



M.B.A. T.Q.M.

«ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΩΝ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ»



Εικόνα 1: Πετρέλαιο [3.bp.blogpost.com]

Φοιτητής: **Τσούκλας Θανάσης**  
Επιβλέπων Καθηγητής: **Μαραβελάκης Πέτρος**

Νοέμβριος 2023

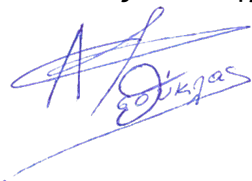
## ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων – Ολική Ποιότητα με Διεθνή Προσανατολισμό» με τίτλο: «Πρόβλεψη Τιμών Αργού Πετρελαίου», έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή (Ονοματεπώνυμο)

Τσούκλας Θανάσης



Ημερομηνία: 30/11/2023

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Επιθυμώ να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον εισηγητή καθηγητή μου Κο Μαραβελάκη Π. για την καθοδήγηση του και την υποστήριξή του κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας «Πρόβλεψη Τιμών Αργού Πετρελαίου».

Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου για τη φροντίδα και συμπαράσταση στο άτομό μου με υλικά και άυλα μέσα, στην προσπάθειά μου να αποκτήσω γνώσεις, εμπειρία και όλα εκείνα τα εφόδια γενικά που με βοηθούν να πετύχω τους στόχους μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Κατάλογος Εικόνων</b>	σελ. 5
<b>Κατάλογος Διαγραμμάτων</b>	σελ. 5
<b>Κατάλογος Πινάκων</b>	σελ. 6
.....	.....
<b>Περίληψη</b>	σελ. 7
<b>Abstract</b>	σελ. 8
.....	.....
<b>Κεφ. 1<sup>ο</sup>: «Εισαγωγή»</b>	
1.1 Αντικείμενο μελέτης	σελ. 9
1.2 Σκοπός έρευνας	σελ. 9
1.3 Διάρθρωση εργασίας	σελ. 10
.....	.....
<b>Κεφ. 2<sup>ο</sup>: «Βασικές Πληροφορίες»</b>	
2.1 Πετρέλαιο και οικονομία	σελ. 11
2.2 Η αγορά ενέργειας	σελ. 13
2.3 OPEC και αγορά πετρελαίου	σελ. 15
2.4 Πετρέλαιο σε κρίση	σελ. 16
2.5 Επιπτώσεις από τη χρήση του πετρελαίου	σελ. 18
2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του πετρελαίου	σελ. 20
.....	.....
<b>Κεφ. 3<sup>ο</sup>: «Στατιστική Ανάλυση»</b>	
3.1 Χρονοσειρές: Χαρακτηριστικά, Συνιστώσες και Συμπεριφορά	σελ. 22
3.2 Μεθοδολογία: Δεδομένα-Μεταβλητές-Statgraphics	σελ. 24
3.3 Προσέγγιση Box-Jenkins	σελ. 26
3.4 Υπόδειγμα ARIMA (p, d, q)	σελ. 27
3.5 Υπόδειγμα SARIMA	σελ. 27
.....	.....
<b>Κεφ. 4<sup>ο</sup>: «Προβλέψεις-Σχόλια»</b>	
4.1 Προβλέψεις για τη χρήση πετρελαίου	σελ. 28
4.2 Σχόλια από τη χρήση πετρελαίου	σελ. 31
.....	.....
<b>Κεφ. 5<sup>ο</sup>: «Συμπεράσματα»</b>	
5.1 Συμπεράσματα από τη χρήση πετρελαίου	σελ. 40
5.2 Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες στο πετρέλαιο	σελ. 41
.....	.....
<b>Βιβλιογραφία</b>	σελ. 42
.....	.....
<b>Παράρτημα</b>	
Προσαρτήματα: Statgraphics-19	σελ. 45
Descriptive Methods	σελ. 45
Forecast	σελ. 51



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Πετρέλαιο	σελ. 1
Εικόνα 2: Τι είναι το πετρέλαιο	σελ. 7
Picture 3: Υδρογονάνθρακες	σελ. 8
Εικόνα 4: Εξόρυξη πετρελαίου	σελ. 9
Εικόνα 5: Τιμή πετρελαίου	σελ. 11
Εικόνα 6: Πεδία ερευνών για Υδρογονάνθρακες, Ελλάδα 2019	σελ. 12
Εικόνα 7: Υδρογονάνθρακες, Ελλάδα	σελ. 13
Εικόνα 8: Γεώτρηση πετρελαίου	σελ. 14
Εικόνα 9: Περιβαλλοντική καταστροφή από πετρέλαιο	σελ. 14
Εικόνα 10: Πρωτόκολλο του Κιότο	σελ. 16
Εικόνα 11: Ο πλανήτης μας νοσεί	σελ. 17
Εικόνα 12: Ενεργειακή κρίση πετρελαίου	σελ. 18
Εικόνα 13: Κλιματική αλλαγή	σελ. 19
Εικόνα 14: Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου	σελ. 20
Εικόνα 15: Πάνω από \$72 το βαρέλι πετρέλαιο	σελ. 21

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Ανάλυση Χρονοσειρών	σελ. 23
Διάγραμμα 2: Ανάλυση και Λήψη Προβλέψεων	σελ. 23
Διάγραμμα 3: Κύρια στοιχεία ανάλυσης χρονοσειρών	σελ. 24
Διάγραμμα 4: Σχηματική Αναπαράσταση B-J, Ανάλυση Χρονοσειρών	σελ. 26
Διάγραμμα 5: Διαδικασία ARIMA (p, d, q)	σελ. 27
Διάγραμμα 6: Γράφημα Τιμής Αργού Πετρελαίου Κίνησης σε \$/BBL (2010-2022)	σελ. 31
Διάγραμμα 7: Γράφημα της χρονοσειράς για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2017-2022)	σελ. 32
Διάγραμμα 8: Συνάρτηση Αυτοσυσχέτισης για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2010-2022)	σελ. 32
Διάγραμμα 9: Συνάρτηση Μερικής Αυτοσυσχέτισης για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2010-2022)	σελ. 33
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα 10: Γράφημα της χρονοσειράς (διαφορών) για Europe Brent Spot Price FOB (\$/BBL)	σελ. 33
Διάγραμμα 11: Γράφημα κριτηρίου AIC για Europe Brent Spot Price FOB (\$/BBL)	σελ. 34
Διάγραμμα 12: Περιοδόγραμμα για Europe Brent Spot Price FOB (\$/BBL)	σελ. 35
Διάγραμμα 13: Γράφημα μελλοντικών τιμών της μεταβλητής Europe Brent Spot Price FOB (\$/BBL)	σελ. 36
Διάγραμμα 14: Γράφημα μελλοντικών τιμών (\$/BBL) – ARIMA(2,1,2)x(1,0,2) <sup>12</sup>	σελ. 36
Διάγραμμα 15: Υπολείμματα μελλοντικών τιμών (\$/BBL) – ARIMA(2,1,2)x(1,0,2) <sup>12</sup>	σελ. 37
Διάγραμμα 16: Υπολειμματική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης	σελ. 37
Διάγραμμα 17: Διάγραμμα 17: Υπολειμματική συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης	σελ. 38
Διάγραμμα 18: Περιοδόγραμμα για υπολείμματα (προσαρμοσμένες τιμές - \$/BBL)	σελ. 38
Διάγραμμα 19: Περιοδόγραμμα για υπολείμματα- ARIMA(2,1,2)x(1,0,2) <sup>12</sup>	σελ. 39
Διάγραμμα 20: TTF Spot Prices- Source: Fitch Ratings, Bloomberg	σελ. 40

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εμπειρικά Δεδομένα σε \$/BBL (2010-2022)  
Πίνακας 2: Ετήσια Μελλοντική Πρόβλεψη σε \$/BBL (2023)

σελ. 28  
σελ. 35

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία που ακολουθεί επιχειρεί να αναλύσει την πετρελαϊκή αγορά της εποχής και με τη χρησιμοποίηση των χρονοσειρών και του στατιστικού πακέτου Statgraphics να τολμήσει πρόβλεψη στην τιμή πετρελαίου στο άμεσο μέλλον.

Το πετρέλαιο επηρεάζει τόσο τη χρηματοπιστωτική αγορά όσο και την παγκόσμια οικονομία και δικαιολογημένα φέρει την ονομασία του «**μαύρου χρυσού**». Πλήθος ερευνητών συμφωνούν ότι υπάρχει άμεση και έμμεση σχέση ανάμεσα στην τιμή του πετρελαίου και στα βασικά οικονομικά μεγέθη, όπως στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ), στην ανεργία και στον πληθωρισμό. *[Kilian & Vigfusson, 2011]*

Χώρες που εισάγουν ή εξάγουν πετρέλαιο επηρεάζονται με διαφορετικό τρόπο από την τιμή του πετρελαίου. Για παράδειγμα, όταν η χώρα εισάγει πετρέλαιο το οποίο παρουσιάζει απότομη άνοδο στην τιμή, αυτό θα επιδράσει αρνητικά στην οικονομική ανάπτυξη και στον πληθωρισμό. Το ίδιο όμως αρνητικά, θα επιδράσει μία απότομη πτώση στην τιμή του, όταν σε αντίθετη περίπτωση η χώρα εξάγει πετρέλαιο, αφού θα πρέπει να αντιμετωπίσει σοβαρά ζητήματα κρατικού προϋπολογισμού.

Παρά τις πετρελαϊκές κρίσεις των τελευταίων χρόνων και των αρνητικών και επιβαρυνμένων συνεπειών στο περιβάλλον από την εκτεταμένη χρήση του πετρελαίου ως ενεργειακό αγαθό (φαινόμενο του θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή κ.ο.κ.), η ενεργειακή παγκόσμια στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) για αντιστροφή της νοσηρής αυτής κατάστασης δεν βρίσκεται ακόμα σε υψηλό επίπεδο απόδοσης ώστε να μπορεί αποκλειστικά να καλύψει τις ανάγκες του πλανήτη σε ενέργεια. Η εξάρτηση από το «μαύρο χρυσό» εξακολουθεί να παιδεύει χώρες, ανθρώπους και περιβάλλον.

Με τη βοήθεια των χρονοσειρών, η εργασία αυτή ερευνά πραγματικά δεδομένα της τιμής αργού πετρελαίου όπως αυτά αντλήθηκαν από την αξιόπιστη πηγή Thomson Reuters (Europe Brent Spot Price FOB) για τη χρονική περίοδο από Ιανουάριο 2010 μέχρι και Δεκέμβριο 2022, ενώ παράλληλα με τη βοήθεια κατάλληλου μοντέλου μέσω του στατιστικού εργαλείου Statgraphics εξάγονται σημαντικά συμπεράσματα και δίνονται προβλέψεις για μελλοντικές τιμές του συγκεκριμένου αγαθού. *[Παπαδάκης κ.ά., 1997]*



Εικόνα 2: Τι είναι το πετρέλαιο *[www.newsit.gr]*

## ABSTRACT

The following work attempts to analyze the oil market of the time and by using the time series and the statistical package Statgraphics to dare to predict the price of oil soon. Oil affects both the financial market and the world economy and rightly bears the name of "black gold". Many researchers agree that there is a direct and indirect relationship between the price of oil and economic fundamentals, such as Gross National Product (GDP), unemployment and inflation. [Kilian & Vigfusson, 2011]

Countries that import or export oil are affected differently by the price of oil. For example, when the country imports oil which shows a sharp rise in price, this will have a negative impact on economic growth and inflation. Equally negatively, however, a sharp fall in their price will have an effect, when otherwise the country exports oil since it will have to deal with serious state budget issues.

Despite the oil crises of recent years and the negative and burdened effects on the environment from the extensive use of oil as an energy good (greenhouse effect, climate change), the global energy shift towards renewable energy sources (RES) to reverse this unhealthy situation is not yet at a high level of efficiency so that it can exclusively meet the planet's energy needs. Dependence on "black gold" continues to chastise countries, people, and the environment.

With the help of time series, this paper investigates real crude oil price data as extracted from the reliable source Thomson Reuters (Europe Brent Spot Price FOB) for the period from January 20 10 to December 2022, while with the help of an appropriate model through the statistical tool Statgraphics, important conclusions are drawn, and predictions are given for future prices of this good. [Papadakis et al., 1997]



Εικόνα 3: Υδρογονάνθρακες [www.kefalonianews.gr]

## Κεφ.1<sup>ο</sup>: «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»

### 1.1 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο μελέτης της παρούσης εργασίας αποτελεί η ανάλυση τιμών του πετρελαίου ως αγαθού κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σήμερα και συγκεκριμένα της χρονικής περιόδου από Ιανουάριο 2010 μέχρι και Δεκέμβριο 2022 σύμφωνα με τα δεδομένα του υπό διερεύνησης δείγματος.

Όχι μόνο η εθνική αλλά και η παγκόσμια οικονομία και αγορά επηρεάζονται στο μέγιστο βαθμό σήμερα από την τιμή του πετρελαίου, που καθημερινά καθορίζει όλα τα συνδεδεμένα οικονομικά μεγέθη, όπως το ΑΕΠ, την ανεργία, τον πληθωρισμό, το ύψος του μισθού, κ.λ.π.

Μέσα από την εργασία δικαιώνεται πλήρως ο χαρακτηρισμός του «**μαύρου χρυσού**» που έχει αποδοθεί στο πετρέλαιο και το οποίο επιφέρει όχι μόνο οικονομικές αλλά και γεωπολιτικές και κοινωνικές αναταράξεις.

Μεγάλο είναι το πλήθος των ερευνών που αφορούν στο θέμα του πετρελαίου με τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον και αυτό που γίνεται κατανοητό είναι ότι η βιωσιμότητα του πλανήτη εξαρτάται από τη διαχείρισή του. Η τιμή του πετρελαίου είναι αυτή που καθορίζει όλα τα ανθρώπινα αγαθά, από τα πιο μικρά και ασήμαντα στα πιο μεγάλα και στιγματίζει το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας, κατατάσσοντάς τη σε αναπτυγμένη ή μη, ενώ σε συνδυασμό με τα αποθέματα που εξαντλούνται δραστικά σε παγκόσμια κλίμακα και τη μη αναγνωσιμότητά τους, η αντικατάστασή του για παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) αποτελεί εξίσωση για δυνατούς λύτες.

### 1.2 Σκοπός έρευνας

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα εμπειρικά δεδομένα του δείγματος έχει βασικό σκοπό την μελλοντική πρόβλεψη της τιμής πετρελαίου, μέσα από τη χρήση κατάλληλης οικονομετρικής επεξεργασίας και μοντέλων ανάλυσης χρονοσειρών.

Επιμέρους στόχοι της μελέτης αποτελούν:

- ο προσδιορισμός των παραγόντων που επιδρούν στην τιμή του πετρελαίου και
- οι επιπτώσεις στην οικονομία και παγκόσμια αγορά ενέργειας,

ώστε μέσα από τις προβλέψεις να αποδοθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα και να αναζητηθούν πολιτικές και στρατηγικές αναχαίτισης των αρνητικών επιπτώσεων από τη χρήση του πετρελαίου ως μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στο περιβάλλον και στον ίδιο τον άνθρωπο.



Εικόνα 4: Εξόρυξη πετρελαίου [www.europolitix.eu]

### 1.3 Διάρθρωση εργασίας

Η παρούσα εργασία περιέχει την Περίληψη (στα ελληνικά και στα αγγλικά), κατάλογο εικόνων, διαγραμμάτων, πινάκων και περιεχομένων, το κύριο μέρος που αποτελείται από πέντε κεφάλαια, τη Βιβλιογραφία (με πλήρη στοιχεία των χρησιμοποιούμενων βιβλιογραφικών αναφορών) και το Παράρτημα με προσαρτήματα από τη στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών. Συγκεκριμένα, στο Παράρτημα παρουσιάζεται όλη η πρωτότυπη ανάλυση του δείγματος με το πακέτο Statgraphics-19 για τη μεταβλητή τιμή αργού πετρελαίου.

Ειδικότερα τα κεφάλαια που αποτελούν την κυρίως εργασία διαπραγματεύονται τα εξής θέματα:

- Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, ο αναγνώστης γνωρίζει το αντικείμενο μελέτης, το σκοπό της έρευνας και τη διάρθρωση των εννοιών όπου περιγράφεται συνοπτικά το περιεχόμενο που επεξεργάζεται η κάθε μία.
- Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, παρέχονται βασικές πληροφορίες για το θέμα του πετρελαίου και της σχέσης του με την οικονομία, την πολιτική και την κοινωνία γενικότερα. Αναφέρονται ακόμα οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση του πετρελαίου ως μέσο θέρμανσης και κίνησης, δηλαδή ως παραδοσιακή πηγή ενέργειας, καθώς και οι διάφορες πετρελαϊκές κρίσεις στη διάρκεια της ιστορίας του και πως αυτές αντιμετωπίστηκαν τότε ή/και συνεχίζουν μέχρι σήμερα. Επίσης, παρουσιάζεται ο Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών χωρών (OPEC) και προσδιορίζονται οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την τιμή του πετρελαίου.
- Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση και η μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων, η οποία στηρίζεται στις χρονοσειρές, όπου και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τους και οι συνιστώσες τους, καθώς και οι παράγοντες που επιδρούν στη συμπεριφορά τους. Χρησιμοποιείται το στατιστικό πακέτο Statgraphics ως εργαλείο στατιστικής ανάλυσης και ακολούθως περιγράφονται τα κατάλληλα υποδείγματα (Box-Jenkins, ARIMA, SARIMA). Ταυτόχρονα γίνεται αναφορά στα δεδομένα και στον τρόπο που αυτά αντλήθηκαν.
- Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο, περιλαμβάνονται προβλέψεις και σχόλια σχετικά με την μελλοντική τιμή πρόβλεψης πετρελαίου (σε \$/BBL), όπως αυτά προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων του δείγματος και μέσα από το υπόδειγμα ανάλυσης χρονοσειράς που επιλέχθηκε.
- Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο, περιέχονται τα συμπεράσματα από τη χρήση του πετρελαίου ως ενεργειακή πηγή και από την άλλη μελλοντικές προτάσεις για έρευνες στον χώρο της παραγωγής ενέργειας από παραδοσιακές μη ανανεώσιμες πηγές.

#### Λέξεις Κλειδιά:

πετρέλαιο, μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μελλοντική τιμή, χρονοσειρές, μοντέλα ARIMA, Box-Jenkins, Statgraphics, προβλέψεις.



## Κεφ: 2°: «ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ»

### 2.1 Πετρέλαιο και οικονομία

Το πετρέλαιο αποτελεί βασικό ενεργειακό αγαθό πολλά χρόνια τώρα, ιδιαίτερα μετά το 1960 όταν ξεπερνά στην κατανάλωση το κάρβουνο. Μια δεκαετία αργότερα χρησιμοποιείται σε ποσοστό 50% ως πηγή ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα, ξεκινώντας μία ανοδική πορεία στην κατανάλωση μέχρι σήμερα.

