          | 11.6          | <b>13.5</b>           | 16.0%  | 9.7%    | 0.4%       |
| Singapore                           | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             | 0.3           | 0.4           | 0.4           | <b>0.4</b>            | -6.5%  | 47.4%   | •          |
| South Korea                         | 54.8          | 59.7          | 66.1          | 68.6          | 75.9          | 83.6          | 81.0          | 81.9          | 84.6          | 85.5          | <b>81.6</b>           | -4.8%  | 4.6%    | 2.2%       |
| Taiwan                              | 37.0          | 38.8          | 37.0          | 35.2          | 37.6          | 38.9          | 38.0          | 38.6          | 39.0          | 37.8          | <b>38.6</b>           | 1.7%   | 0.7%    | 1.0%       |
| Thailand                            | 12.4          | 14.0          | 15.1          | 15.1          | 15.5          | 15.8          | 16.5          | 16.3          | 17.9          | 17.6          | <b>17.7</b>           | 0.7%   | 4.3%    | 0.5%       |
| Vietnam                             | 5.3           | 5.8           | 11.4          | 10.7          | 14.0          | 16.5          | 15.0          | 15.9          | 18.9          | 22.3          | <b>23.3</b>           | -4.4%  | 9.5%    | 0.6%       |
| Other Asia Pacific                  | 21.9          | 18.8          | 20.6          | 20.9          | 20.4          | 16.5          | 17.2          | 13.8          | 16.0          | 16.9          | <b>20.6</b>           | 21.3%  | -2.3%   | 0.6%       |
| <b>Total Asia Pacific</b>           | <b>2025.7</b> | <b>2197.4</b> | <b>2257.3</b> | <b>2336.3</b> | <b>2442.3</b> | <b>2620.6</b> | <b>2677.4</b> | <b>2748.3</b> | <b>2767.0</b> | <b>2747.7</b> | <b>2753.6</b>         | -0.1%  | 3.9%    | 73.8%      |
| <b>Total World</b>                  | <b>3293.9</b> | <b>3480.2</b> | <b>3528.4</b> | <b>3476.1</b> | <b>3635.6</b> | <b>3807.2</b> | <b>3817.3</b> | <b>3887.0</b> | <b>3889.4</b> | <b>3784.7</b> | <b>3732.0</b>         | -1.7%  | 1.9%    | 100.0%     |
| of which: OECD                      | 1177.7        | 1198.4        | 1175.2        | 1051.0        | 1114.8        | 1094.1        | 1047.3        | 105           |               |               |                       |        |         |            |

Κύριο λόγο στο ενεργειακό προφίλ της κάθε χώρας ή περιοχής παίζουν οι διαθέσιμες πηγές πρωτογενούς ενέργειας που είναι σε αφθονία στην συγκεκριμένη εδαφική έκταση. Κατά δεύτερο λόγο, το «ενεργειακό μείγμα» των περιοχών εξαρτάται από την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Η οικονομία της Κίνας, για παράδειγμα, εξαρτιόταν σε μεγάλο βαθμό τα προηγούμενα χρόνια από τον άνθρακα λόγω του ότι βρίσκεται σε αφθονία στο κινεζικό έδαφος και είναι εύκολα διαχειρίσιμη πηγή πρωτογενούς ενέργειας για μία αναπτυσσόμενη χώρα. Τα τελευταία χρόνια που η ανάπτυξη έχει εδραιωθεί στη χώρα, γίνονται προσπάθειες μείωσης της κατανάλωσης άνθρακα και εστίασης σε ανανεώσιμες και καθαρότερες πηγές ενέργειας. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, το ενεργειακό προφίλ της Μ. Ανατολής διαφέρει από τα υπόλοιπα καθώς περιλαμβάνει ελάχιστη κατανάλωση άνθρακα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το υπέδαφος της περιοχής είναι πλούσιο σε κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου αλλά δεν διαθέτει καθόλου άνθρακα.

- Coal
- Renewables
- Hydroelectricity
- Nuclear energy
- Natural gas
- Oil

**Regional consumption by fuel 2016**  
Percentage



Oil remains the dominant fuel in Africa and the Americas, while natural gas dominates in Europe & Eurasia and the Middle East. Coal is the dominant fuel in the Asia Pacific region, accounting for 49% of regional energy consumption. In 2016, coal's share of primary energy fell to its lowest level in our data series in North America, Europe & Eurasia and Africa.

Πηγή: BP Statistical Review of World Energy 2017

**Γράφημα 2-4:** Σύσταση πρωτογενούς ενέργειας κατά περιοχή



Εξετάζοντας το παγκόσμιο εμπόριο άνθρακα, παρατηρούμε από τον παρακάτω πίνακα ότι η εξαγωγή όλων των ειδών άνθρακα μειώθηκε κατά 4,1% το 2015 σε σχέση με το 2014. Αναλυτικότερα, οι εξαγωγές το 2015 έφτασαν τους 1.002,8 εκατ. τόνους για το θερμικό άνθρακα, 299,2 εκατ. τόνους για το μεταλλουργικό και 9,1 εκατ. τόνους για τον λιγνίτη.

**Πίνακας 2-7:** Παγκόσμιο εμπόριο άνθρακα

**World coal trade [Mt]**

|                       | <b>2013</b>    | <b>2014</b>    | <b>2015p</b>   |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Steam coal exports    | 1 063.0        | 1 047.9        | 1 002.8        |
| Coking coal exports   | 294.9          | 310.7          | 299.2          |
| Lignite exports       | 6.6            | 8.7            | 9.1            |
| Steam coal imports    | 1 097.7        | 1 112.1        | 1 042.7        |
| Coking coal imports   | 286.5          | 291.7          | 276.3          |
| Lignite imports       | 3.9            | 5.2            | 4.8            |
| <b>Total exports</b>  | <b>1 364.5</b> | <b>1 367.4</b> | <b>1 311.1</b> |
| <b>Total imports</b>  | <b>1 388.1</b> | <b>1 409.0</b> | <b>1 323.8</b> |
| <i>Balancing item</i> | <i>23.6</i>    | <i>41.6</i>    | <i>12.7</i>    |

Note: The balancing item is the difference between total coal imports and total coal exports. This is primarily due to the different coal classification methodologies used by the importing and exporting countries, which does not hold on a global basis. It also occurs because of coal in-transit, coal that is unaccounted for, and reporting discrepancies by importing and exporting countries.

Πηγή: International Energy Agency

Οι μεγαλύτεροι εξαγωγείς άνθρακα το 2015 παραμένουν η Αυστραλία και η Ινδονησία κατέχοντας 29,9% και 28,1% των παγκόσμιων εξαγωγών αντίστοιχα. Ακολουθούν η Ρωσία με 11,8%, η Κολομβία με 6,25%, η Νότια Αφρική με 5,8% και οι Η.Π.Α με 5,11%. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της αύξησης της παραγωγής της Αυστραλίας και την μείωσης της παραγωγής στην Ινδονησία το 2015, η Αυστραλία έγινε ξανά ο μεγαλύτερος εξαγωγέας άνθρακα όπως συνέβαινε μεταξύ του 1984 και του 2010 (IEA, 2016). Η Αυστραλία εξάγει θερμικό και μεταλλουργικό άνθρακα αλλά κατέχει ένα μεγάλο μερίδιο των παγκόσμιων εξαγωγών μεταλλουργικού άνθρακα που αγγίζει το 62,7% το 2015 (IEA, 2016).

Οι εισαγωγές άνθρακα ήταν 1323,8 εκατ. τόνοι το 2015 παρουσιάζοντας μείωση της τάξης του 6% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παγκόσμια αύξηση των εισαγωγών άνθρακα κατά την περίοδο 2008 έως 2013 οφειλόταν κατά 98% στις εισαγωγές της Ασίας (Κίνα και Ινδία). Ο μεγαλύτερος εισαγωγέας για το 2015 ήταν η Ινδία με 221,8 εκατ. τόνους ξεπερνώντας την Κίνα η οποία εισήγαγε 327,2 και 291,6 εκατ. τόνους το 2013 και το 2014 αντίστοιχα, κατέχοντας την πρώτη θέση. Το 2015 μείωσε τις εισαγωγές

της στους 204,1 εκατ. τόνους που αντιστοιχεί στο 15,4% των παγκόσμιων εισαγωγών. Ακολουθούν η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα, η κινεζική Ταιπέι, η Ολλανδία και η Γερμανία.

**Πίνακας 2-8:** Κύριοι εισαγωγείς άνθρακα

### Major coal importers [Mt]

|                              | 2013           | 2014           | 2015p          |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| India                        | 188.8          | 237.6          | 221.8          |
| PR of China                  | 327.2          | 291.6          | 204.1          |
| Japan                        | 195.6          | 188.1          | 191.6          |
| Korea                        | 126.5          | 131.0          | 135.1          |
| Chinese Taipei               | 66.0           | 65.8           | 65.8           |
| Netherlands                  | 41.8           | 47.3           | 56.8           |
| Germany                      | 54.3           | 53.8           | 55.5           |
| Turkey                       | 26.6           | 29.8           | 34.0           |
| Russian Federation           | 29.4           | 26.8           | 26.3           |
| United Kingdom               | 49.4           | 41.8           | 25.5           |
| <i>Other</i>                 | 282.4          | 295.3          | 307.2          |
| <i>OECD Americas</i>         | 34.4           | 35.6           | 35.4           |
| <i>OECD Asia Oceania</i>     | 335.5          | 330.7          | 337.8          |
| <i>OECD Europe</i>           | 271.7          | 272.3          | 267.5          |
| <b><i>OECD Total</i></b>     | <b>641.7</b>   | <b>638.6</b>   | <b>640.7</b>   |
| <i>Africa + Mid. East</i>    | 11.5           | 14.4           | 17.0           |
| <i>Other Asia Oceania</i>    | 659.8          | 680.2          | 589.9          |
| <i>Oth. Europe + Eurasia</i> | 52.5           | 50.3           | 50.0           |
| <i>Other Americas</i>        | 22.6           | 25.4           | 26.2           |
| <b><i>Non-OECD Total</i></b> | <b>746.4</b>   | <b>770.3</b>   | <b>683.0</b>   |
| <b>World</b>                 | <b>1 388.1</b> | <b>1 409.0</b> | <b>1 323.8</b> |

Data for India and Japan are provided on a fiscal basis.

Πηγή: International Energy Agency

Ο άνθρακας μεταφέρεται κυρίως με πλοία μεγέθους Capesize και Panamax. Τα χαρακτηριστικά και η χωρητικότητα των πρώτων έχει αναλυθεί εκτενέστερα στην υποενότητα του σιδηρομεταλλεύματος. Τα Panamax Bulkers κυμαίνονται ως προς την χωρητικότητά τους ανάμεσα σε 60.000 με 100.000 dwt και οι διαστάσεις του είναι τέτοιες ώστε να μπορούν να διέρχονται από την διώρυγα του Παναμά. Η μικρότερη απαιτούμενη χωρητικότητα των πλοίων για τη μεταφορά του άνθρακα σε σχέση με τη μεταφορά σιδηρομεταλλεύματος οφείλεται κύρια στο ότι απαιτείται μικρότερος όγκος μεταλλουργικού

άνθρακα στη βιομηχανία παραγωγής χάλυβα σε σχέση με τον απαιτούμενο όγκο σιδηρομεταλλεύματος (Γκιζιάκης και λοιποί, 2010, σελ. 142). Επιπλέον ο άνθρακας καταλαμβάνει μεγάλο όγκο κατά τη αποθήκευσή του και υπάρχει κίνδυνος αυτανάφλεξης στις μεγαλύτερες παρτίδες.

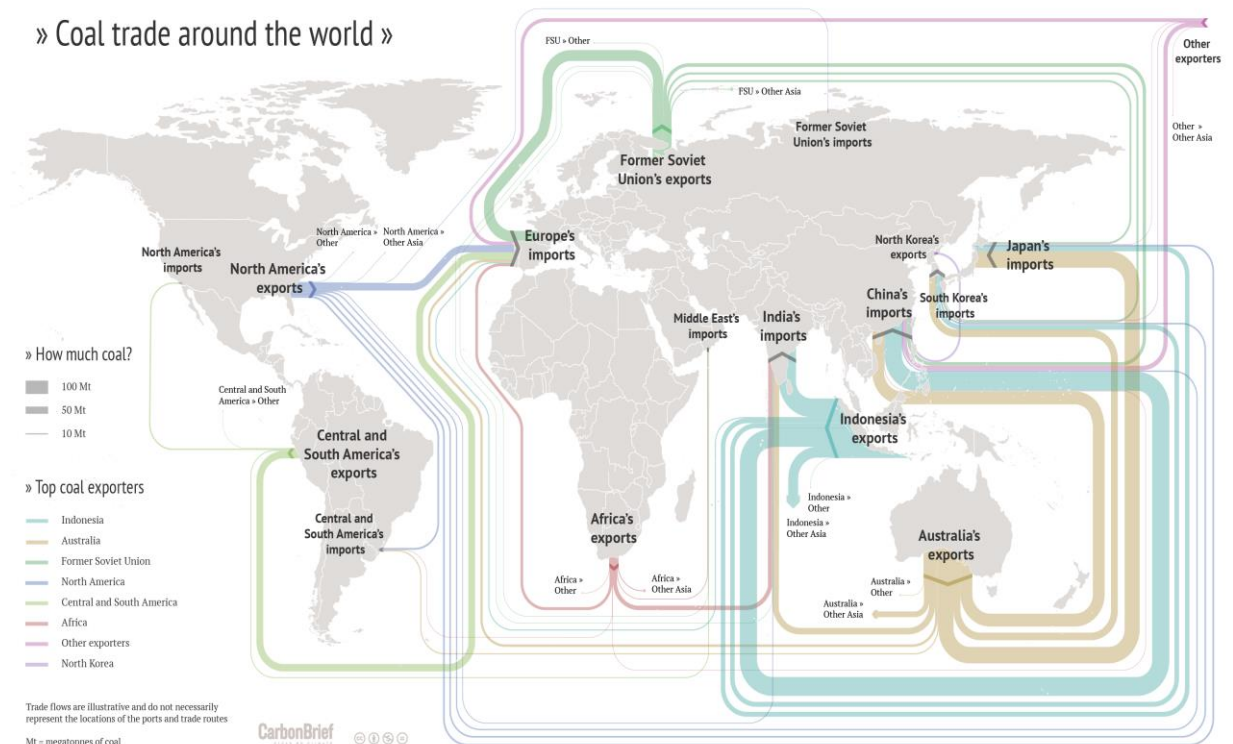
Οι θαλάσσιες διαδρομές του άνθρακα παρουσιάζουν μεγαλύτερη διασπορά σε σχέση με τις διαδρομές του σιδηρομεταλλεύματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποθέματα άνθρακα υπάρχουν σε όλες τις ηπείρους και ο μεταφερόμενος όγκος κατανέμεται σε περισσότερες θαλάσσιες διαδρομές. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικότερα οι κύριες διαδρομές ανάμεσα στους μεγαλύτερους εξαγωγείς και εισαγωγείς άνθρακα και τυχόν ιδιαιτερότητές τους.

Λόγω εγγύτητας, το μεγαλύτερο μέρος του εξαγόμενου άνθρακα από την Αυστραλία μεταφέρεται στην Κίνα, την Νότια Κορέα και την Ιαπωνία. Γι' αυτές τις διαδρομές απασχολούνται κυρίως πλοία μεγάλου μεγέθους (Capesize και Panamax) τα οποία φορτώνονται με μεγάλη ταχύτητα αλλά καθυστερούν στα λιμάνια λόγω συμφόρησης. Η Ινδονησία εξάγει άνθρακα κυρίως στην Ινδία και την Κίνα. Συνήθως, χρειάζονται 10 μέρες για ένα Panamax να γεμίσει καθώς ο ρυθμός φόρτωσης είναι πολύ αργός, περίπου 6000 τόνους την ημέρα. Τα φορτία που προορίζονται για την Ινδία, μεταφέρονται κατά κύριο λόγο με μικρά πλοία τα οποία διαθέτουν δικούς τους μηχανισμούς φόρτωσης και εκφόρτωσης. Για τα φορτία που προορίζονται για την Κίνα χρησιμοποιούνται φορτηγά πλοία όλων των μεγεθών.

Η Ρωσία εξάγει άνθρακα κυρίως στην Τουρκία και την Ευρώπη αλλά και στην Κίνα, Νότια Κορέα και Ιαπωνία. Ο άνθρακας από την Νότια Αφρική μεταφέρεται στην Ινδία κυρίως μέσω Panamax πλοίων και στην Κίνα με Panamax και Capesize. Κατά δεύτερο λόγο, οι εξαγωγές της Νότιας Αφρικής απευθύνονται στην Βόρεια Ευρώπη και την Τουρκία. Ο εξαγόμενος άνθρακας της Κολομβίας κυρίως μεταφέρεται στα ευρωπαϊκά λιμάνια. Μία άλλη διαδρομή αρκετά διαδεδομένη για πλοία μεγέθους Panamax είναι από τον δυτικό Καναδά για Νότια Κορέα, Κίνα και Ιαπωνία (NOPAC). Τέλος, οι Η.Π.Α. εξάγουν άνθρακα από τη δυτική και την ανατολική όχθη. Τα φορτία από την ανατολική όχθη προορίζονται συνήθως για την Ευρώπη και την Τουρκία και τα φορτία από την δυτική όχθη για την Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Κίνα και Ινδία.



Ο παρακάτω χάρτης δείχνει σχηματικά τις κύριες εμπορικές ροές άνθρακα από τους μεγαλύτερους παραγωγούς στους μεγαλύτερους καταναλωτές όπως αναλύθηκαν παραπάνω.



Πηγή: [www.carbonbrief.org](http://www.carbonbrief.org)

## Διάγραμμα 2-5: Παγκόσμιες ροές άνθρακα

### 2.2.4. ΤΙΜΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η τιμή του άνθρακα μετράται σε παγκόσμιο επίπεδο σε δολάρια Η.Π.Α. ανά τόνο. Υπάρχουν όμως πολλές τιμές ανάλογα την περιοχή προέλευσης του άνθρακα αλλά και την τελικό σκοπό χρήσης του. Τα δύο παρακάτω διαγράμματα μας δίνουν μία καλή εικόνα των τιμών του άνθρακα καθώς διαχωρίζονται ανά είδος αλλά και ανά περιοχή προέλευσης χωρίς να περιλαμβάνεται το μεταφορικό κόστος στην τιμή (f.o.b. prices) .

Figure 4-19. Average annual steam coal export prices by country of origin, 1990–2014 (2013 dollars per short ton, f.o.b. port of exit)

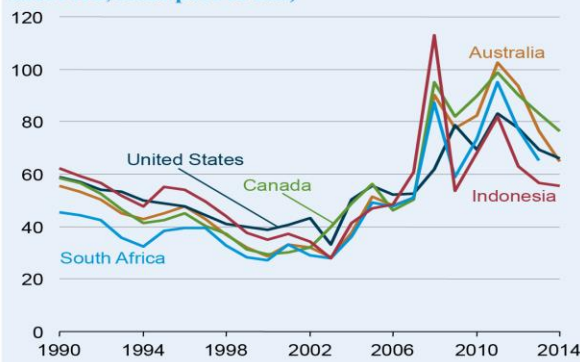


Figure 4-20. Average annual coking coal export prices by country of origin, 1990–2014 (2013 dollars per short ton, f.o.b. port of exit)



Πηγή: U.S. Energy Information Administration

### Γράφημα 2-5: Τιμές άνθρακα

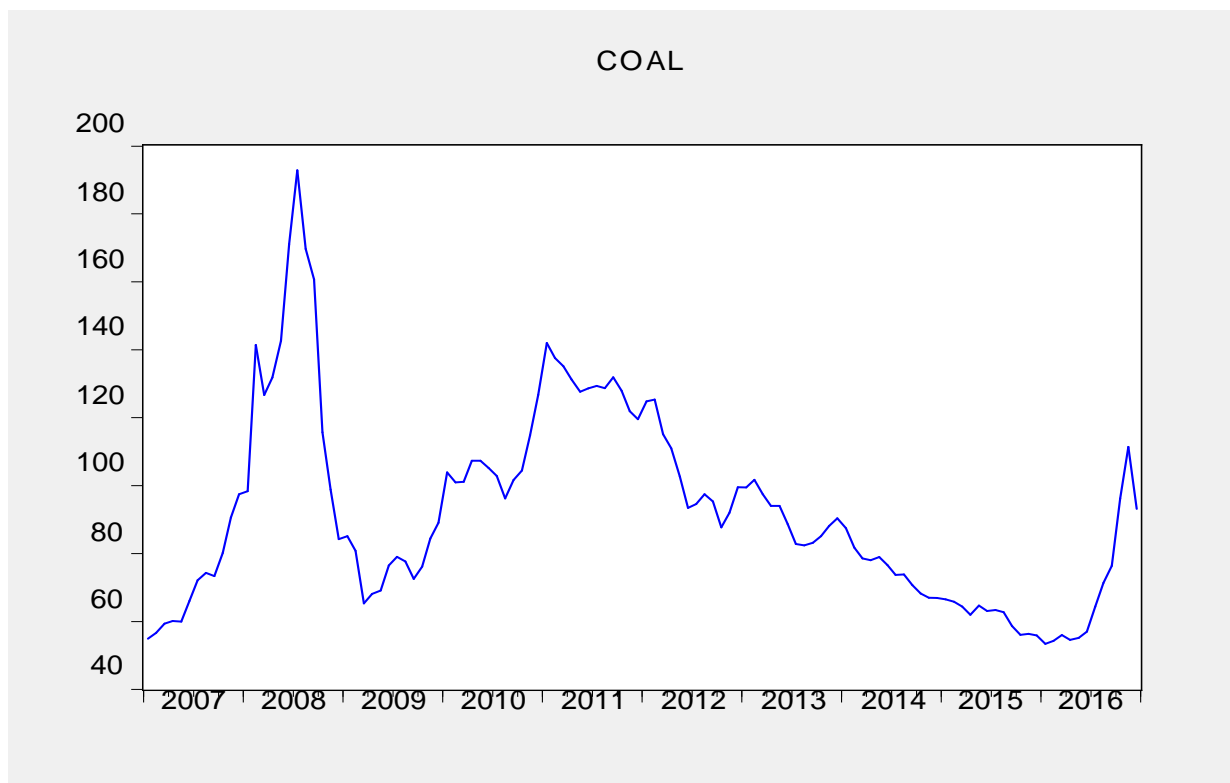
Αρχικά, παρατηρούμε ότι οι τιμές του άνθρακα διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή προέλευσης και η διαφορά αυτή δεν είναι σταθερή στο χρόνο. Η τιμή του μεταλλουργικού άνθρακα προέλευσης Καναδά έχει την υψηλότερη τιμή σε ολή την περίοδο εξέτασης εκτός από την περίοδο 1998 με 2005 περίπου όπου η τιμή του άνθρακα προέλευσης Η.Π.Α. την ξεπερνούσε. Όσον αφορά στις τιμές του θερμικού άνθρακα, η τιμή του άνθρακα προέλευσης Ινδονησίας ήταν η υψηλότερη τη περίοδο 2006 με 2009 σε αντίθεση με την περίοδο από το 2009 και μετά που είναι η χαμηλότερη σε σχέση με τον άνθρακα προέλευσης Καναδά, Η.Π.Α., Νότιας Αφρικής και Αυστραλίας.