Η τιμή του πετρελαίου και των παράγωγων προϊόντων επηρεάζουν σημαντικά την αγορά ενέργειας και κατ' επέκταση διαμορφώνουν την οικονομία των χωρών σε όλο τον πλανήτη. Οι τιμές του αργού πετρελαίου έχουν συσχετισθεί και αναλυθεί με τους δείκτες βασικών οικονομικών αγαθών (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν, ανεργία, πληθωρισμός) από αρκετούς ερευνητές στο παρελθόν με σύγκλιση των συμπερασμάτων τόσο στην άμεση όσο και στην έμμεση σύνδεση αυτών. [Hamilton, 2011]

Η ανοδική τάση των τιμών του πετρελαίου είναι δυνατό να οδηγήσει σε μείωση της συνολικής παραγωγής, οπότε το κόστος εξόρυξης και επεξεργασίας σε μορφές αξιοποίησης ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού αυξάνεται επίσης. [Abel & All, 2021]

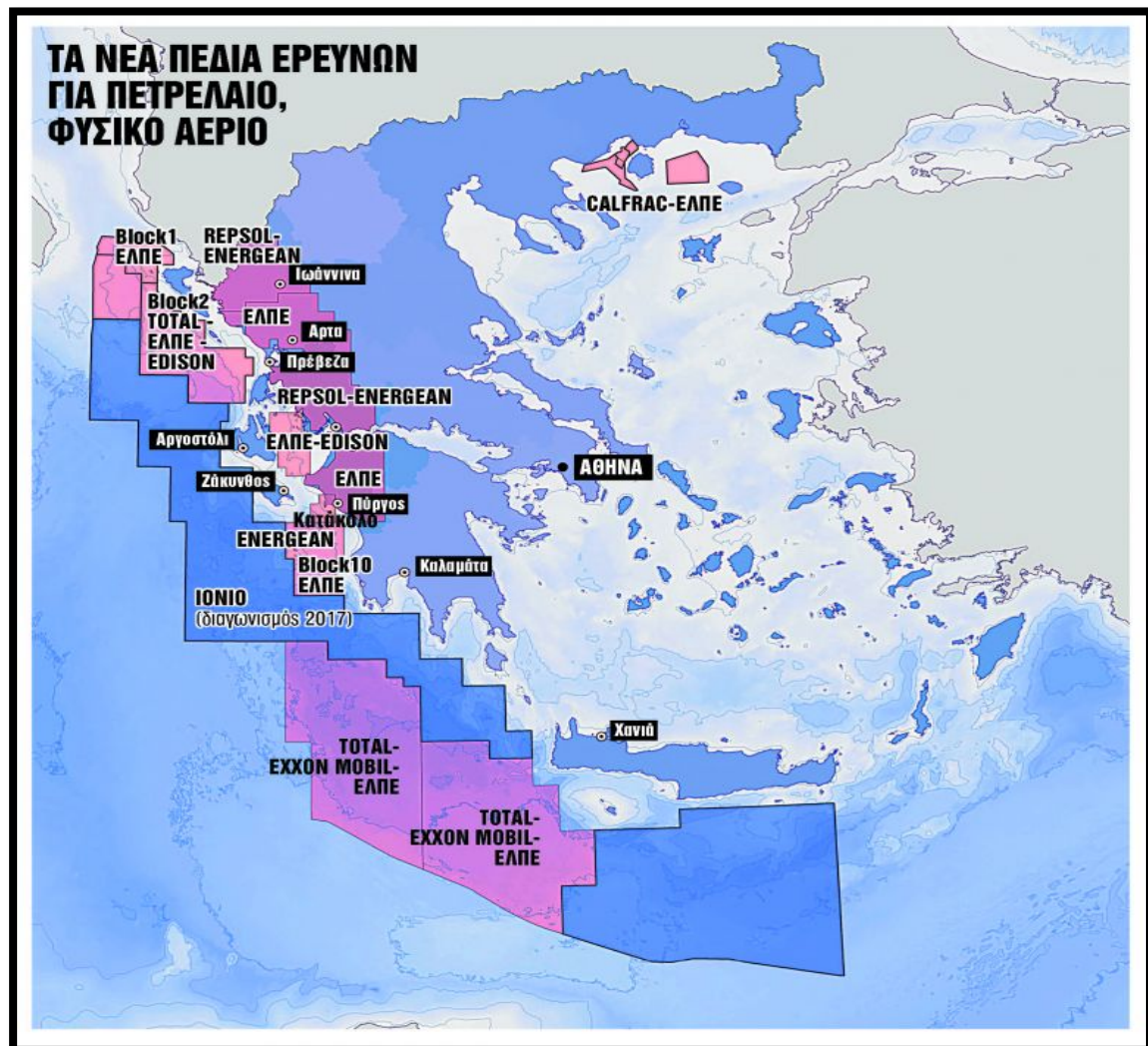
Ακόμα, η μετακίνηση του εισοδήματος των χωρών που εισάγουν το προϊόν σε αυτές που το εξάγουν επηρεάζει αρνητικά την κατανάλωση αφού μειώνεται η αγοραστική ικανότητα. Ωστόσο και έμμεσα επηρεάζονται οι οικονομικοί δείκτες αφού υπάρχει μία συσχέτιση θετική ανάμεσα στο διαθέσιμο εισόδημα και στην κατανάλωση του πετρελαίου. Συγκεκριμένα, αύξηση στην τιμή συνεπάγεται μείωση της κατανάλωσης του πετρελαίου ως ενεργειακή πηγή με ταυτόχρονη αύξηση του κόστους των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα, άρα και σαφώς λιγότερες επενδύσεις. Τέλος, ας μην παραλειφθεί το γεγονός ότι η αύξηση στις τιμές του πετρελαϊκού αγαθού πιέζει τον πληθωρισμό και επηρεάζει αρνητικά μισθούς και θέσεις εργασίας.



Εικόνα 5: Τιμή πετρελαίου [www.i1.prth.gr]

Από τα παραπάνω γίνεται φανερός ο λόγος που τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι ερευνητές ασχολούνται με τις τιμές πρόβλεψης πετρελαίου, αφού η χάραξη ορθών πολιτικών και ο σχεδιασμός κατάλληλων στρατηγικών, όλων των εμπλεκόμενων φορέων στην αγορά του πετρελαίου απορρέει από την ακρίβεια των αποτελεσμάτων των σχετικών αναλύσεων. Αρκετοί οργανισμοί και τράπεζες, όπως για παράδειγμα η Κεντρική Ευρωπαϊκή Τράπεζα (ECB) και το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (IMF) αξιοποιούν τις μελλοντικές προβλέψεις των τιμών του πετρελαίου για να προσδιορίσουν οικονομικούς δείκτες (πληθωρισμό).

Στην Ελλάδα ο φάκελος έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων άνοιξε από το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος στις αρχές της περασμένης δεκαετίας (2010 - 2011) όπου με ένα τολμηρό και φιλόδοξο εγχείρημα επιχειρήθηκε η αξιοποίηση πιθανών κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου με προσέλκυση πετρελαϊκών ομίλων και επενδύσεών τους. Ακολούθως διενεργήθηκαν σεισμικές έρευνες στο Ιόνιο και στα νότια της Κρήτης και κατάτμηση των θαλάσσιων περιοχών σε 24 blocks με νέες εταιρείες να διεκδικούν παραχωρήσεις. Τη διετία 2015 - 2017 με την ανασύσταση και ενίσχυση της Ελληνικής Διαχειριστικής Εταιρείας Υδρογονανθράκων (ΕΔΕΥ) υπήρξε έντονη κινητικότητα και παρά το γεγονός ότι 13 περιοχές είχαν παραχωρηθεί δεν πραγματοποιήθηκε καμία γεώτρηση. [Economy, in.gr]



Εικόνα 6: Πεδία ερευνών για Υδρογονάνθρακες, Ελλάδα 2019 [www.tovima.gr]

Σύμφωνα με τον καθηγητή Ορυκτολογίας του ΑΠΘ, κ. Ανδρέα Γεωργακόπουλο (2022), είναι μεγάλη η πιθανότητα στο υπέδαφος και στον υποθαλάσσιο χώρο της Ελλάδας



να υπάρχουν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου, που όχι μόνο μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, αλλά μπορούν να εξαχθούν και κάποιες από αυτές. Δεν είναι τυχαίο το ενδιαφέρον που έχουν δείξει σχετικά επιχειρηματικοί κολοσσοί από το χώρο της ενέργειας, ενώ νομοθετικές πρωτοβουλίες της πολιτείας για σύντμηση χρόνου ερευνών για τα κοιτάσματα θα ήταν μεγάλο εγχείρημα. Άλλωστε, στη χειρότερη των περιπτώσεων ως χώρα, θα παρουσιαζόταν αισθητή μείωση του ύψους των ενεργειακών εισαγωγών. [Κοντογιαννίδης P., ethnos.gr]



Εικόνα 7: Υδρογονάνθρακες, Ελλάδα [www.iellada.gr]

## 2.2 Η αγορά ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ελλάδα ως μέλος της, έχουν ξεκινήσει προσπάθειες αλλαγής του ενεργειακού σκηνικού προς βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Η αγορά ενέργειας περιλαμβάνει πηγές όπως το λιθάνθρακα, το πετρέλαιο σαφώς και το φυσικό αέριο, την πυρηνική ενέργεια που είναι μη ανανεώσιμες πηγές και κάποιες πιο ήπιες μορφές, όπως την αιολική, την υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια - κυρίως φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα. Η αναδόμηση του ενεργειακού συστήματος είναι μια εξίσωση για δυνατούς λύτες που συνεχώς ανατροφοδοτείται με νέες τεχνικές και μέσα ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση και να ενισχυθεί η αξιοπιστία στις νέες ανανεώσιμες μορφές, που όχι μόνο είναι εφικτό να καλύψουν ενεργειακές ανάγκες του παρόντος και του μέλλοντος αλλά και να οδηγήσουν σε μία βιώσιμη πράσινη οικονομία.

Το πετρέλαιο (αργό) όπως εξορύσσεται από τη φύση μη επεξεργασμένο αποτελείται από υδρογονάνθρακες και άλλη οργανική ύλη, ενώ ανάλογα με την περιοχή ποικίλει σε χρώμα (μαύρο, κίτρινο), ανάλογα με τους υδρογονάνθρακες που το συνθέτουν. Κατά τη γεώτρηση εκτός από το πετρέλαιο παραλαμβάνεται επίσης φυσικό αέριο, το οποίο είναι ελαφρύτερο οπότε το στρώμα του βρίσκεται πάνω από αυτό. Ο εξευγενισμός και μεταποίηση του πετρελαίου δίνει τα παράγωγά του (πετροχημικά) προϊόντα, όπως τη βενζίνη, την κηροζίνη, την ασφαλτο κ.ά. Η βιομηχανία μέσα από την εκμετάλλευση του πετρελαίου εξελίχθηκε σημαντικά και συνεχίζει μέχρι σήμερα, όπου καινοτόμα μηχανήματα και εφαρμογές άλλαξαν τον τρόπο και χρόνο παραγωγής πλήθος προϊόντων που καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα ενεργειακών αναγκών.



Εικόνα 8: Γεώτρηση πετρελαίου [www.brief.com]

Τα ορυκτά καύσιμα συλλέγονται από τη γη εκατοντάδες χρόνια τώρα, ωστόσο το αργό πετρέλαιο ανακαλύφθηκε και αναπτύχθηκε κατά την περίοδο της Βιομηχανικής Επανάστασης με τις πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές του το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Οι χώρες που σήμερα εξακολουθούν να προηγούνται στην παγκόσμια βιομηχανία παραγωγής και εκμετάλλευσης του πετρελαίου είναι οι Η.Π.Α., η Σαουδική Αραβία και η Ρωσία. Ωστόσο αν και οι πρωτοπόρες Η.Π.Α. στη δημιουργία βενζίνης, μετά από την ίδρυση του ΟΡΕC (1960) είδαν την παραγωγή του πετρελαίου να μειώνεται δραματικά στη χώρα με αποτέλεσμα να αναγκαστούν σε εισαγωγή ποσοτήτων για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια.

Το πετρέλαιο είναι μία μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ενώ χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστεί από μικροοργανισμούς που καταπλακώθηκαν στο εσωτερικό της γης και μετασχηματίστηκαν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, ωστόσο τα αποθέματά του μειώνονται δραματικά σε όλο τον πλανήτη. Η ταυτόχρονη κλιματική αλλαγή με την έκρηξη των ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων εξαιτίας της περιβαλλοντικής ρύπανσης (φαινόμενο θερμοκηπίου), οδήγησαν τις κυβερνήσεις σε αναζήτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας (ΑΠΕ) που είναι ανεξάντλητες και δεν προκαλούν οικολογική καταστροφή.



Εικόνα 9: Περιβαλλοντική καταστροφή από πετρέλαιο [www.1.bp.blogspot.com]

Παρόλα αυτά όμως σήμερα οι επενδύσεις σε ορυκτά καύσιμα διατηρούνται ανέπαφες. Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης ή/και άμεσης παράδοσης διαμορφώνουν τόσο την αγορά όσο και τη ζήτηση. Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης αντανακλούν

την τιμή την οποία είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι αγοραστές σε χρονικό σημείο που καθορίζεται με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Στα συμβόλαια άμεσης παράδοσης, όταν ανταλλάσσονται τα χρήματα ο αγοραστής παραλαμβάνει άμεσα τις ποσότητες του αγαθού. Στην περίπτωση του πετρελαίου, εξαιτίας των υλικοτεχνικών υποδομών που απαιτούνται για τη μεταφορά, η ζήτηση για άμεση παράδοση υστερεί σε σχέση με τη μελλοντική. Μάλιστα, στη Β. Αμερική τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης αφορούν στο ακατέργαστο πετρέλαιο, το οποίο διαπραγματεύεται το Χρηματιστήριο Εμπορευμάτων της Νέας Υόρκης, ενώ στην Ευρώπη, Αφρική και Μέση Ανατολή το σημείο αναφοράς αποτελεί η Brent Crude της Βόρειας Θάλασσας που εμπορεύεται το ICE (Intercontinental Exchange). *[Shahidehpour & Alomoush, 2017]*

Όλες σχεδόν οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εκμεταλλεύονται τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δηλαδή τα ορυκτά καύσιμα, όπως τον άνθρακα, το πετρέλαιο (μαζούτ) και το φυσικό αέριο χρησιμοποιούν τριφασικές ηλεκτρογεννήτριες για να παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα (συχνότητας 50Hz ή 60Hz). Αυτοί οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής (συμβατικοί) κατασκευάζονται σε μεγάλη κλίμακα ώστε να χρησιμοποιούνται ευρέως και συνεχόμενα. Παράλληλα απαντώνται και μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για θέρμανση (ατμός, ζεστό νερό) όσο και για ηλεκτρισμό.

Το κόστος για ένα τέτοιο σταθμό συμπαραγωγής εξαρτάται από τα καύσιμα, το επενδυτικό κεφάλαιο και τις εργασίες χειρισμού, συντήρησης και απόρριψης τέφρας. Αυτό είναι το άμεσο κόστος. Υπάρχει όμως και το έμμεσο κόστος που δεν είναι άλλο από το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος.

Για την Ελλάδα αποτυπώνεται μία αύξηση του μεριδίου της στις παγκόσμιες εξαγωγές διυλισμένου πετρελαίου με αύξηση εξαγωγών και μείωση εισαγωγών κατατάσσοντάς της 19<sup>η</sup> σε σύνολο 232 χωρών, σύμφωνα με έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας (ΤτΕ) για τη Νομισματική Πολιτική τη διετία 2018-2019. *[GR eDiscovery, mfa.gr]*

Το κύριο εξαγόμενο της οικονομετρικής ανάλυσης της έκθεσης ήταν η διαπίστωση πως η στροφή του κλάδου προϊόντων διυλισμένου πετρελαίου προς τις διεθνείς αγορές πιθανώς ξεκίνησε από τη μείωση της εγχώριας κατανάλωσης, ωστόσο η αύξηση των επενδύσεων υποδομής ήταν αυτή που την εδραίωσε. *[bankofgreece.gr]*

### **2.3 OPEC και αγορά πετρελαίου**

Ο OPEC (Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών) είναι διεθνής οικονομικός οργανισμός που ιδρύθηκε στη Βαγδάτη το 1960, ώστε να συντονίζει μία ενιαία πολιτική στα μέλη του, με στόχο την εξασφάλιση σταθερών τιμών που δικαιώνουν τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες. Παράλληλα, επιδιώκει σταθερή προμήθεια με ισόποση απόδοση κεφαλαίων αυτών που επενδύουν στη βιομηχανία του πετρελαίου. *[OPEC, Wikipedia]*

Η δημιουργία του σηματοδότησε το τέλος των κυριαρχίας των Η.Π.Α. αφού οι κολοσσοί πολυεθνικές που στο παρελθόν έλεγχαν την αγορά του πετρελαίου, αντιμετώπισαν έντονο ανταγωνισμό στα επίπεδα τιμών διεθνώς με αποτέλεσμα να αλλάξουν όχι μόνο η αγοραστική συμπεριφορά της χώρας (εισαγωγές πετρελαίου για να καλυφθούν εσωτερικές ενεργειακές ανάγκες) αλλά και η κυριαρχία σε θέματα φυσικών πόρων. Ένα σημαντικό γεγονός το 1973 που αφορούσε σε εμπάργκο του OPEC προς τις χώρες που στήριξαν το Ισραήλ στον πόλεμο του Yom Kippur, οδήγησε αρχικά σε άνοδο της τιμής του πετρελαίου και σε δεύτερο χρόνο σε αύξηση των εσόδων του οργανισμού με σημαντικότερες επιπτώσεις στην οικονομία παγκόσμια. *[Hamilton, 2008]*

Μια δεκαετία αργότερα, η Σαουδική Αραβία, αρχικά μείωσε την παραγωγή πετρελαίου και στη συνέχεια διοχέτευσε στην αγορά φθηνά το αγαθό αυτό προκαλώντας έτσι δραματική πτώση τιμών βγάζοντας εκτός ανταγωνισμούς τις παραγωγές χώρες που συνέχιζαν στο υψηλό κόστος.

Αργότερα, γύρω στο 1990 ο οργανισμός υπέστη μία σοβαρή κρίση που αφορούσε στα ποσοστά κέρδους των χωρών-μελών, ενώ μετά το 2000 ακολούθησε μία κλιμάκωση των τιμών του πετρελαίου που προμήθευε την παγκόσμια αγορά εξαιτίας διάφορων πολιτικών διαταραχών, όπως ο πόλεμος στο Ιράκ και η κατοχή από την Αμερική, η διεθνής οικονομική κρίση και η αύξηση της ζήτησης από την Ασία.

Ο οργανισμός OPEC αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει με τις δράσεις του την αγορά του πετρελαίου και την παγκόσμια οικονομία επομένως, αφού εκμεταλλεύεται τις τεράστιες ποσότητες του «μαύρου χρυσού» που έχει στην κατοχή του, παρά το γεγονός ότι η αγορά πετρελαίου από τις αρχές του 21 αιώνα φθίνει μετά τις δραματικές συνέπειες στο περιβάλλον από τη χρήση του ως ενεργειακό μέσο και τις αντίστοιχες πολιτικές αποφάσεις για αναχαίτιση του φαινομένου - Πρωτόκολλο του Κιότο, Ατζέντα 2030.



Εικόνα 10: Πρωτόκολλο του Κιότο [www.oltee.gr]

Ήδη από το 1987 η Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών ως λύση για τη μελλοντική πρόοδο και εγγύηση ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο πρότεινε την χρησιμοποίηση νέων ενεργειακών μορφών που μέσα από αυτοσυντηρούμενη, αιεφόρο λειτουργία θα ικανοποιηθούν τόσο οι σύγχρονες όσο και οι μελλοντικές ανάγκες. (Βλάχου Α., 2001)

## 2.4 Πετρέλαιο σε κρίση

Μελέτες και έρευνες έχουν συνδέσει την πετρελαϊκή κρίση με την παγκόσμια οικονομία αφού επηρεάζει όλους τους βασικούς οικονομικούς δείκτες. Όταν το 1972 μια επιστημονική ερευνητική ομάδα δημοσίευσε την εργασία της στο βιβλίο "The limits to Growth" με δυσοίωνες προβλέψεις για τα αποθέματα του πετρελαίου, η βιομηχανοποιημένη σύγχρονη κοινωνία αναγνώρισε τις καταστροφικές συνέπειες από την εξάντληση των φυσικών πόρων και την περιβαλλοντική καταστροφή. Η έκθεση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι χωρίς ουσιαστικές αλλαγές στην κατανάλωση φυσικών πόρων, τις επόμενες δεκαετίες η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων παγκόσμια θα



οδηγήσει την οικονομική ανάπτυξη σε κατάρρευση. [Meadows, Randers, Behrens, 1972]

Έπρεπε να συμβούν οι πετρελαϊκές κρίσεις του:

- 1973 με το εμπάργκο του ΟΡΕC προς τις χώρες που στήριξαν το Ισραήλ στην πολεμική διένεξη το Yom Kippur,
- 1979 με τις αναταραχές στο Ιράν που έφεραν τη διακοπή της παραγωγής πετρελαίου,
- 1980 με τον πόλεμο στο Ιράκ και
- 1990 με την εισβολή στο Κουβέιτ,

καθώς η αναγκαστική λόγω πολιτικών συνθηκών μείωση της πετρελαιοπαραγωγής με την παράλληλη αύξηση της ζήτησης λόγω της συνεχόμενης βιομηχανικής ανάπτυξης παγκόσμια, οδήγησε τις κυβερνήσεις σε αναζήτηση νέων μορφών ενέργειας όπου με χαμηλό σχετικά κόστος και μεγάλη απόδοση θα καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον, με τα αποτελέσματα πλέον εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας να είναι όχι μόνο φανερά αλλά εξίσου επικίνδυνα (τρύπα του όζοντος, ακραία καιρικά φαινόμενα, υπερθέρμανση του πλανήτη κ.ο.κ.).



Εικόνα 11: Ο πλανήτης μας νοσεί [www.1.bp.blogpost.com]

Σήμερα, οι εντάσεις στη Μέση Ανατολή, η οικονομική άνοδος της Κίνας, η παγκόσμια οικονομική ύφεση λόγω της πανδημίας (Covid-19) με τις μεγάλες οικονομικο-κοινωνικές ανακατατάξεις σε όλη την υφήλιο, όπως και τις πολεμικές συρράξεις (Ουκρανία), όχι μόνο είναι υπεύθυνες για τις μεταβολές στις τιμές του πετρελαίου, αλλά συνδυασμένες με την ταυτόχρονη μείωση των αποθεμάτων, οδηγούν τις κυβερνήσεις σε υιοθέτηση πολιτικών είτε αυτόνομα ή ενωτικά όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ανεξάντλητες φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας για μια βιώσιμη ανάπτυξη. [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2019]

Το Ελληνο-Αμερικανικό Επιμελητήριο στις 29.06.2020 διοργάνωσε ψηφιακή συζήτηση με θέμα την «Ενεργειακή κρίση πετρελαίου: Επιπτώσεις στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία-Ευκαιρίες», στο οποίο καταξιωμένοι αναλυτές από το χώρο της ενέργειας και της οικονομίας παρουσίασαν τις σημαντικές επιπτώσεις που επέφερε στον ενεργειακό κλάδο -εκτός από την υγεία, την οικονομία, την εκπαίδευση, τις διπλωματικές και γεωπολιτικές σχέσεις-η ταχύτατη εξάπλωση του Covid-19, όπου σε συνδυασμό με τη μείωση ζήτησης του πετρελαίου, οδήγησε αρχικά σε πτώση των τιμών και στη συνέχεια σε μείωση της παραγωγής. Ο τρόπος δε που επηρεάστηκε από την πανδημία ο τομέας της ενέργειας με τους περιορισμούς στις μεταφορές και την

έλλειψη ενεργειακής ζήτησης, δεν είχε συμβεί ξανά για εβδομήντα χρόνια, κάτι που δηλώνει φανερά ότι ο ενεργειακός χώρος μετά τον Covid-19 θα είναι πολύ διαφορετικός.

Γεγονότα όπως:

- οι αρνητικές τιμές στα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης των αμερικανικών εταιρειών,
- η ασυμφωνία Ρωσίας-OPEC για τη μείωση παραγωγής πετρελαίου,
- η επανέναρξη εξόρυξης πετρελαίου στην Αμερική,
- η μείωση σε ποσοστά άνω των 25% των προϊόντων πετρελαίου με το 90% να προσεγγίζει τα αεροπορικά καύσιμα,
- το ενδεχόμενο ενός νέου κύματος πανδημίας,
- η μείωση σχιστολιθικού αερίου στις Η.Π.Α.,
- η επιβράδυνση επενδύσεων για νέες εξορύξεις στις Η.Π.Α.,
- η αυξημένη ενεργειακή ζήτηση στην Κίνα,

δημιουργούν πολλά ζητήματα σε εταιρείες και παραγωγούς ενέργειας του χώρου και μόνο νέες επενδύσεις και ευκαιρίες που γεννιούνται μπορούν να απομακρύνουν το δυσόιωνο σενάριο κατάρρευσης του συστήματος τιμών. Σίγουρα η ανάκαμψη που σημειώνεται στις τιμές του πετρελαίου διεθνώς είναι ήδη σημαντική σε σχέση με τα πρωτοφανή αρνητικά ρεκόρ κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Αναμένεται πλέον αύξηση στις τιμές, με το βασικό ερώτημα να παραμένει: αν η μείωση παραγωγής πετρελαίου επεκταθεί με δεδομένο τις διαφορετικές πολιτικές που ακολουθούν Ρωσία και Σαουδική Αραβία. [Ενεργειακή Κρίση Πετρελαίου, cnn.gr, 2020]



Εικόνα 12: Ενεργειακή κρίση πετρελαίου [cdn.CNN Greece]

## 2.5 Επιπτώσεις από τη χρήση του πετρελαίου

Η εκμετάλλευση του πετρελαίου και των παραγώγων του για την παραγωγή ενέργειας τόσο για οικιακή όσο και για βιομηχανική χρήση εδώ και δεκαετίες έχει επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με δισεκατομμύρια τόνους ρυπογόνων ουσιών το χρόνο. Ακόμα και σήμερα μετά από τη στροφή προς τις ΑΠΕ για ενεργειακή κάλυψη των αναγκών του πλανήτη, η χρήση των ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας συνεχίζει με αμείωτο ενδιαφέρον, αφού είναι τεράστια τα οικονομικά συμφέροντα των εμπλεκόμενων χωρών.

Οι καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον δεν περιορίζεται ούτε στο παρόν ούτε σε κλιματολογικές αλλαγές με τα ακραία καιρικά φαινόμενα να προκαλούν

ανεπανόρθωτες καταστροφές και να ευθύνονται ακόμα για τις άσχημες εξελίξεις στην υγεία αλλά και στην ίδια τη ζωή των ανθρώπων, αλλά επεκτείνονται στο μέλλον με τις προβλέψεις να είναι ιδιαίτερα δυσοίωνες. Μάλιστα, τα επόμενα εκατό χρόνια αναμένεται η θερμοκρασία σε ολόκληρο τον πλανήτη να αυξηθεί από 2° C - 6° C με όλες τις αλλαγές που θα επιφέρει στο οικοσύστημα και κατ' επέκταση στη ζωή των ανθρώπων.

Οι παραδοσιακές μορφές ενέργειας ευθύνονται κατά 80% για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και όλη η επιστημονική κοινότητα ζητά από τις κυβερνήσεις των χωρών επίμονα, να αφηφήσουν τα όποια οικονομικά και πολιτικά συμφέροντα και να δράσουν κατάλληλα συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.



Εικόνα 13: Κλιματική αλλαγή [www.neocosmos.com]

Βέβαια, είναι φανερό ότι εκτός από τη σύνταξη μιας συνθήκης και τη δέσμευση των χωρών για την μετάβαση από το πετρέλαιο στην πράσινη οικονομία, καθώς και την καλή θέληση περιβαλλοντικών οργανώσεων που εργάζονται προς αυτή την κατεύθυνση, απαιτείται και η απόκτηση οικολογικής συνείδησης του κάθε πολίτη σε οποιοδήποτε σημείο της γης ώστε να επιτευχθεί ουσιαστική στροφή προς τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.

Μέχρι τότε, ο «μαύρος χρυσός» θα επηρεάζει δραματικά τη ζωή στον πλανήτη σε όλα τα επίπεδα και οι μελλοντικές προβλέψεις στις τιμές του, θα συνεχίζουν να αποτελούν μέτρο και μέσο αντιμετώπισης των απρόοπτων οικονομικών και συνεπώς κοινωνικών επιπτώσεων.

## **2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του πετρελαίου**

Η τιμή του πετρελαίου επηρεάζεται από παράγοντες που διαταράσσουν την παραγωγή του και τη μεταφορά του από και στις ενδιαφερόμενες χώρες. Γεγονότα όπως πολιτικές κρίσεις σχετικές με τη γεωγραφική ακεραιότητα ή έντονες αλλαγές στα

καιρικά φαινόμενα και σίγουρα ο ρυθμός εξάντλησης των αποθεμάτων οδηγούν σε μια αβεβαιότητα τιμών που συνάδουν με την προσφορά και ζήτηση.

Με δεδομένα αυτά τα στοιχεία, η παγκόσμια αγορά πάντα ερευνά την επικινδυνότητα ή μη μελλοντικών διαταραχών και τις πιθανές επιπτώσεις τους, ώστε να αξιολογεί τη διαθεσιμότητα των παραγωγών χωρών να αντιμετωπίζουν τις αυξανόμενες τάσεις ζήτησης.

Η διάρθρωση της οικονομίας και η ανάπτυξη μιας χώρας επηρεάζει τόσο την κατανάλωση όσο και την τιμή του πετρελαίου. Παράλληλα μετά τη στροφή της παγκόσμιας αγοράς προς την Πράσινη Οικονομία οι χώρες στην πλειοψηφία τους αυξάνουν τη φορολογία στα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή μέχρι τη μεταφορά και την κατανάλωσή τους, μειώνοντας παράλληλα τους φόρους στα βιοκαύσιμα. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση στη χρήση του πετρελαίου ως ενεργειακό αγαθό κάλυψης αναγκών των σύγχρονων βιομηχανικών χωρών, παρά τη μεγάλη τους οικονομική ανάπτυξη.



Εικόνα 14: Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου [www.dikaiologitika.gr]

Τα **αποθέματα** καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις τιμές του πετρελαίου αφού εξισορροπούν τη ζήτηση με την προσφορά. Όταν η παραγωγή πετρελαίου είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση, τότε αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η κατανάλωση ξεπερνά την παραγωγή, τότε χρησιμοποιούνται οι αποθηκευμένες ποσότητες πετρελαίου για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες. Με τον τρόπο αυτό, όχι μόνο επηρεάζονται οι τρέχουσες τιμές του πετρελαίου αλλά και οι μελλοντικές, γεγονός που οδηγεί σε αντίστοιχες ενέργειες τις χώρες. Δηλαδή, αν προβλέπεται να αυξηθεί η ζήτηση ή να μειωθεί η προσφορά, τότε αυξάνεται η αποθήκευση ώστε να εξασφαλιστεί η ισορροπία ανάμεσα στις δύο καταστάσεις. Κάτι αντίστοιχο, αλλά με αντίστροφη φορά συμβαίνει στην περίπτωση που προβλέπεται απότομη μείωση παραγωγής ή αύξηση κατανάλωσης. Τότε αναγκαστικά μειώνονται τα αποθέματα για να ανταπεξέλθει η διάθεση πετρελαίου στη νέα κατάσταση.





Εικόνα 15: Πάνω από \$72 το βαρέλι πετρέλαιο [www.moneyreview.gr]

Οι **χρηματοπιστωτικές αγορές**, εκφρασμένες μέσα από τα συμβόλαια εκπλήρωσης (futures) αποτελούν έναν άλλο παράγοντα που επιδρά στην τιμή του πετρελαίου. Οι συναλλαγές αναφέρονται τόσο στις ποσότητες όσο και στις μελλοντικές παραδόσεις, οπότε επηρεάζονται άμεσα οι τρέχουσες τιμές ιδιαίτερα ανάλογα με τις συμμετέχοντες εταιρείες και οργανισμούς (αεροπορικές εταιρείες, τράπεζες) που ενδιαφέρονται κυρίως για αγοραπωλησίες των παραγώγων του πετρελαίου ώστε να επωφεληθούν των διακυμάνσεων των τιμών του πραγματοποιούνται οι κατάλληλες συναλλαγές. Ορισμένοι αναλυτές υποστηρίζουν ότι η αυξημένη δραστηριότητα συναλλαγών από μακροπρόθεσμες επενδύσεις σε δείκτες ασκούν σημαντική επιρροή στο ύψος των τιμών του πετρελαίου. [Olayele, 2014]

Η **γεωπολιτική αστάθεια** δοκιμάζει πάντα τα επίπεδα προσφοράς πετρελαίου, συνεπώς και τις τιμές του. Τα παραδείγματα από την Ιστορία είναι αρκετά, όπως το 2014 στη Λιβύη που η ένοπλη βία μπλόκαρε τις εξαγωγές πετρελαίου ή η πολεμική διένεξη στην Ουκρανία ανάμεσα στη χώρα και τη Ρωσία, μέσα στο 2022 -η οποία και συνεχίζεται ένα χρόνο μετά πιέζουν ανοδικά τις τιμές. Μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση εξαιτίας της πανδημίας (Covid-19) που ακόμα δεν έχει ξεπεράσει απόλυτα ο πλανήτης και σε συνδυασμό με την πολεμική σύρραξη στην Ευρώπη (Ουκρανία), η έκρυθμη ισορροπία ανάμεσα στην προσφορά και ζήτηση τουλάχιστον στη γηραιά ήπειρο έχει μεγάλο αντίκτυπο στην καθημερινότητα του ευρωπαϊού πολίτη ειδικά στη χειμερινή διανυόμενη περίοδο.

Τέλος, όπως συμβαίνει και με τα περισσότερα αγαθά, ο **καιρός** επηρεάζει τη ζήτηση και την κατανάλωση άρα και τις τιμές του πετρελαίου. Τη χειμερινή περίοδο είναι μεγαλύτερη η ανάγκη σε πετρέλαιο θέρμανσης, ενώ τη θερινή περίοδο σε πετρέλαιο κίνησης. Παρά το γεγονός ότι η αγορά του πετρελαίου είναι γνώστης αυτών των καταστάσεων, ωστόσο οι τιμές παραμένουν υψηλές και μόνο προς το τέλος της εποχής, για παράδειγμα την Άνοιξη παρατηρείται μία στασιμότητα. Εδώ βέβαια πρέπει να αναφερθούν και τα ακραία καιρικά φαινόμενα που είναι ικανά να δημιουργήσουν ζημιές στις εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς του πετρελαίου, ακόμα να προκαλέσουν και διακοπή του ανεφοδιασμού (όπως για παράδειγμα οι τυφώνες του 2005), άρα επιδρούν σημαντικά στο ύψος των τιμών.

## Κεφ. 3<sup>ο</sup>: «Στατιστική Ανάλυση»

### 3.1 Χρονοσειρές: Χαρακτηριστικά, Συνιστώσες και Συμπεριφορά

**Χρονοσειρά** είναι μια ακολουθία τιμών που λαμβάνει μια μεταβλητή η οποία εξελίσσεται στο χρόνο με τυχαίο τρόπο. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος σε μια γεωγραφική περιοχή της χώρας.  
[Κοκολάκης, math.ntua.gr]

Ουσιαστικά, πρόκειται για μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών  $X_t$ ,  $t \in T$ , όπου  $X_t$  είναι η παρατήρηση στο χρόνο και  $T$  είναι η χρονική περίοδος που μπορεί να είναι διακριτή ή συνεχής οπότε και η χρονοσειρά καλείται διακριτή ή συνεχής αντίστοιχα. Σκοπός της ανάλυσης μιας μεταβλητής που μεταβάλλεται με το χρόνο είναι η περιγραφή της μέχρι πρότινος εξέλιξης και η μελλοντική πρόβλεψη συμπεριφοράς της.

Έτσι, μια χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηρίζεται από **γραμμικότητα** ή μη γραμμικότητα. Αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση για παράδειγμα της γραμμικότητας, οι μεταβλητές του συστήματος αλληλεπιδρούν γραμμικά-η εξέλιξη της χρονοσειράς είναι γραμμικός συνδυασμός των προηγούμενων παρατηρήσεων.

Συχνά στις χρονοσειρές εμφανίζεται μία αυξητική ή φθίνουσα τάση τιμών με εναλλαγές μεταξύ των δύο καταστάσεων, δηλαδή εμφανίζεται μία **κυκλικότητα**, (κυκλικά επαναλαμβανόμενη ανά χρονικά διαστήματα δομή).

Ταυτόχρονα, είναι δυνατό να υπάρχουν **ακραίες** - **ιδιάζουσες τιμές** που αποκλίνουν φανερά από τις υπόλοιπες και ενδεχομένως προκαλούν προβλήματα στη μοντελοποίηση της χρονοσειράς. Αφού ανιχνευθούν πρέπει να διαγνωσθεί η αιτία που τις προκαλεί ώστε να αποκλειστούν και να μπορέσει έτσι να μοντελοποιηθεί η χρονοσειρά.

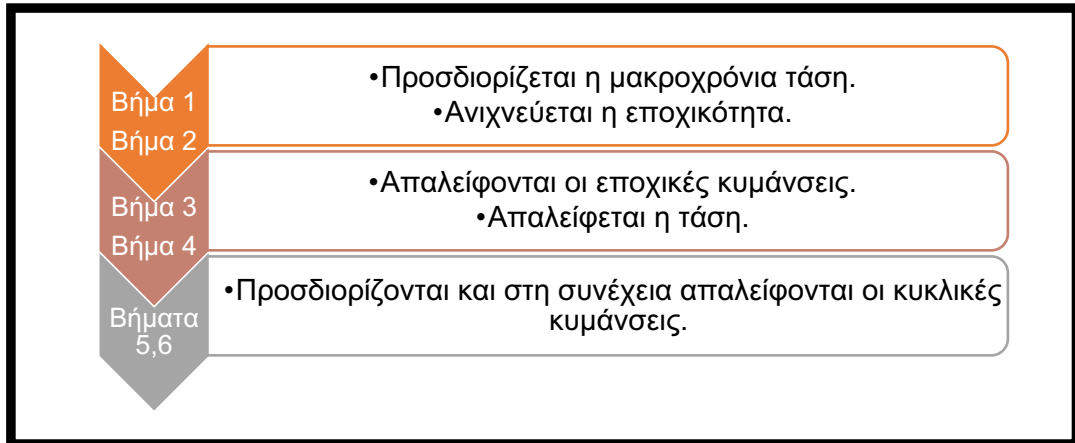
Επίσης, οι διακυμάνσεις στις τιμές της χρονοσειράς μπορεί να διαφοροποιούνται με το χρόνο. Αυτές αποκαλούνται **στάσιμες τιμές** και δηλώνουν την ύπαρξη διαφοροποιήσεων των τιμών χρονικά, δηλαδή εμφανίζουν αλλαγές στη μέση τιμή όσο αφορά σε φυσικές εποχές του χρόνου - **εποχικότητα**. Αν για παράδειγμα η κινητή γιορτή των Πάσχα μετακινηθεί από το μήνα Απρίλιο στο Μάιο τότε επηρεάζει την αγοραστική κίνηση και την καταναλωτική χρήση τους μήνες αυτούς.

Τέλος, ένα άλλο χαρακτηριστικό των χρονοσειρών είναι η **τυχαία κύμανση**, η οποία είναι ανεξάρτητη του χρόνου. Εξαιτίας της συμπεριφοράς του ο παράγοντας της κύμανσης είναι αστάθμητος και συναντιέται σε όλες τις χρονοσειρές, αφού εκτός από τυχαίες επιδράσεις εμπριέχονται σφάλματα μετρήσεων.

Η στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών προσπαθεί να ποσοτικοποιήσει και να διαχωρίσει τις συνιστώσες που την αποτελούν. Επίσης, όσο μεγαλώνει το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην στιγμή που γίνεται η πρόβλεψη και σε αυτή που αναφέρεται μελλοντικά τόσο πιο δύσκολα προκύπτει και λιγότερο ή περισσότερο ακριβής είναι.

Τα χρονικά πλαίσια μπορεί να είναι είτε άμεσα (μικρότερα από ένα μήνα) ή βραχυπρόθεσμα (1-3 μήνες) ή μεσοπρόθεσμα (3 μήνες - 2 χρόνια) είτε μακροπρόθεσμα (μεγαλύτερα των 2 χρόνων). Συνηθέστερες είναι οι βραχυπρόθεσμες προβλέψεις-σταθερό περιβάλλον- που στηρίζονται στην υπόθεση ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν.

Η διαδικασία που ακολουθεί η ανάλυση χρονοσειρών αναφέρεται στον προσδιορισμό και στην αξιολόγησης κάθε συνιστώσας της χρονοσειράς, ώστε να προκύψουν αξιοποιήσιμα συμπεράσματα από τη μελέτη τους που θα προβλέπουν μελλοντικές τιμές της μεταβλητής με ακρίβεια. Τα βήματα περιγράφονται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 1: Ανάλυση Χρονοσειρών

Η διαδικασία κατά την ανάλυση των χρονοσειρών που εξυπηρετούν στη λήψη μελλοντικών προβλέψεων περιγράφονται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 2: Ανάλυση και Λήψη Προβλέψεων

Η **συνάρτηση αυτοδιακύμανσης** είναι το κύριο εργαλείο για την περιγραφή της σειριακής εξάρτησης μιας μονομεταβλητής, στάσιμης, δηλαδή χωρίς περιοδικότητα χρονοσειράς:  $\gamma(k) = E(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  όπου  $X_t$ ,  $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  οι τιμές της χρονοσειράς,  $\mu$ , η μέση τιμή της και  $k$ , η υστέρηση για την οποία υπολογίζεται η αυτοδιακύμανση. Για να υποδειχθούν κατάλληλα μοντέλα, χρησιμοποιούνται οι γραφικές παραστάσεις της αυτοδιακύμανσης ή της αυτοσυσχέτισης ως συνάρτηση της υστέρησης  $k$ . Τέτοια μοντέλα είναι της μορφής:  $X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \epsilon_t$ , όπου  $\epsilon_t$ , είναι το σφάλμα.

Ο **συντελεστής αυτοσυσχέτισης (ACF)** είναι στατιστικός δείκτης που καθορίζει την τυχαιότητα ή όχι των χρονοσειρών. Συγκεκριμένα ο δείκτης  $r_k$  συσχετίζει τη χρονοσειρά με τον εαυτό της και ο  $r_1$  τον τρόπο που σχετίζονται διαδοχικές παρατηρήσεις της χρονοσειράς. Ακολούθως ο δείκτης  $r_2$  δείχνει πως σχετίζονται

παρατηρήσεις της χρονοσειρά που απέχουν δύο χρονικούς περιόδους, κ.λπ. Η γραφική παράσταση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης ονομάζεται **συνάρτηση αυτοσυσχέτισης** και στην ουσία είναι η κανονικοποιημένη μορφή της συνάρτησης αυτοδιακύμανσης:  $\rho(k) = \frac{\gamma(k)}{\sigma_x^2}$ , όπου  $\sigma_x^2$  η διακύμανση της χρονοσειράς.