Παρά τις επιμέρους διαφορές, οι τιμές του άνθρακα παρουσιάζουν την ίδια τάση ανεξάρτητα της προέλευσης και της χρήσης του. Από το διάστημα 1990 έως το 2002 οι τιμές του άνθρακα έχουν μία σταθερά καθοδική πορεία από τα 60\$ έως τα 30\$ για τον θερμικό άνθρακα και από τα 75\$ έως τα 40\$ για τον μεταλλουργικό. Από το 2002 έως το 2008 παρουσιάζεται μία ραγδαία αύξηση των τιμών (115\$ για τον θερμικό και 200\$ για τον μεταλλουργικό άνθρακα) η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ανάπτυξη της Κίνας και της ζήτησής της για πρωτογενή ενέργεια όπως ο άνθρακας. Ωστόσο η παγκόσμια χρηματοοικονομική κρίση του 2008 δεν άφησε ανεπηρέαστη την τιμή του άνθρακα η οποία εμφάνισε μία έντονη πτώση μέχρι την αρχή του 2009.

Η επίπτωση της κρίσης του 2008 στην τιμή του άνθρακα δεν κράτησε μεγάλο διάστημα. Μέχρι το τέλος του 2010 παρατηρείται μία επαναφορά στα επίπεδα τιμών του άνθρακα σχεδόν προ κρίσης καθώς η ζήτηση της Κίνας σε πρωτογενή ενέργεια και πρώτες ύλες όπως ο μεταλλουργικός άνθρακας συνέχισε να αυξάνεται. Εξετάζοντας την περίοδο από τις αρχές του 2011 έως τα μέσα του 2016, παρατηρείται μία πτωτική πορεία στην τιμή του

άνθρακα από τα 130\$ στα 50\$. Οι κύριοι λόγοι ήταν η αύξηση της παραγωγής στους μεγάλους εξαγωγείς, η χαμηλή τιμή του πετρελαίου, η υποτίμηση των νομισμάτων στους μεγάλους παραγωγούς και η στρατηγική μείωσης κόστους που εφάρμοσαν οι παραγωγοί λόγω της προηγούμενης πτωτικής τάσης των τιμών (24).

Από τα μέσα του 2016 η τιμή του άνθρακα άρχισε να εμφανίζει αύξουσα πορεία ανακουφίζοντας τους μεγάλους παραγωγούς και εξαγωγείς μετά από μία πενταετία μειώσεων. Οι λόγοι ήταν η μείωση της παραγωγής, το κλείσιμο μικρών ορυχείων υψηλού κόστους και η μείωση των επενδύσεων στον κλάδο. Η τιμή του θερμικού άνθρακα από 45\$ ανά τόνο τον Ιανουάριο του 2016 έφτασε τα 90\$ τον Νοέμβριο του 2016. Η αύξηση της τιμής του μεταλλουργικού άνθρακα ήταν ακόμα μεγαλύτερη, από 77\$ ανά τόνο τον Ιανουάριο του 2016 στα 300\$ τον Νοέμβριο του 2016 (προέλευσης Αυστραλίας) (25).



Πηγή: IMF Cross Country Macroeconomic Statistics

**Γράφημα 2-6:** Τιμή θερμικού άνθρακα Αυστραλίας

### 2.3. Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ

Η μεγάλη μεταβλητότητα στην τιμή των εμπορευμάτων την τελευταία δεκαπενταετία δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστες τις ηγέτιδες εταιρίες του κλάδου. Ο συγκεκριμένος

κλάδος λειτουργεί σε ένα ιδιαίτερα ασταθές περιβάλλον υψηλού ρίσκου. Οι 3 μεγαλύτερες εταιρίες του κλάδου, BHP Billiton, Rio Tinto και Vale επιχειρούν σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας (έρευνα, εξόρυξη, διανομή, πώληση) και συμμετέχουν συνολικά στο 60% της παραγωγής του δια θαλάσσης μεταφερόμενου σιδηρομεταλλεύματος, ενώ αντίστοιχο είναι και το μερίδιο στον άνθρακα.

Βασικότερος παράγοντας ρίσκου, ειδικά στο κομμάτι της εξόρυξης, είναι η αστάθεια της τιμής των εμπορευμάτων, καθώς τα projects τα οποία αποφασίζονται έχουν συνήθως διάρκεια μεγαλύτερη των 2 χρόνων μέχρι να ολοκληρωθούν. Συνέπεια αυτού είναι σε αρκετές περιπτώσεις το αρχικά εκτιμώμενο κέρδος να διαφέρει σημαντικά από το πραγματικό. Κοινό χαρακτηριστικό της πορείας των 3 εταιριών είναι η εκτόξευση της τιμής τους μέχρι τη χρηματοοικονομική κρίση του 2008 και την συνεπακόλουθη ύφεση, καθώς και η κατάρρευση που ακολούθησε μετά το 2011, όταν οι προσδοκίες για τη ζήτηση από την Κίνα αποδείχθηκαν υπερβολικές.



Πηγή: Nasdaq.com

### Γράφημα 2-7: Τιμή μετοχής BHP Billiton

Παράλληλα, σε αρκετές περιπτώσεις στο παρελθόν οι εταιρίες του κλάδου έχουν βρεθεί αντιμέτωπες με μηνύσεις ή δικαστικές κυρώσεις εξαιτίας είτε παραβίασης κανόνων προστασίας του περιβάλλοντος είτε λόγω ιδιαίτερης νομοθεσίας στις χώρες στις οποίες

πραγματοποιούνταν η επιχείρηση εξόρυξης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η κατάρρευση ενός φράγματος απορριμμάτων στο Ρίο Ντε Τζανέιρο το 2016 που κόστισε τη ζωή σε 19 ανθρώπους, προξενώντας παράλληλα μεγάλες περιβαλλοντολογικές ζημιές. Η βραζιλιάνικη κυβέρνηση ανέστειλε για 8 μήνες τις εργασίες εξόρυξης σιδηρομεταλλεύματος, επιβάλλοντας σκληρά πρόστιμα στις BHP και Vale που είχαν αναλάβει από κοινού την εκπλήρωσή του.

Η διαπραγμάτευση παραγώγων προϊόντων Iron Ore και Coal πραγματοποιείται στο Chicago Merchantile Exchange (CME), το μεγαλύτερο χρηματιστήριο παραγώγων του κόσμου. Το CME έχει δημιουργήσει συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης (futures) και δικαιώματα προαίρεσης (options) προκειμένου να είναι δυνατή η διαπραγμάτευση ενός εμπορεύματος με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Έτσι, π.χ. ο συναλλασσόμενος ενός συμβολαίου iron ore αγοράζει (ή πουλάει αντίστοιχα) ένα εμπόρευμα βάρους 500 τόνων με περιεκτικότητα 62% σε σίδηρο. Το σύνολο των συναλλαγών στο CME γίνονται ηλεκτρονικά, μέσω πλατφόρμας γεγονός που έχει αυξήσει κατακόρυφα τους όγκους συναλλαγών και έχει περιορίσει σημαντικά το bid-ask spread προς όφελος των επενδυτών.

Οι αγοραστές και πωλητές συμβολαίων futures μπορεί να είναι είτε εταιρίες που είναι ενεργές στην παραγωγή και πώληση του εμπορεύματος και θέλουν να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο από μελλοντική αύξηση ή πτώση της τιμής του υποκείμενου προϊόντος (hedgers), είτε κερδοσκόποι που επιδιώκουν να επωφεληθούν από τη μεταβολή της τιμής αυτού χωρίς να έχουν εμπλοκή στην πραγματική αγορά (speculators). Σε κάθε περίπτωση, η συμμετοχή και των δύο συμβάλλει στην αύξηση της ρευστότητας και στη δημιουργία των απαραίτητων συνθηκών για μια πιο αποτελεσματική αγορά (efficient market).

Τα βασικά εμπορεύματα που μεταφέρονται με φορτηγά πλοία χύδην ξηρού φορτίου είναι το σιδηρομετάλλευμα, ο άνθρακας και τα σιτηρά (major bulk commodities). Το σιδηρομετάλλευμα και ο άνθρακας που αναλύθηκαν εκτενώς σε αυτή την ενότητα είναι κατά κύριο λόγο τα φορτία που μεταφέρονται με πλοία τύπου Capesize Bulk Carriers. Το σιδηρομετάλλευμα, λόγω των ιδιοτήτων και των εφαρμογών του εκτιμάται ότι θα συνεχίσει να διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Οι τεχνολογικές καινοτομίες θα συνδράμουν στην καλύτερη αξιοποίηση και στην ευρεία ανακύκλωσή του. Όσον αφορά στον άνθρακα, γίνονται παγκοσμίως προσπάθειες μείωσης της χρήσης του και οι ανεπτυγμένες χώρες προσανατολίζονται σε ανανεώσιμες και μη ρυπογόνες μορφές πρωτογενής ενέργειας. Η σημασία του άνθρακα ως πηγή ενέργειας και ως πρώτη ύλη στην

παραγωγή χάλυβα εκτιμάται ότι θα διατηρηθεί καθώς υπάρχουν διαθέσιμα αποθέματα παγκοσμίως. Ο σημαντικότερος παράγοντας που θα επηρεάσει την πορεία του άνθρακα ως βασικό εμπόρευμα είναι η πορεία της Κίνας και το μελλοντικό ενεργειακό της μείγμα.

### 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των μελετών που πραγματεύονται διάφορες οικονομικές μοντελοποιήσεις με απώτερο σκοπό την πρόβλεψη των διαφόρων ναυλαγορών και τη μείωση του κινδύνου των εμπλεκομένων στον κλάδο της ποντοπόρου ναυτιλίας. Εκτός από τις διάφορες οικονομικές μοντελοποιήσεις, περιγράφονται και έρευνες που αφορούν στις σχέσεις των τιμών των ναύλων με άλλες οικονομικές μεταβλητές. Τέλος, συνοψίζονται μελέτες που χρησιμοποιούν την αιτιότητα κατά Granger για να επιλεγούν οι κατάλληλες μεταβλητές που εξηγούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο της πορεία των ναυλαγορών.

Ο Beenstock (1985) κατασκευάζει ένα θεωρητικό δυναμικό μοντέλο το οποίο βασίζεται στη γενική ισορροπία της αγοράς. Η προσέγγισή του, πέρα από τα ναύλα, εστιάζει στις τιμές των πλοίων ως κεφαλαιουχικά στοιχεία. Θεωρεί ότι η αγορά των ναύλων και η αγορά των πλοίων είναι αλληλένδετες γι' αυτό το λόγο τις εισάγει στο ίδιο μοντέλο για να προσδιορίσει τη γενική ισορροπία προσφοράς και ζήτησης. Το μοντέλο βασίζεται στις υποθέσεις των ορθολογικών προσδοκιών (Rational Expectations Hypothesis) και της αποτελεσματικότητας της αγοράς (Efficient Market Hypothesis). Το αναμενόμενο επίπεδο των τιμών είναι συνάρτηση των τρεχουσών τιμών, των προσδοκιών για το παγκόσμιο εμπόριο και άλλων εξωγενών μεταβλητών όπως οι τιμές του πετρελαίου.

Οι Beenstock και Vergottis (1989), εφαρμόζουν το παραπάνω θεωρητικό μοντέλο με τις υποθέσεις του, εμπειρικά στην παγκόσμια αγορά πλοίων χύδην ξηρού φορτίου χρησιμοποιώντας ετήσια στοιχεία της περιόδου 1950-1985. Υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο ένα συνολικό οικονομετρικό μοντέλο μέσω του οποίου οι τιμές των ναύλων, το δέσιμο των πλοίων (lay-up), οι τιμές των νεότευκτων πλοίων, οι τιμές των μεταχειρισμένων πλοίων και το μέγεθος του στόλου καθορίζονται δυναμικά από κοινού. Οι εξωγενείς μεταβλητές περιλαμβάνουν τα κόστη των πλοίων, τις τιμές scrap, τον παγκόσμιο πλούτο και τα επιτόκια. Στο μοντέλο αυτό, με την υπόθεση των ορθολογικών προσδοκιών, μπορούν να διαχωριστούν οι μεταβολές (shocks) σε αναμενόμενες και μη.

Ο K. Cullinane (1992) εφάρμοσε τη μέθοδο Box-Jenkins (μοντέλο ARIMA), για τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη των τιμών του δείκτη BFI. Λόγω του μικρού διαστήματος πρόβλεψης (1 έως 7 μέρες) πρότεινε το μοντέλο αυτό για κερδοσκοπικές στρατηγικές μέσω

του BIFFEX (Baltic International Freight Futures Exchange). Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοσειρές του δείκτη BFI (ημερήσιες τιμές) για τα έτη 1985, 1986, 1987 και 1988. Για την πρόβλεψη των τιμών του δείκτη για τον Ιανουάριο του 1989 χρησιμοποιήθηκε το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο του 1988 ως το καταλληλότερο. Η αξιοπιστία του μοντέλου εκτιμήθηκε με τους δείκτες MSS (Mean Sum of Squares of the residuals), MAD (Mean Absolute Deviation of the residuals), MAXAD (Maximum Absolute Deviation on the Residuals) και ένα τροποποιημένο συντελεστή ανισότητας Theil (U).

Οι Y. Chang και H.B. Chang (1996) δημιούργησαν ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης το οποίο χρησιμοποιεί τις τιμές του BIFFEX ως την ανεξάρτητη μεταβλητή και τις τιμές του δείκτη BFI ως την εξαρτημένη μεταβλητή. Για την ανάλυση δημιουργήθηκαν 24 εξισώσεις με διαφορετικές λήξεις των συμβολαίων της περιόδου Μάιος του 1985 έως Ιούνιος του 1993. Παρά το γεγονός ότι εκείνη την εποχή πολλοί πλοιοκτήτες δεν χρησιμοποιούσαν την αγορά παραγώγων για αντιστάθμιση κινδύνου στις μεταβολές των ναύλων, τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Συγκεκριμένα, ο BIFFEX προβλέπει κατά 90% τις τιμές του BFI ένα μήνα πριν έως και 23% έξι μήνες πριν την πραγματοποίηση.

Οι Li και Parsons (1997), διερεύνησαν κατά πόσο η χρησιμοποίηση νευρωνικών δικτύων μπορεί να παρέχει καλύτερες προβλέψεις των ναύλων των δεξαμενόπλοιων σε σχέση με τα γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης ARMA. Τα νευρωνικά δίκτυα «εκπαιδεύτηκαν» εισάγοντας τους μηνιαία στοιχεία για τις spot τιμές των ναύλων, την προσφορά και τη ζήτηση των tankers από το 1980 έως το 1993. Στη συνέχεια, εξετάστηκε η ακρίβεια των προβλέψεων των ναύλων για τους επόμενους 24 μήνες. Ένα μεγάλο ζήτημα στα νευρωνικά δίκτυα είναι πόσα στοιχεία πρέπει να εισαχθούν για την εκπαίδευσή τους. Τελικά, υιοθετήθηκε η ποσότητα των στοιχείων με το περιθώριο λάθους που ελαχιστοποιεί το προσαρμοσμένο μέσο του τετραγωνικού σφάλματος (ADAMSE). Με εξαίρεση τον πρώτο μήνα των προβλέψεων, υπάρχει μία σαφής υπεροχή των νευρωνικών δικτύων σε σχέση με τα γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης της ίδιας περιόδου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολύ σπάνια οι διάφορες οικονομικές δραστηριότητες και οι αλληλεπιδράσεις τους έχουν γραμμική σχέση. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των δικτύων είναι ότι μπορούν να λύσουν ένα πρόβλημα χωρίς να απαιτείται η κλασική μαθηματική απεικόνιση των σχέσεων, η οποία τις περισσότερες φορές είναι εξαιρετικά σύνθετη.

Οι Veenstra και Franses (1997), χρησιμοποιώντας τα μοντέλα VAR (Vector Autoregressive) και VEC (Vector Error Correction) προσπαθούν να προβλέψουν τις τιμές



των ναύλων για έξι θαλάσσιες διαδρομές σιδηρομεταλλεύματος και άνθρακα για πλοία τύπου Panamax και Capesize. Χρησιμοποίησαν στοιχεία της περιόδου Σεπτεμβρίου 1983 έως Αυγούστου 1993. Υποθέτοντας αποτελεσματικότητα της αγοράς (Market Efficiency Hypothesis), εισήγαγαν στο μοντέλο τους τις τιμές των ναύλων για τις έξι διαδρομές χωρίς να συμπεριλάβουν καμία άλλη μεταβλητή. Η φιλοσοφία πίσω από αυτό ήταν ότι σε μία αποτελεσματική αγορά οι τιμές των ναύλων περιλαμβάνουν όλη τη διαθέσιμη πληροφορία της αγοράς. Το μοντέλο τους όμως δεν κατάφερε να προβλέψει τις τιμές των ναύλων της επόμενης περιόδου. Η ερμηνεία που έδωσαν σε αυτό ήταν ότι οι ναύλοι διακρίνονται από στοχαστικότητα και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να προβλεφθούν. Επιπλέον, κατέληξαν ότι υπάρχουν κοινές τάσεις στις διακυμάνσεις των τιμών των ναύλων στις διάφορες θαλάσσιες διαδρομές.

Οι Veenstra και Haralambides (2001) επιχειρούν να προβλέψουν τις μελλοντικές εμπορικές ροές του σιδηρομεταλλεύματος, των σιτηρών, του άνθρακα και του πετρελαίου. Χρησιμοποίησαν ετήσια δεδομένα των μεταφερόμενων όγκων των παραπάνω εμπορευμάτων από το 1962 έως το 1995 για τις βασικότερες θαλάσσιες διαδρομές του κάθε εμπορεύματος. Συγκεκριμένα εφάρμοσαν το μοντέλο VAR στις βασικές θαλάσσιες διαδρομές των εμπορευμάτων παράγοντας μακροπρόθεσμες προβλέψεις με σχετικά μικρά σφάλματα υπολογισμένα μέσω του MSE (Mean Squared Error).

Ο Tvedt (2003) εξετάζει τη στασιμότητα του δείκτη BFI, των spot τιμών των ναύλων εκφρασμένα σε \$/ton και σε time charter equivalent καθώς και τις τιμές των νεότευκτων πλοίων και των μεταχειρισμένων για τα πλοία τύπου Capesize, Panamax και Handy. Ο τυχαίος περίπατος (Random Walk) ή η στασιμότητα των χρονοσειρών εξετάζεται με το επαυξημένο τεστ Dickey-Fuller. Οι τιμές των πλοίων και των ναύλων μετατρέπονται σε γιεν (JPY), καθώς υποστηρίζεται ότι η Ιαπωνία και γενικά η Ασία διαδραματίζουν μεγάλο ρόλο στο παγκόσμιο θαλάσσιο εμπόριο. Όλες οι χρονοσειρές βρέθηκαν στάσιμες, με μόνη εξαίρεση τα spot ναύλα των Capesize φορτηγών πλοίων τα οποία είναι λιγότερα από τα μικρότερα σε μέγεθος πλοία και επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις. Τέλος ο Tvedt καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα κλασσικά υποδείγματα της αγοράς των πλοίων που υποθέτουν στασιμότητα είναι έγκυρα και ότι η μετατροπή των τιμών σε γιεν είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική των ναυτιλιακών αγορών.

Ο Kavussanos και Nomikos (2003) εξετάζουν την επιρροή των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης ναύλων (freight futures) που διαπραγματεύονταν στο BIFFEX

(Baltic International Freight Futures Exchange) μέχρι τον Απρίλιο 2002, στην τιμή του δείκτη BFI (Baltic Freight Index). Το χαρακτηριστικό αυτών των συμβολαίων σε σχέση με άλλα futures είναι ότι ο υποκείμενο τίτλος είναι υπηρεσία και δεν μπορεί να αποθηκευτεί. Παράλληλα, εξετάζουν τους λόγους που οδήγησαν στη διακοπή του συμβολαίου του BIFFEX εν όψει έλλειψης ρευστότητας. Τα στοιχεία μελέτης αποτελούνται από τις ημερήσιες τιμές των ναύλων και των futures από την περίοδο 01/08/88-31/12/97. Τα στοιχεία της περιόδου 01/01/98-30/04/98 χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ικανότητας πρόβλεψης του VECM μοντέλου.

Οι χρονοσειρές, έπειτα από διάφορους ελέγχους μοναδιαίας ρίζας (ADF, KPSS, PP) βρέθηκαν στάσιμες πρώτης τάξης. Στη συνέχεια, οι μεταβλητές εξετάστηκαν για την αιτιότητα κατά Granger και διεξήχθη ανάλυση IR (Impulse Response Analysis). Τα ευρήματα δείχνουν αιτιώδη σχέση κυρίως από τη αγορά futures προς την spot αγορά καθώς και ότι οι τιμές των futures ενσωματώνουν τη νέα πληροφόρηση γρηγορότερα από την spot αγορά. Επιπλέον, η αγορά των ναύλων φαίνεται να κινείται αργότερα από την αγορά των futures στην μακροχρόνια ισορροπία. Τέλος, οι τιμές των ΣΜΕ έχουν προβλεπτική ικανότητα σε σχέση με την αγορά των ναύλων και οι λόγοι της διακοπής τους αφορούν την αδυναμία τους για επαρκή αντιστάθμιση κινδύνου σε σχέση με τις τιμές των ναύλων για συγκεκριμένες θαλάσσιες διαδρομές.