Στην περίπτωση που αφαιρούνται οι επιδράσεις όλων των άλλων χρονικών υστερήσεων  $1, 2, \dots, k-1$  τότε οι **συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης** μετρούν το βαθμό της σχέσης των παρατηρήσεων ανάμεσα στις χρονικές περιόδους της σειράς (**PACF**).

Θεωρώντας τα διαδοχικά στοιχεία μιας χρονοσειράς ως τυχαίες μεταβλητές, στην περίπτωση που είναι ανεξάρτητες και με ίδια κατανομή είναι τυχαία, λέγεται **λευκός θόρυβος** και η σειρά δεν περιέχει αυτοσυσχετίσεις.

Αν η χρονοσειρά παράγεται από την κίνηση πάνω σε μια ευθεία γραμμή και σε κάθε χρονική στιγμή πραγματοποιείται ένα βήμα προς τα πίσω, τότε κάθε στοιχείο της προκύπτει από το προηγούμενο με την πρόσθεση μιας τυχαίας τιμής. Η μη στάσιμη αυτή χρονοσειρά καλείται **τυχαίος περίπατος**, ενώ θεωρώντας τις πρώτες διαφορές προκύπτει η στάσιμη χρονοσειρά του λευκού θορύβου.

### 3.2 Μεθοδολογία: Δεδομένα-Μεταβλητές-Statgraphics

Η χρονοσειρά είναι λοιπόν μια σειρά από παρατηρήσεις που παίρνονται σε ορισμένες χρονικές στιγμές ή περιόδους και ισαπέχουν μεταξύ τους. Αναλύεται με ένα πλήθος στατιστικών μεθόδων, οι οποίες διακρίνονται σε μεθόδους που στηρίζονται στη μελέτη των συναρτήσεων με εξάρτηση από το χρόνο και σε αυτές που εξαρτώνται από τις συχνότητες, ενώ ερευνούν τις περιοδικές ιδιότητες που μπορεί να έχει η σειρά. [Φωκιανός Κ, Χαραλάμπους Χ.]

Τα πιο κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει η ανάλυση μιας χρονοσειράς παρουσιάζονται στο διάγραμμα παρακάτω:



Διάγραμμα 3: Κύρια στοιχεία ανάλυσης χρονοσειρών

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη παραγωγής ενέργειας από τη χρήση πετρελαίου στηρίζεται στην ανάλυση χρονοσειρών με δεδομένα που προέρχονται από την πηγή Thomson Reuters και αφορούν σε μηνιαίες αναφορές ετήσιας χρονικής περιόδου (από Ιανουάριο 2010 μέχρι και Δεκέμβριο 2022) με την επεξεργασία να περιλαμβάνει εκτός από τη χρήση χρονοσειρών, επίσης τη διερεύνηση εποχικότητας, την αναζήτηση του καταλληλότερου μοντέλου και την μελλοντική πορεία των εξεταζόμενων μεγεθών. Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό εργαλείο Statgraphics (Για την πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών πετρελαίου με χρήση του Statgraphics-19 εφαρμόστηκε η διαδικασία Automatic Forecast, όπου επεξεργάστηκαν όλα τα υποδείγματα για την επιλογή του κατάλληλου και ελέγχθηκαν επίσης ως προς την αξιοπιστία και εγκυρότητα). [Παπαδάκης., 1997]

Η επιλογή του κατάλληλου υποδείγματος έγινε με εφαρμογή του κριτηρίου **Akaike Information Criterion (AIC)**, σύμφωνα με το οποίο επιλέγει ανάμεσα σε στατιστικά ή οικονομετρικά μοντέλα βασιζόμενο στη θεωρία της πληροφορίας. Το μοντέλο αυτό περιγράφει πόσο ταιριάζει στα δεδομένα ή στο σύνολο των παρατηρήσεων. [greelane.com]

Ο έλεγχος για την **καταλληλότητα** του υποδείγματος μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη διαδικασία ελέγχου της τάξης, δηλαδή με σύγκριση του συγκεκριμένου μοντέλου με άλλο μεγαλύτερης τάξης. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, για να είναι κατάλληλο το επιλεγόμενο υπόδειγμα θα πρέπει οι επιπλέον συντελεστές, του μεγαλύτερης τάξης μοντέλου, να μην είναι στατιστικά διαφορετικοί από το μηδέν. Διαφορετικά υπάρχει άλλο υπόδειγμα καταλληλότερο για τα δεδομένα της χρονοσειράς που εξετάζεται.

Η αξιολόγηση της **ικανότητας** πρόβλεψης του υποδείγματος πραγματοποιείται μέσα από χρήση κατάλληλων δεικτών, όπως η ρίζα του μέσου τετραγώνου σφάλματος, το μέσο απόλυτο σφάλμα και το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα. Τα κριτήρια αυτά εξετάζουν την **αξιοπιστία** με την οποία περιγράφεται η εξέλιξη της χρονοσειράς κατά τη χρήση των τεχνικών πρόβλεψης και όσο μικρότερες είναι οι τιμές των παραπάνω μεγεθών τόσο καλύτερη θεωρείται η πρόβλεψη. Επειδή η διαδικασία της πρόβλεψης δεν απομακρύνει τον κίνδυνο της **αβεβαιότητας**, είναι αναγκαίο να μελετηθούν οι αυτοσυσχετίσεις των σφαλμάτων που καταδεικνύουν τις αναγκαίες τροποποιήσεις ώστε το υπόδειγμα που χρησιμοποιείται να είναι το καταλληλότερο (όπου τα κατάλοιπα δεν πρέπει να αυτοσυσχετίζονται).

Σε μία πρόβλεψη που η έρευνα στηρίζεται σε στατιστικά μοντέλα ανάλυσης με δεδομένα που προέρχονται από παρελθοντικά στοιχεία είναι λογικό να υπάρχουν περιορισμοί στα χρησιμοποιούμενα δεδομένα με συνέπεια περιορισμούς επίσης και στις προβλέψεις. Άρα, οι προβλέψεις είναι πιο αξιόπιστες όταν οι συνθήκες που επηρεάζουν τα κρατικά έσοδα κατά τη χρονική περίοδο λήψης των πληροφοριών παρουσιάζουν ομοιότητες με το χρόνο των προβλέψεων.

Η **εγκυρότητα** των προβλέψεων εξαρτάται από κάποιες προϋποθέσεις και από το βαθμό που αυτές ικανοποιούνται ή όχι. Συγκεκριμένα από το:

- αν το χρονικό διάστημα λήψης δεδομένων έχει ομοιότητες ως προς τις συνθήκες με το διάστημα των προβλέψεων,
- αν οι προβλέψεις αφορούν σε πεπερασμένο πλήθος στοιχείων,
- αν το μέγεθος του δείγματος είναι ικανοποιητικό και οι προβλέψεις κοντά στις πραγματικές τιμές. Συνήθως γίνεται ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από τις αναμενόμενες τιμές.

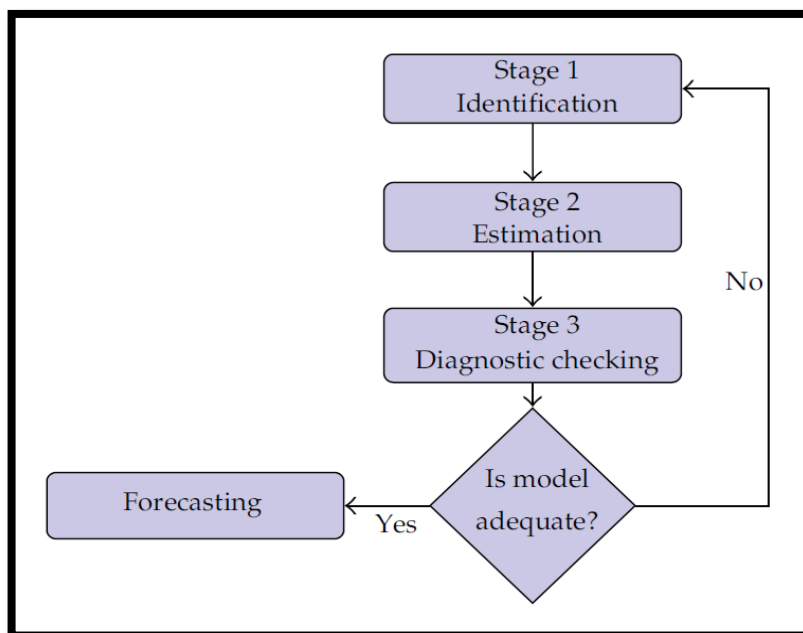
### 3.3 Προσέγγιση Box-Jenkins

Η μέθοδος Box-Jenkins (B-J) παρουσιάστηκε από τους συγγραφείς το 1970 και αποτελεί μία επαναληπτική προσέγγιση χρονοσειρών που περιλαμβάνει τρία βήματα: την **ταυτοποίηση**, την **εκτίμηση** και το **διαγνωστικό έλεγχο**. [Θαλασσινός Ε., 1991]

Στην **ταυτοποίηση** που στηρίζεται στις αυτοσυσχετίσεις, χρησιμοποιούνται όλα τα δεδομένα του δείγματος και επιλέγεται το καταλληλότερο μοντέλο. Ουσιαστικά αξιολογείται αν η χρονοσειρά είναι σταθερή (ARMA) ή όχι (ARIMA) καθώς και προσδιορίζεται τι απαιτείται για να γίνει σταθερή. Αν μια μεταβλητή χαρακτηρίζεται από μία τάση, τότε πιθανώς η μέση τιμή και η διακύμανσή της να μεταβάλλονται χρονικά, οπότε η σειρά δεν παρουσιάζει στασιμότητα. Με τη χρησιμοποίηση διαφορών μεταξύ διαδοχικών όρων δημιουργείται νέα χρονοσειρά οπότε μετατρέπεται σε στάσιμη.

Κατά την **εκτίμηση**, δημιουργούνται οι παράμετροι που ανταποκρίνονται στα δεδομένα σύμφωνα με την επιλογή του υποδείγματος.

Στο **διαγνωστικό έλεγχο** αξιολογείται το συγκεκριμένο υπόδειγμα με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και αναγνωρίζονται οι περιοχές που αυτό μπορεί να βελτιωθεί. Το βήμα αυτό επαναλαμβάνεται έτσι ώστε οι αποκτώμενες νέες πληροφορίες κατά τη διάρκεια της διάγνωσης να ενσωματωθούν και να δημιουργήσουν νέο υπόδειγμα.



Διάγραμμα 4: Σχηματική Αναπαράσταση B-J, Ανάλυση Χρονοσειρών [www.devopedia.org]

Η μέθοδος Box-Jenkins προσεγγίζει τα περισσότερα προβλήματα στα οποία το ζητούμενο είναι η πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της υπό εξέταση μεταβλητής. Προσφέρει ακρίβεια στη μέτρηση και κατασκευάζει έγκυρα και αξιόπιστα υποδείγματα. Ωστόσο παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα, όπως για παράδειγμα ο μεγάλος αριθμός τιμών του δείγματος που απαιτείται προκειμένου την αξιοπιστία των προβλέψεων. Επίσης, όσο αφορά στην αποτελεσματικότητα του μοντέλου δεν παρέχει αυτοματοποιημένες μεθόδους ρύθμισης των τιμών των παραμέτρων. Αποτέλεσμα αυτών είναι να απαιτείται αρκετός χρόνος επεξεργασίας και έμπειρους αναλυτές για να ολοκληρώσουν τη διαδικασία. Παρόλο αυτά όμως εξακολουθεί να είναι ένα από τα καλύτερα και ασφαλέστερα προβλεπτικά μοντέλα ανάλυσης χρονοσειρών.

### 3.4 Υπόδειγμα ARIMA (p, d, q)

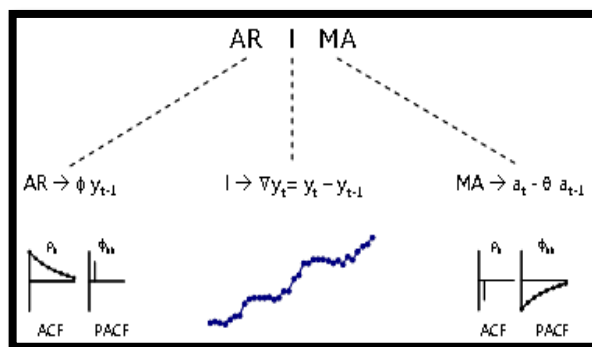
Το υπόδειγμα ARIMA αναλύει δεδομένα χρονοσειρών πολλές δεκαετίες τώρα (από το 1970) και όχι τυχαία. Αποτελεί ακρωνύμιο των λέξεων Auto-Regressive Integrated Moving Average και δημιουργεί μια γραμμική εξίσωση που περιγράφει και προβλέπει τα δεδομένα των χρονοσειρών.

Αυτή η εξίσωση σχηματίζεται από τρία ξεχωριστά τμήματα:

- **AR**: αυτόματη παλινδρόμηση με τους όρους της εξίσωσης να έχουν δημιουργηθεί από τα προηγούμενα σημεία δεδομένων με παράμετρο  $p$ ,
- **I**: ολοκλήρωση ή διαφοροποίηση, όπου συνεκτιμάται η συνολική τάση των στοιχείων με παράμετρο  $d$ ,
- **MA**: κινητός μέσος όρος, δηλαδή την εξίσωση όρων σφάλματος με βάση προηγούμενα σημεία δεδομένων με παράμετρο  $q$ .

Επειδή το μοντέλο ARIMA (p, d, q) μπορεί να διατυπωθεί με διαφορετικούς τρόπους οπότε είναι δυνατό να πάρει τις εξής μορφές:

- **εξίσωση διαφοράς**, δηλαδή τη συνάρτηση των παρελθοντικών τιμών με τις τιμές του διαταρακτικού όρου (προηγούμενες και τρέχουσες),
- **αντίστροφη μορφή**, που είναι συνάρτηση των παρελθοντικών τιμών με την τρέχουσα τιμή του διαταρακτικού όρου και
- **τυχαία διαταραχή**, δηλαδή τη συνάρτηση των τιμών του διαταρακτικού όρου μόνο.



Διάγραμμα 5: Διαδικασία ARIMA (p,d,q) [mi Domenech]

Για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά το υπόδειγμα ARIMA, θα πρέπει να ελεγχθεί αν υπάρχει εποχικότητα ή ακραίες τιμές ή ασυνέπεια στη διακύμανση σχετικά με το μέσο όρο. Αν δεν υπάρχουν τα παραπάνω τότε το μοντέλο ARIMA είναι κατάλληλο για την ανάλυση της εξεταζόμενης χρονοσειράς. [Auhl M., 2021]

### 3.5 Υπόδειγμα SARIMA

Μια διαφορετική κατηγορία του μοντέλου ARIMA αποτελεί το εποχικό Seasonal ARIMA ή SARIMA υπόδειγμα, που εμφανίζει την ίδια δομή και ορίζεται ως ένα υπόδειγμα: **ARIMA (p, d, q) x (P, D, Q)**, όπου οι γνωστές παραμέτρους από το μοντέλο ARIMA,  $p$ ,  $d$ ,  $q$  συμπληρώνονται από τις:  $P$ , που είναι ο αριθμός των εποχικών αυτοπαλινδρομήσεων (SAR),  $D$ , δηλαδή τον αριθμό των εποχικών διαφορών και  $Q$ , τον αριθμό των εποχικών όρων κινητού μέσου (SMA).

Για την αξιολόγηση αν θα χρησιμοποιηθεί ή όχι το μοντέλο SARIMA θα πρέπει αρχικά να προσδιοριστεί κατά πόσο είναι απαραίτητη μια εποχική με μη εποχική διαφορά. Αν το εποχικό μοντέλο είναι σταθερό στο χρόνο και ανθεκτικό, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια εποχική διαφορά. (math.uth.gr)

## Κεφ. 4ο: «Προβλέψεις - Σχόλια»

### 4.1 Προβλέψεις

Τα εμπειρικά δεδομένα στα οποία στηρίχθηκε η παρούσα έρευνα αντλήθηκαν από την πηγή Thomson Reuters (Europe Brent Spot Price FOB) και περιλαμβάνουν τη μηνιαία τιμή για crude oil σε \$/BBL από τον Ιανουάριο του 2010 μέχρι και τον Δεκέμβριο 2022 (eia.gov)

Η Στατιστική Ανάλυση που αφορά σε μηνιαίες προβλέψεις τιμών από τον Ιανουάριο 2023 μέχρι και Δεκέμβριο 2023 πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο Statgraphics-19, όπου κατά τη διαδικασία Forecast και στη συνέχεια με σύγκριση υποδειγμάτων με τα αντίστοιχα κριτήρια, επιλέχθηκε το εποχικό μοντέλο (ετήσιας περιόδου) πρόβλεψης του ARIMA(2,1,2)×(1,0,2)<sup>12</sup> ως το καταλληλότερο υπόδειγμα ελέγχου χρονοσειρών κινούμενου μέσου όρου (ARIMA) αναφορικά με τη μεταβλητή: Crude Oil Price (\$/BBL). Η επεξεργασία, όπως προέκυψε από το Statgraphics-19, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα. (Παράρτημα, Προσαρτήματα: Στατιστικό Πακέτο Statgraphics-19, Ανάλυση Εμπειρικών δεδομένων, Descriptive Methods & Forecast)

Europe Brent Spot Price FOB					
Έτος	Μήνας	Τιμή (\$)	Έτος	Μήνας	Τιμή (\$)
2010	Ιανουάριος	76,17	2011	Ιανουάριος	96,52
	Φεβρουάριος	73,75		Φεβρουάριος	103,72
	Μάρτιος	78,83		Μάρτιος	114,64
	Απρίλιος	84,82		Απρίλιος	123,26
	Μάιος	75,95		Μάιος	114,99
	Ιούνιος	74,76		Ιούνιος	113,83
	Ιούλιος	75,58		Ιούλιος	116,97
	Αύγουστος	77,04		Αύγουστος	110,22
	Σεπτέμβριος	77,84		Σεπτέμβριος	112,83
	Οκτώβριος	82,67		Οκτώβριος	109,55
	Νοέμβριος	85,28		Νοέμβριος	110,77
	Δεκέμβριος	91,45		Δεκέμβριος	107,87
2012	Ιανουάριος	110,69	2013	Ιανουάριος	112,96
	Φεβρουάριος	119,33		Φεβρουάριος	116,05
	Μάρτιος	125,45		Μάρτιος	108,47
	Απρίλιος	119,75		Απρίλιος	102,25
	Μάιος	110,34		Μάιος	102,56
	Ιούνιος	95,16		Ιούνιος	102,92
	Ιούλιος	102,62		Ιούλιος	107,93
	Αύγουστος	113,36		Αύγουστος	111,28
	Σεπτέμβριος	112,86		Σεπτέμβριος	111,6
	Οκτώβριος	111,71		Οκτώβριος	109,08

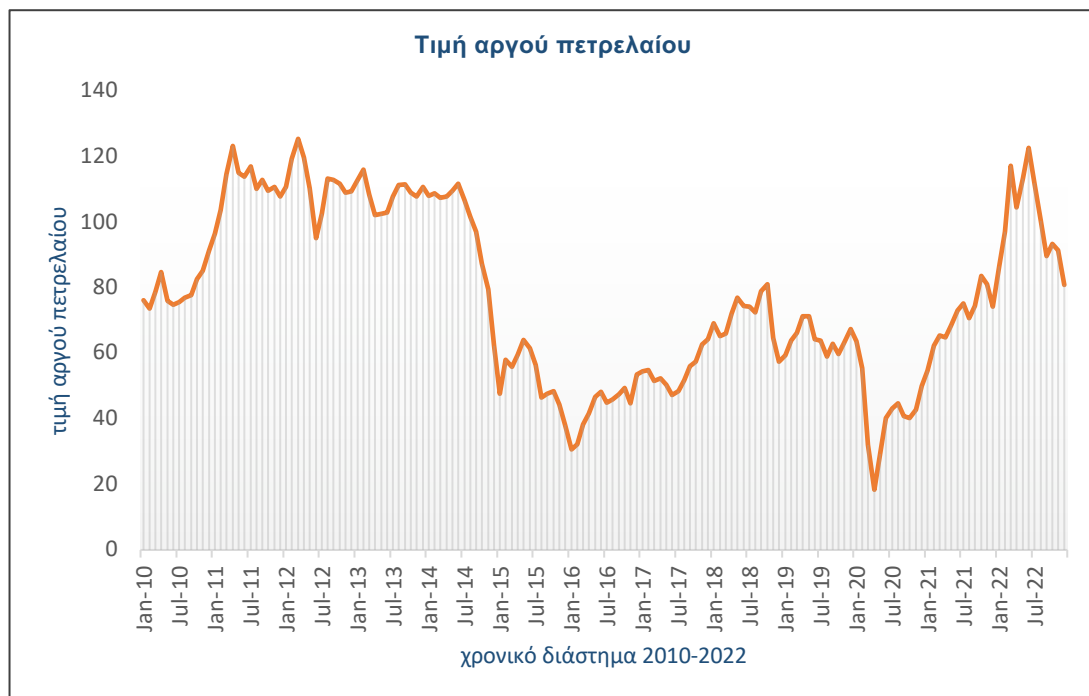


	Νοέμβριος	109,06		Νοέμβριος	107,79
	Δεκέμβριος	109,49		Δεκέμβριος	110,76
2014	Ιανουάριος	108,12	2015	Ιανουάριος	47,76
	Φεβρουάριος	108,9		Φεβρουάριος	58,01
	Μάρτιος	107,48		Μάρτιος	55,89
	Απρίλιος	107,76		Απρίλιος	59,52
	Μάιος	109,54		Μάιος	64,08
	Ιούνιος	111,8		Ιούνιος	61,48
	Ιούλιος	106,77		Ιούλιος	56,56
	Αύγουστος	101,61		Αύγουστος	46,52
	Σεπτέμβριος	97,09		Σεπτέμβριος	47,62
	Οκτώβριος	87,43		Οκτώβριος	48,43
	Νοέμβριος	79,44		Νοέμβριος	44,27
	Δεκέμβριος	62,34		Δεκέμβριος	38,01
2016	Ιανουάριος	30,7	2017	Ιανουάριος	54,58
	Φεβρουάριος	32,18		Φεβρουάριος	54,87
	Μάρτιος	38,21		Μάρτιος	51,59
	Απρίλιος	41,58		Απρίλιος	52,31
	Μάιος	46,74		Μάιος	50,33
	Ιούνιος	48,25		Ιούνιος	47,37
	Ιούλιος	44,95		Ιούλιος	48,48
	Αύγουστος	45,84		Αύγουστος	51,7
	Σεπτέμβριος	47,57		Σεπτέμβριος	56,15
	Οκτώβριος	49,52		Οκτώβριος	57,51
	Νοέμβριος	44,73		Νοέμβριος	62,71
	Δεκέμβριος	53,51		Δεκέμβριος	64,37
2018	Ιανουάριος	69,08	2019	Ιανουάριος	59,41
	Φεβρουάριος	65,32		Φεβρουάριος	63,96
	Μάρτιος	66,02		Μάρτιος	66,14
	Απρίλιος	72,11		Απρίλιος	71,23
	Μάιος	76,98		Μάιος	71,32
	Ιούνιος	74,41		Ιούνιος	64,22
	Ιούλιος	74,25		Ιούλιος	63,92
	Αύγουστος	72,53		Αύγουστος	59,04
	Σεπτέμβριος	78,89		Σεπτέμβριος	62,83
	Οκτώβριος	81,03		Οκτώβριος	59,71
	Νοέμβριος	64,75		Νοέμβριος	63,21
	Δεκέμβριος	57,36		Δεκέμβριος	67,31
2020	Ιανουάριος	63,65	2021	Ιανουάριος	54,77

	Φεβρουάριος	55,56	Φεβρουάριος	62,28
	Μάρτιος	32,01	Μάρτιος	65,41
	Απρίλιος	18,38	Απρίλιος	64,81
	Μάιος	29,38	Μάιος	68,53
	Ιούνιος	40,27	Ιούνιος	73,16
	Ιούλιος	43,24	Ιούλιος	75,17
	Αύγουστος	44,74	Αύγουστος	70,75
	Σεπτέμβριος	40,91	Σεπτέμβριος	74,49
	Οκτώβριος	40,19	Οκτώβριος	83,54
	Νοέμβριος	42,69	Νοέμβριος	81,05
	Δεκέμβριος	49,99	Δεκέμβριος	74,17
2010	Ιανουάριος	86,51		
	Φεβρουάριος	97,13		
	Μάρτιος	117,25		
	Απρίλιος	104,58		
	Μάιος	113,34		
	Ιούνιος	122,71		
	Ιούλιος	111,93		
	Αύγουστος	100,45		
	Σεπτέμβριος	89,76		
	Οκτώβριος	93,33		
	Νοέμβριος	91,42		
	Δεκέμβριος	80,92		

Πίνακας 1: Εμπειρικά Δεδομένα σε \$/BBL (2010-2022)

Κατά μέσο όρο η (μηνιαία) τιμή αργού πετρελαίου για το χρονικό διάστημα από 2010 μέχρι και 2022 κυμάνθηκε στα 77,618(\$/BBL) περίπου, ενώ για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα η χαμηλότερη τιμή (min) ήταν 18,38 σε \$/BBL (Απρίλιος 2020) και η υψηλότερη τιμή (max) 125,45 σε \$/BBL (Μάρτιος 2012). Στη συνέχεια παρουσιάζεται το γράφημα των τιμών σε \$/BBL του αργού πετρελαίου με βάση τα εμπειρικά δεδομένα για τα έτη 2010-2022:



Διάγραμμα 6: Γράφημα Τιμών Αργού Πετρελαίου σε \$/BBL (2010-2022)

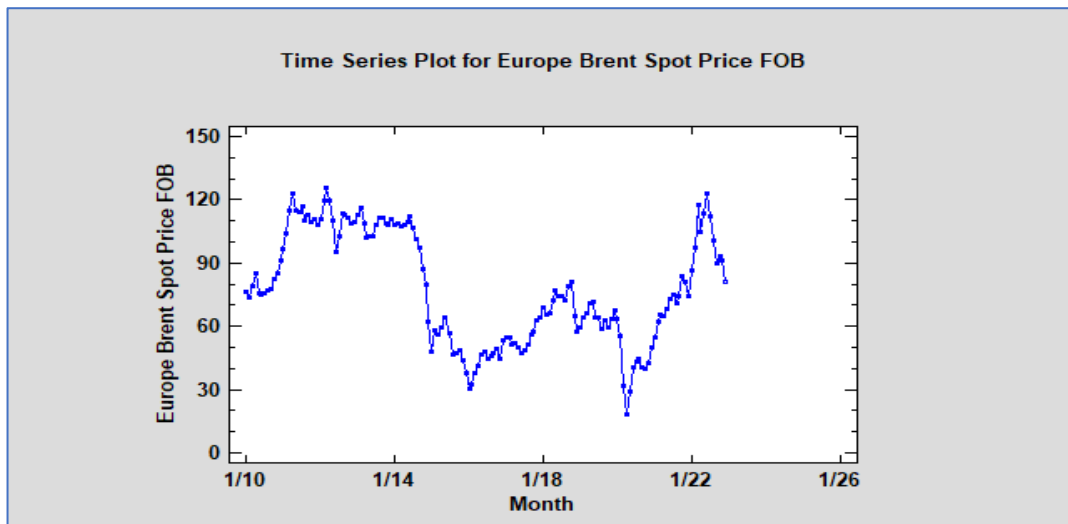
Η χρονοσειρά γενικά παρουσιάζει αυξομειωτικές τάσεις στις τιμές αργού πετρελαίου με μεγαλύτερη αύξηση 2011-2014 και 2022 και μεγαλύτερη μείωση 2016 και 2020. Σε κάθε περίπτωση η τιμή επηρεάζεται από τις εποχιακές ενεργειακές ανάγκες των καταναλωτών αλλά και από πολιτικές (πόλεμος στην Ουκρανία) και απρογραμμάτιστες κοινωνικές καταστάσεις (υγειονομική κρίση-πανδημία covid-19) συμπαρασύροντας την αυξανόμενη ηλεκτροπαραγωγή από ορυκτά καύσιμα με τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες.

#### 4.2 Σχόλια από τη χρήση πετρελαίου

Έχει προαναφερθεί ότι τα κυριότερα στοιχεία ανάλυσης μιας χρονοσειράς είναι η περιγραφή (επιτυγχάνεται με γραφήματα και έχει βασικό εργαλείο τη συνάρτηση αυτοδιακύμανσης ή αυτοσυσχέτισης στην κανονικοποιημένη μορφή της), η επεξήγηση (χρησιμοποίηση μοντέλων για την εξερεύνηση των μηχανισμών δημιουργίας της χρονοσειράς) και η πρόβλεψη (μελλοντικών τιμών της χρονοσειράς). Η διερεύνηση των μηχανισμών δημιουργίας των δεδομένων και η χρήση των κατάλληλων υποδειγμάτων αξιοποιούν τις γραφικές παραστάσεις είτε της αυτοδιακύμανσης ή της αυτοσυσχέτισης σαν συνάρτηση της υστέρησης  $k$ . [Φωκιανός Κ., Χαραλάμπους Χ.]

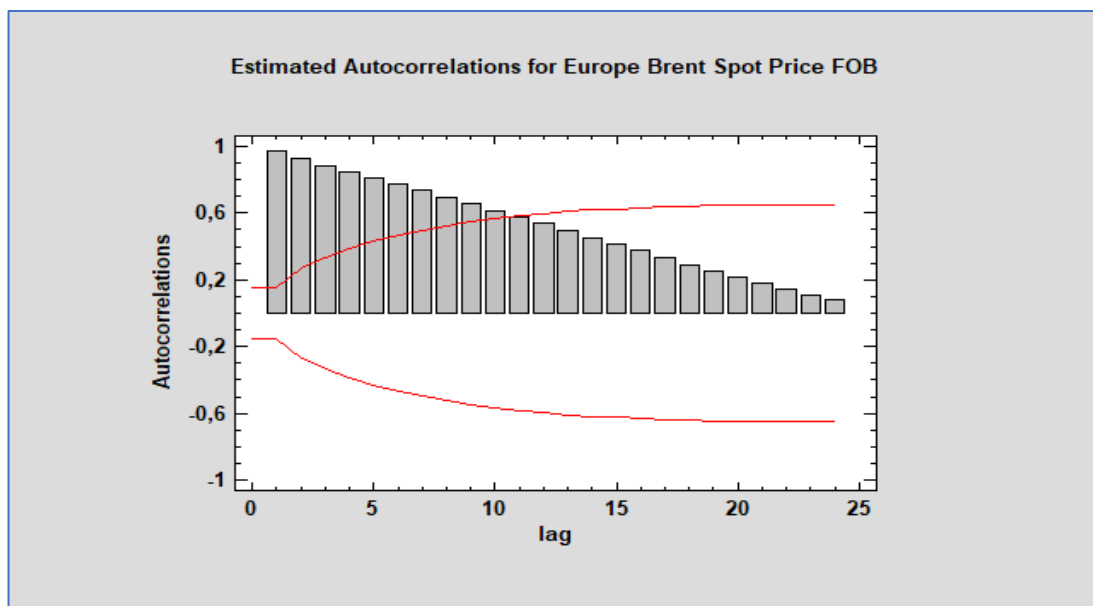
Υπό αυτό το πρίσμα και με βάση τα εμπειρικά δεδομένα της παρούσας έρευνας τα οποία καλύπτουν 156 χρονικές περιόδους για τη μεταβλητή Europe Brent Spot price FOB η επεξεργασία έγινε με το πρόγραμμα Statgraphics χρησιμοποιώντας ως δείκτη χρόνου το μήνα και με διάρκεια εποχικότητας 12.

Αρχικά περιγράφεται η χρονοσειρά με χρήση του γραφήματος των τιμών της μεταβλητής ως συνάρτηση του χρόνου ώστε να αποκαλυφθούν τα κυριότερα στοιχεία της σειράς, δηλαδή η τάση και η περιοδικότητα. Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα (Διάγραμμα 7) παρατηρείται μία περιοδικότητα στα δεδομένα αλλά δεν διαφαίνεται κάποια τάση (αυξομειώσεις σε όλο το φάσμα των 156 χρονικών περιόδων).

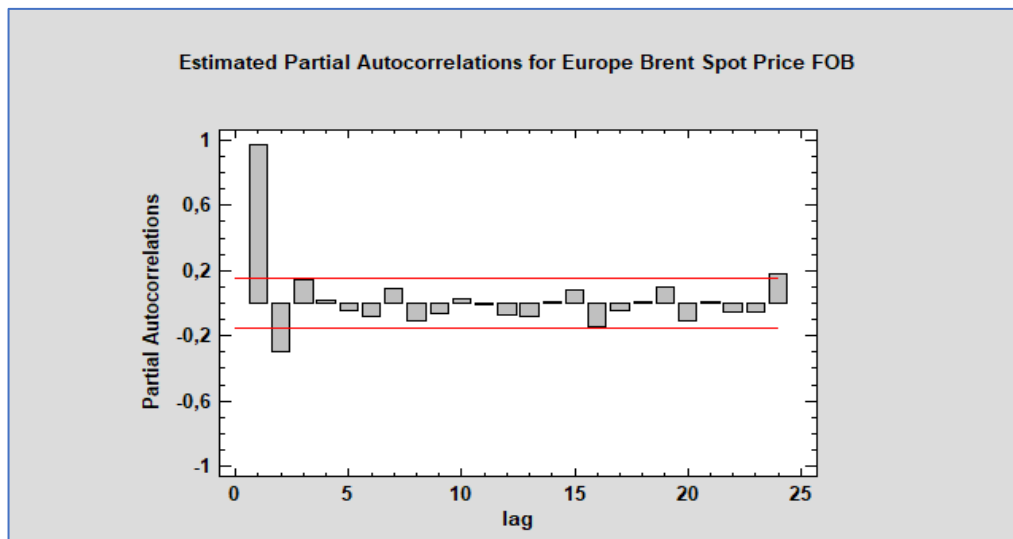


Διάγραμμα 7: Γράφημα της χρονοσειράς για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2010-2022)

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι αυτοσυσχετίσεις και κατασκευάζεται το διάγραμμα τους ως συνάρτηση της υστέρησης. Συνήθως ορίζεται ένας μέγιστος αριθμός υστέρησης για την οποία θα γίνει η γραφική παράσταση της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης. Συγκεκριμένα ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης υστέρησης  $k$  μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των τιμών FOB της τιμής spot Europe Brent στο χρόνο  $t$  και στο χρόνο  $t-k$ , ενώ επιπρόσθετα εμφανίζονται τα όρια πιθανότητας 95% γύρω στο 0. Όταν σε μια συγκεκριμένη υστέρηση τα όρια αυτά δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Σε αυτή την περίπτωση, 10 από τους 24 συντελεστές αυτοσυσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικοί στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, υπονοώντας ότι οι χρονοσειρές μπορεί να μην είναι εντελώς τυχαίες (λευκός θόρυβος). Ανάλογα πραγματοποιήθηκαν και οι μερικές αυτοσυσχετίσεις.



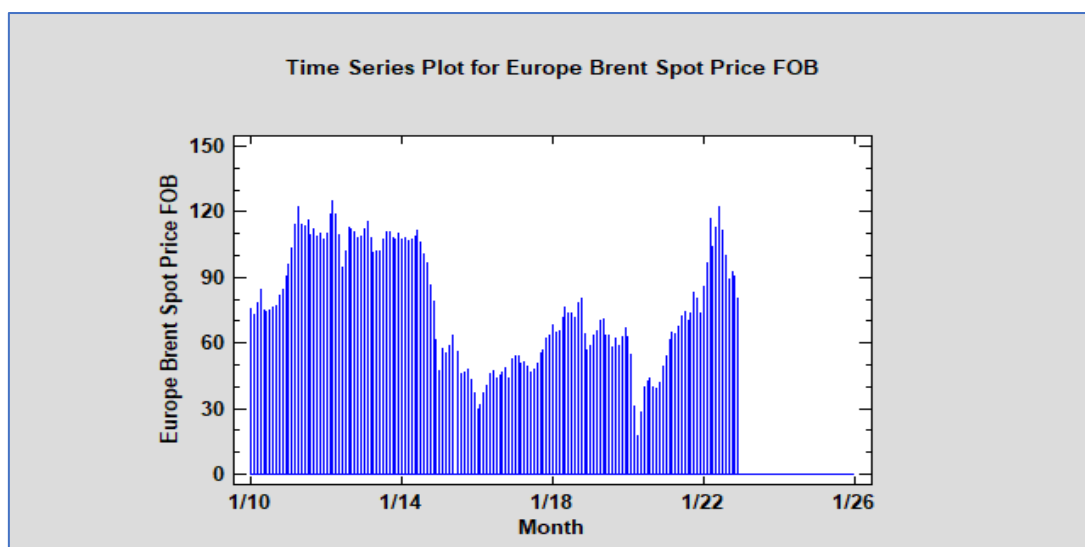
Διάγραμμα 8: Συνάρτηση Αυτοσυσχέτισης για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2010-2022)



Διάγραμμα 9: Συνάρτηση Μερικής Αυτοσυσχέτισης για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL (2010-2022)

Στο γράφημα, Διάγραμμα 8, οι δύο κόκκινες γραμμές δείχνουν το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης  $H_0: \rho=0$ . Η αυτοσυσχέτιση έχει ημιτονοειδή μορφή και αυτό το γεγονός αποδεικνύει την περιοδικότητα.

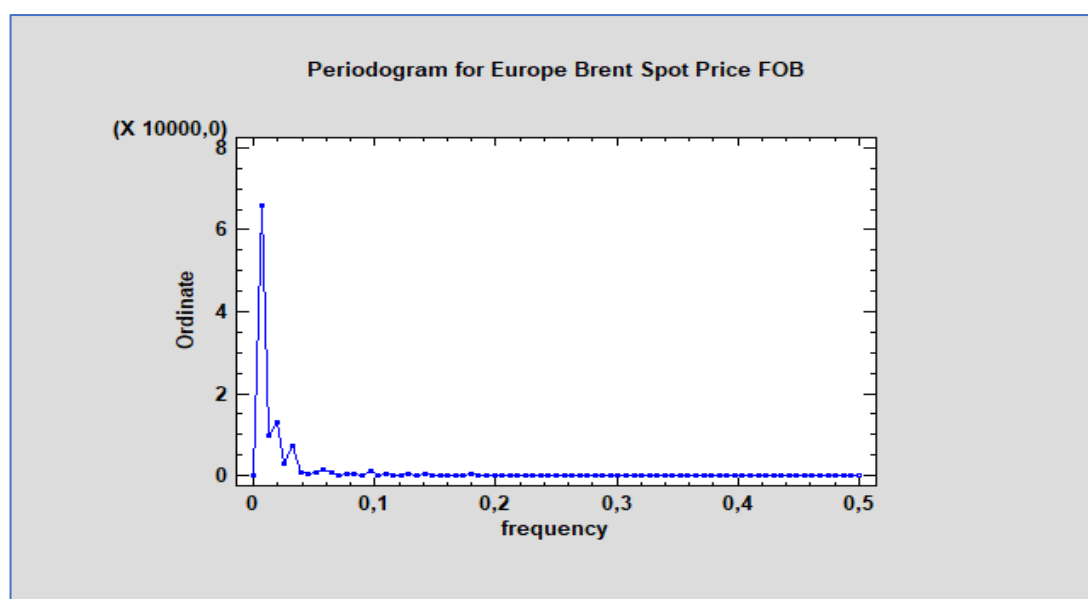
Πριν την προσπάθεια μοντελοποίησης της χρονοσειράς θα εξαλειφθεί η περιοδικότητα με χρήση κατάλληλων διαφορών. Το γράφημα της νέας χρονοσειράς δείχνει ότι η ημιτονοειδής μορφή δεν είναι στο προηγούμενο βαθμό αλλά η υστέρηση έχει περιοριστεί στον αριθμό 2. Με τη νέα συνάρτηση μπορεί να εκτιμηθεί η τάξη του μοντέλου που χρειάζεται η συγκεκριμένη σειρά επιλέγοντας την τιμή της υστέρησης  $k$  που ελαχιστοποιεί το κριτήριο AIC.