Ο Kavussanos και Visvikis (2004) εξετάζουν την επιρροή των προθεσμιακών συμβολαίων ναύλων (Forward Freight Agreements-FFA) στην αντίστοιχη αγορά των ναύλων και το αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο πρόβλεψης των τιμών της. Χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια στοιχεία της αγοράς των ναύλων και των FFAs για πλοία τύπου Panamax. Για τις διαδρομές του Ατλαντικού η περίοδος που εξετάστηκε ήταν από 16/01/97 έως 31/7/00 και για τις διαδρομές του Ειρηνικού από 16/01/97 έως 30/04/01. Αρχικά, εξετάζουν τις χρονοσειρές για συνολοκλήρωση και ύπαρξη αιτιωδών στοιχείων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Johansen και τον έλεγχο αιτιότητας κατά Granger αντίστοιχα. Οι τιμές των ναύλων και των FFAs σε όλες τις διαδρομές βρέθηκαν συνολοκληρωμένες. Χρησιμοποιώντας ένα VECM-SURE μοντέλο τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει αιτιώδη σχέση μεταξύ των τιμών των ναύλων και των παραγώγων αμφίδρομα. Ωστόσο, τα FFAs τείνουν να εμφανίζουν γρηγορότερα την νέα πληροφόρηση στις τιμές τους σε σχέση με τα ναύλα λόγω των μικρότερων περιορισμών για να εισέλθει κάποιος στην αγορά αυτή σε σχέση με τη spot. Τα αποτελέσματα σχετικά με την εξάπλωση

της μεταβλητότητας (volatility spillover effect) μεταξύ των αγορών spot και FFAs δείχνουν ισχυρή παρουσία στην περίπτωση των διαδρομών του Ειρηνικού αλλά όχι του Ατλαντικού.

Οι Batchelor Alizadeh, and Visvikis (2007) εξετάζουν αν οι τιμές των ναύλων και των FFAs μπορούν να προβλέψουν τις από κοινού μελλοντικές τους τιμές. Οι εξεταζόμενες περίοδοι είναι 01/07/98-31/07/2000 για τις διαδρομές του Ατλαντικού και 01/07/98-30/04/01 για τις διαδρομές του Ειρηνικού. Χρησιμοποιώντας το δείκτη RMSE (Root Mean Square Error Metric) εξετάζουν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων μοντέλων (VAR, VECM, S-VECM, ARIMA, και Random Walk) ως προς την προβλεπτική τους ικανότητα. Τα μοντέλα VECM και S-VECM είναι αποτελεσματικότερα σε σχέση με το VAR για τη πρόβλεψη της spot αγοράς αλλά όχι της αγοράς των futures. Τέλος, οι μεγαλύτερες βελτιώσεις πρόβλεψης υπάρχουν στη χρήση του μοντέλου VAR σε σχέση με το μονομεταβλητό ARIMA.

Οι Yu, Bessler και Fuller (2007) εξετάζουν τη σχέση της αγοράς των αμερικανικών σιτηρών με τα μεταφορικά τους κόστη (σιδηροδρομικά και θαλάσσια). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται η ανάλυση συνολοκλήρωσης και ένας μηχανισμός γραφικής μοντελοποίησης (Directed acyclic graphs-DAGs) για να εξεταστούν οι βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες σχέσεις μεταξύ των τιμών των σιτηρών στις περιοχές παραγωγής, σε συγκεκριμένες αγορές καθώς και των μεταφορικών εξόδων. Τα στοιχεία της ανάλυσης αφορούν την περίοδο Ιανουάριος 1990 με Δεκέμβριος 2002 σε μηνιαίες τιμές. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν σημαντικές μακροχρόνιες τάσεις στις τιμές των χρονοσειρών. Ειδικότερα, η μεταβλητότητα στις τιμές των ναύλων έχει σημαντική επίδραση στην αγορά του εγχώριου καλαμποκιού Αμερικής.

Ο Jing, Marlow και Hui (2008) μελέτησαν την μεταβλητότητα των ναύλων στα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρών φορτιών χρησιμοποιώντας τις τιμές των δεικτών BCI, BPI και JEHSI. Η περίοδος εξέτασης αποτελείται από τις ημερήσιες τιμές των δεικτών από 01/03/99-23/12/05 και χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβλητότητα των αγορών. Οι χρονοσειρές των δεικτών εξετάζονται με την εφαρμογή των μοντέλων GARCH και EGARCH. Οι χρονοσειρές των αποδόσεων των δεικτών βρέθηκαν στάσιμες και μη κανονικές. Τα αποτελέσματά της έρευνας δείχνουν ότι η αγορά των ναύλων των χύδην ξηρών φορτιών έχει γίνει περισσότερο περίπλοκη τα τελευταία χρόνια και η τάση των τριών αυτών αγορών είναι δύσκολο να προβλεφθεί. Το μικρότερο ρίσκο βρίσκεται στην αγορά των Handysize πλοίων και το μεγαλύτερο στην αγορά των Capesize. Αυτό οφείλεται στην ευελιξία και στο εύρος των φορτιών που χαρακτηρίζει την αγορά των Handysize σε αντίθεση με την αγορά των Capesize.

Οι Poulakidas και Joutz (2009) εξετάζουν τον τρόπο που οι αλλαγές των τιμών του πετρελαίου επηρεάζουν τις τιμές των ναύλων των δεξαμενοπλοίων. Το εξεταζόμενο δείγμα αποτελείται από τις εβδομαδιαίες τιμές των BDTI (Baltic Dirty Tanker Index) για τα δεξαμενόπλοια μεγέθους 260.000 mt, του πετρελαίου WTI (West Texas Intermediate), των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης του NYMEX και των αποθεμάτων του πετρελαίου. Η περίοδος εξέτασης αποτελείται από το 1998 έως τις αρχές του 2006. Οι χρονοσειρές εξετάστηκαν για ενδεχόμενες τάσεις, στασιμότητα και τάξη ολοκλήρωσης. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε ένα μοντέλο VAR για να προσδιοριστούν οι κατάλληλες χρονικές υστερήσεις (lag length) του συστήματος και πιθανές σχέσεις συνολοκλήρωσης και αιτιότητας κατά Granger μεταξύ των σειρών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ισχυρές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ της τιμής του πετρελαίου και των άλλων μεταβλητών. Υπάρχει θετική σχέση μεταξύ του spread (μεταξύ τιμών ΣΜΕ και spot του πετρελαίου) και τις τιμές των ναύλων. Επιπλέον, παρατηρείται ότι υπάρχει μία αντίστροφη σχέση μεταξύ των αποθεμάτων πετρελαίου και των τιμών των ναύλων.

Οι Alizadeh και Talley (2011) εστιάζουν την έρευνά τους στους μικροοικονομικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των ναύλων των πλοίων μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου. Συγκεκριμένα, εξετάζουν την επίδραση της περιόδου laycan της ναύλωσης, της θαλάσσιας διαδρομής, της χωρητικότητας και της ηλικίας του πλοίου στους ναύλους. Εφαρμόστηκε ένα σύστημα ταυτόχρονων εξισώσεων για την περίοδο Ιανουάριος 2006 έως Απρίλιος 2009 για τα φορτηγά πλοία τύπου Panamax και Capesize. Συμπεράναν ότι οι ναύλοι των πλοίων συνδέονται θετικά με το μήκος της περιόδου laycan και τη χωρητικότητα του πλοίου. Επιπλέον, υπάρχει μία ταυτόχρονη σχέση ανάμεσα στα ναύλα και στην περίοδο laycan η οποία αλλάζει ανάλογα τη διαδρομή. Οι περίοδοι laycan αλλάζουν άμεσα σε συνάρτηση με τα ναύλα και έμμεσα σε συνάρτηση με τη μεταβλητότητα των ναύλων. Τέλος, οι περίοδοι laycan στις ναυλώσεις ανά ταξίδι συνδέονται αρνητικά με την ηλικία του πλοίου.

Μία άλλη έρευνα που εστιάζει στη σχέση της τιμής του πετρελαίου με την αγορά των δεξαμενοπλοίων είναι των Shi, Yang και Li (2013). Εξετάζουν, την παραγωγή του αργού πετρελαίου, τον μέσο όρο των τιμών του πετρελαίου Brent και WTI και τον δείκτη BDTI με μηνιαία στοιχεία της περιόδου Ιανουάριος 2002 έως Δεκέμβριος 2011. Χρησιμοποιούν ένα μοντέλο SVAR (Structural Autoregressive Model) για να εφαρμόσουν τη μέθοδο των Kilian και Park για τη δομική αποσύνθεση των μεταβολών της τιμής του πετρελαίου. Διαχωρίζουν τις αιφνίδιες μεταβολές της τιμής του πετρελαίου σε αυτές που σχετίζονται με την προσφορά του πετρελαίου και σε αυτές που οφείλονται σε άλλους παράγοντες. Τα αποτελέσματά τους

δείχνουν ότι οι αιφνίδιες μεταβολές που σχετίζονται με την προσφορά έχουν επίδραση στην αγορά των δεξαμενοπλοίων σε αντίθεση με τις άλλες. Ωστόσο, την μεγαλύτερη συσσωρευτική επίδραση στην αγορά των δεξαμενοπλοίων έχουν άλλοι παράγοντες που δεν σχετίζονται με τη τιμή του πετρελαίου. Τα αποτελέσματα της Impulse Response ανάλυσης δείχνουν διαφορετική αντίδραση του BDI στις αιφνίδιες μεταβολές των τιμών του πετρελαίου με κάποια χρονική υστέρηση, καθώς οι υψηλότερες ή χαμηλότερες τιμές του πετρελαίου ενσωματώνονται στις νέες συμφωνίες ναύλωσης για να αντισταθμίσουν την αλλαγή στα λειτουργικά κόστη του πλοίου.

Οι Lyridis, Manos και Zacharioudakis (2014) εξετάζουν κατά πόσο οι μακροοικονομικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την αγορά των ναύλων χύδην ξηρών φορτίων πλέον των μικροοικονομικών μεταβλητών. Εφαρμόζοντας ANN (Artificial Neural Networks) προσπαθούν να προβλέψουν τον δείκτη BDI χρησιμοποιώντας στοιχεία από το 1991 έως το 2011 για δεκαεννέα μακροοικονομικούς παράγοντες και τέσσερις δείκτες. Το μοντέλο εξετάζει κατά πόσο θα μπορούσε τον Ιούνιο του 2008 να προβλεφθεί ο BDI 2,4,6,8 και 10 μήνες αργότερα. Τα αποτελέσματα του μοντέλου ήταν ενθαρρυντικά καθώς οι προβλέψεις, χρησιμοποιώντας αυτές τις μακροοικονομικές μεταβλητές, ήταν καλύτερες σε σχέση με τα υπάρχοντα μοντέλα πρόβλεψης.

Οι Batrinca and Cojanu (2014) εξετάζουν την επίδραση της προσφοράς και της ζήτησης των χύδην ξηρών εμπορευμάτων και του παγκόσμιου ΑΕΠ στον δείκτη BDI, ο οποίος θεωρείται βαρόμετρο της ναυτιλίας χύδην ξηρών φορτίων. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε μία πολλαπλή παλινδρόμηση με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Η ανάλυση βασίστηκε στα ετήσια στοιχεία της περιόδου 1985 έως 2012 των παραπάνω μεταβλητών. Εξετάστηκε η στασιμότητα των χρονοσειρών και τα κατάλοιπα του μοντέλου για κανονικότητα, αυτοσυσχέτιση και ομοσκεδαστικότητα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι υπάρχει θετική σχέση μεταξύ του παγκόσμιου ΑΕΠ και την ζήτησης με τον δείκτη BDI και μία αρνητική σχέση της προσφοράς με τον δείκτη.

Οι Kavussanos, Visvikis και Dimitrakopoulos (2014) εξετάζουν την επιρροή των παραγώγων βασικών εμπορευμάτων στα παράγωγα των ναύλων των πλοίων που τα μεταφέρουν. Χρησιμοποιούνται οι ημερήσιες τιμές της περιόδου Μάιος 2006 έως Οκτώβριος 2009 των BFA (Baltic Forward Assessments) και των ΣΜΕ του άνθρακα, του καλαμποκιού, του σιταριού και της σόγιας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι γενικά τα ΣΜΕ των εμπορευμάτων οδηγούν τις τιμές των FFAs στις αποδόσεις και τη μεταβλητότητά τους. Όσον

αφορά στις αποδόσεις των αγορών των Panamax και Supramax βρέθηκαν επιρροές από την αγορά των παραγώγων των εμπορευμάτων προς τα παράγωγα των ναύλων. Το ίδιο δεν ισχύει στη περίπτωση των παραγώγων του άνθρακα και της αγοράς των Capesize.

Οι Geomelos και Xideas (2014) παράγουν προβλέψεις της spot αγοράς των ναύλων πλοίων χύδην ξηρού φορτίου και δεξαμενοπλοίων. Χρησιμοποιούν μονομεταβλητά και πολυμεταβλητά μοντέλα (ARIMA, GARCH, E-GARCH, VAR και VECM). Τα στοιχεία της ανάλυσης είναι μηνιαία από τον Ιανουάριο του 1970 έως το Φεβρουάριο του 2011. Γίνεται κατηγοριοποίηση των πλοίων ανάλογα τη φύση του φορτίου και του μεγέθους του πλοίου σε 8 κατηγορίες. Οι ενδογενείς μεταβλητές είναι τα ναύλα των ναυλώσεων κατά ταξίδι και των χρονοναυλώσεων, οι τιμές των 5ετών μεταχειρισμένων πλοίων, η χωρητικότητα του στόλου, οι τιμές των νεότευκτων πλοίων και οι τιμή του scrap. Οι εξωγενείς μεταβλητές είναι το παγκόσμιο ΑΕΠ και το θαλάσσιο εμπόριο. Στα bulk carriers το μοντέλο που παρέχει τα καλύτερα αποτελέσματα είναι το VECM. Τελικά, ο μέσος όρος των προβλέψεων όλων των μοντέλων μαζί παρέχει τις καλύτερες προβλέψεις σε σχέση με το κάθε μοντέλο ξεχωριστά για όλους τους τύπους πλοίων εκτός από τα Handysize.

Οι Tsioumas και Papadimitriou (2014) ερευνούν τον τρόπο που επηρεάζει η κινεζική παραγωγή χάλυβα ολόκληρη την αγορά των πλοίων χύδην ξηρού φορτίου. Χρησιμοποιούν τις τιμές των ναύλων κατά ταξίδι και των χρονοναυλώσεων για τα τέσσερα είδη φορτηγών πλοίων (Handysize, Supramax-Ultramax, Panamax-PostPanamax και Capesize) καθώς και την παραγωγή χάλυβα της Κίνας για την περίοδο Ιανουάριος 1999 έως Ιούλιος 2014. Εξετάζουν την αιτιότητα κατά Granger βασιζόμενη σε ένα μοντέλο VAR και εφαρμόζουν ανάλυση Impulse Response. Τα αποτελέσματα δείχνουν την ύπαρξη αιτιώδους σχέσης μεταξύ της παραγωγής χάλυβα της Κίνας και των ναύλων. Συγκεκριμένα, αυτή η σχέση είναι αμφίδρομη σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από τα πλοία τύπου Panamax και την spot αγορά των Handysize. Επιπλέον, βάσει της ανάλυσης Impulse Response αποδεικνύεται ότι τα ναύλα των μεγαλύτερων πλοίων επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις αλλαγές στην παραγωγή χάλυβα της Κίνας.

Τέλος, οι Tsioumas, Papadimitriou, Smirlis και Zahran (2017), εφαρμόζουν ένα μοντέλο VARX το οποίο συγκρίνουν ως προς την αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης με ένα μοντέλο ARIMA. Χρησιμοποιούνται μηνιαία στοιχεία της περιόδου Νοεμβρίου 1999 έως Ιουλίου 2014. Οι ενδογενείς μεταβλητές του μοντέλου είναι η κινεζική παραγωγή χάλυβα και η ανάπτυξη του στόλου των bulk carriers. Η εξωγενής μεταβλητή που χρησιμοποιείται στο

μοντέλο είναι ο νέος δείκτης DBECI (Dry Bulk Economic Climate Index). Ο δείκτης αυτός αποτελείται από τους εξής υπό-δείκτες: την κατασκευή νέων κατοικιών στις Η.Π.Α., τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD και JPY/USD, την τιμή του πετρελαίου Brent, το βασικό επιτόκιο της Αμερικανικής Κεντρικής Τράπεζας, την συνολική πίστωση των καταναλωτών των Η.Π.Α. (Consumer Credit Outstanding- US), τον δείκτη της παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής και μεταποίησης και τον δείκτη αποθεμάτων των Η.Π.Α. (Trade Inventories-US). Τα μοντέλα VARX και ARIMA προσδιορίζονται επαρκώς μέσω μίας σειράς από τεστ. Στη συνέχεια, οι προβλέψεις των δύο μοντέλων συγκρίνονται με τη βοήθεια των RMSE και MAE δεικτών. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν μία σημαντική υπεροχή του μοντέλου VARX έναντι του ARIMA για την πρόβλεψη του δείκτη BDI, γεγονός που οφείλεται κατά την άποψη των συγγραφέων στην αποτελεσματικότητα του δείκτη DBECI.

Οι παραπάνω μελέτες αποτελούν διαφορετικές προσεγγίσεις στην προσπάθεια πρόβλεψης της πορείας των διαφόρων ναυλαγορών. Εξετάζονται ποικίλα μοντέλα με διάφορες μικροοικονομικές και μακροοικονομικές μεταβλητές και πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ της αποτελεσματικότητά τους στην πρόβλεψη των τιμών των ναύλων. Ένα μεγάλο μέρος των ερευνών αυτών εφαρμόζει την αιτιότητα κατά Granger για να αποδείξει την αιτιώδη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών.

Ιδιαίτερη έμφαση αξίζει να δοθεί στις μελέτες που επιχειρούν να ανιχνεύσουν τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των τιμών των φορτίων των πλοίων και της αντίστοιχης αγοράς των ναύλων. Η εύρεση σχέσης αιτιότητας ανάμεσα στο πετρέλαιο και την αγορά των δεξαμενοπλοίων και ανάμεσα στα παράγωγα των εμπορευμάτων που μεταφέρονται με πλοία χύδην ξηρού φορτίου και την αγορά των παραγώγων των αντίστοιχων ναύλων, μας ωθεί να εξετάσουμε στις επόμενες ενότητες την αντίστοιχη σχέση ανάμεσα στις τιμές των φορτίων των Cape (σιδηρομετάλλευμα και άνθρακας) με την αγορά των ναύλων των αντίστοιχων πλοίων.

## 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο και τα στάδια επεξεργασίας των χρονοσειρών που κρίνονται απαραίτητα για να εξεταστεί με αξιοπιστία η αιτιότητα κατά Granger ανάμεσα στις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα και στα ναύλα των Capesize Bulk Carriers. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η περίοδος ανάλυσης, ο ορισμός των μεταβλητών που θα εξεταστούν και οι πηγές τους.

### 4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στην υποενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι έννοιες των εργαλείων που θα χρησιμοποιήσουμε για την οικονομετρική ανάλυση και τη διερεύνηση της αιτιότητας κατά Granger μεταξύ των χρονοσειρών των τιμών των εμπορευμάτων και των ναύλων. Αναλυτικότερα, αναφέρονται παρακάτω οι έννοιες της στασιμότητας των χρονοσειρών, ο επαυξημένος έλεγχος των Dickey και Fuller, ο έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen, η αιτιότητα κατά Granger, η διευρυμένη αιτιότητα κατά Granger των Toda -Yamamoto και η ανάλυση της συσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών.

#### 4.1.1. ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Με τον όρο χρονοσειρά νοείται μία ακολουθία  $\{x_t: t= 0,1, 2,\dots\}$ , όπου κάθε  $x_t$  εκφράζει την κατά την χρονική στιγμή κατάσταση ενός συστήματος το οποίο εξελίσσεται στο χρόνο κατά τυχαίο εν γένει τρόπο (stochastic system).

Μία χρονοσειρά  $\{X_t: t \in T\}$  ονομάζεται αυστηρά στάσιμη όταν  $\forall n \in N, t_i \in T$  ( $i = 1,2, \dots, n$ ) και  $h \in T$  ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$(X_{t_1}, \dots, X_{t_n}) \sim (X_{t_1+h}, \dots, X_{t_n+h})$$

Ως συνέπεια του ορισμού, για μία αυστηρά στάσιμη χρονοσειρά  $\{X_t: t \in T\}$  έχουμε:

$$E[X_t] = \mu, \quad t \in T$$

$$Cov(X_t, X_{t+h}) = \gamma(h), \quad t, h \in T$$

$$V[X_t] = \sigma^2 = \gamma(0) \geq |\gamma(h)| \quad \forall h \in T$$



Μία χρονοσειρά  $\{X_t: t \in T\}$  ονομάζεται ασθενώς στάσιμη ή απλά στάσιμη όταν έχει πεπερασμένη διασπορά και ικανοποιούνται οι 2 πρώτες από τις παραπάνω συνθήκες.

#### 4.1.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Ο έλεγχος της στασιμότητας των χρονοσειρών είναι πολύ σημαντικός καθώς η μη στασιμότητα μίας χρονοσειράς επηρεάζει της «συμπεριφορά» της και δημιουργεί προβλήματα και λανθασμένα συμπεράσματα σχετικά με τις σχέσεις των μεταβλητών. Η στασιμότητα των χρονοσειρών ελέγχεται μέσω της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας σε ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο. Στην ανάλυσή μας, εξετάζουμε την στασιμότητα των χρονοσειρών μέσω του επαυξημένου ελέγχου των Dickey και Fuller.

Θεωρούμε το παρακάτω απλό αυτοπαλίνδρομο μοντέλο

$$y_t = \rho y_{t-1} + x_t' d + \varepsilon_t$$

όπου  $x_t$  είναι μία προαιρετική εξωγενής παλινδρόμηση που μπορεί να αποτελεί σταθερά ή σταθερά και τάση,  $\rho$  και  $d$  είναι παράμετροι προς εκτίμηση και  $\varepsilon_t$  είναι ο όρος σφάλματος (λευκός θόρυβος).