Διάγραμμα 10: Γράφημα της χρονοσειράς (διαφορών) για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL

Το αποτέλεσμα του υποδείγματος παρουσιάζει τους εκτιμώμενους συντελεστές καθώς και την τάξη τους, όπως επίσης και τη διασπορά του σφάλματος. Πραγματοποιήθηκαν δε τρεις δοκιμές για να προσδιοριστεί αν η μεταβλητή είναι μια τυχαία ακολουθία αριθμών. Η πρώτη δοκιμή μέτρησης πόσες φορές η αλληλουχία ήταν πάνω ή κάτω από τη διάμεσο και σε 13 εκτελέσεις σε

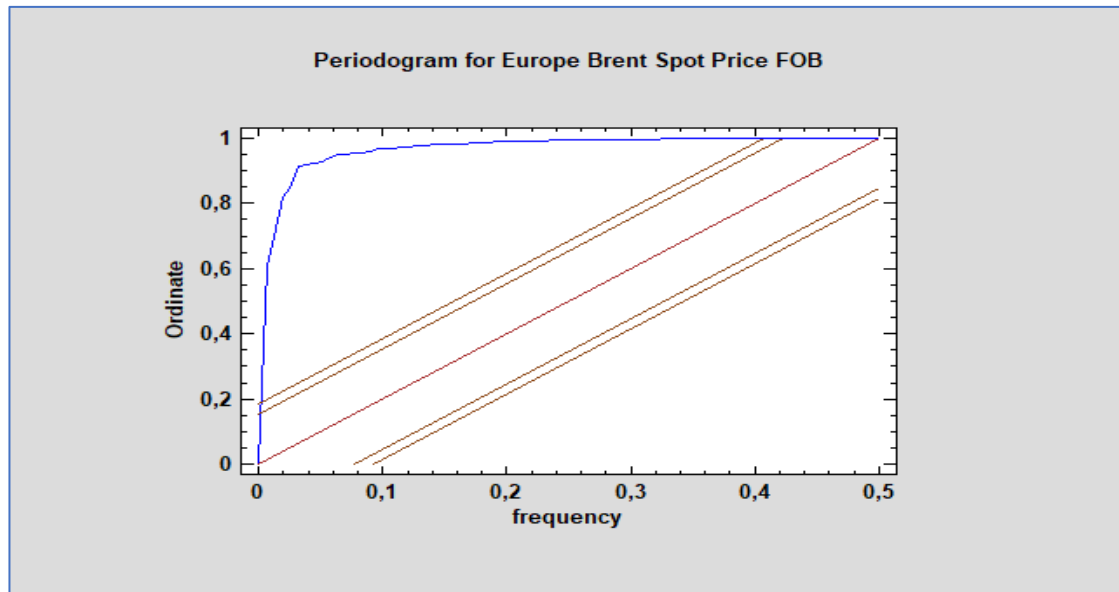
σύγκριση με την αναμενόμενη τιμή 79, αν η ακολουθία ήταν τυχαία, και με δεδομένο την  $p$ -value μικρότερη από 0,05 απορρίφθηκε η  $H_0$ : τυχαία ακολουθία σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Η δεύτερη δοκιμή μέτρησε τον αριθμό των φορών που η ακολουθία αυξήθηκε ή μειώθηκε, έγιναν 65 εκτελέσεις και συγκρίθηκε με αναμενόμενη τιμή 103,667, αν η ακολουθία ήταν τυχαία, με αποτέλεσμα να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 95% αφού πάλι η  $p$ -value εμφανίστηκε μικρότερη από 0,05. Η τρίτη δοκιμή τέλος, βασίστηκε στο άθροισμα των τετραγώνων των 24 πρώτων συντελεστών αυτοσυσχέτισης και με την τιμή  $p$ -value μικρότερη του 0,05, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, απορρίφθηκε η  $H_0$ : τυχαία σειρά (Δεδομένου ότι οι τρεις δοκιμές είναι ευαίσθητες σε διαφορετικούς τύπους αποκλίσεων από τυχαία συμπεριφορά, η αποτυχία επιτυχίας σε οποιαδήποτε δοκιμή υποδηλώνει ότι οι χρονοσειρές μπορεί να μην είναι εντελώς τυχαίες.).



Διάγραμμα 11: Γράφημα κριτηρίου AIC για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL

Στην περίπτωση που το υπόδειγμα εφαρμόζει καλά στα δεδομένα τότε τα υπόλοιπα θα είχαν τη μορφή μιας χρονοσειράς λευκού θορύβου, δηλαδή μιας τυχαίας σειράς κάτι που δεν συμβαίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση αφού τα υπόλοιπα δεν παρουσιάζουν μια προφανή δομή. Η τυχειότητα τους ελέγχεται και με το κορελλόγραμμα. Σε μια χρονοσειρά λευκού θορύβου δεν παρουσιάζεται καμία ημιτονοειδής μορφή αλλά και η αυτοσυσχέτιση για όλες τις υστερήσεις είναι μεταξύ των ορίων του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης κάτι που αποδεικνύεται και από το γράφημα της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης.

Στο παρακάτω γράφημα (Διάγραμμα 12) παρουσιάζεται το περιοδόγραμμα της μεταβλητής, το οποίο εντοπίζει τους κύκλους σταθερής συχνότητας στα δεδομένα και κατασκευάζεται με την τοποθέτηση μιας σειράς ημιτονοειδών συναρτήσεων σε κάθε μια από τις 79 συχνότητες. Οι συντεταγμένες είναι ίσες με τα τετράγωνα πλάτη των ημιτονοειδών συναρτήσεων ενώ θεωρείται ανάλυση διακύμανσης κατά συχνότητα (το άθροισμα των συντεταγμένων είναι ίσο με το συνολικό διορθωμένο άθροισμα των τετραγώνων σε πίνακα ANOVA).



Διάγραμμα 12: Περιοδόγραμμα για Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL

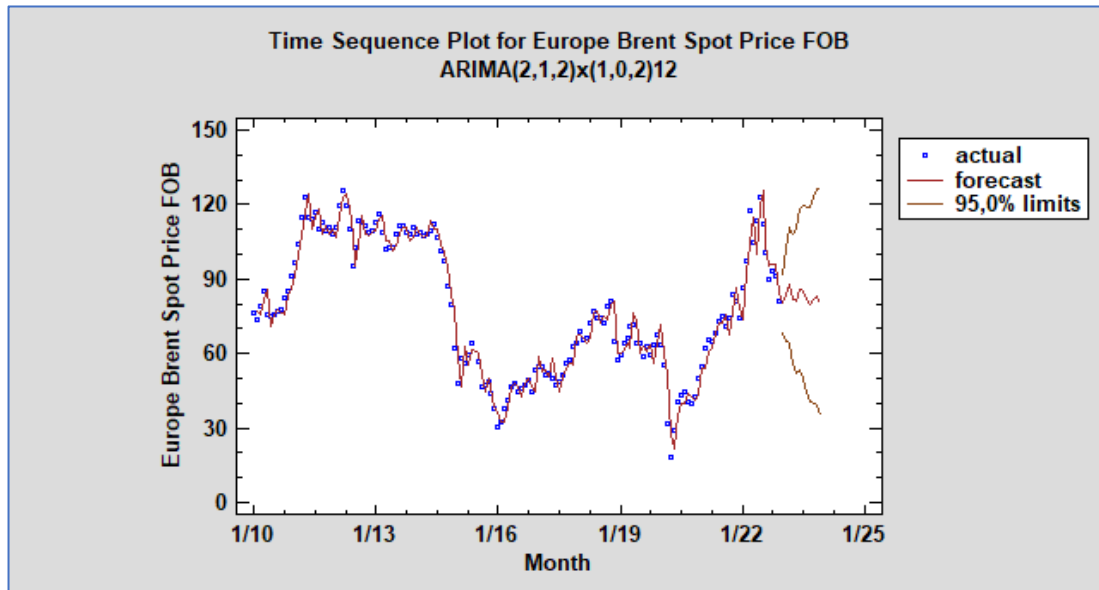
Η πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της μεταβλητής Europe Spot Brent FOB σε \$/BBL με τα δεδομένα των 156 χρονικών περιόδων, δείκτη χρόνου το μήνα και διάρκεια εποχικότητας 12 επέλεξε ως καταλληλότερο μοντέλο το ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)<sub>12</sub>. Αυτό το μοντέλο υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για μελλοντικά δεδομένα δίνεται από ένα παραμετρικό υπόδειγμα που συσχετίζει την πιο πρόσφατη τιμή δεδομένων με προηγούμενες τιμές δεδομένων και προηγούμενο θόρυβο και για κάθε τιμή της μεταβλητής εφαρμόστηκε πολλαπλασιαστική εποχική διόρθωση.

Δημιουργήθηκαν 12 προβλέψεις, όπως φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 2, με εκτιμώμενη διακύμανση λευκού θορύβου 35,2742 (και 148 βαθμούς ελευθερίας) και εκτιμώμενη τυπική απόκλιση 5,9392 (με 11 επαναλήψεις). Το αποτέλεσμα συνοψίζει τη στατιστική σημασία των όρων στο μοντέλο πρόβλεψης. Έτσι οι όροι AR(2), MA(2), SAR(1), SMA(2) με τιμές  $p < 0,05$  διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το μηδέν στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Έτος	Μήνας	\$/bbl
<b>2023</b>	Ιανουάριος	80,08
	Φεβρουάριος	83,63
	Μάρτιος	87,51
	Απρίλιος	82,06
	Μάιος	81,28
	Ιούνιος	85,85
	Ιούλιος	84,84
	Αύγουστος	82,01
	Σεπτέμβριος	79,42
	Οκτώβριος	81,47
	Νοέμβριος	82,78
	Δεκέμβριος	80,61

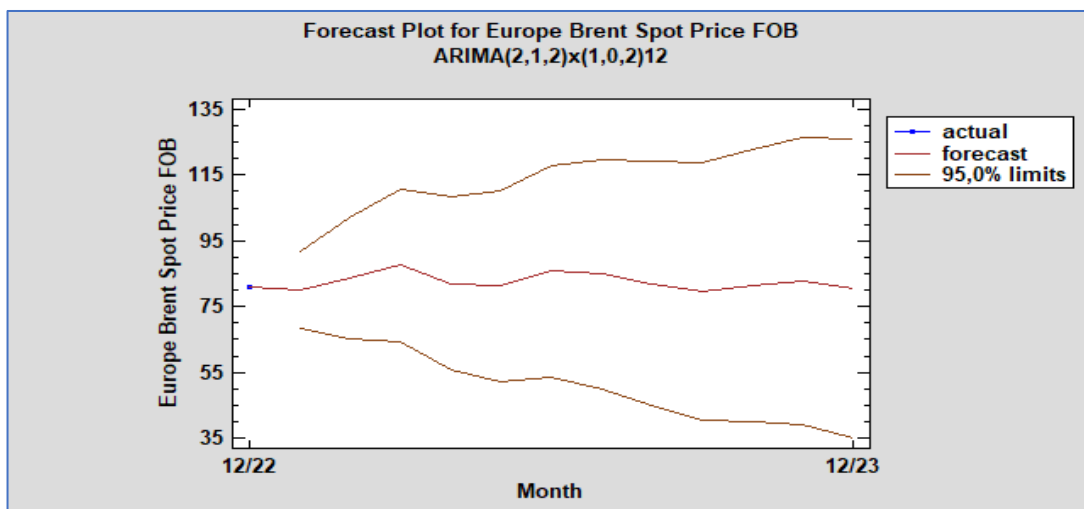
Πίνακας 2: Ετήσια μελλοντική πρόβλεψη σε \$/BBL (2023)

Στην περίληψη του υποδείγματος ARIMA περιλαμβάνεται επίσης η απόδοση του τρέχοντος επιλεγμένου μοντέλου στην προσαρμογή των ιστορικών δεδομένων, οπότε εμφανίζει το μέσο σφάλμα ρίζας στο τετράγωνο (RMSE=5,79714), το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE=4,42667), το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MAPE=6,6738), το μέσο σφάλμα (ME=-0,00387358) και το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα (MPE=-0,51883). Κάθε ένα από τα στατιστικά στοιχεία βασίζεται στα σφάλματα πρόβλεψης μιας προοπτικής, τα οποία είναι οι διαφορές μεταξύ της τιμής δεδομένων κατά το χρόνο  $t$  και της πρόβλεψης αυτής της τιμής που έγινε κατά το χρόνο  $t-1$ . Οι τρεις πρώτες στατιστικές μετρούν το μέγεθος των σφαλμάτων και οι δύο τελευταίες την προκατάληψη.



Διάγραμμα 13: Γράφημα μελλοντικών τιμών της μεταβλητής Europe Brent Spot Price FOB σε \$/BBL

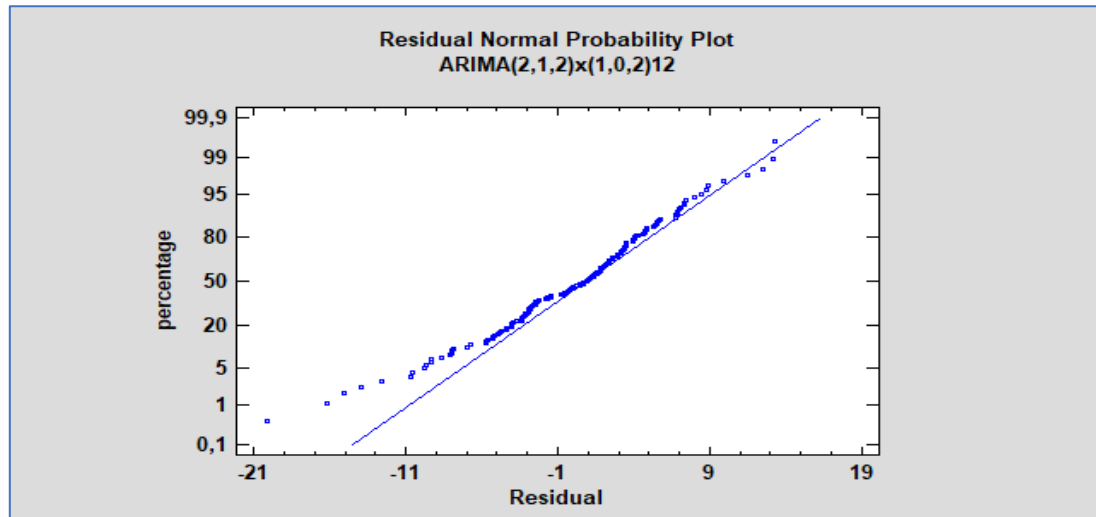
Κατά τη διάρκεια της περιόδου κατά την οποία υπάρχουν πραγματικά δεδομένα, εμφανίζονται οι προβλεπόμενες τιμές από το προσαρμοσμένο μοντέλο και τα υπολείμματα (δεδομένα-πρόβλεψη). Για χρονικές περιόδους μετά το τέλος της σειράς, εμφανίζονται όρια πρόβλεψης 95% για τις προγνώσεις, τα οποία δείχνουν που είναι πιθανό να βρίσκεται η πραγματική τιμή δεδομένων σε μια επιλεγμένη μελλοντική χρονική στιγμή με εμπιστοσύνη 95% υποθέτοντας ότι το προσαρμοσμένο υπόδειγμα είναι κατάλληλο για τα δεδομένα.



Διάγραμμα 14: Γράφημα μελλοντικών τιμών σε \$/BBL – ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12

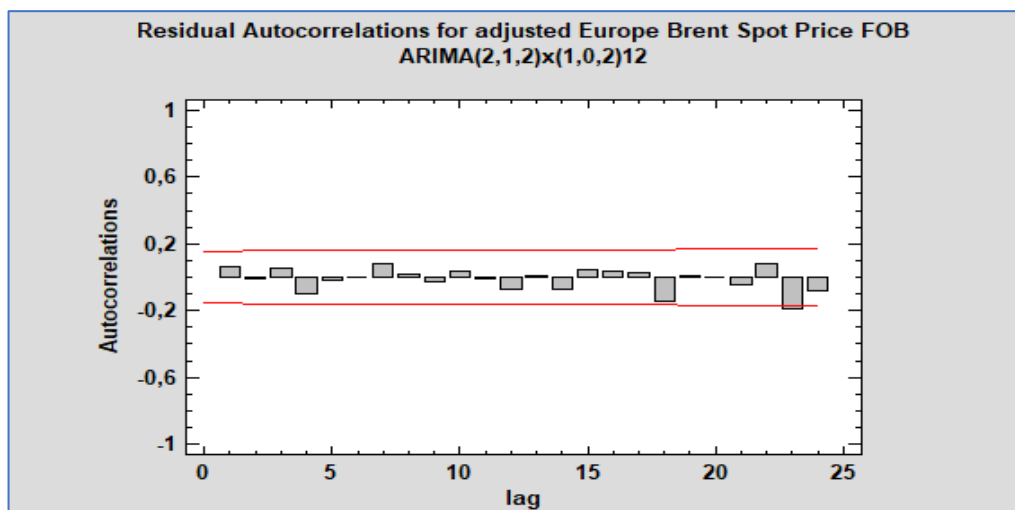


Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της προσαρμογής διαφορετικών μοντέλων με τα δεδομένα σύμφωνα με το κριτήριο πληροφοριών Akaike (AIC) είναι το μοντέλο N, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία των προβλέψεων, αφού παρουσιάζει τη χαμηλότερη τιμή. Πραγματοποιήθηκαν 5 δοκιμές στα υπολείμματα για να προσδιοριστεί η επάρκεια κάθε μοντέλου και το επιλεγμένο (N) τις περνά όλες, οπότε θεωρείται επαρκές για τα δεδομένα-αφού καμία δοκιμή δε είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ή υψηλότερο.

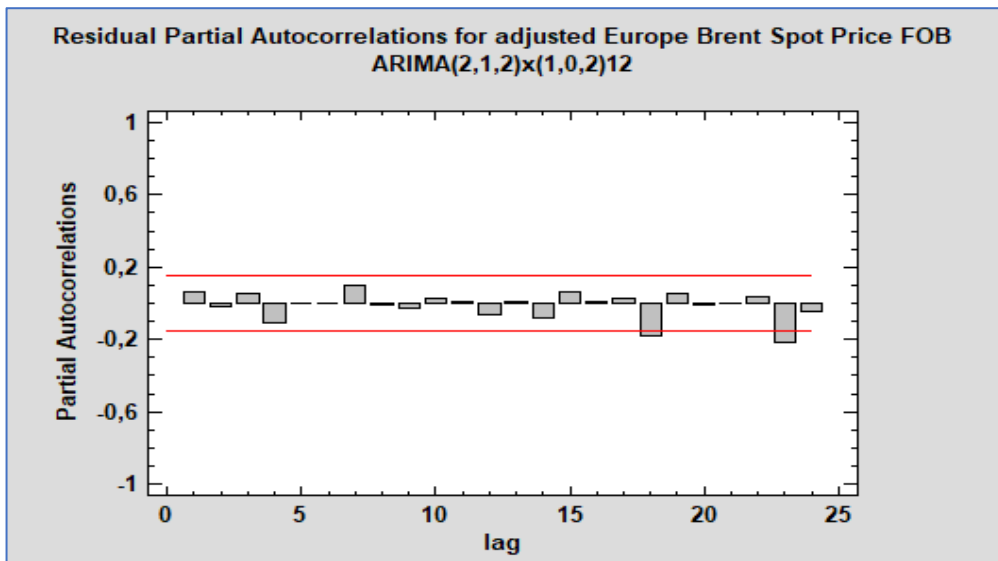


Διάγραμμα 15: Υπολείμματα μελλοντικών τιμών σε \$/BBL – ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12

Εκτιμήθηκαν στη συνέχεια οι αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των υπολειμμάτων σε διάφορες υστερήσεις με τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης υστέρησης  $k$  να μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των υπολειμμάτων στο χρόνο  $t$  και στο χρόνο  $t-k$ . Πρόσθετα εμφανίζονται τα όρια πιθανότητας 95% γύρω στο 0, όπου αν αυτά σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Σε αυτή την περίπτωση, ένας από τους 24 συντελεστές αυτοσυσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικός με εμπιστοσύνη 95% επίπεδο, υπονοώντας ότι τα υπολείμματα μπορεί να μην είναι εντελώς τυχαία (λευκός θόρυβος). Με ανάλογο τρόπο εκτιμήθηκαν οι μερικές αυτοσυσχετίσεις για τα υπολείμματα.