Αν  $|\rho| \geq 1$ , η  $y$  είναι μία μη στάσιμη χρονοσειρά και η διακύμανση του  $y$  αυξάνεται με τον χρόνο και φτάνει το άπειρο.

Αν  $|\rho| \leq 1$ , η  $y$  είναι μία στάσιμη τάσης χρονοσειρά

Άρα, η υπόθεση της στασιμότητας μίας χρονοσειράς μπορεί να εκτιμηθεί εξετάζοντας αν η απόλυτη τιμή του  $\rho$  είναι μικρότερη ή ίση του μηδενός.

Ο απλός έλεγχος των Dickey - Fuller διεξάγεται αφαιρώντας και από τα δύο μέλη της παραπάνω εξίσωσης τον όρο  $y_{t-1}$ , οπότε έχουμε την παρακάτω εξίσωση:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' d + \varepsilon_t, \text{ όπου } \alpha = \rho - 1$$

Η μηδενική και εναλλακτική υπόθεση μπορούν να γραφτούν ως εξής:

$$H_0: \alpha = 0$$

$$H_1: \alpha < 0$$

και αξιολογούνται από τη  $t$  αναλογία (t-ratio) για το  $\alpha$ , δηλαδή:

$$t_\alpha = \frac{\hat{\alpha}}{se(\hat{\alpha})}$$

όπου  $\hat{\alpha}$  είναι η εκτίμηση του  $\alpha$  και  $se(\hat{\alpha})$  είναι ο συντελεστής του τυπικού σφάλματος.

Οι Dickey και Fuller έδειξαν ότι υπό την μηδενική υπόθεση της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας η  $t$  αναλογία δεν ακολουθεί την τυπική Student's  $t$  κατανομή και έτσι παράγονται ασυμπτωτικά αποτελέσματα τα οποία προσομοιώνουν τις κρίσιμες τιμές για διάφορους ελέγχους και δειγματικά μεγέθη. Ο απλός έλεγχος των Dickey και Fuller ισχύει μόνο όταν οι χρονοσειρές είναι αυτοπαλίνδρομες πρώτης τάξης (AR(1)). Αν οι σειρές συσχετίζονται σε μεγαλύτερες τάξεις χρονικών υστερήσεων τότε η υπόθεση του λευκού θορύβου  $\varepsilon_t$  παραβιάζεται.

Ο επαυξημένος έλεγχος των Dickey – Fuller κατασκευάζει μία παραμετρική διόρθωση για συσχετίσεις μεγαλύτερης τάξης υποθέτοντας ότι οι χρονοσειρές  $y$  ακολουθούν αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης  $k$  (AR(k)) και προσθέτουν όρους διαφοράς  $k$  χρονικών υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής  $y$  στην δεξιά πλευρά της εξίσωσης παλινδρόμησης, η οποία διαμορφώνεται ως εξής:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' d + b_1 \Delta y_{t-1} + b_2 \Delta y_{t-2} + \dots + b_k \Delta y_{t-k} + u_t$$

Έτσι ελέγχεται η προαναφερθείσα μηδενική υπόθεση χρησιμοποιώντας το t-ratio. Με αυτόν τον τρόπο η ασυμπτωτική κατανομή της  $t$  – σχέσης για το  $\alpha$  είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό των  $k$  χρονικών υστερήσεων των πρώτων διαφορών που περιλαμβάνονται στην παλινδρόμηση.

#### 4.1.3. ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (VAR)

Το διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο μοντέλο VAR είναι μία γενίκευση του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου (AR) σε πολυμεταβλητή χρονοσειρά  $\mathbf{x}_t = [x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}]'$  με  $t=1,2,\dots,N$ . Το μοντέλο VAR ορίζεται ως:

$$\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_t + \mathbf{A}_2 \mathbf{x}_{t-1} + \dots + \mathbf{A}_k \mathbf{x}_{t-k+1} + \mathbf{e}_t = \mathbf{a}_0 + \mathbf{A}(B) \mathbf{x}_t + \mathbf{e}_t$$

όπου  $\mathbf{a}_0$  είναι το διάνυσμα των σταθερών όρων και  $A(B) = A_1 + A_2B + \dots + A_k B^{k-1}$  είναι πολώνυμο πινάκων τάξης  $k-1$  του τελεστή υστέρησης  $B$  και  $\mathbf{e}_t$  το διάνυσμα του λευκού θορύβου.

#### 4.1.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης των χρονοσειρών στην ανάλυση του κεφαλαίου 5 γίνεται με τη μέθοδο του Johansen όπως περιγράφεται παρακάτω.

Θεωρούμε ένα VAR μοντέλο τάξης  $p$ :

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B x_t + \epsilon_t$$

όπου  $y_t$  είναι ένα διάνυσμα τάξης  $k$  μη στάσιμων μεταβλητών  $I(1)$ ,  $x_t$  είναι ένα διάνυσμα τάξης  $d$  ντετερμινιστικών μεταβλητών και  $\epsilon_t$  είναι το διάνυσμα των όρων σφάλματος. Μπορούμε να αναδιατυπώσουμε το VAR μοντέλο ως εξής:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + B x_t + \epsilon_t$$

όπου

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I, \quad \Gamma_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$$

Το θεώρημα του Granger αναφέρει ότι αν η μήτρα των συντελεστών  $\Pi$  έχει μειωμένο βαθμό  $r < k$ , τότε υπάρχουν  $\alpha$  και  $\beta$  μήτρες  $k \times r$ , η καθεμία με βαθμό  $r$  τέτοιες ώστε  $\Pi = \alpha \beta'$  και  $\beta' y_t$  είναι  $I(0)$ .  $r$  είναι ο αριθμός των συνολοκληρωμένων σχέσεων και κάθε στήλη του  $\beta$  είναι το συνολοκληρωμένο διάνυσμα. Η μέθοδος του Johansen είναι ο υπολογισμός της μήτρας  $\Pi$  από ένα μη περιορισμένο μοντέλο VAR και ο έλεγχος της απόρριψης των περιορισμών από τη μειωμένο βαθμό του  $\Pi$ .

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης του Johansen περιλαμβάνει δύο τύπους ελέγχων, τον έλεγχο ίχνους και τον έλεγχο μέγιστης ιδιοτιμής.

Ο έλεγχος ίχνους εξετάζει την μηδενική υπόθεση της ύπαρξης  $r$  διανυσμάτων συνολοκλήρωσης έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $k$  διανυσμάτων ολοκλήρωσης, όπου  $k$  είναι ο αριθμός των ενδογενών μεταβλητών, για  $r=0,1,\dots,k-1$ . Η εναλλακτική υπόθεση των  $k$  διανυσμάτων ολοκλήρωσης αντιστοιχεί στην περίπτωση όπου καμία από τις χρονοσειρές δεν έχει μοναδιαία ρίζα και ένα στάσιμο μοντέλο VAR μπορεί να προσδιοριστεί στα επίπεδα όλων των χρονοσειρών. Ο έλεγχος ίχνους για τη μηδενική υπόθεση των  $r$  συνολοκληρωμένων διανυσμάτων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$LR_{tr}(r|k) = -T \sum_{i=r+1}^k \log(1 - \lambda_i)$$

όπου  $\lambda_i$  είναι η  $i$ -οστή μεγαλύτερη ιδιοτιμή της μήτρας  $\Pi$ .

Ο δεύτερος έλεγχος αφορά τη μέγιστη ιδιοτιμή ο οποίος εξετάζει τη μηδενική υπόθεση των  $r$  διανυσμάτων συνολοκλήρωσης, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης των  $r+1$  διανυσμάτων συνολοκλήρωσης. Η σχέση υπολογισμού είναι η παρακάτω.

$$LR_{max}(r|r+1) = -T \log(1 - \lambda_{r+1}) = LR_{tr}(r|k) - LR_{tr}(r+1|k)$$

για  $r=0,1,\dots,k-1$

#### 4.1.5. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER (GRANGER CAUSALITY)

Έστω ότι έχουμε 2 μεταβλητές (χρονοσειρές)  $X$  και  $Y$ . Μπορούμε να πούμε ότι η  $X$  αιτιάζει τη μεταβλητή  $Y$ , αν η  $Y$  μπορεί να προβλεφθεί καλύτερα χρησιμοποιώντας τις παρελθούσες τιμές της  $X$  και της  $Y$  από το να χρησιμοποιούνταν μόνο οι παρελθούσες τιμές της  $Y$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι η αιτιότητα κατά Granger δεν υπαινίσσεται ότι η  $X$  είναι το αίτιο και η  $Y$  το αποτέλεσμα με την ευρεία έννοια του όρου.

Μπορούμε να ελέγξουμε για την απουσία αιτιότητας ανάμεσα σε 2 μεταβλητές υπολογίζοντας το παρακάτω VAR μοντέλο:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + b_1 X_{t-1} + \dots + b_p X_{t-p} + \epsilon_t$$

$$X_t = c_0 + c_1 X_{t-1} + \dots + c_p X_{t-p} + d_1 Y_{t-1} + \dots + d_p Y_{t-p} + u_t$$

Στη συνέχεια εξετάζουμε την μηδενική υπόθεση  $H_0: b_1 = b_2 = \dots = b_p = 0$ , έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_A$ : δεν ισχύει η  $H_0$ . Αυτός είναι ο έλεγχος ότι η  $X$  δεν αιτιάζει την  $Y$ .

Ομοίως, εξετάζουμε την μηδενική υπόθεση  $H_0: d_1 = d_2 = \dots = d_p = 0$  έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_A$ : δεν ισχύει η  $H_0$ . Αυτός είναι ο έλεγχος ότι η  $Y$  δεν αιτιάζει την  $X$ . Η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σε καθεμία από τις περιπτώσεις υπαινίσσεται την ύπαρξη αιτιότητας κατά Granger.

Υποθέτοντας ότι οι μεταβλητές  $Y$  και  $X$  είναι στάσιμες συνδιακύμανσης με αμετάβλητη μέση τιμή και διασπορά, το μέγεθος της αλληλεπίδρασης μεταξύ των 2 μεταβλητών μπορεί να μετρηθεί από τον λογάριθμο του λόγου των διακυμάνσεων των σφαλμάτων πρόβλεψης της περιορισμένης προς τη μη περιορισμένη εξίσωση. Όπου περιορισμένη εξίσωση είναι αυτή που οι συντελεστές της δεύτερης μεταβλητής είναι ίσοι με μηδέν. Αν ο λογάριθμος του λόγου αυτού είναι μεγαλύτερος του μηδενός τότε υπάρχει αιτιότητα κατά Granger.

#### 4.1.6. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ TODA-YAMAMOTO(1995)

Ο κλασικός έλεγχος της αιτιότητας κατά Granger, προϋποθέτει οι μεταβλητές προς εξέταση να είναι στάσιμες. Όμως, οι περισσότερες οικονομικές μεταβλητές είναι μη στάσιμες στα επίπεδα των τιμών, αλλά στάσιμες στις πρώτες ή δεύτερες διαφορές των τιμών τους, δηλαδή ολοκληρωμένες 1<sup>ης</sup> ή 2<sup>ης</sup> τάξης. Η εναλλακτική προσέγγιση από τους Toda και Yamamoto (1995) εξετάζει την αιτιότητα κατά Granger ανεξάρτητα από την τάξη ολοκλήρωσης των μεταβλητών και από το εάν υπάρχουν συνολοκληρωμένες σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών αρκεί η μέγιστη τάξη ολοκλήρωσης των μεταβλητών να μην είναι μεγαλύτερη από την χρονικές υστερήσεις του μοντέλου VAR.

Αναλυτικότερα, η μέθοδος της κατά Granger αιτιότητας των Toda και Yamamoto έχει ως εξής:

Έστω  $k$  το μέγεθος των βέλτιστων χρονικών υστερήσεων του μοντέλου VAR μεταξύ των μεταβλητών που εξετάζονται, το οποίο υπολογίζεται από τα γνωστά κριτήρια (AIC, SC κ.α.) και έστω  $d_{max}$  η μέγιστη τάξη ολοκλήρωσης μεταξύ των μεταβλητών.

Μπορούμε να εκτιμήσουμε ένα μοντέλο VAR τάξης  $(k + d_{max})$ . Οι μήτρες των συντελεστών των τελευταίων  $d_{max}$  διανυσμάτων στο μοντέλο αγνοούνται (αφού θεωρούνται ίσες με το μηδέν) και μπορούμε να ελέγξουμε για γραμμικούς ή μη περιορισμούς για της πρώτες  $k$  μήτρες συντελεστών εφαρμόζοντας την κλασσική ασυμπτωτική θεωρία.

Ακόμα και αν οι μεταβλητές δεν είναι στάσιμες, το μοντέλο VAR πάνω στο οποίο ελέγχουμε την αιτιότητα κατά Granger με τη μέθοδο των Toda και Yamamoto, πρέπει να είναι στα επίπεδα των τιμών των μεταβλητών και όχι στις διαφορές τους. Προσθέτοντας τις  $d_{max}$  επιπλέον χρονικές υστερήσεις στο μοντέλο VAR, οι οποίες δεν περιλαμβάνονται στον έλεγχο της αιτιότητας, βοηθούν στο να διορθώσουν την κατανομή του ελέγχου Wald με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται η ασυμπτωτική κατανομή  $X^2$ .

#### 4.1.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ (CROSS-CORRELATION)

Η ανάλυση συσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών  $X$  και  $Y$ , εξετάζει τη συσχέτιση της μεταβλητής  $X$  με τις μετατοπίσεις της μεταβλητής  $Y$  συναρτήσει των χρονικών υστερήσεων. Οι συσχετίσεις μεταξύ δύο μεταβλητών  $X$  και  $Y$  δίνονται από την παρακάτω σχέση:

$$r_{xy}(l) = \frac{c_{xy}(l)}{\sqrt{c_{xx}(0)} \cdot \sqrt{c_{yy}(0)}}, \quad l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

και

$$c_{xy}(l) = \begin{cases} \sum_{t=1}^{T-1} \frac{(x_t - \bar{x})(y_{t+l} - \bar{y})}{T} & l = 0, 1, 2, \dots \\ \sum_{t=1}^{T+1} \frac{(y_t - \bar{y})(x_{t-l} - \bar{x})}{T} & l = 0, -1, -2, \dots \end{cases}$$

## 4.2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν στο επόμενο κεφάλαιο για την ανάλυση που περιεγράφηκε θεωρητικά στην παραπάνω υποενότητα είναι οι τιμές του σιδηρομεταλλεύματος, του άνθρακα και οι τιμές ναύλων των πλοίων Capesize Bulk Carriers. Η περίοδος εξέτασης είναι από τον Ιανουάριο του 2007 έως τον Δεκέμβριο του 2016 με χρήση μηνιαίων παρατηρήσεων (120 σε αριθμό) για τον άνθρακα και από τον Ιανουάριο του 2009 έως τον Δεκέμβριο του 2016 για το σιδηρομετάλλευμα. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς είναι το Eviews 9 Student Version.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τις χρονοσειρές της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα αντλήθηκαν από το [www.quandl.com](http://www.quandl.com) από τη βάση δεδομένων IMF Cross Country Macroeconomic Statistics.

Συγκεκριμένα, η περιγραφή της χρονοσειράς του σιδηρομεταλλεύματος είναι η ακόλουθη: Εισαγωγή Κίνας , Iron Ore Fines 62% FE Spot (CFR Tianjin Port) και μονάδα μέτρησης δολάρια Η.Π.Α. ανά τόνο. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι δεν βρέθηκε κάποια άλλη πηγή στοιχείων που να περιλαμβάνει μηνιαίες παρατηρήσεις τιμών Iron Ore σε όρους FOB είτε σε spot αγορά είτε σε αγορά παραγωγών. Επιπλέον, τα στοιχεία της συγκεκριμένης χρονοσειράς είναι ετήσια από τον Ιανουάριο του 2007 έως τον Νοέμβριο του 2008. Γι' αυτό το λόγο η εξέταση που θα ακολουθήσει όσον αφορά στο σιδηρομετάλλευμα θα περιλαμβάνει τη χρονική περίοδο από Ιανουάριο 2009 έως Δεκέμβριο 2016.

Η περιγραφή της χρονοσειράς του άνθρακα είναι η ακόλουθη: Coal, Australian thermal coal, 12,000-btu/pound, less than 1% sulfur, 14% ash, (FOB Newcastle/Port Kembla) και μονάδα μέτρησης δολάρια Η.Π.Α. ανά τόνο.

Οι χρονοσειρές των ναύλων των Capesize αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων Clarkson's Shipping Intelligence Network. Επιλέχθηκαν 5 θαλάσσιες διαδρομές ναυλώσεων ανά ταξίδι για το σιδηρομετάλλευμα, 5 θαλάσσιες διαδρομές για τον άνθρακα και 2 σειρές χρονοναυλώσεων που θα εξεταστούν και για τα δύο εμπορεύματα.

Για την επιλογή των κατάλληλων χρονοσειρών ναύλων για την περαιτέρω ανάλυση από το σύνολο των διαδρομών για τα Capesize πλοία που είναι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω κριτήρια:

- Οι χρονοσειρές να διαθέτουν παρατηρήσεις για το επιθυμητό διάστημα εξέτασης
- Οι διαδρομές να έχουν σημαντικό όγκο μεταφερόμενων φορτίων βάσει την ανάλυσης των κυριότερων διαδρομών που έγινε στο δεύτερο κεφάλαιο

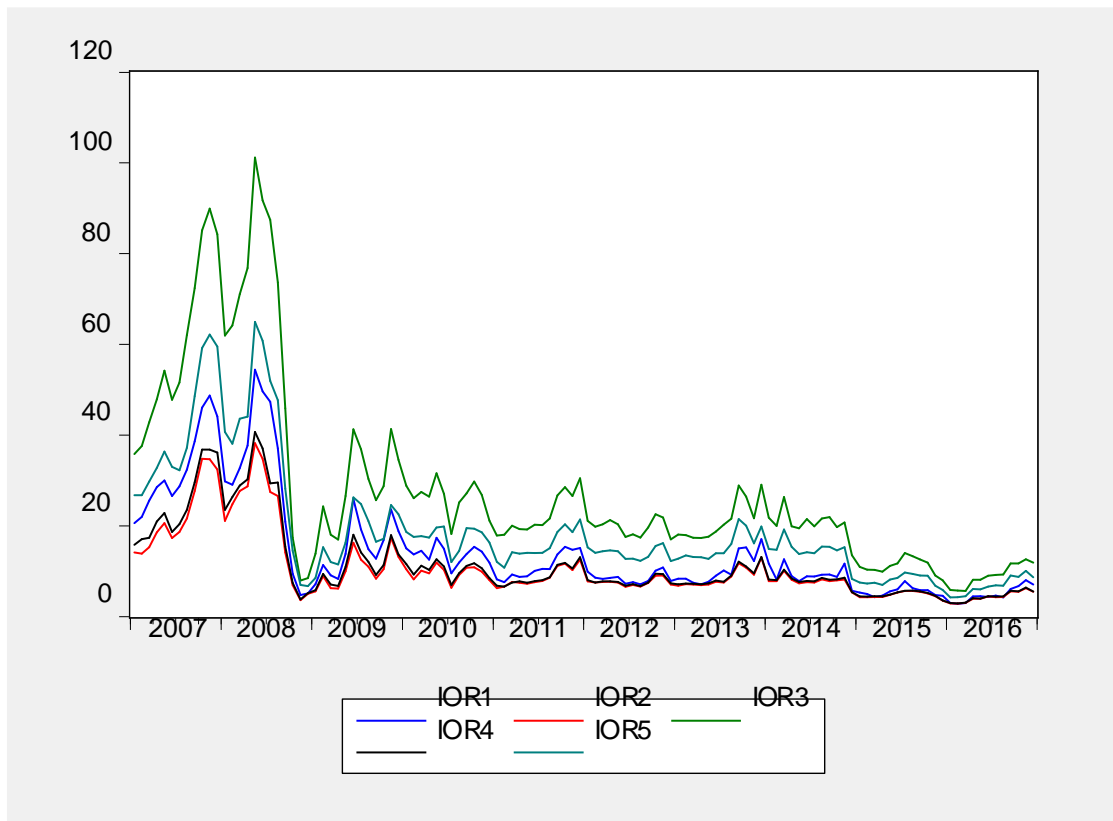
Επιλέχθηκαν οι ακόλουθες διαδρομές με τον συμβολισμό που θα τις ακολουθήσει στην εμπειρική ανάλυση:

- IOR1: Tubarao-Rotterdam-176,000t Ore Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- IOR2: W. Aust.-Japan 18m-176,000t Ore Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- IOR3: Tubarao-Qingdao 176,000t Ore Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- IOR4: W. Aust.-Qingdao 175,000t Ore Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- IOR5: Saldanha Bay-Qingdao 176,000t Ore Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- CR1: H. Rds-Rotterdam 140,000t Coal Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- CR2: Q'land-Japan 17m 164,500t Coal Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- CR3: Q'land-Rotterdam 160,000t Coal Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- CR4: Banjarmasin-Rotterdam 166,000t Coal Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- CR5: Baltimore-Rotterdam 135,000t Coal Capesize Voyage Rates-\$/Tonne
- TC1Y: 1 Year Timecharter Rate 170,000 dwt Bulkcarrier-\$/Day
- TC6M: 6 Month Timecharter Rate 170,000 dwt Bulkcarrier-\$/Day



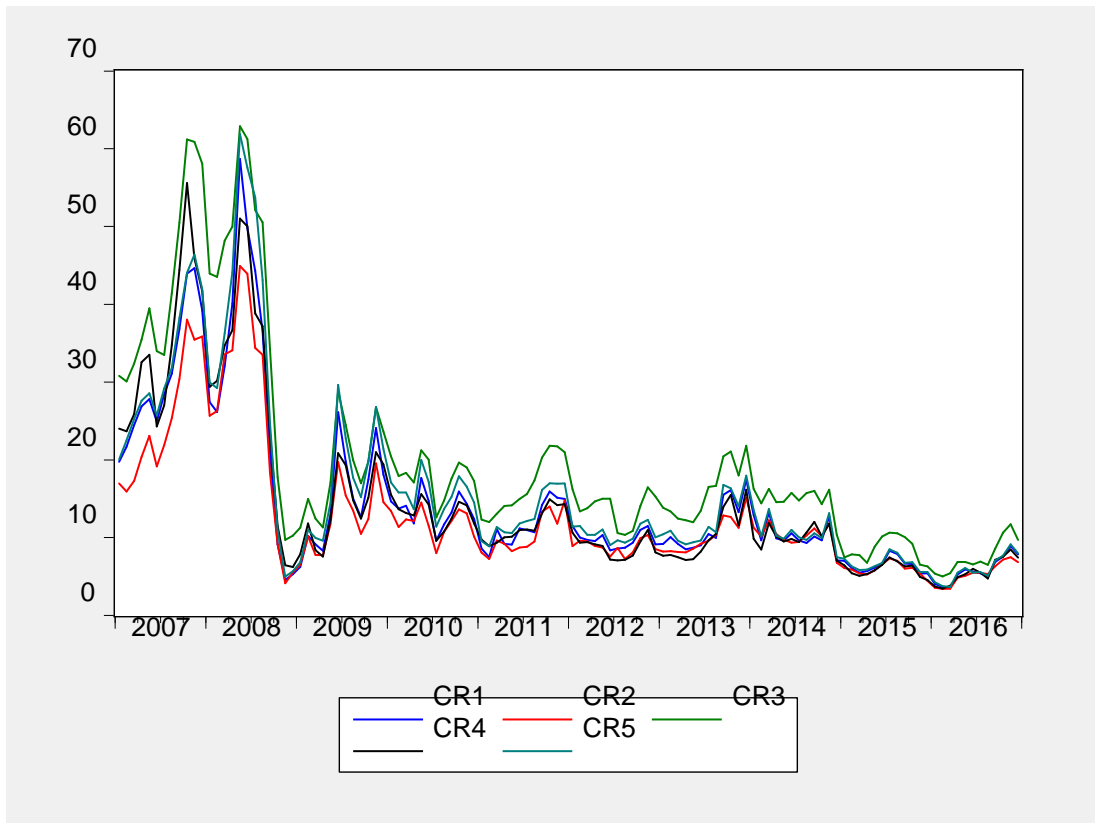
## 5. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Αρχικά θα ήταν χρήσιμο να εξετάσουμε την πορεία των τιμών των ναύλων για τις θαλάσσιες διαδρομές του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα αλλά και των χρονοναυλώσεων για την περίοδο Ιανουάριος 2007 έως Δεκέμβριος 2016.