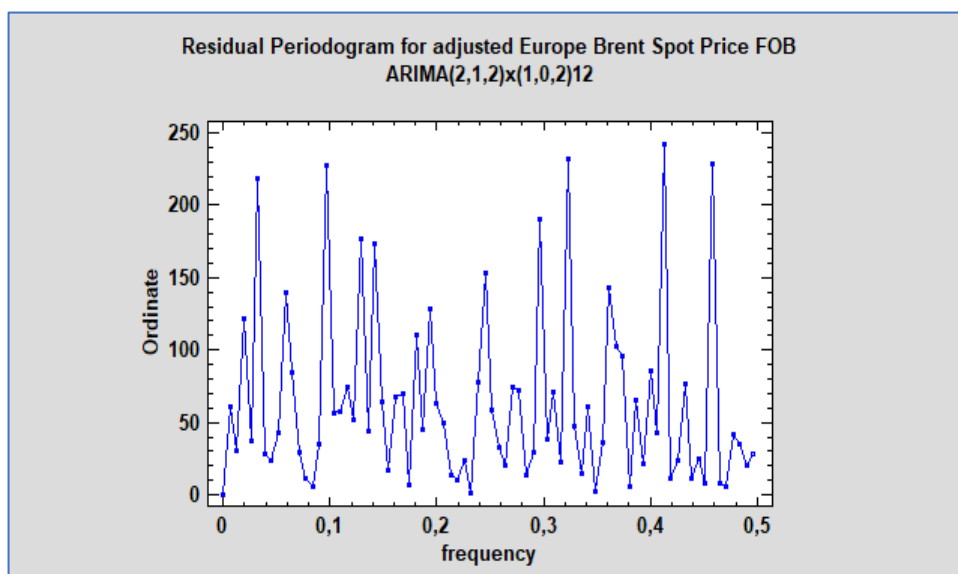
Διάγραμμα 16: Υπολειμματική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης



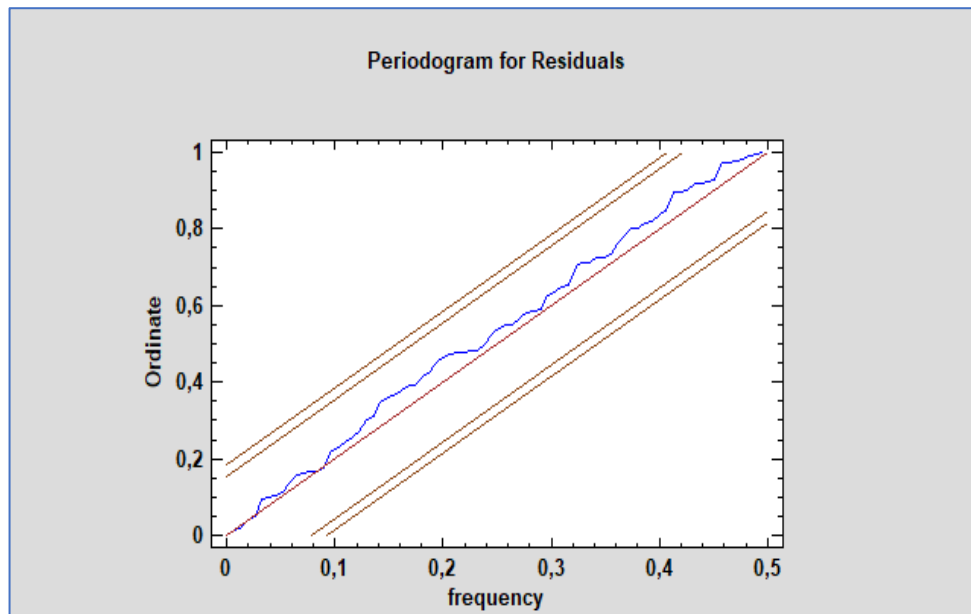
Διάγραμμα 17: Υπολειμματική συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης

Διεξήχθησαν 3 δοκιμές τυχαιότητας υπολειμμάτων για να προσδιοριστεί αν τα υπολείμματα σχηματίζουν τυχαία ακολουθία αριθμών. Η πρώτη δοκιμή η οποία μετρά πόσες φορές η αλληλουχία ήταν πάνω ή κάτω από τη διάμεσο έδωσε 77 εκτελέσεις σε σύγκριση με αναμενόμενη τιμή 78 (αν η ακολουθία ήταν τυχαία) και επειδή η αντίστοιχη  $p$ -value είναι μεγαλύτερη ή ίση με 0,05 δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (ότι δηλαδή τα υπολείμματα είναι τυχαία σε 95% ή υψηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης). Η δεύτερη δοκιμή που μετρά τον αριθμό των φορών στις οποίες η ακολουθία αυξήθηκε ή έπεσε, έδωσε τον 107 σε σύγκριση με αναμενόμενη τιμή 103 (για τυχαία ακολουθία). Και στη δοκιμή αυτή η  $p$ -value  $\geq 0,05$  άρα δεν απορρίπτεται η  $H_0$  (σε 95% ή υψηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης). Η τρίτη δοκιμή που βασίζεται στο άθροισμα των τετραγώνων των πρώτων 24 συντελεστών αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει ανάλογα αποτελέσματα ως προς τη σημαντικότητα.

Το περιοδόγραμμα δε για υπολείμματα (για τον εντοπισμό κύκλων σταθερής συχνότητας στα δεδομένα) κατασκευάζεται με την τοποθέτηση μιας σειράς ημιτονοειδών συναρτήσεων σε κάθε μία από τις 78 συχνότητες. Οι συντεταγμένες είναι ίσες με τα τετράγωνα πλάτη των ημιτονοειδών συναρτήσεων.



Διάγραμμα 18: Περιοδόγραμμα για υπολείμματα (προσαρμοσμένες τιμές-\$/BBL)



Διάγραμμα 19: Περιοδόγραμμα για υπολείμματα- ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)<sup>12</sup>

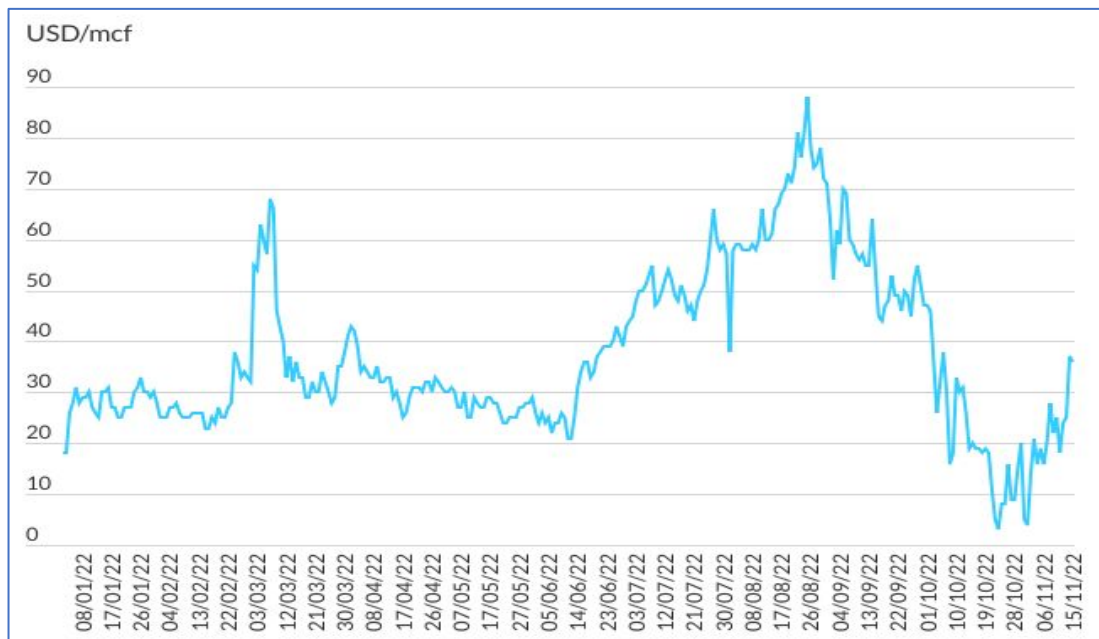
Τα αποτελέσματα της έρευνας αντιστοιχούν σε παρόμοιες μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων με τα ίδια υποδείγματα, ως διαφέρουν τα στατιστικά εργαλεία (εδώ έγινε χρήση του Statgraphics-19).

Από άποψη εγκυρότητας και αξιοπιστίας παρατηρείται ότι οι προβλεπόμενες μελλοντικές τιμές του πετρελαίου δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα από τις σημερινές πραγματικές τιμές, άρα το υπόδειγμα που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με το στατιστικό πακέτο Statgraphics είναι κατάλληλο για μοντελοποίηση και πρόβλεψη τιμών σε χρονοσειρές που ήταν και το ζητούμενο αρχικά.

## Κεφ. 5<sup>ο</sup>: «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ»

### 5.1 Συμπεράσματα από τη χρήση πετρελαίου

Οι τιμές του πετρελαίου μετά από τους φόβους για παγκόσμια ύφεση αλλά και τις μεσοσταθμικές πτωτικές προβλέψεις για το 2023, οδηγήθηκαν σε μείωση, τουλάχιστον το τελευταίο δίμηνο του 2022. Ωστόσο, διαμορφώνονται αντίθετα από τις τιμές του φυσικού αερίου, όπου μετά τον πόλεμο της Ουκρανίας και σε συνδυασμό και με την αύξηση των ενεργειακών αναγκών στην Ευρώπη είναι σε υψηλά επίπεδα. [CNN Greece]



Διάγραμμα 20: TTF Spot Prices- Source: Fitch Ratings [Bloomberg]

Οι αξιολογήσεις της Fitch διατηρούν αμετάβλητες τις υποθέσεις για τις βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες τιμές του πετρελαίου, αφού αναμένουν συγκράτηση τιμών ως αποτέλεσμα πιο χαμηλής οικονομικής ανάπτυξης από τη μία και χαλάρωση των γεωπολιτικών πιέσεων μακροπρόθεσμα από την άλλη, οπότε θα εμφανιστούν νέες μειωμένες τιμές.

Η πεποίθηση ότι ο ΟPEC θα προσπαθήσει να ισορροπήσει την αγορά πετρελαίου ανάμεσα στις διαθέσιμες προμήθειες του αργού πετρελαίου και με ανάλογες ποσοτώσεις σε νέες παραγωγές, αντιμετωπίζεται προς το παρόν με αβεβαιότητα αφού η συναίνεση της Ρωσίας που είναι το βασικό μέλος της συμμαχίας είναι αμφίβολη.

Από τη μία η μειωμένη παραγωγή δεν υπήρξε τόσο επιθετική, στο βαθμό που φανερώνουν τουλάχιστον οι περικομμένες ποσοτώσεις, ενώ από την άλλη η ζήτηση του πετρελαίου-επηρεαζόμενη από την επιβράδυνση της παγκόσμιας οικονομίας, οδηγούν τις τιμές σε μία αρκετά εύθραυστη ισορροπία. Οι ελαττωμένες ρωσικές εξαγωγές, λόγω και του εμπάργκο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε συνδυασμό με τη μικρότερη αύξηση στην παραγωγή σχιστόλιθου στις ΗΠΑ και πιθανής αναβίωσης ιρανικής πυρηνικής συμφωνίας-μικρής πλέον πιθανότητας αφού η κυβέρνηση του Ιράν καταστέλλει βίαια τις διαδηλώσεις στη χώρα, θα επηρεάσουν την προσφορά στην αγορά πετρελαίου. [Fitch Ratings, 2022]

Η εξάντληση των αποθεμάτων των συμβατικών πόρων παραγωγής ενέργειας με αλματώδη ρυθμό και τα περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν από την εκτεταμένη χρήση τους θέτουν τους πολίτες όχι μόνο της χώρας αλλά και όλου του πλανήτη μπροστά στις ευθύνες τους.

## **5.2 Προτάσεις για μελλοντικές Έρευνες**

Η εργασία επιχείρησε να αναλύσει με τη χρήση κατάλληλου υποδείγματος ανάλυσης χρονοσειράς (ARIMA) και αντίστοιχου στατιστικού εργαλείου (Statgraphics) τα εμπειρικά δεδομένα των μηνιαίων τιμών αργού πετρελαίου για το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου 2010-Δεκεμβρίου 2022 όπως αυτά παρουσιάζονται στο Thomson Reuters ώστε να προβλεφθούν μελλοντικές τιμές, σε μια εποχή ιδιαίτερα κρίσιμη για την παγκόσμια οικονομία και βιωσιμότητα του πλανήτη. [*eia.gov*]

Στα επόμενα χρόνια καθώς η ανθρωπότητα βαδίζει στη χρονολογία ορόσημο (2030) για τον πλανήτη, όπου ευελπιστεί σε πλήρη μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και ταυτόχρονη αναχαίτηση των καταστροφικών συνεπειών στο περιβάλλον που χρόνια τώρα συντελείται κυρίως από τη χρήση του πετρελαίου και των παραγώγων του, η πλήρης απεξάρτηση από αυτή δεν είναι βέβαιη. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο ότι η Ατζέντα του 2030 και οι περίφημοι στόχοι της (ΣΒΑ) επεκτάθηκε από τις αρμόδιες επιτροπές της Πράσινης Οικονομίας για το έτος 2050. [*Ευρωπαϊκή Πράσινη συμφωνία, 2019*]

Τα συμπεράσματα της έρευνας είναι εγγενώς μελλοντοστραφή και εμπειριέχουν υποθέσεις και προβλέψεις που από τη φύση τους δεν μπορούν να επαληθευτούν ως γεγονότα. Ακόμα και μετά την επαλήθευσή τους, τόσο οι αξιολογήσεις όσο και οι προβλέψεις είναι δυνατό να επηρεαστούν από γεγονότα ή συνθήκες που περιλήφθηκαν κατά την έρευνα. Προτείνονται λοιπόν νέες μελέτες που θα προβλέπουν τις νέες τιμές στην αγορά των συμβατικών καυσίμων κοντά στις χρονολογίες ορόσημα με δεδομένα είτε από την ελληνική ή ευρωπαϊκή οικονομία. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούν αν γίνουν διορθωτικές παρεμβάσεις από τις κυβερνήσεις ώστε να περιοριστεί στο μέγιστο εφικτό βαθμό η χρήση του πετρελαίου ως ενεργειακό μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης και κίνησης, ώστε από τη μία να σταματήσει η ολοκληρωτική εξάντληση των αποθεμάτων του «**μαύρου χρυσού**» και από την άλλη να επιτευχθεί στο έπακρο η βιώσιμη ανάπτυξη ώστε να ανασάνει επιτέλους ο πλανήτης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βλάχου Α., «Περιβάλλον και φυσικοί πόροι-Οικονομική θεωρία και πολιτική», Τόμος Α. Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, 2001
- Γεωργακόπουλος Ανδρέας, «Υπάρχει αρκετό φυσικό αέριο και πετρέλαιο στην Ελλάδα να καλύψει τις ανάγκες της χώρας;», συνέντευξη παραχωρημένη στο συντάκτη Κοντογιαννίδη Ρωμανό, 13.04.2022, [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Μια Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία – Ανάδειξή μας στην πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρο», 2019, <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-deal>
- Θαλασσινός Ελευθέριος, «Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών-Μεθοδολογία Box Jenkins», Εκδόσεις Σταμούλη, 1991
- Κοκολάκης Γ.Ε., «Σημειώσεις Ανάλυσης χρονοσειρών», [www.math.ntua.gr](http://www.math.ntua.gr)
- Παπαδάκης Μ., Τσίμπος Κ., Μουρελάτος Α., «Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το λογισμικό Statgraphics», Εκδόσεις Σταμούλη, 1997
- Τράπεζα της Ελλάδας (ΤτΕ), Έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας για τη Νομισματική Πολιτική, 2019, <https://www.bankofgreece.gr>
- Φωκιανός Κ., Χαραλάμπους Χ., «Ανάλυση Χρονοσειρών», [www.ucy.ac.cy/mas](http://www.ucy.ac.cy/mas)

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Andrew B. Abel, Ben S. Bernanke, Dean Croushore, "Macroeconomics," Global Edition, 2021
- Auhl Miranda, "What is the model ARIMA;," 2021, <https://towardsdatascience.com/what-is-an-arima-model>
- Hamilton J.D. "Understanding Crude Oil Prices," NBER Working Paper Series, 2008
- Hamilton J.D. "Historical Oil Shocks," NBER Working Paper Series, 2011
- Kilian L., Vigfusson R., "Nonlinearities in the Oil Price-Output Relationship," International Finance Discussion Papers, 2011
- Meadows D. H., Meadows D.L., Randers J. & Behrens W.III, "The limits to Growth", 1972
- Olayele F., "The Geopolitics of Oil and Natural Gas: International Association for Energy Economics", <https://search.ebscohost.com>
- Shahidehpour, Alomoush, "Restructured Electrical Power Systems", 2017, <https://www.sack.de/shahidehpour-alomoush>



### Αναφορές -Διαδίκτυο

- GR eDiscovery, *Πετρέλαιο και Οικονομία*
- <https://1.bp.blogspot.com>, *Ο πλανήτης μας νοσεί, Περιβαλλοντική καταστροφή από πετρέλαιο*
- <https://3.bp.blogspot.com>, *Πετρέλαιο*
- <https://www.brief.com.cy>, *Γεώτρηση πετρελαίου*
- <https://www.cdn.cnngreece.gr>, *Ενεργειακή κρίση πετρελαίου*
- <https://www.cnn.gr>, Ανδριασόπουλος Κ., Πρόεδρος της Επιτροπής Ενέργειας του Ελληνο-Αμερικανικού Επιμελητηρίου, Μπακατσέλος Ν., Πρόεδρος του Ελληνο-Αμερικανικού Εμπορικού Επιμελητηρίου, Σιάμισις Α., Διευθύνων Σύμβουλος στα Ελληνικά Πετρέλαια, Τσαφός Ν., Senior Fellow, Energy Security and Climate Change Program Center for Strategic and International Studies (CSIS), U.S., Pugliaresi L., President Energy Policy Research Foundation, USA, Salameh, M.G., International Oil Economist Visiting Professor of Energy Economics ESCP Europe Business School, London, UK, Οικονομία, «*Η Ενεργειακή κρίση πετρελαίου: Επιπτώσεις στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία-Ευκαιρίες*», Ελληνο-Αμερικανικό Επιμελητήριο, 29.06.2020, AmCham Digital Talks & Events
- <https://www.cnn.gr>, «*Πετρέλαιο και φυσικό αέριο: Γιατί έχουν πάρει αντίθετη πορεία;*», Δημήτρης Πεφάνης, CNN GREECE, 10-12-2022
- <https://devopedia.org>, *Σχηματική Αναπαράσταση B-J, Ανάλυση Χρονοσειρών*
- <https://www.dikaiologitika.gr>, *Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου*
- <https://cdn1.neocosmos.com>, *Κλιματική αλλαγή*
- <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=rbrte&f=m>, *Europe Brent Spot Price FOB*, Data Source: Thomson Reuters
- <https://www.europolitix.eu>, *Εξόρυξη πετρελαίου*
- <https://www.fitchratings.com>, *Προβλέψεις στις τιμές πετρελαίου*, Fitch Ratings, Bloomberg, 5/12/2022
- <https://www.greelane.com>, *Akaike Information Criterion (AIC)*
- <https://www.iellada.gr>, *Υδρογονάνθρακες, Ελλάδα*
- <https://www.in.gr/2021/04/04/economy/oikonomikes-eidiseis/ti-symvainei-meta-petrelaia-stin-ellada-10-xronia-meta>
- <https://www.kefalonianews.gr>, *Υδρογονάνθρακες*
- <http://math.uth.gr/analysisi-chronoseiron>, *Ανάλυση Χρονοσειρών*

- [www.mfa.gr](http://www.mfa.gr), *Ελληνικές εξαγωγές προϊόντων πετρελαίου: ανάλυση από την πλευρά της προσφοράς-Διεθνείς Οικονομικές Σχέσεις*
- <https://www.midomenech.com.br>, *Διαδικασία ARIMA (p,d,q)*
- <https://www.newsit.gr>, *Τι είναι το πετρέλαιο*
- <https://www.oltee.gr>, *Πρωτόκολλο του Κιότο*
- <https://www.i1.prth.gr>, *Τιμή του πετρελαίου*
- <https://www.moneyreview.gr>, *Πάνω από \$72 το βαρέλι πετρέλαιο*
- [https://el.wikipedia.org/wiki, OPEC](https://el.wikipedia.org/wiki/OPEC)



# Παράρτημα

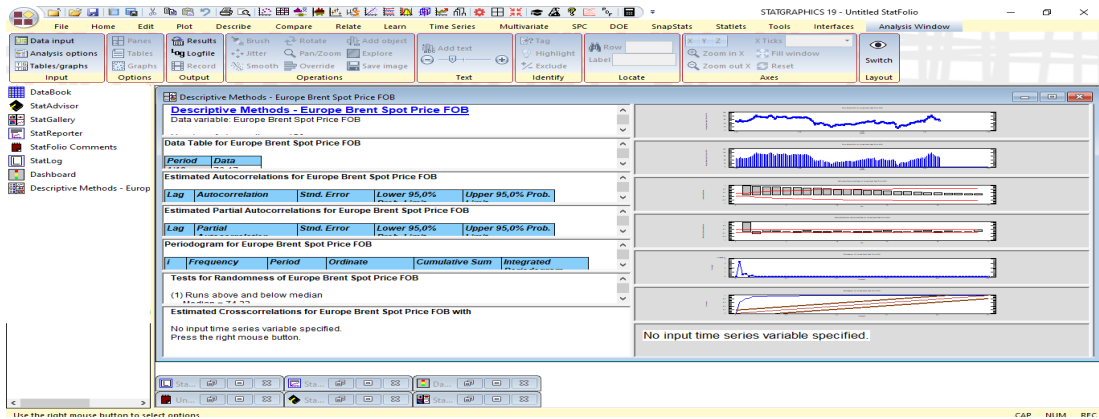
## Προσαρτήματα: Στατιστικό Πακέτο Statgraphics-19 Ανάλυση Εμπειρικών Δεδομένων Descriptive Methods & Forecast

**Step 1: Descriptive Methods (Οι τιμές της μεταβλητής είναι σε \$/BBL)**

Click on a menu item with the right mouse button to display documentation. CAP NUM REC