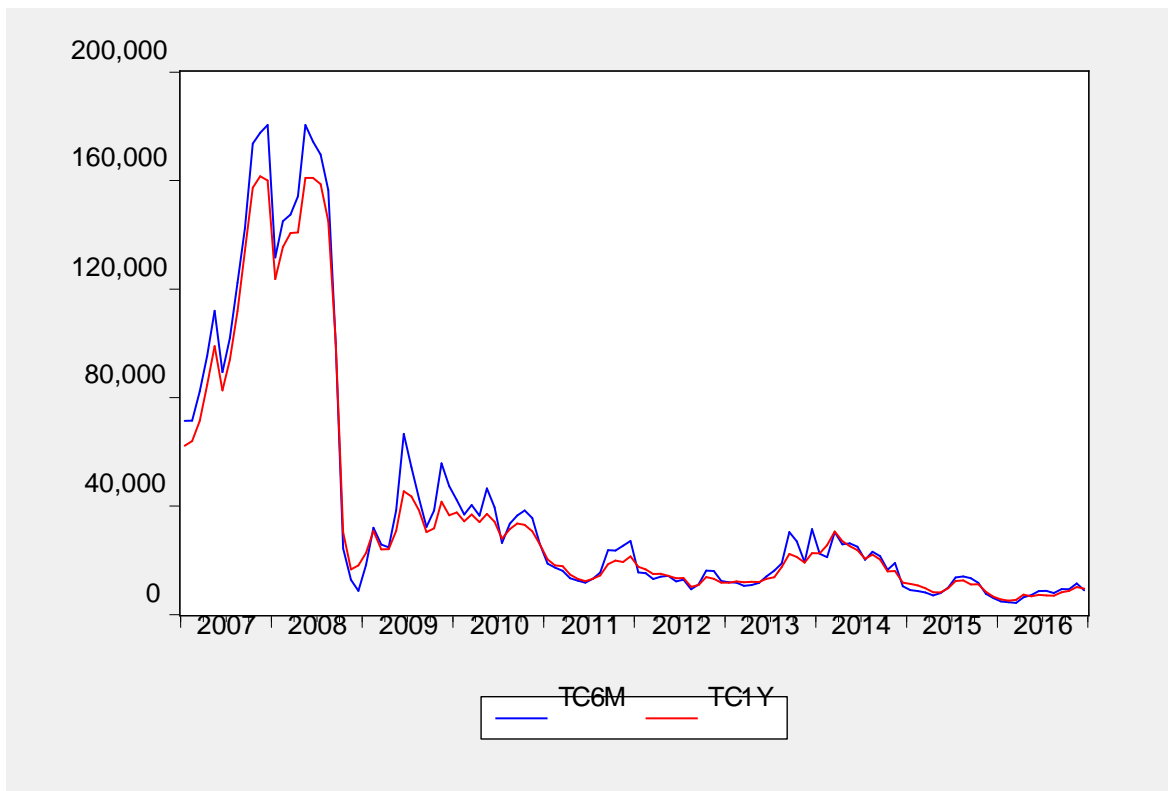
**Γράφημα 5-1:** Iron Ore Voyage Rates

Από το παραπάνω γράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε την πορεία της spot αγοράς των ναύλων για κάποιες επιλεγμένες διαδρομές σιδηρομεταλλεύματος. Οι διαδρομές IOR3: Tubarao - Qingdao και IOR5: Saldanha Bay - Qingdao παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη διακύμανση. Επιπλέον, είναι εμφανής η επίδραση της κρίσης του 2008 στην αγορά των ναύλων. Η υπερπροσφορά πλοίων τα επόμενα χρόνια λόγω των αυξημένων παραγγελιών σε συνδυασμό με την μέτρια ζήτηση ώθησε τις τιμές των ναύλων σε χαμηλότερα επίπεδα. Από το παρακάτω γράφημα όπου παρουσιάζονται οι τιμές των ναύλων των διαδρομών άνθρακα, παρατηρούμε ότι οι ναύλοι το 2007 και το 2008 προ κρίσης κυμαίνονταν από \$20/Tonne έως \$60/ Tonne.



**Γράφημα 5-2:** Coal Voyage Rates

Στο παρακάτω γράφημα, παρουσιάζονται οι τιμές των ναύλων για τις χρονοναυλώσεις Capesize Bulk Carriers για τα διαστήματα εξαμήνου και ενός χρόνου. Όπως αναμενόταν οι τιμές των δύο χρονοναυλώσεων ακολουθούν την ίδια πορεία αλλά η ναύλωση ενός χρόνου δεν επηρεάζεται από τις ακραίες βραχυπρόθεσμες μεταβολές που παρουσιάζει η χρονοσειρά των ναυλώσεων του εξαμήνου.



**Γράφημα 5-3: Time Charter Rates**

Για την περαιτέρω ανάλυση οι μεταβλητές μετασχηματίζονται στον φυσικό λογάριθμο των τιμών τους. Αυτό γίνεται ώστε να αυξηθεί η πιθανότητα σταθεροποίησης της μη-στάσιμης συμπεριφοράς των χρονοσειρών. Οι μεταβλητές που έχουν μετασχηματιστεί σε φυσικούς λογαρίθμους συμβολίζονται με το γράμμα L μπροστά από την ονομασία τους (π.χ. LIOR1).

### 5.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Στην υποενότητα αυτή, θα εξετάσουμε τη στασιμότητα των χρονοσειρών όπως έχουν μετασχηματιστεί στο φυσικό τους λογάριθμο. Η εξέταση της στασιμότητας και της τάξης ολοκλήρωσης των χρονοσειρών γίνεται με τον επαυξημένο έλεγχο των Dickey και Fuller (Augmented Dickey-Fuller Test-ADF) χωρίς τον σταθερό όρο και την τάση. Τα συνοπτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Στο παράρτημα βρίσκονται ενδεικτικά κάποια μεμονωμένα ADF τεστ για τις χρονοσειρές των τιμών του άνθρακα και του σιδηρομεταλλεύματος, δύο χρονοσειρών spot και μίας χρονοσειράς time charter στα επίπεδα των τιμών και στις πρώτες διαφορές τους.

**Πίνακας 5-1:** Αποτελέσματα ADF Test

| ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ           | LOG ΕΠΙΠΕΔΟ | ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ | 1Η ΔΙΑΦΟΡΑ LOG | ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ |
|----------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| LIRON                | 0,399702    | OXI         | -8,969299      | NAI         |
| LCOAL                | 0,179346    | OXI         | -7,800830      | NAI         |
| LIOR1                | -0,931528   | OXI         | -9,138047      | NAI         |
| LIOR2                | -0,913920   | OXI         | -9,541048      | NAI         |
| LIOR3                | -0,901628   | OXI         | -7,969497      | NAI         |
| LIOR4                | -0,943756   | OXI         | -9,386303      | NAI         |
| LIOR5                | -0,900461   | OXI         | -8,510919      | NAI         |
| LCR1                 | -0,859340   | OXI         | -9,068188      | NAI         |
| LCR2                 | -0,859739   | OXI         | -9,477372      | NAI         |
| LCR3                 | -0,960380   | OXI         | -7,978697      | NAI         |
| LCR4                 | -0,986908   | OXI         | -8,654665      | NAI         |
| LCR5                 | -0,831181   | OXI         | -8,837074      | NAI         |
| LTC1Y                | -0,777227   | OXI         | -7,183643      | NAI         |
| LTC6M                | -0,743921   | OXI         | -8,304180      | NAI         |
| TEST CRITICAL VALUES | 1% Level    | -2,584707   |                |             |
|                      | 5% Level    | -1,943563   |                |             |
|                      | 10% Level   | -1,614927   |                |             |

Στον πίνακα 5-1 παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller. Παρατηρούμε ότι όλες οι μεταβλητές είναι μη στάσιμες στο επίπεδο των λογαρίθμων αλλά η πρώτη διαφορά τους είναι στάσιμη. Άρα, όλες οι χρονοσειρές είναι ολοκληρωμένες 1<sup>ης</sup> τάξης I(1).

## 5.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ

Για να εφαρμόσουμε την επαυξημένη μέθοδο αιτιότητας κατά Granger των Toda – Yamamoto όταν δεν έχουμε στάσιμες χρονοσειρές I(0), εφαρμόζουμε κατά ζεύγη μεταβλητών μοντέλα VAR στα επίπεδα των μεταβλητών και όχι στις διαφορές των τιμών τους. Για να βρούμε το βέλτιστο αριθμό υστερήσεων των VAR μοντέλων χρησιμοποιείται ένα πλήθος κριτηρίων. Στον πίνακα 5-2 παρουσιάζεται ο βέλτιστος αριθμός υστερήσεων των VAR μοντέλων ανά κριτήριο. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται μόνο για τους σκοπούς της εύρεσης αιτιότητας και όχι για μοντελοποίηση καθώς είναι στα επίπεδα των μεταβλητών και όχι στις πρώτες διαφορές των τιμών τους δηλαδή μη στάσιμες χρονοσειρές. Στο παράρτημα της εργασίας βρίσκονται ενδεικτικά κάποια τεστ που εξετάζουν τον βέλτιστο αριθμό υστερήσεων ανά κριτήριο.

**Πίνακας 5-2:** Βέλτιστος αριθμός χρονικών υστερήσεων ανά VAR μοντέλο

| ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ VAR ΜΟΝΤΕΛΟ |                   |                                       |     |     |    |    |
|--|-------------------|---------------------------------------|-----|-----|----|----|
| ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ VAR                      | ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ | LR                                    | FPE | AIC | SC | HQ |
| LIRON - LIOR1                                | 2009-2016         | 1                                     | 1   | 1   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR2                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR3                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR4                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR5                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 1  |
| LIRON - LTC1Y                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
| LIRON - LTC6M                                | 2009-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR1                                | 2013-2016         | 4                                     | 5   | 5   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR2                                | 2013-2016         | 4                                     | 1   | 1   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR3                                | 2013-2016         | 4                                     | 5   | 5   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR4                                | 2013-2016         | 1                                     | 1   | 1   | 1  | 1  |
| LIRON - LIOR5                                | 2013-2016         | 1                                     | 1   | 1   | 1  | 1  |
| LIRON - LTC1Y                                | 2013-2016         | 3                                     | 5   | 5   | 1  | 1  |
| LIRON - LTC6M                                | 2013-2016         | 1                                     | 5   | 5   | 1  | 1  |
| LCOAL - LCR1                                 | 2007-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
| LCOAL - LCR2                                 | 2007-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
| LCOAL - LCR3                                 | 2007-2016         | 8                                     | 3   | 3   | 2  | 2  |
| LCOAL - LCR4                                 | 2007-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
| LCOAL - LCR5                                 | 2007-2016         | 8                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
| LCOAL - LTC1Y                                | 2007-2016         | 2                                     | 2   | 2   | 2  | 2  |
| LCOAL - LTC6M                                | 2007-2016         | 2                                     | 2   | 2   | 1  | 2  |
|  | LR                | Sequential Modified LR test statistic |     |     |    |    |
|  | FPE               | Final prediction error                |     |     |    |    |
|  | AIC               | Akaike information criterion          |     |     |    |    |
|  | SC                | Schwarz information criterion         |     |     |    |    |
|  | HQ                | Hannan-Quinn information criterion    |     |     |    |    |

Στον πίνακα 5-2 παρατηρούμε ότι ο βέλτιστος αριθμός χρονικών υστερήσεων των VAR μοντέλων διαφέρει ανάμεσα στα πέντε κριτήρια στα περισσότερα ζεύγη μεταβλητών. Το κριτήριο Schwarz θεωρείται συνεπές, ενώ τα κριτήρια FPE και AIC πολλές φορές υπερεκτιμούν τον βέλτιστο αριθμό χρονικών υστερήσεων. Όμως, όσον αφορά στη χρησιμοποίηση ενός μοντέλου VAR για να εφαρμοστεί το Wald τεστ της μη αιτιότητας κατά Granger, η υπερεκτίμηση των χρονικών υστερήσεων είναι καλύτερη από την υποτίμηση (Clarke και λοιποί, 2006).

Σε κάθε περίπτωση, επιλέχθηκαν οι χρονικές υστερήσεις του κάθε μοντέλου VAR σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια αλλά και βάσει ελέγχων των καταλοίπων για τη

σταθερότητα των μοντέλων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν οι έλεγχοι για την αυτοσυσχέτιση των καταλοίπων (Portmanteau Autocorrelation Test, Autocorrelation LM test). Ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων που επιλέχθηκαν ανά ζεύγη μεταβλητών για τον έλεγχο συνολοκλήρωσης κατά Johansen και για το Wald Test παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες.

### 5.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ JOHANSEN

Εφόσον όλες οι μεταβλητές μας είναι ολοκληρωμένες 1<sup>ης</sup> τάξης θα εξετάσουμε την συνολοκλήρωση των μεταβλητών κατά ζεύγη εφαρμόζοντας τον έλεγχο συνολοκλήρωσης κατά Johansen.

**Πίνακας 5-3:** Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen – Σιδηρομετάλλευμα (2009-2016)

| JOHANSEN COINTEGRATION TEST (2009-2016) |       |                        |                           |          |                                    |                    |  |                   |
|---|-------|------------------------|---------------------------|----------|------------------------------------|--------------------|--|-------------------|
| ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ                              |       | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | HYPOTHESED<br>NO OF CE(S) | TRACE    | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE<br>TRACE | MAX EIGEN<br>VALUE | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE MAX<br>EIGEN | COINTEGRAT<br>ION |
| LIRON                                   | LIOR1 | 1                      | NONE                      | 15,9333  | 20,26184                           | 13,39071           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR2 | 2                      | NONE                      | 12,05264 | 20,26184                           | 10,54111           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR3 | 2                      | NONE                      | 9,439075 | 20,26184                           | 7,836734           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR4 | 2                      | NONE                      | 11,23437 | 20,26184                           | 9,698557           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR5 | 2                      | NONE                      | 10,7442  | 20,26184                           | 9,176164           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LTC1Y | 2                      | NONE                      | 5,123069 | 20,26184                           | 3,884104           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LTC6M | 2                      | NONE                      | 6,745537 | 20,26184                           | 5,085097           | 15,8921                                | OXI               |

Στον πίνακα 5-3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου συνολοκλήρωσης της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος και των spot ναύλων των θαλάσσιων διαδρομών του σιδηρομεταλλεύματος καθώς και της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος με τις τιμές των χρονοναυλώσεων ενός χρόνου και έξι μηνών. Παρατηρούμε ότι σε καμία περίπτωση δεν υπάρχει συνολοκλήρωση μεταξύ των μεταβλητών όσον αφορά στην εξέταση του σιδηρομεταλλεύματος για το χρονικό διάστημα 2009 έως 2016.

**Πίνακας 5-4:** Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen – Σιδηρομετάλλευμα (2013-2016)

| JOHANSEN COINTEGRATION TEST (2013-2016) |       |                        |                           |          |                                    |                    |  |                   |
|---|-------|------------------------|---------------------------|----------|------------------------------------|--------------------|--|-------------------|
| ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ                              |       | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | HYPOTHESED<br>NO OF CE(S) | TRACE    | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE<br>TRACE | MAX EIGEN<br>VALUE | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE MAX<br>EIGEN | COINTEGRAT<br>ION |
| LIRON                                   | LIOR1 | 1                      | NONE                      | 11,5501  | 20,26184                           | 9,142413           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR2 | 1                      | NONE                      | 12,02408 | 20,26184                           | 15,8921            | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR3 | 3                      | NONE                      | 18,35308 | 20,26184                           | 15,36914           | 15,8921                                | NAI 10%           |
| LIRON                                   | LIOR3 | 3                      | AT MOST 1                 | 2,983941 | 9,164546                           | 2,983941           | 9,164546                               |                   |
| LIRON                                   | LIOR4 | 1                      | NONE                      | 12,08948 | 20,26184                           | 9,726211           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LIOR5 | 1                      | NONE                      | 11,84572 | 20,26184                           | 9,314705           | 15,8921                                | OXI               |
| LIRON                                   | LTC1Y | 5                      | NONE                      | 19,87184 | 20,26184                           | 13,64917           | 15,8921                                | NAI 10%           |
| LIRON                                   | LTC1Y | 5                      | AT MOST 1                 | 6,222669 | 9,164546                           | 6,222669           | 9,164546                               |                   |
| LIRON                                   | LTC6M | 1                      | NONE                      | 9,539198 | 20,26184                           | 6,587493           | 15,8921                                | OXI               |

Από την πορεία της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος στο διάστημα εξέτασης, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί η κατά Granger αιτιότητα για το σιδηρομετάλλευμα και τα ναύλα των Capes και για το διάστημα 2013-2016. Η τεράστια μεταβλητότητα των ναύλων την περίοδο 2008-2009 ενδεχομένως να επηρεάζουν λανθασμένα τα αποτελέσματα των τεστ. Στον πίνακα 5-4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συνολοκλήρωσης των μεταβλητών του σιδηρομεταλλεύματος γι' αυτή τη περίοδο. Εξετάζοντας αυτό το χρονικό διάστημα βλέπουμε ότι υπάρχει συνολοκλήρωση στο επίπεδο του 10% για την διαδρομή Tubarao-Qingdao και για τη χρονοναύλωση ενός έτους.

**Πίνακας 5-5:** Έλεγχος συνολοκλήρωσης κατά Johansen – Άνθρακας (2007-2016)

| JOHANSEN COINTEGRATION TEST (2007-2016) |       |                        |                           |           |                                    |                    |  |                   |
|---|-------|------------------------|---------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------|--|-------------------|
| ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ                              |       | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | HYPOTHESED<br>NO OF CE(S) | TRACE     | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE<br>TRACE | MAX EIGEN<br>VALUE | 0,05<br>CRITICAL<br>VALUE MAX<br>EIGEN | COINTEGRAT<br>ION |
| LCOAL                                   | LCR1  | 2                      | NONE                      | 17,289680 | 20,261840                          | 10,741080          | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LCR2  | 2                      | NONE                      | 15,842080 | 20,261840                          | 9,602205           | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LCR3  | 3                      | NONE                      | 14,606040 | 20,261840                          | 9,502869           | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LCR4  | 2                      | NONE                      | 15,976660 | 20,261840                          | 9,645281           | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LCR5  | 2                      | NONE                      | 16,878070 | 20,261840                          | 10,542310          | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LTC1Y | 2                      | NONE                      | 13,823720 | 20,261840                          | 7,837240           | 15,892100                              | OXI               |
| LCOAL                                   | LTC6M | 2                      | NONE                      | 15,473150 | 20,261840                          | 8,501976           | 15,892100                              | OXI               |

Στον πίνακα 5-5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου συνολοκλήρωσης της τιμής του άνθρακα και των spot ναύλων των θαλάσσιων διαδρομών του άνθρακα καθώς και της τιμής του άνθρακα με τις τιμές των χρονοναυλώσεων ενός χρόνου και έξι μηνών. Παρατηρούμε ότι σε καμία περίπτωση δεν υπάρχει συνολοκλήρωση μεταξύ των μεταβλητών όσον αφορά στην εξέταση του άνθρακα για το διάστημα 2007 έως 2016.

#### 5.4. ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER – WALD TEST

Για το έλεγχο αιτιότητας κατά Granger, από τη στιγμή που οι μεταβλητές που εξετάσουμε είναι ολοκληρωμένες 1ης τάξης θα εφαρμόσουμε την προσέγγιση των Toda-Yamamoto όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3. Συγκεκριμένα, αφού έχουμε ορίσει τα μοντέλα VAR με τον βέλτιστο αριθμό υστερήσεων βάσει των κριτηρίων και των ελέγχων των καταλοίπων, εξετάζουμε και την συνολοκλήρωση μεταξύ των μεταβλητών. Στη συνέχεια, ορίζουμε τα μοντέλα VAR στον επιλεγμένο αριθμό υστερήσεων προσθέτοντας μία ακόμα υστέρηση και στις δύο μεταβλητές ως εξωγενείς. Έτσι κατά τον έλεγχο αιτιότητας στο Wald test οι συντελεστές της επιπλέον χρονικής υστέρησης είναι μηδέν και μπορεί να εφαρμοστεί η κλασική ασυμπτωτική θεωρία.

**Πίνακας 5-6:** Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger – Σιδηρομετάλλευμα (2009-2016)

| GRANGER CAUSALITY TEST (2009-2016) |                         |                        |                     |           |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| ΑΝΕΞΕΡΤΗΤΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ            | ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | CHI-SQ<br>(P-VALUE) | ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ |
| LIRON                              | LIOR1                   | 1                      | 0,134               | OXI       |
| LIOR1                              | LIRON                   | 1                      | 0,3648              | OXI       |
| LIRON                              | LIOR2                   | 2                      | 0,6008              | OXI       |
| LIOR2                              | LIRON                   | 2                      | 0,2487              | OXI       |
| LIRON                              | LIOR3                   | 2                      | 0,4154              | OXI       |
| LIOR3                              | LIRON                   | 2                      | 0,7313              | OXI       |
| LIRON                              | LIOR4                   | 2                      | 0,7162              | OXI       |
| LIOR4                              | LIRON                   | 2                      | 0,2732              | OXI       |
| LIRON                              | LIOR5                   | 2                      | 0,1673              | OXI       |
| LIOR5                              | LIRON                   | 2                      | 0,5516              | OXI       |
| LIRON                              | LTC1Y                   | 2                      | 0,437               | OXI       |
| LTC1Y                              | LIRON                   | 2                      | 0,8179              | OXI       |
| LIRON                              | LTC6M                   | 2                      | 0,5113              | OXI       |
| LTC6M                              | LIRON                   | 2                      | 0,8629              | OXI       |

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Wald test για την μη-αιτιότητα κατά Granger όσον αφορά στην εξέταση του σιδηρομεταλλεύματος για την περίοδο 2009 έως 2016. Σε όλα τα τεστ, η αξία του  $p$  είναι μεγαλύτερη του 0,05, άρα δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση της μη-αιτιότητας. Τα επιμέρους τεστ βρίσκονται στο παράρτημα της εργασίας. Συμπεραίνουμε ότι για το διάστημα 2009-2016 δεν υπάρχει καμία αιτιώδη σχέση ανάμεσα στην τιμή του σιδηρομεταλλεύματος και στα ναύλα που εξετάστηκαν.

Ωστόσο μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση της αιτιότητας για το διάστημα 2013- 2016 για το σιδηρομετάλλευμα. Από τα αποτελέσματα του πίνακα 5-7, παρατηρούμε ότι υπάρχει αιτιότητα από την τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς τις τιμές των ναύλων σε όλες τις spot τιμές των ναύλων και στις χρονοναυλώσεις αλλά όχι αντίστροφα. Αναλυτικότερα, υπάρχει αιτιώδη σχέση κατά Granger από την τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς όλες τις διαδρομές με επίπεδο σημαντικότητας 5% ( $p < 0,05$ ) και από την τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς τις τιμές των χρονοναυλώσεων με επίπεδο σημαντικότητας 10% ( $p < 0,10$ ).



**Πίνακας 5-7:** Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger – Σιδηρομετάλλευμα (2013-2016)

| GRANGER CAUSALITY TEST (2013-2016) |                         |                        |                     |           |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| ΑΝΕΞΕΡΤΗΤΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ            | ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | CHI-SQ<br>(P-VALUE) | ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ |
| LIRON                              | LIOR1                   | 1                      | 0,0421              | ΝΑΙ 5%    |
| LIOR1                              | LIRON                   | 1                      | 0,5777              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LIOR2                   | 1                      | 0,0342              | ΝΑΙ 5%    |
| LIOR2                              | LIRON                   | 1                      | 0,7528              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LIOR3                   | 3                      | 0,0457              | ΝΑΙ 5%    |
| LIOR3                              | LIRON                   | 3                      | 0,7343              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LIOR4                   | 1                      | 0,0411              | ΝΑΙ 5%    |
| LIOR4                              | LIRON                   | 1                      | 0,7786              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LIOR5                   | 1                      | 0,0228              | ΝΑΙ 5%    |
| LIOR5                              | LIRON                   | 1                      | 0,7459              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LTC1Y                   | 5                      | 0,0505              | ΝΑΙ 10%   |
| LTC1Y                              | LIRON                   | 5                      | 0,2924              | ΟΧΙ       |
| LIRON                              | LTC6M                   | 1                      | 0,0707              | ΝΑΙ 10%   |
| LTC6M                              | LIRON                   | 1                      | 0,8438              | ΟΧΙ       |

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, συμπεραίνουμε ότι η χρησιμοποίηση της μεταβλητής της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος σε ένα μοντέλο πρόβλεψης των ναύλων των Capesize πλοίων, θα μπορούσε να αυξήσει την προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου. Ωστόσο ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο χρονικό διάστημα εξέτασης. Ίσως η περίοδος της κρίσης με την υψηλή μεταβλητότητα της αγοράς θα πρέπει να παραληφθεί καθώς οι σχέσεις των μακροοικονομικών μεταβλητών αλλάζουν μέσα στο χρόνο.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την αιτιότητα κατά Granger ανάμεσα στις τιμές του άνθρακα και στα spot ναύλα των επιλεγμένων διαδρομών άνθρακα και στις χρονοναυλώσεις εξαμήνου και έτους. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 5-8 δεν δίνουν μία ξεκάθαρη εικόνα αιτιότητας μονής ή διπλής κατεύθυνσης.

Αναλυτικότερα, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει αιτιώδη σχέση των τιμών του άνθρακα και των χρονοναυλώσεων προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Στην διαδρομή H.Rds-Rotterdam, παρατηρείται αιτιώδη σχέση με επίπεδο σημαντικότητας 5% από τα ναύλα προς τον άνθρακα και όχι το αντίθετο. Στην διαδρομή Q'land-Japan υπάρχει αιτιώδη σχέση στο επίπεδο του 5% και προς τις δύο κατευθύνσεις. Στη διαδρομή Q'land-Rotterdam υπάρχει αιτιότητα μίας κατεύθυνσης από τη τιμή των ναύλων προς την τιμή του άνθρακα στο επίπεδο του 10%. Στις διαδρομές Banjarmasin-Rotterdam και Baltimore-Rotterdam υπάρχει αιτιώδης σχέση από τον

άνθρακα προς τα ναύλα με επίπεδο σημαντικότητας 10% και από τα ναύλα προς τον άνθρακα με επίπεδο σημαντικότητας 5%.

**Πίνακας 5-8:** Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger – Άνθρακας (2007-2016)

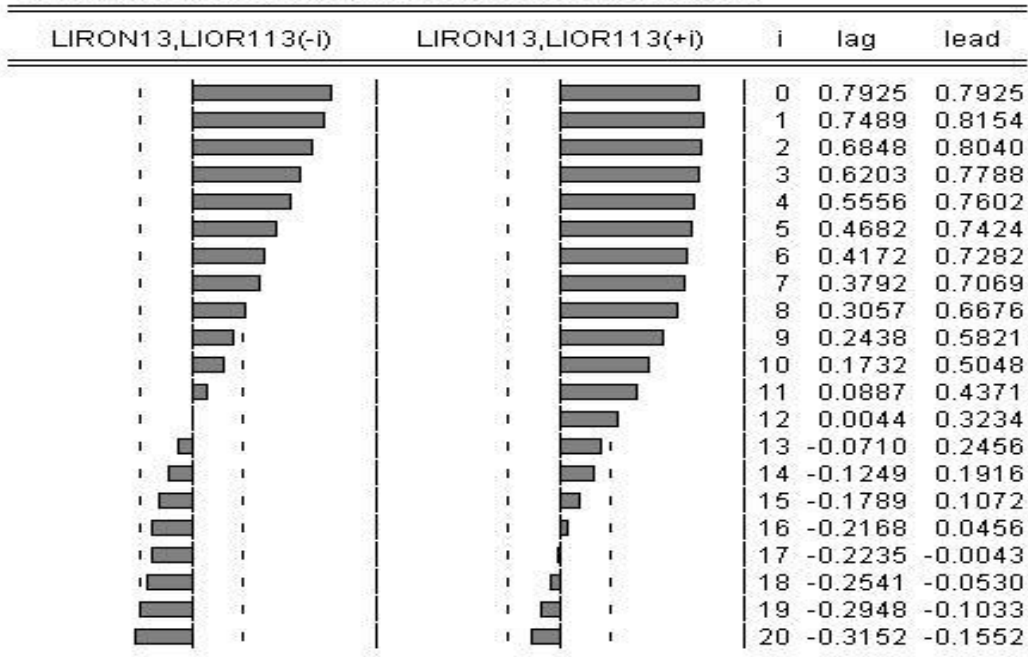
| GRANGER CAUSALITY TEST (2007-2016) |                                 |                        |                     |           |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| ΑΝΕΞΕΡΤΗΤΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ            | ΕΞΑΡΤΗΜΕ<br>ΝΗ<br>ΜΕΤΑΒΛΗΤ<br>Η | ΧΡΟΝΙΚΕΣ<br>ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ | CHI-SQ<br>(P-VALUE) | ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ |
| LCOAL                              | LCR1                            | 2                      | 0,1258              | OXI       |
| LCR1                               | LCOAL                           | 2                      | 0,0241              | ΝΑΙ 5%    |
| LCOAL                              | LCR2                            | 2                      | 0,0446              | ΝΑΙ 5%    |
| LCR2                               | LCOAL                           | 2                      | 0,0203              | ΝΑΙ 5%    |
| LCOAL                              | LCR3                            | 3                      | 0,1761              | OXI       |
| LCR3                               | LCOAL                           | 3                      | 0,0791              | ΝΑΙ 10%   |
| LCOAL                              | LCR4                            | 2                      | 0,1022              | ΝΑΙ 10% * |
| LCR4                               | LCOAL                           | 2                      | 0,0398              | ΝΑΙ 5%    |
| LCOAL                              | LCR5                            | 2                      | 0,0774              | ΝΑΙ 10%   |
| LCR5                               | LCOAL                           | 2                      | 0,0232              | ΝΑΙ 5%    |
| LCOAL                              | LTC1Y                           | 2                      | 0,8279              | OXI       |
| LTC1Y                              | LCOAL                           | 2                      | 0,2247              | OXI       |
| LCOAL                              | LTC6M                           | 2                      | 0,8718              | OXI       |
| LTC6M                              | LCOAL                           | 2                      | 0,2759              | OXI       |

Από τα παραπάνω δεν είναι σαφές αν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μεταβλητή της τιμής του άνθρακα για την πρόβλεψη της αγοράς των ναύλων των Capesize. Ίσως θα πρέπει να εξεταστούν επιπλέον διαδρομές ή χρονικά διαστήματα για την απόφαση εισαγωγής αυτής της μεταβλητής στο μοντέλο πρόβλεψης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο άνθρακας μεταφέρεται κατά κύριο λόγο με πλοία τύπου Capesize αλλά και Panamax. Οπότε η επίδραση των τιμών του άνθρακα στα Capesize πλοία να μην είναι τόσο ισχυρή όσο του σιδηρομεταλλεύματος.

## 5.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΝΑΥΛΩΝ

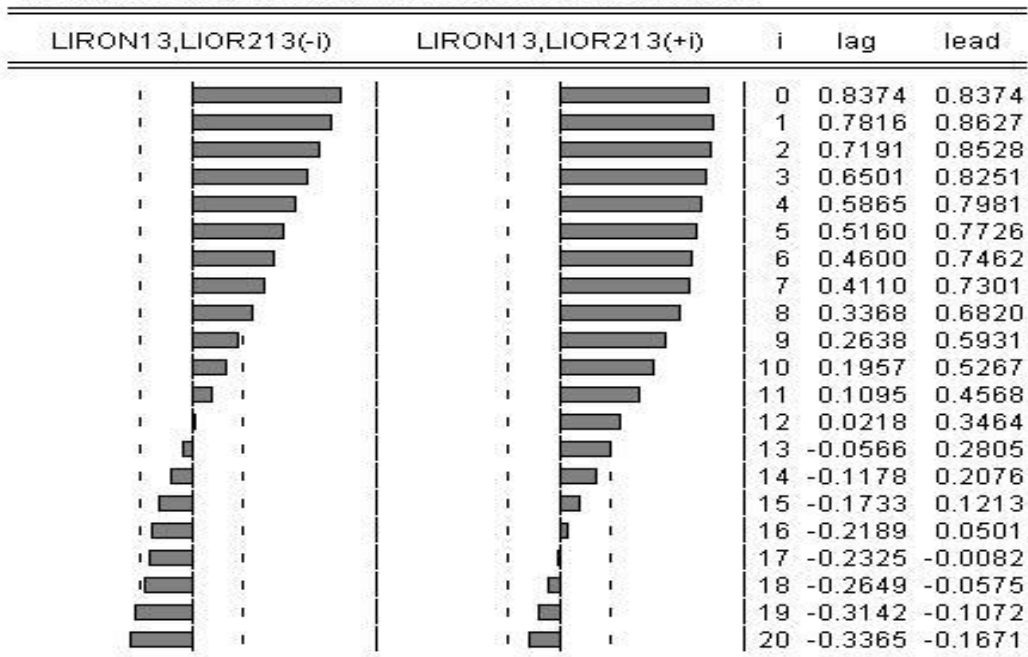
Στην υποενότητα αυτή θα εξετάσουμε την συνάρτηση συσχέτισης μεταξύ του σιδηρομεταλλεύματος και των ναύλων κατά ζεύγη για την περίοδο 2013-2016 όπου βρέθηκε αιτιότητα από το σιδηρομετάλλευμα προς τα ναύλα. Αυτό θα βοηθήσει ώστε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το ποιες χρονικές υστερήσεις των τιμών του σιδηρομεταλλεύματος είναι στατιστικά σημαντικές ώστε να συμπεριληφθούν σε ένα μοντέλο πρόβλεψης των ναύλων.

Date: 08/26/17 Time: 18:24  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48  
 Correlations are asymptotically consistent approximations



**Γράφημα 5-4:** Cross Correlation- Iron- Tubarao-Rotterdam Route 2013-2016

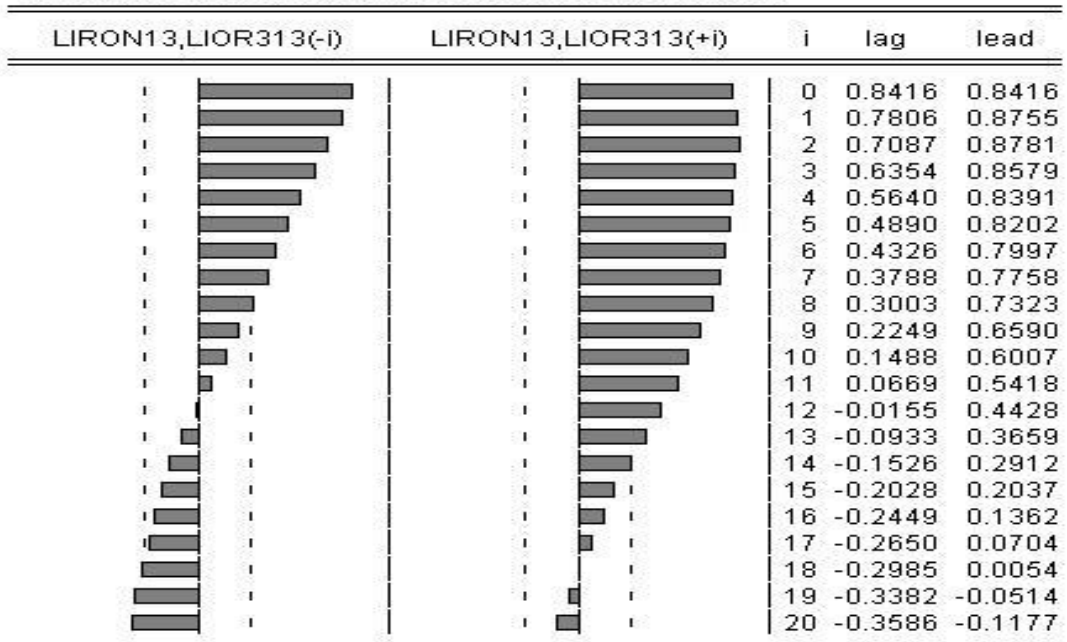
Date: 08/26/17 Time: 18:26  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48  
 Correlations are asymptotically consistent approximations



**Γράφημα 5-5:** Cross Correlation- Iron- W. Aust.-Japan Route 2013-2016

Date: 08/26/17 Time: 18:28  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48

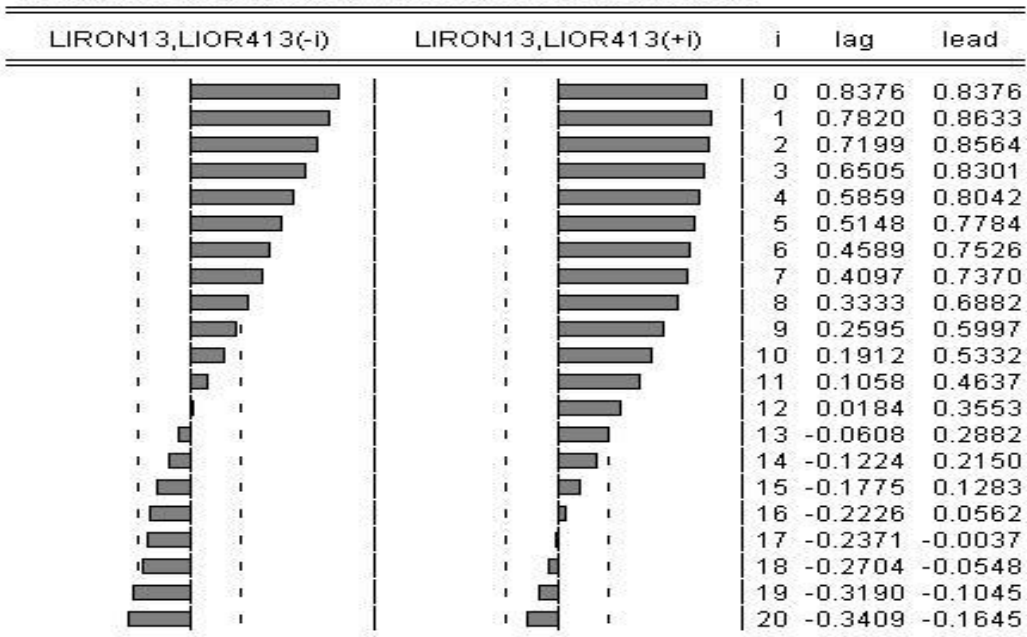
Correlations are asymptotically consistent approximations



Γράφημα 5-6: Cross Correlation- Iron- Tubarao-Qingdao Route 2013-2016

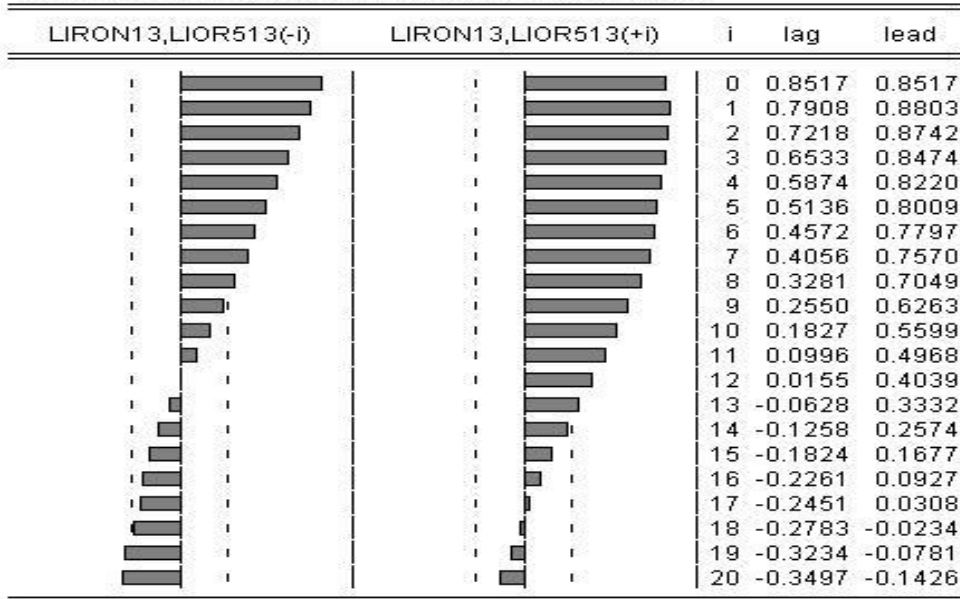
Date: 08/26/17 Time: 18:29  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48

Correlations are asymptotically consistent approximations



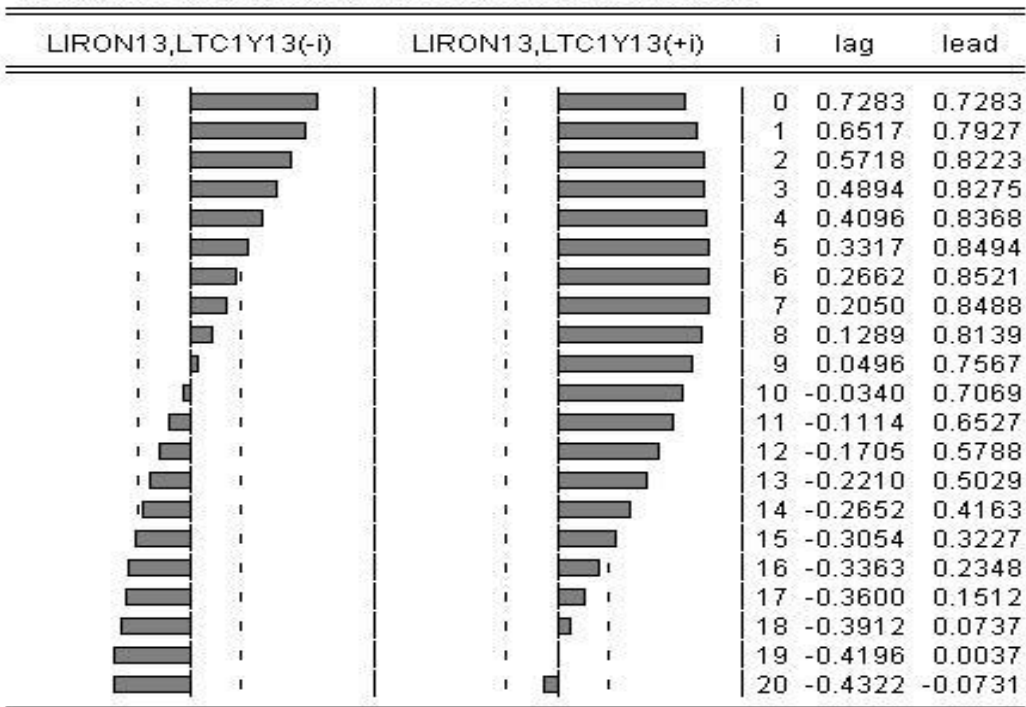
Γράφημα 5-7: Cross Correlation- Iron- W. Aust.-Qingdao Route 2013-2016

Date: 08/26/17 Time: 18:30  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48  
 Correlations are asymptotically consistent approximations



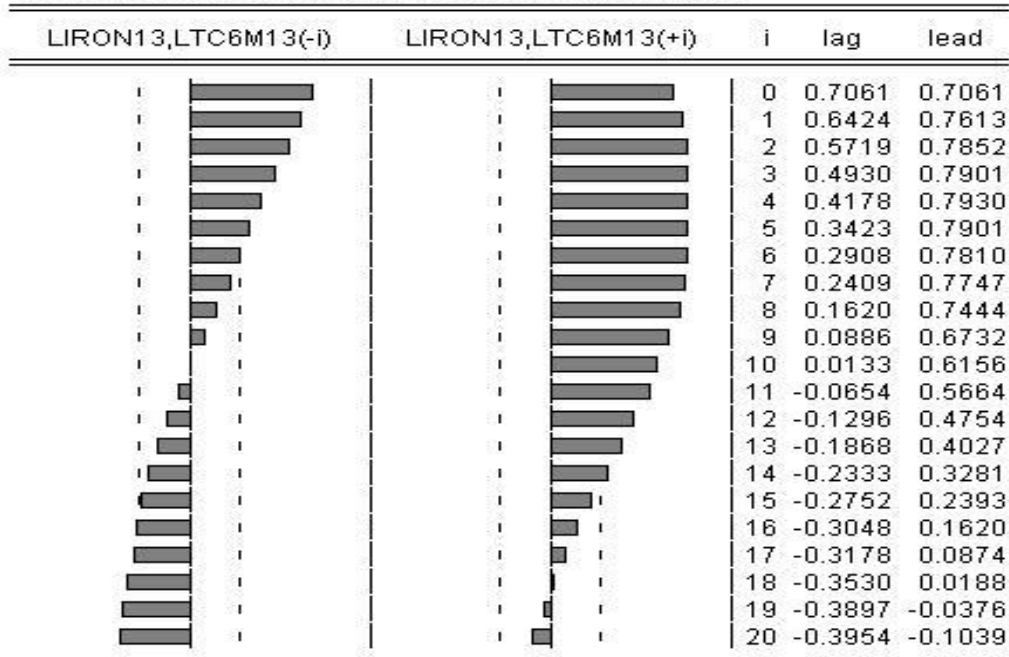
**Γράφημα 5-8:** Cross Correlation- Iron- Saldanha Bay-Qingdao Route 2013-2016

Date: 08/26/17 Time: 18:30  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48  
 Correlations are asymptotically consistent approximations



**Γράφημα 5-9:** Cross Correlation- Iron- 1 year time charter 2013-2016

Date: 08/26/17 Time: 18:31  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 48  
 Correlations are asymptotically consistent approximations



**Γράφημα 5-10:** Cross Correlation- Iron- 6 Months time charter 2013-2016

Από τα γραφήματα 5-4 έως 5-10 γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει μία ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος και την πορεία των ναύλων της κάθε διαδρομής και των δύο χρονοναυλώσεων. Ιδιαίτερα η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική για τους πρώτους 6-7 μήνες και στην συνέχεια φθίνει.

Συμπερασματικά, στην ενότητα αυτή εξετάστηκαν οι αιτιώδεις σχέσεις ανάμεσα στις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα και στις τιμές των ναύλων των Capesize (δηλαδή των πλοίων που τα μεταφέρουν κατά κύριο λόγο). Βρέθηκε σημαντική αιτιώδη σχέση από τις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος προς τα ναύλα για τη χρονική περίοδο 2013-2016. Οι σχέσεις των τιμών του άνθρακα με τα ναύλα δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη συνοχή. Σε όλες τις χρονοσειρές τις spot αγοράς βρέθηκε αιτιώδη σχέση από τα ναύλα προς τον άνθρακα αλλά καμία σχέση στην περίπτωση των χρονοναυλώσεων.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πορεία της ναυλαγοράς παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως την πορεία της παγκόσμιας οικονομίας και τις διάφορες γεωπολιτικές συνθήκες. Η πρόβλεψη των αγορών των ναύλων είναι ένα ζήτημα υψίστης σημασίας για τους εμπλεκόμενους στον κλάδο της ναυτιλίας όπως οι πλοιοκτήτες, οι ναυλωτές, οι τράπεζες που χορηγούν ναυτιλιακά δάνεια και οι μέτοχοι των εταιρειών αυτών. Στο παρελθόν έχουν γίνει πολλές προσπάθειες εύρεσης κατάλληλων οικονομετρικών μοντέλων για την μείωση της αβεβαιότητας στον κλάδο της ναυτιλίας και την επιλογή κατάλληλων επενδύσεων ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην αγορά των ναύλων πλοίων χύδην ξηρού φορτίου και ειδικότερα στα πλοία τύπου Capesize Bulk Carriers των οποίων οι ναύλοι παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα φορτηγά πλοία. Εξετάστηκαν τα χαρακτηριστικά των δύο εμπορευμάτων που μεταφέρονται με αυτά τα πλοία, του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα.

Το σιδηρομετάλλευμα είναι η κύρια πρώτη ύλη στην παραγωγή χάλυβα. Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί και εξαγωγείς σιδηρομεταλλεύματος είναι η Αυστραλία και η Βραζιλία και ο μεγαλύτερος εισαγωγέας είναι η Ασία και ιδιαίτερα η Κίνα. Σημαντικό ρόλο, λοιπόν στην ζήτηση του σιδηρομεταλλεύματος διαδραματίζει η Κίνα και η πορεία της οικονομίας της. Οι ταχείς ρυθμοί ανάπτυξης της Κίνας από το 2000 και μετά οδήγησαν σε μεγάλη άνοδο της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος και σε αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής. Ο ρόλος του σιδηρομεταλλεύματος ως βασικό εμπόρευμα φαίνεται ότι θα παραμείνει σημαντικός καθώς δεν υπάρχουν υποκατάστατα και υπάρχει υψηλή γεωγραφική συγκέντρωση των παγκόσμιων αποθεμάτων. Ωστόσο, λόγω των τεχνολογικών καινοτομιών και της αύξησης της περιβαλλοντικής συνείδησης, αναμένεται η ανακύκλωση των μεταχειρισμένων μετάλλων (scrap) να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην παραγωγή χάλυβα.

Ο άνθρακας ανήκει στην κατηγορία των ορυκτών καυσίμων μαζί με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αποτελεί την δεύτερη βασικότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά το πετρέλαιο και χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα παγκόσμια αποθέματα κατανέμονται σε μεγάλο γεωγραφικό εύρος αλλά ο μεγαλύτερος εισαγωγέας τα τελευταία χρόνια είναι η Κίνα. Η μόλυνση του περιβάλλοντος από την καύση

του άνθρακα έχει εντείνει της προσπάθειες αλλαγής του ενεργειακού μείγματος των χωρών και την στροφή προς ανανεώσιμες και φιλικότερες προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας. Αν και η παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση άνθρακα έχει σημειώσει μείωση τα τελευταία τρία χρόνια, ο ρόλος του άνθρακα ως κύρια πηγή ενέργειας θα συνεχίσει να υπάρχει αλλά με μειωμένο ρυθμό για μεγάλο χρονικό διάστημα ακόμα. Όσον αφορά στη χρήση του μεταλλουργικού άνθρακα, η πορεία της δεν φαίνεται να παρουσιάζει κάποια καθοδική τάση αλλά συνδέεται άμεσα με την παραγωγή χάλυβα.

Στο εμπειρικό μέρος της παρούσας εργασίας, εξετάσαμε την αιτιότητα κατά Granger με τη μέθοδο των Toda- Yamamoto, μεταξύ επιλεγμένων ναυλώσεων κατά ταξίδι και χρονοναυλώσεων με τις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος και του άνθρακα. Σκοπός της ανάλυσης αυτής ήταν να διερευνηθεί αν οι τιμές των δύο εμπορευμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα μοντέλο πρόβλεψης των ναύλων των Capesize πλοίων.

Αναλυτικότερα, εξετάζοντας την περίοδο 2009 έως 2016 δεν βρέθηκε καμία αιτιώδη σχέση μεταξύ της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος και των επιλεγμένων ναύλων. Ωστόσο, ανιχνεύθηκαν στατιστικά σημαντικές αιτιώδεις σχέσεις στο επίπεδο σημαντικότητας 5% από τη τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς τις επιλεγμένες spot διαδρομές για την χρονική περίοδο 2013-2016. Για την ίδια περίοδο, βρέθηκε αιτιότητα κατά Granger από το σιδηρομετάλλευμα προς τις τιμές των χρονοναυλώσεων εξαμήνου και έτους για τα Capes με επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά στην εξέταση των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των ναύλων και της τιμής του άνθρακα, τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν είναι ξεκάθαρα. Στην περίοδο εξέτασης 2007 έως 2016, οι χρονοναυλώσεις δεν έδειξαν καμία συσχέτιση με τις τιμές του άνθρακα. Οι τιμές των επιλεγμένων ναυλώσεων κατά ταξίδι έδειξαν αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των τιμών του άνθρακα και των ναύλων με επίπεδα σημαντικότητας 5% και 10%. Όμως, φαίνεται πως κυρίως οι τιμές των ναύλων οδηγούν τις τιμές του άνθρακα.

Από τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι η ύπαρξη αιτιώδους σχέσης από τις τιμές του σιδηρομεταλλεύματος προς τις τιμές των ναύλων είναι γεγονός. Άρα, η προσπάθεια πρόβλεψης των ναύλων με τη χρησιμοποίηση της μεταβλητής της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος πιθανόν να οδηγήσει σε ένα αποτελεσματικό μοντέλο. Ωστόσο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή της χρονικής περιόδου προς εξέταση καθώς οι σχέσεις μεταξύ των μακροοικονομικών μεταβλητών αλλάζουν με τη πάροδο του χρόνου και



με τις ιδιαίτερες συνθήκες της κάθε αγοράς. Γι' αυτό το λόγο, τα περισσότερα μοντέλα εφαρμόζονται σε σχετικά βραχυπρόθεσμο ορίζοντα πρόβλεψης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες όπως αυτή των Kavussanos, Visvikis και Dimitrakopoulos το 2014 που βρήκαν αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των παραγώγων των εμπορευμάτων και των παραγώγων των ναύλων των πλοίων που τα μεταφέρουν.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας, σημαντικός περιορισμός στην μελέτη της αιτιότητας κατά Granger των τιμών των εμπορευμάτων και των ναύλων ήταν η χρονική περίοδος εξέτασης. Τα διαθέσιμα μηνιαία στοιχεία των τιμών του σιδηρομεταλλεύματος περιορίζονταν στο διάστημα από το 2009 και μετά, μειώνοντας την επιθυμητή διάρκεια του δείγματος. Κατά δεύτερο λόγο, οι χρονοσειρές προς εξέταση βρέθηκαν μη στάσιμες στους λογαρίθμους των τιμών τους ενώ ο κλασικός έλεγχος της αιτιότητας Granger απαιτεί στάσιμες χρονοσειρές. Η εφαρμογή της διευρυμένης αιτιότητας κατά Granger των Toda-Yamamoto έλυσε το πρόβλημα αυτό. Με τη βοήθεια των μοντέλων VAR, την επιλογή των κατάλληλων χρονικών υστερήσεων των μοντέλων και την εύρεση της τάξης ολοκλήρωσης των χρονοσειρών, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος Wald. Στον έλεγχο χρησιμοποιήθηκαν οι λογάριθμοι των τιμών των χρονοσειρών και όχι τις διαφορές τους, συμπεριλαμβάνοντας μία επιπλέον χρονική υστέρηση στα επιμέρους μοντέλα VAR ως εξωγενή μεταβλητή η οποία δεν επηρέασε τη ασυμπτωτική κατανομή του ελέγχου Wald.

Οι ενδείξεις για την ύπαρξη αιτιότητας κατά Granger από την τιμή του σιδηρομεταλλεύματος προς την τιμή των ναύλων αξίζει να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο βάθος. Η εξέταση της αιτιότητας σε όλες τις τιμές των ναύλων ταξιδιών που αφορούν το σιδηρομετάλλευμα ή στον δείκτη DCI (Baltic Capesize Index) και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους ίσως αποκαλύψει περισσότερα γι' αυτή τη σχέση. Επιπλέον, αξίζει να πραγματοποιηθεί μία προσπάθεια μοντελοποίησης της ναυλαγοράς των Capes με ανεξάρτητη μεταβλητή τη τιμή του σιδηρομεταλλεύματος για τη περίοδο από το 2013 και μετά. Από την ανάλυση συσχέτισης (cross-correlation analysis) που πραγματοποιήθηκε στο πέμπτο κεφάλαιο παρατηρήσαμε ότι οι περίπου 7 πρώτοι μήνες χρονικής υστέρησης της τιμής του σιδηρομεταλλεύματος είναι στατιστικά σημαντικοί για την πρόβλεψη της τιμής των ναύλων.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βλάχος, Γ. (2011). *Ναυτιλιακή Οικονομία*. Αθήνα: Εκδ. Σταμούλη Α.Ε.

Γκιζιάκης, Κ., Παπαδόπουλος, Α. & Πλωμαρίτου, Ε. (2010). *Ναυλώσεις*. (3<sup>η</sup> έκδ.). Αθήνα: Εκδ. Σταμούλη Α.Ε.

*Ενεργειακά Ορυκτά. Ορυκτά Καύσιμα. (χ.χ.)*.

Ανακτήθηκε από: <http://www.orykta.gr/oryktes-protis-yles-tis-ellados/energeiaka-orykta>

Καρλής, Α. Γ. (2003) *Θαλάσσιες Μεταφορές Χύδην Ξηρών Φορτίων (Δημητριακά, Σιδηρομετάλλευμα, Άνθρακας) & Διαμόρφωση Ναύλων*. (Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς).

Ανακτήθηκε από: <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/6857>

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alizadeh, A. H. & Talley, W. K. (2011). Microeconomic determinants of dry bulk shipping freight rates and contract times. *Transportation*, **38**(3), 561-579.

Batchelor, R., Alizadeh, A. & Visvikis, I. (2007). Forecasting spot and forward prices in the international freight market. *International Journal of Forecasting*, **23**(1), 101- 114.

Batrinca, G. I., & Cojanu, G. S. (2014). The determining factors of the dry bulk market freight rates. *2014 International Conference on Economics, Management and Development*, 109-112.

Beenstock, M. (1985). A theory of ship prices. *Maritime Policy & Management*, **12**(3), 215-225. DOI: 10.1080/03088838500000028

Beenstock, M. & Vergottis, A.(1989). An econometric model of the world market for dry cargo freight and shipping. *Applied Economics*, **21**(3), 339-356. DOI: 10.1080/758522551

Bell, T. (2017). *Steel Applications*.

Ανακτήθηκε από <https://www.thebalance.com/steel-applications-2340171>

Brooks, C. (2007). *Introductory econometrics for finance*. Cambridge: Cambridge University Press

Chang, Y. T. & Chang, H. B. (1996). Predictability of the dry bulk shipping market by BIFFEX. *Maritime Policy & Management*, **23**(2), 103-114. DOI: 10.1080/03088839600000068

Clarke, J. A. & Mirza, S. (2006). A comparison of some common methods for detecting Granger noncausality. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, **76**(3), 207-231. DOI: 10.1080/10629360500107741

Cullinane, K. (1992). A short-term adaptive forecasting model for BIFFEX speculation: a Box – Jenkins approach. *Maritime Policy & Management*, **19**(2), 91-114. DOI: 10.1080/03088839200000018

Ecofys, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Öko-Institut. (2009). *Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012- Sector report for the iron ore industry.*

Ανακτήθηκε από: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/bm\\_study-iron\\_ore\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/bm_study-iron_ore_en.pdf)

Engelen, S., Dullaert, W. & Vernimmen, B. (2009). Market efficiency within dry bulk markets in the short run: a multi-agent system dynamics Nash equilibrium. *Maritime Policy & Management*, **36**(5), 385-396. DOI: 10.1080/03088830903187135

Geomelos, N. D. & Xideas E. (2014). Forecasting spot prices in bulk shipping using multivariate and univariate models. *Cogent Economics & Finance*, **2**(1), 923701. DOI: 10.1080/23322039.2014.932701

Goulielmos, A. M. & Psifia, M. (2007). A study of trip and time charter freight rate indices: 1968 - 2003. *Maritime Policy & Management*, **34**(1), 55-67. DOI: 10.1080/03088830601103418

Goulielmos, A.M. & Psifia M. (2009). Forecasting weekly freight rates for one-year time charter 65 000 dwt bulk carrier, 1989-2008, using nonlinear methods. *Maritime Policy & Management*, **36**(5), 411-436. DOI: 10.1080/03088830903187150

Goulielmos, A. M. & Psifia M. (2011). Forecasting short- term freight rate cycles: do we have a more appropriate method than a normal distribution?. *Maritime Policy & Management*, **38**(6), 645-672. DOI: 10.1080/03088839.2011.556673

Heping, X., Hong, L. & Gang, W. (2014). An analysis of the Interdependence Between China's Economy and Coal. *Cornerstone Magazine*, **2**(2), 62-66.

Ανακτήθηκε από:

[http://www.nxtbook.com/nxtbooks/wiley/cornerstone\\_2014summer/index.php#/22](http://www.nxtbook.com/nxtbooks/wiley/cornerstone_2014summer/index.php#/22)

International Energy Agency. (2016). *Key Coal Trends 2016*. Excerpt from Coal Information. Ανακτήθηκε από:

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyCoalTrends.pdf>

International Energy Agency. (2016). *Medium-Term Coal Market Report 2016*

Ανακτήθηκε από:

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MediumTermCoalMarketReport2016ExecutiveSummaryEnglishversion.pdf>

*Iron Ore: The King of the Dry Bulk Shipping.* (χ.χ.).

Ανακτήθηκε από: <https://opensea.pro/blog/shipping-iron-ore>

Jing, L., Marlow, P. B. & Hui, W. (2008). An analysis of freight rate volatility in dry bulk shipping markets. *Maritime Policy & Management*, **35**(3), 237-251. DOI: 10.1080/03088830802079987

Kavussanos, M. G. & Nomikos, N. K. (2003). Price discovery, causality and forecasting in the freight futures market. *Review of Derivatives Research*, **6**(3), 203- 230.

Kavussanos, M. G. & Visvikis, I. D. (2004). Market interactions in returns and volatilities between spot and forward shipping freight markets. *Journal of Banking & Finance*, **28**(2004), 2015–2049.

Kavussanos, M. G., Visvikis, I. & Dimitrakopoulos, D. N. (2014). Economic spillovers between related derivatives markets: The case of commodity and freight markets. *Transportation Research Part E 68: Logistics and Transportation Review*, **68**, 79-102.

Kehui, Z. (2014). Studying the Dominance of Coal in China's Energy Mix. *Cornerstone Magazine*, 2(2), 15-20. Ανακτήθηκε από:

[http://www.nxtbook.com/nxtbooks/wiley/cornerstone\\_2014summer/index.php#/22](http://www.nxtbook.com/nxtbooks/wiley/cornerstone_2014summer/index.php#/22)

Li, J. & Parsons, M. G. (1997). Forecasting tanker freight rate using neural networks. *Maritime Policy & Management*, **24**(1), 9-30. DOI: 10.1080/03088839700000053

Lyridis, D. V., Manos, N. D. & Zacharioudakis, P. G. (2014). Modeling the Dry Bulk Shipping Market using Macroeconomic Factors in addition to Shipping Market Parameters via Artificial Neural Networks. *International journal of transport economics*, **41**(2), 231-254.

McConville, J. (1999). *Economics of Maritime Transport-Theory and Practice*. London: Witherby & Co. Ltd

OECD. (2012). *Steelmaking raw materials: market and policy developments*. 72<sup>nd</sup> Steel Committee Meeting- Paris.

Ανακτήθηκε από: <https://www.oecd.org/sti/ind/50494260.pdf>

Poulakidas, A. & Joutz, F. (2009). Exploring the link between oil prices and tanker rates. *Maritime Policy & Management*, **36**(3), 215-233. DOI: 10.1080/03088830902861094

Reserve Bank of Australia. (February 2015). *Statement on Monetary Policy. Box A: The Effects of Changes in Ore Ore Prices*.

Ανακτήθηκε από: <http://www.rba.gov.au/publications/smp/2015/feb/pdf/box-a.pdf>

Shi, W., Yang, Z. & Li, K. X. (2013). The impact of crude oil price on the tanker market. *Maritime Policy & Management*, **40**(4), 309-322. DOI: 10.1080/03088839.2013.777981

Stopford, M. (2009). *Maritime Economics*. (3<sup>rd</sup> Ed.). New York: Routledge

The Baltic Exchange. (χ.χ.). *BCI Index*.

Ανακτήθηκε από: <https://www.balticexchange.com/market-information/product-overview/indics/>

Toda, H. Y. & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, **66**, 225-250.

Tsioumas, V. & Papadimitriou, S. (2014). Chinese steel production and shipping freight markets: A causality analysis. *The business & Management Review*, **5**(3), 148-156.

Tsioumas, V., Papadimitriou, S., Smirlis, Y. & Zahran, S. Z. (2017). A Novel Approach to Forecasting the Dry Bulk Market. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, **33**(1), 33-41.

Tvedt, J. (2003). A new perspective on price dynamics of the dry bulk market. *Maritime Policy & Management*, **30**(3), 221-230. DOI: 10.1080/0308883032000133413

U.S. Energy Information Administration. (2016). *Annual Coal Report 2015*

Ανακτήθηκε από: <https://www.eia.gov/coal/annual/pdf/acr.pdf>

Veenstra, A. W. (1999). The term structure of ocean freight rates. *Maritime policy & Management*, **26**(3), 279-293. DOI: 10.1080/030888399286899

Veenstra, A. W. & Franses, P. H. (1997). A Co-integration approach to forecasting freight rates in the dry shipping sector. *Transportation Research Part A: policy and practice*, **31**(6), 447-458.

Veenstra, A. W. & Haralambides, H. E. (2001). Multivariate autoregressive models for forecasting seaborne trade flows. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **37**(4), 311-319.

World Coal Association. (2014) -*Coal facts 2014*.

Ανακτήθηκε από:

[https://www.worldcoal.org/sites/default/files/resources\\_files/coal\\_facts\\_2014%2812\\_09\\_2014%29.pdf](https://www.worldcoal.org/sites/default/files/resources_files/coal_facts_2014%2812_09_2014%29.pdf)

World Coal Institute. (May 2005). *The Coal Resource- A Comprehensive Overview of Coal*.

Ανακτήθηκε

από:

[https://www.worldcoal.org/sites/default/files/resources\\_files/coal\\_resource\\_overview\\_of\\_coal\\_report%2803\\_06\\_2009%29.pdf](https://www.worldcoal.org/sites/default/files/resources_files/coal_resource_overview_of_coal_report%2803_06_2009%29.pdf)

World Steel Association. (2017). *Raw Materials*.

Ανακτήθηκε από : <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/raw-materials.html>

World Steel Association. (2012). *Sustainable Steel- At the core of a green economy*.

Ανακτήθηκε από: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:5b246502-df29-4d8b-92bb-afb2dc27ed4f/Sustainable-steel-at-the-core-of-a-green-economy.pdf>

Yu, T. H., Bessler, D. A. & Fuller, S. W. (2007). Price dynamics in US grain and freight markets. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, **55**(3), 381-397.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Πίνακας 1:** Έλεγχος ADF Τιμής Iron Ore

Null Hypothesis: LIRON has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | 0.399702    | 0.7974 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LIRON)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:09  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LIRON(-1)          | 0.000802    | 0.002006              | 0.399702    | 0.6901    |
| D(LIRON(-1))       | 0.180683    | 0.091603              | 1.972457    | 0.0509    |
| R-squared          | 0.030397    | Mean dependent var    |             | 0.006559  |
| Adjusted R-squared | 0.022039    | S.D. dependent var    |             | 0.098721  |
| S.E. of regression | 0.097627    | Akaike info criterion |             | -1.798529 |
| Sum squared resid  | 1.105591    | Schwarz criterion     |             | -1.751568 |
| Log likelihood     | 108.1132    | Hannan-Quinn criter.  |             | -1.779462 |
| Durbin-Watson stat | 1.950384    |                       |             |           |

## Πίνακας 2: Έλεγχος ADF Τιμής Iron Ore-1<sup>n</sup> διαφορά

Null Hypothesis: D(LIRON) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -8.969299   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LIRON,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:10  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(LIRON(-1))       | -0.816957   | 0.091084              | -8.969299   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.407427    | Mean dependent var    |             | 0.000584  |
| Adjusted R-squared | 0.407427    | S.D. dependent var    |             | 0.126367  |
| S.E. of regression | 0.097275    | Akaike info criterion |             | -1.814102 |
| Sum squared resid  | 1.107114    | Schwarz criterion     |             | -1.790621 |
| Log likelihood     | 108.0320    | Hannan-Quinn criter.  |             | -1.804568 |
| Durbin-Watson stat | 1.950199    |                       |             |           |



### Πίνακας 3: Έλεγχος ADF Τιμής Coal

Null Hypothesis: LCOAL has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | 0.179346    | 0.7366 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LCOAL)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:13  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LCOAL(-1)          | 0.000294    | 0.001642              | 0.179346    | 0.8580    |
| D(LCOAL(-1))       | 0.294835    | 0.090900              | 3.243528    | 0.0015    |
| R-squared          | 0.082196    | Mean dependent var    |             | 0.004208  |
| Adjusted R-squared | 0.074284    | S.D. dependent var    |             | 0.082990  |
| S.E. of regression | 0.079848    | Akaike info criterion |             | -2.200576 |
| Sum squared resid  | 0.739585    | Schwarz criterion     |             | -2.153615 |
| Log likelihood     | 131.8340    | Hannan-Quinn criter.  |             | -2.181508 |
| Durbin-Watson stat | 1.991653    |                       |             |           |

#### Πίνακας 4: Έλεγχος ADF Τιμής Coal-1<sup>η</sup> διαφορά

Null Hypothesis: D(LCOAL) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -7.800830   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LCOAL,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:13  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(LCOAL(-1))       | -0.703849   | 0.090227              | -7.800830   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.341934    | Mean dependent var    |             | -0.001783 |
| Adjusted R-squared | 0.341934    | S.D. dependent var    |             | 0.098023  |
| S.E. of regression | 0.079517    | Akaike info criterion |             | -2.217248 |
| Sum squared resid  | 0.739790    | Schwarz criterion     |             | -2.193767 |
| Log likelihood     | 131.8176    | Hannan-Quinn criter.  |             | -2.207714 |
| Durbin-Watson stat | 1.993180    |                       |             |           |

### Πίνακας 5: Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής IOR1

Null Hypothesis: LIOR1 has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -0.931528   | 0.3111 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584539   |        |
| 5% level                               | -1.943540   |        |
| 10% level                              | -1.614941   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LIOR1)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:15  
 Sample (adjusted): 2007M02 2016M12  
 Included observations: 119 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LIOR1(-1)          | -0.008388   | 0.009005              | -0.931528   | 0.3535    |
| R-squared          | 0.005973    | Mean dependent var    |             | -0.008985 |
| Adjusted R-squared | 0.005973    | S.D. dependent var    |             | 0.246786  |
| S.E. of regression | 0.246048    | Akaike info criterion |             | 0.041784  |
| Sum squared resid  | 7.143652    | Schwarz criterion     |             | 0.065138  |
| Log likelihood     | -1.486176   | Hannan-Quinn criter.  |             | 0.051268  |
| Durbin-Watson stat | 1.663787    |                       |             |           |

**Πίνακας 6:** Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής IOR1-1η διαφορά

Null Hypothesis: D(LIOR1) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -9.138047   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LIOR1,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:16  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(LIOR1(-1))       | -0.833808   | 0.091246              | -9.138047   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.416455    | Mean dependent var    |             | -0.001625 |
| Adjusted R-squared | 0.416455    | S.D. dependent var    |             | 0.320058  |
| S.E. of regression | 0.244493    | Akaike info criterion |             | 0.029175  |
| Sum squared resid  | 6.993863    | Schwarz criterion     |             | 0.052655  |
| Log likelihood     | -0.721303   | Hannan-Quinn criter.  |             | 0.038708  |
| Durbin-Watson stat | 1.946478    |                       |             |           |

## Πίνακας 7: Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής CR1

Null Hypothesis: LCR1 has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -0.859340   | 0.3417 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584539   |        |
| 5% level                               | -1.943540   |        |
| 10% level                              | -1.614941   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LCR1)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:20  
 Sample (adjusted): 2007M02 2016M12  
 Included observations: 119 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LCR1(-1)           | -0.007291   | 0.008484              | -0.859340   | 0.3919    |
| R-squared          | 0.005136    | Mean dependent var    |             | -0.007775 |
| Adjusted R-squared | 0.005136    | S.D. dependent var    |             | 0.236477  |
| S.E. of regression | 0.235869    | Akaike info criterion |             | -0.042712 |
| Sum squared resid  | 6.564839    | Schwarz criterion     |             | -0.019358 |
| Log likelihood     | 3.541343    | Hannan-Quinn criter.  |             | -0.033228 |
| Durbin-Watson stat | 1.647557    |                       |             |           |

### Πίνακας 8: Έλεγχος ADF Τιμών Διαδρομής CR1-1η διαφορά

Null Hypothesis: D(LCR1) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -9.068188   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LCR1,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:21  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(LCR1(-1))        | -0.826181   | 0.091108              | -9.068188   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.412721    | Mean dependent var    |             | -0.001926 |
| Adjusted R-squared | 0.412721    | S.D. dependent var    |             | 0.305149  |
| S.E. of regression | 0.233848    | Akaike info criterion |             | -0.059854 |
| Sum squared resid  | 6.398122    | Schwarz criterion     |             | -0.036374 |
| Log likelihood     | 4.531384    | Hannan-Quinn criter.  |             | -0.050320 |
| Durbin-Watson stat | 1.951560    |                       |             |           |

## Πίνακας 9: Έλεγχος ADF Τιμών Χρονοαύλωσης 6Μ

Null Hypothesis: LTC6M has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -0.743921   | 0.3922 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LTC6M)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:22  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LTC6M(-1)          | -0.001803   | 0.002424              | -0.743921   | 0.4584    |
| D(LTC6M(-1))       | 0.251950    | 0.089986              | 2.799892    | 0.0060    |
| R-squared          | 0.065108    | Mean dependent var    |             | -0.017601 |
| Adjusted R-squared | 0.057048    | S.D. dependent var    |             | 0.274616  |
| S.E. of regression | 0.266668    | Akaike info criterion |             | 0.211180  |
| Sum squared resid  | 8.248976    | Schwarz criterion     |             | 0.258141  |
| Log likelihood     | -10.45961   | Hannan-Quinn criter.  |             | 0.230247  |
| Durbin-Watson stat | 1.935562    |                       |             |           |

**Πίνακας 10:** Έλεγχος ADF Τιμών Χρονοαύλωσης 6M-1<sup>η</sup> διαφορά

Null Hypothesis: D(LTC6M) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -8.304180   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.584707   |        |
| 5% level                               | -1.943563   |        |
| 10% level                              | -1.614927   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LTC6M,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/24/17 Time: 15:23  
 Sample (adjusted): 2007M03 2016M12  
 Included observations: 118 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(LTC6M(-1))       | -0.745107   | 0.089727              | -8.304180   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.370805    | Mean dependent var    |             | -0.002107 |
| Adjusted R-squared | 0.370805    | S.D. dependent var    |             | 0.335543  |
| S.E. of regression | 0.266159    | Akaike info criterion |             | 0.198990  |
| Sum squared resid  | 8.288330    | Schwarz criterion     |             | 0.222471  |
| Log likelihood     | -10.74042   | Hannan-Quinn criter.  |             | 0.208524  |
| Durbin-Watson stat | 1.935112    |                       |             |           |



**Πίνακας 11:** Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμές Coal- Διαδρομής CR4.

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: LCOAL LCR4  
 Exogenous variables: C  
 Date: 08/24/17 Time: 17:48  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 112

| Lag | LogL      | LR        | FPE       | AIC        | SC         | HQ         |
|-----|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0   | -98.82741 | NA        | 0.020749  | 1.800489   | 1.849034   | 1.820186   |
| 1   | 148.0932  | 480.6134  | 0.000271  | -2.537379  | -2.391745* | -2.478291  |
| 2   | 155.8478  | 14.81668  | 0.000254* | -2.604424* | -2.361701  | -2.505944* |
| 3   | 159.0606  | 6.024120  | 0.000257  | -2.590368  | -2.250556  | -2.452496  |
| 4   | 159.8632  | 1.476147  | 0.000272  | -2.533271  | -2.096370  | -2.356006  |
| 5   | 164.8929  | 9.071493  | 0.000268  | -2.551659  | -2.017669  | -2.335002  |
| 6   | 166.6054  | 3.027408  | 0.000279  | -2.510811  | -1.879731  | -2.254761  |
| 7   | 166.9359  | 0.572531  | 0.000298  | -2.445285  | -1.717115  | -2.149843  |
| 8   | 175.0959  | 13.84274* | 0.000277  | -2.519569  | -1.694310  | -2.184735  |

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Πίνακας 12:** Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμές Coal- Χρονοαύλωσης 6M.

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: LCOAL LTC6M  
 Exogenous variables: C  
 Date: 08/24/17 Time: 17:14  
 Sample: 2007M01 2016M12  
 Included observations: 112

| Lag | LogL      | LR        | FPE       | AIC        | SC         | HQ         |
|-----|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0   | -152.9176 | NA        | 0.054510  | 2.766385   | 2.814930   | 2.786081   |
| 1   | 117.8537  | 527.0369  | 0.000465  | -1.997387  | -1.851753* | -1.938299  |
| 2   | 125.8912  | 15.35749* | 0.000433* | -2.069486* | -1.826763  | -1.971006* |
| 3   | 127.9543  | 3.868156  | 0.000448  | -2.034897  | -1.695085  | -1.897025  |
| 4   | 130.7186  | 5.084457  | 0.000458  | -2.012832  | -1.575931  | -1.835568  |
| 5   | 133.8740  | 5.690943  | 0.000466  | -1.997750  | -1.463759  | -1.781093  |
| 6   | 136.3540  | 4.384321  | 0.000479  | -1.970607  | -1.339527  | -1.714558  |
| 7   | 138.1714  | 3.147975  | 0.000498  | -1.931632  | -1.203463  | -1.636191  |
| 8   | 143.2743  | 8.656780  | 0.000489  | -1.951328  | -1.126069  | -1.616494  |

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Πίνακας 13:** Επιλογή βέλτιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων (lags) VAR μοντέλου ανά κριτήριο –Τιμές Iron Ore- Διαδρομής IOR1

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: LIRON LIOR1  
 Exogenous variables: C  
 Date: 08/24/17 Time: 17:47  
 Sample: 2009M01 2016M12  
 Included observations: 96

| Lag | LogL      | LR        | FPE       | AIC        | SC         | HQ         |
|-----|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0   | -92.39285 | NA        | 0.024496  | 1.966518   | 2.019942   | 1.988113   |
| 1   | 101.0118  | 374.7216* | 0.000474* | -1.979413* | -1.819141* | -1.914628* |
| 2   | 104.7865  | 7.156070  | 0.000476  | -1.974718  | -1.707598  | -1.866744  |
| 3   | 108.1277  | 6.195309  | 0.000483  | -1.960995  | -1.587027  | -1.809831  |
| 4   | 108.7471  | 1.122539  | 0.000518  | -1.890564  | -1.409749  | -1.696211  |
| 5   | 110.8839  | 3.784000  | 0.000539  | -1.851748  | -1.264085  | -1.614205  |
| 6   | 111.7505  | 1.498398  | 0.000576  | -1.786468  | -1.091957  | -1.505735  |
| 7   | 113.1481  | 2.358527  | 0.000610  | -1.732252  | -0.930893  | -1.408330  |
| 8   | 118.8739  | 9.423649  | 0.000589  | -1.768206  | -0.859999  | -1.401094  |

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Πίνακας 14:** Granger Causality/Wald Test-Τιμές Iron Ore –Διαδρομής IOR1 (2009-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
 Date: 08/24/17 Time: 19:48  
 Sample: 2009M01 2016M12  
 Included observations: 96

Dependent variable: LIOR1

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 2.245328 | 1  | 0.1340 |
| All      | 2.245328 | 1  | 0.1340 |

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR1    | 0.821456 | 1  | 0.3648 |
| All      | 0.821456 | 1  | 0.3648 |

**Πίνακας 15: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR2 (2009-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 19:45  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR2    | 2.782843 | 2  | 0.2487 |
| All      | 2.782843 | 2  | 0.2487 |

Dependent variable: LIOR2

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 1.019143 | 2  | 0.6008 |
| All      | 1.019143 | 2  | 0.6008 |

**Πίνακας 16: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR3 (2009-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 19:52  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR3    | 0.625738 | 2  | 0.7313 |
| All      | 0.625738 | 2  | 0.7313 |

Dependent variable: LIOR3

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 1.756951 | 2  | 0.4154 |
| All      | 1.756951 | 2  | 0.4154 |

**Πίνακας 17: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR4 (2009-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 19:57  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR4    | 2.594786 | 2  | 0.2732 |
| All      | 2.594786 | 2  | 0.2732 |

Dependent variable: LIOR4

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 0.667486 | 2  | 0.7162 |
| All      | 0.667486 | 2  | 0.7162 |

**Πίνακας 18: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Διαδρομής IOR5 (2009-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 19:59  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR5    | 1.189998 | 2  | 0.5516 |
| All      | 1.189998 | 2  | 0.5516 |

Dependent variable: LIOR5

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 3.576382 | 2  | 0.1673 |
| All      | 3.576382 | 2  | 0.1673 |

**Πίνακας 19:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore –Χρονοαύλωσης 1Y (2009-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 20:30  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC1Y    | 0.402015 | 2  | 0.8179 |
| All      | 0.402015 | 2  | 0.8179 |

Dependent variable: LTC1Y

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 1.655831 | 2  | 0.4370 |
| All      | 1.655831 | 2  | 0.4370 |

**Πίνακας 20:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοαύλωσης 6M(2009-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 20:31  
Sample: 2009M01 2016M12  
Included observations: 96

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC6M    | 0.295020 | 2  | 0.8629 |
| All      | 0.295020 | 2  | 0.8629 |

Dependent variable: LTC6M

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 1.341457 | 2  | 0.5113 |
| All      | 1.341457 | 2  | 0.5113 |

## Πίνακας 21: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR1(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 20:49

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCR1     | 7.450708 | 2  | 0.0241 |
| All      | 7.450708 | 2  | 0.0241 |

Dependent variable: LCR1

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 4.145873 | 2  | 0.1258 |
| All      | 4.145873 | 2  | 0.1258 |

## Πίνακας 22: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR2(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 20:51

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCR2     | 7.791801 | 2  | 0.0203 |
| All      | 7.791801 | 2  | 0.0203 |

Dependent variable: LCR2

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 6.221079 | 2  | 0.0446 |
| All      | 6.221079 | 2  | 0.0446 |

**Πίνακας 23:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR3(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 20:53

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 116

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCR3     | 6.783685 | 3  | 0.0791 |
| All      | 6.783685 | 3  | 0.0791 |

Dependent variable: LCR3

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 4.941868 | 3  | 0.1761 |
| All      | 4.941868 | 3  | 0.1761 |

**Πίνακας 24:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal –Διαδρομής CR4(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 21:05

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCR4     | 6.445362 | 2  | 0.0398 |
| All      | 6.445362 | 2  | 0.0398 |

Dependent variable: LCR4

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 4.561108 | 2  | 0.1022 |
| All      | 4.561108 | 2  | 0.1022 |

### Πίνακας 25: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal – Διαδρομής CR5(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 21:03

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCR5     | 7.526264 | 2  | 0.0232 |
| All      | 7.526264 | 2  | 0.0232 |

Dependent variable: LCR5

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 5.117326 | 2  | 0.0774 |
| All      | 5.117326 | 2  | 0.0774 |

### Πίνακας 26: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal-Χρονοαύλωσης 1Y(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 21:06

Sample: 2007M01 2016M12

Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC1Y    | 2.985999 | 2  | 0.2247 |
| All      | 2.985999 | 2  | 0.2247 |

Dependent variable: LTC1Y

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 0.377827 | 2  | 0.8279 |
| All      | 0.377827 | 2  | 0.8279 |



**Πίνακας 27:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Coal-Χρονοαύλωσης 6M(2007-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 21:09  
Sample: 2007M01 2016M12  
Included observations: 117

Dependent variable: LCOAL

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC6M    | 2.575590 | 2  | 0.2759 |
| All      | 2.575590 | 2  | 0.2759 |

Dependent variable: LTC6M

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LCOAL    | 0.274341 | 2  | 0.8718 |
| All      | 0.274341 | 2  | 0.8718 |

**Πίνακας 28:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR1 (2013-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 23:02  
Sample: 2013M01 2016M12  
Included observations: 48

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR1    | 0.310024 | 1  | 0.5777 |
| All      | 0.310024 | 1  | 0.5777 |

Dependent variable: LIOR1

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 4.129219 | 1  | 0.0421 |
| All      | 4.129219 | 1  | 0.0421 |

**Πίνακας 29:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR2 (2013-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 23:07  
Sample: 2013M01 2016M12  
Included observations: 48

Dependent variable: LIOR2

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 4.482763 | 1  | 0.0342 |
| All      | 4.482763 | 1  | 0.0342 |

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR2    | 0.099228 | 1  | 0.7528 |
| All      | 0.099228 | 1  | 0.7528 |

**Πίνακας 30:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR3 (2013-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 23:20  
Sample: 2013M01 2016M12  
Included observations: 48

Dependent variable: LIOR3

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 8.017344 | 3  | 0.0457 |
| All      | 8.017344 | 3  | 0.0457 |

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR3    | 1.278328 | 3  | 0.7343 |
| All      | 1.278328 | 3  | 0.7343 |

**Πίνακας 31: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR4 (2013-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 23:25  
Sample: 2013M01 2016M12  
Included observations: 48

Dependent variable: LIOR4

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 4.170995 | 1  | 0.0411 |
| All      | 4.170995 | 1  | 0.0411 |

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR4    | 0.079067 | 1  | 0.7786 |
| All      | 0.079067 | 1  | 0.7786 |

**Πίνακας 32: Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Διαδρομής IOR5 (2013-2016)**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 08/24/17 Time: 23:27  
Sample: 2013M01 2016M12  
Included observations: 48

Dependent variable: LIOR5

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 5.186917 | 1  | 0.0228 |
| All      | 5.186917 | 1  | 0.0228 |

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIOR5    | 0.105046 | 1  | 0.7459 |
| All      | 0.105046 | 1  | 0.7459 |

**Πίνακας 33:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοαύλωσης 1Y (2013-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/24/17 Time: 23:30

Sample: 2013M01 2016M12

Included observations: 48

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC1Y    | 6.144585 | 5  | 0.2924 |
| All      | 6.144585 | 5  | 0.2924 |

Dependent variable: LTC1Y

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 11.04411 | 5  | 0.0505 |
| All      | 11.04411 | 5  | 0.0505 |

**Πίνακας 34:** Granger Causality/Wald Test-Τιμής Iron Ore-Χρονοαύλωσης 6M (2013-2016)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/26/17 Time: 18:58

Sample: 2013M01 2016M12

Included observations: 48

Dependent variable: LIRON

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LTC6M    | 0.038841 | 1  | 0.8438 |
| All      | 0.038841 | 1  | 0.8438 |

Dependent variable: LTC6M

| Excluded | Chi-sq   | df | Prob.  |
|----------|----------|----|--------|
| LIRON    | 3.266141 | 1  | 0.0707 |
| All      | 3.266141 | 1  | 0.0707 |