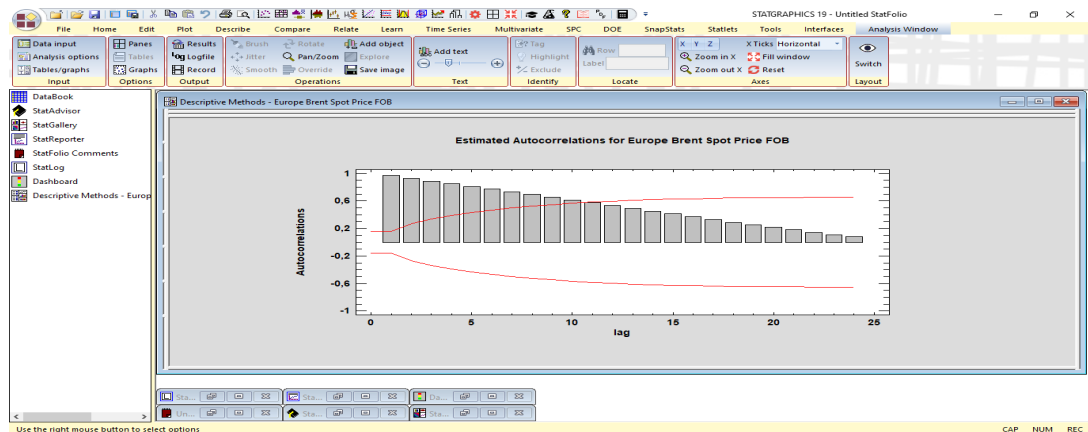
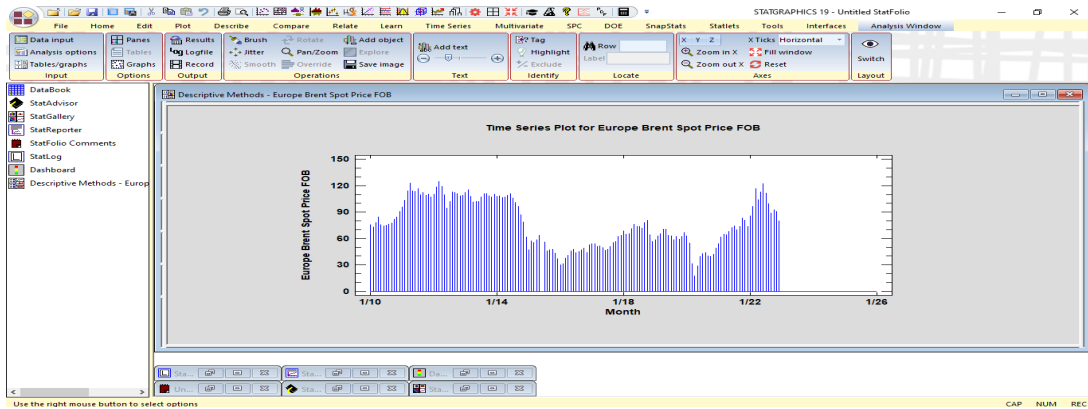
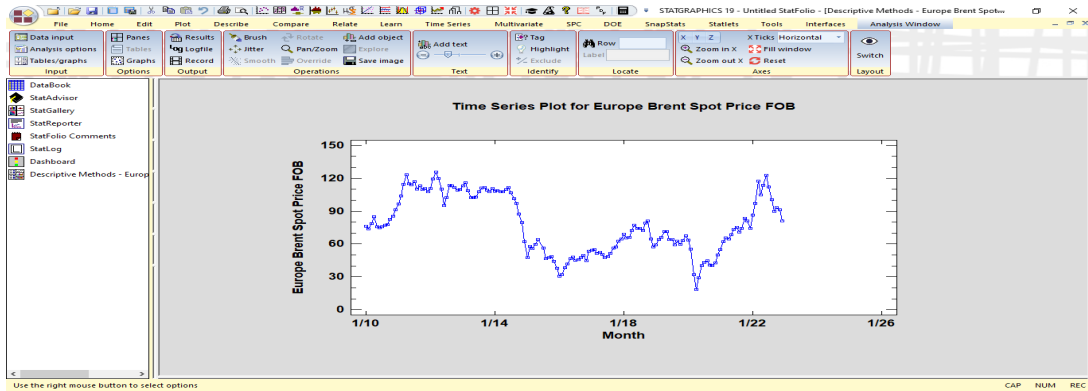
Use the right mouse button to select options. CAP NUM REC

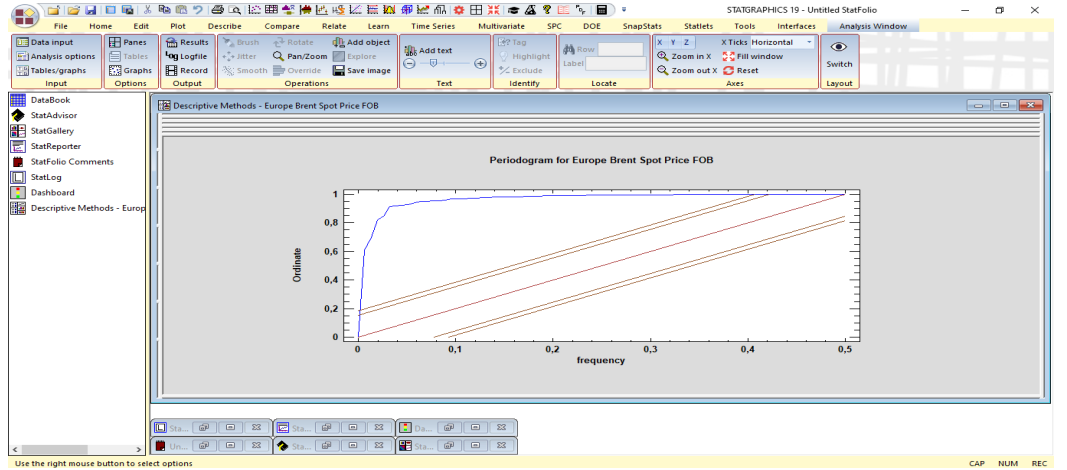
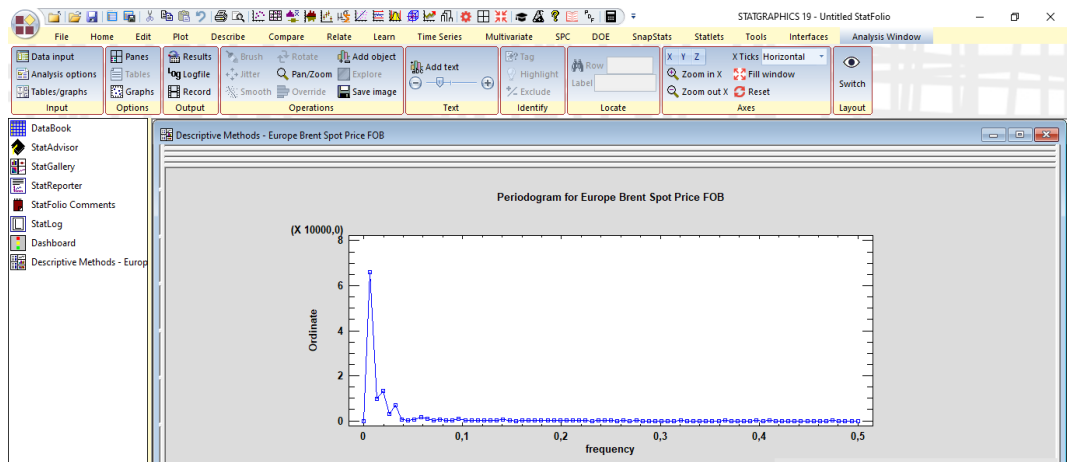
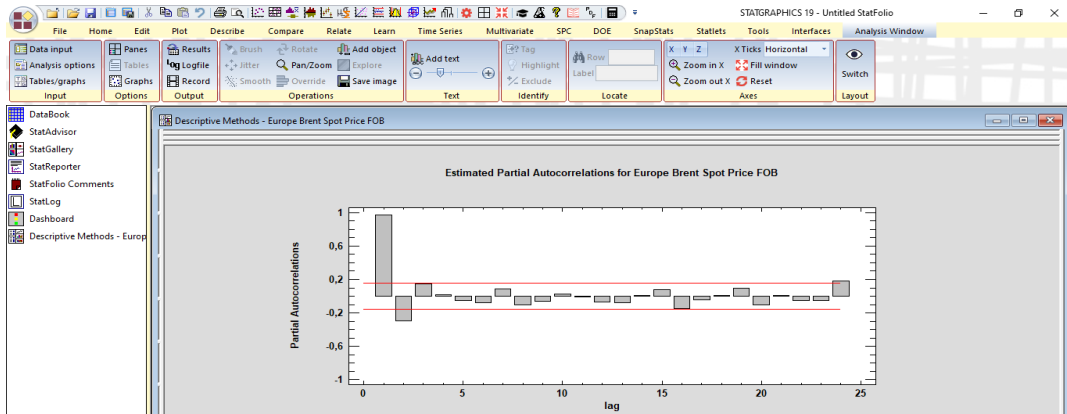
Use the right mouse button to select options. CAP NUM REC



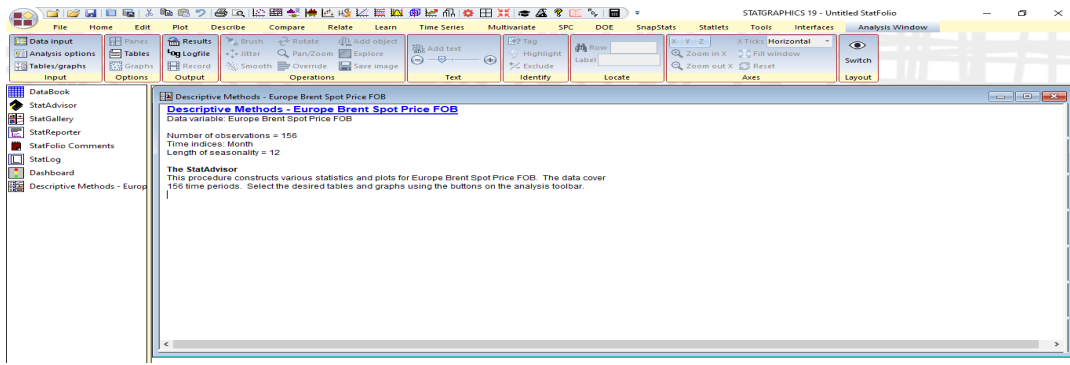
Πίνακας 1

Ακολουθούν αναλυτικά τα ορθογώνια πλαίσια με τα γραφήματα του εξαγόμενου Πίνακα 1





Ακολουθούν αναλυτικά τα ορθογώνια πλαίσια με την επεξεργασία του εξαγόμενου Πίνακα I



Period	Data
1/10	76.17
2/10	73.75
3/10	73.83
4/10	84.82
5/10	75.95
6/10	74.76
7/10	75.58
8/10	77.04
9/10	77.84
10/10	82.67
11/10	85.28
12/10	91.45
1/11	95.52
2/11	103.72
3/11	114.64
4/11	123.26
5/11	114.99
6/11	113.83
7/11	116.97
8/11	110.22
9/11	112.63
10/11	109.55
11/11	110.77
12/11	107.87
1/12	110.69
2/12	119.33
3/12	125.45
4/12	119.75
5/12	110.34
6/12	95.16
7/12	102.62
8/12	113.36
9/12	112.86
10/12	111.71
11/12	109.06
12/12	109.49
1/13	112.96
2/13	116.05
3/13	108.47
4/13	102.25
5/13	102.56
6/13	102.92
7/13	107.93
8/13	111.28
9/13	111.6
10/13	109.08
11/13	107.79
12/13	110.76
1/14	108.12
2/14	108.9
3/14	107.48
4/14	107.76
5/14	109.54
6/14	111.8
7/14	106.77
8/14	101.51
9/14	97.09
10/14	87.43
11/14	79.44
12/14	62.34
1/15	47.76
2/15	58.01
3/15	55.89
4/15	59.52
5/15	64.08
6/15	61.48
7/15	56.56
8/15	46.52
9/15	47.62
10/15	48.43
11/15	44.27
12/15	38.01
1/16	39.7
2/16	32.18
3/16	38.21
4/16	41.58
5/16	46.74
6/16	48.25
7/16	44.95
8/16	45.84
9/16	47.57
10/16	49.52
11/16	44.73
12/16	53.51
1/17	54.58
2/17	54.87



StatLog	3/17	51.59
Dashboard	4/17	52.31
Descriptive Methods - Europe	5/17	50.33
	6/17	47.27
	7/17	48.48
	8/17	51.7
	9/17	56.15
	10/17	57.61
	11/17	62.71
	12/17	64.37
	1/18	69.08
	2/18	65.32
	3/18	66.02
	4/18	72.11
	5/18	76.96
	6/18	74.41
	7/18	74.26
	8/18	72.53
	9/18	78.89
	10/18	81.03
	11/18	64.75
	12/18	57.36
	1/19	59.41
	2/19	63.96
	3/19	66.14
	4/19	71.23
	5/19	71.32
	6/19	64.22
	7/19	63.92
	8/19	59.04
	9/19	62.83
	10/19	59.71
	11/19	63.21
	12/19	67.31
Dashboard	1/20	63.65
Descriptive Methods - Europe	2/20	55.56
	3/20	32.01
	4/20	18.38
	5/20	29.38
StatReporter	6/20	40.27
StatFolio Comments	7/20	43.24
StatLog	8/20	44.74
Dashboard	9/20	40.91
Descriptive Methods - Europe	10/20	40.19
	11/20	42.69
	12/20	49.99
	1/21	54.77
	2/21	62.29
	3/21	65.41
	4/21	64.81
	5/21	68.53
	6/21	73.16
	7/21	75.17
	8/21	70.75
	9/21	74.49
	10/21	83.54
	11/21	81.05
	12/21	74.17
	1/22	86.51
	2/22	97.13
	3/22	117.25
	4/22	104.58
	5/22	113.34
	6/22	122.71
	7/22	111.93
	8/22	100.45
	9/22	89.76
	10/22	93.33
	11/22	91.42
	12/22	80.92

The StatAdvisor  
This table shows the 156 values of Europe Brent Spot Price FOB.

STATGRAPHICS 19 - Unlited StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Panes Results Brush Rotate Add object Add text Tag Row Label Y Z X Ticks Horizontal Switch  
Analysis options Tables Log Outline Jitter Pan/Zoom Explore Highlight Exclude Zoom in X Fill window  
Tables/graphs Graphs Record Smooth Override Save image Text Identify Locate Zoom out X Reset Axes Layout

StatAdvisor  
StatGallery  
StatReporter  
StatFolio Comments  
StatLog  
Dashboard  
Descriptive Methods - Europe

Descriptive Methods - Europe Brent Spot Price FOB

Estimated Partial Autocorrelations for Europe Brent Spot Price FOB

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error	Lower 95.0% Prob. Limit	Upper 95.0% Prob. Limit
1	0.970068	0.0800641	-0.156923	0.156923
2	-0.295029	0.0800641	-0.156923	0.156923
3	0.146787	0.0800641	-0.156923	0.156923
4	0.0164635	0.0800641	-0.156923	0.156923
5	0.0488763	0.0800641	-0.156923	0.156923
6	-0.082217	0.0800641	-0.156923	0.156923
7	0.0862109	0.0800641	-0.156923	0.156923
8	-0.106003	0.0800641	-0.156923	0.156923
9	-0.0639439	0.0800641	-0.156923	0.156923
10	0.0283416	0.0800641	-0.156923	0.156923
11	-0.00734307	0.0800641	-0.156923	0.156923
12	0.072434	0.0800641	-0.156923	0.156923
13	-0.0778549	0.0800641	-0.156923	0.156923
14	0.00702536	0.0800641	-0.156923	0.156923
15	0.0804293	0.0800641	-0.156923	0.156923
16	-0.147594	0.0800641	-0.156923	0.156923
17	-0.0484305	0.0800641	-0.156923	0.156923
18	0.0080678	0.0800641	-0.156923	0.156923
19	0.0952347	0.0800641	-0.156923	0.156923
20	-0.103504	0.0800641	-0.156923	0.156923
21	0.0100736	0.0800641	-0.156923	0.156923
22	-0.051906	0.0800641	-0.156923	0.156923
23	-0.0512728	0.0800641	-0.156923	0.156923
24	0.184293	0.0800641	-0.156923	0.156923

The StatAdvisor  
This table shows the estimated partial autocorrelations between values of Europe Brent Spot Price FOB at various lags. The lag k partial autocorrelation coefficient measures the correlation between values of Europe Brent Spot Price FOB at time t and time t+k having accounted for the correlations at all lower lags. It can be used to judge the order of autoregressive model needed to fit the data. Also shown are 95.0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95.0% confidence level. In this case, 3 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95.0% confidence level. You can plot the partial autocorrelation coefficients by selecting Partial Autocorrelation Function from the list of Graphical Options.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Panes Results Logfile Add object Add text Highlight Row X-Y-Z X Tick Horizontal Switch  
 Analysis options Tables Logfile Rotate Add object Add text Highlight Row X-Y-Z X Tick Horizontal Switch  
 Tables/graphs Input Graphs Options Output Operations Save image Text Identify Locate Label Zoom in X Fill window Zoom out X Reset Axes Layout

Descriptive Methods - Europe Brent Spot Price FOB

Periodogram for Europe Brent Spot Price FOB

f	Frequency	Period	Ordinate	Cumulative Sum	Integrated Periodogram
0	0.0	2.71485E-24	2.71485E-24	2.71485E-24	2.59527E-29
1	0.00641026	156.0	65905.8	65905.8	0.608423
2	0.0128205	78.0	9697.24	75603.1	0.697945
3	0.0192308	52.0	13121.6	88724.7	0.819079
4	0.025641	39.0	2990.63	91715.3	0.846668
5	0.0320513	31.2	7091.45	98806.8	0.912154
6	0.0384615	26.0	647.202	99454.0	0.918129
7	0.0448718	22.2857	363.941	99817.9	0.921488
8	0.0512821	19.5	657.206	100475.	0.927555
9	0.0576923	17.3333	1465.57	101941.	0.941085
10	0.0641026	15.6	798.085	102739.	0.948453
11	0.0705128	14.1818	86.3488	102825.	0.94925
12	0.0769231	13.0	436.744	103262.	0.953282
13	0.0833333	12.0	313.669	103576.	0.956178
14	0.0897436	11.1429	105.355	103681.	0.95715
15	0.0961538	10.4	871.748	104653.	0.961621
16	0.102564	9.75	172.064	104825.	0.96771
17	0.108974	9.17647	246.687	105071.	0.969987
18	0.115385	8.66667	193.384	105265.	0.971772
19	0.121795	8.21053	84.641	105359.	0.972646
20	0.128205	7.6	269.524	105629.	0.975134
21	0.134615	7.2857	47.2226	105676.	0.97557
22	0.141026	7.09091	403.943	106080.	0.979299
23	0.147436	6.78261	195.345	106275.	0.981102
24	0.153846	6.5	11.9818	106287.	0.981213
25	0.160256	6.24	198.426	106486.	0.983045
26	0.166667	6.0	56.7403	106543.	0.983569
27	0.173077	5.77778	22.5135	106565.	0.983777
28	0.179487	5.57143	333.279	106998.	0.986854
29	0.185897	5.37931	50.2262	106949.	0.987317
30	0.192308	5.2	177.145	107126.	0.988953
31	0.198718	5.03226	37.6033	107163.	0.9893
32	0.205128	4.875	128.606	107292.	0.990487
33	0.211538	4.72727	29.9317	107322.	0.990763
34	0.217949	4.58824	23.541	107345.	0.990981
35	0.224359	4.45714	35.0027	107390.	0.991304
36	0.230769	4.33333	12.6841	107393.	0.991421
37	0.237179	4.21622	199.051	107592.	0.993258
38	0.243589	4.10526	184.509	107757.	0.994777
39	0.25	4.0	56.0117	107813.	0.995294
40	0.25641	3.9	6.52992	107822.	0.995382
41	0.262821	3.80488	27.4536	107850.	0.995536
42	0.269231	3.71429	2.03419	107852.	0.995554
43	0.275641	3.62791	50.4431	107902.	0.99612
44	0.282051	3.54545	2.0202	107904.	0.996139
45	0.288462	3.46667	12.1143	107916.	0.996251
46	0.294872	3.3913	16.4934	107933.	0.996403
47	0.301282	3.31915	10.4625	107943.	0.996499
48	0.307692	3.25	3.46669	107947.	0.996531
49	0.314103	3.18367	2.95685	107950.	0.996559
50	0.320513	3.12	73.6259	108023.	0.997238
51	0.326923	3.05882	6.0393	108029.	0.997294
52	0.333333	3.0	0.0454321	108029.	0.997295
53	0.339744	2.9434	3.03379	108032.	0.997323
54	0.346154	2.88889	4.81255	108037.	0.997367
55	0.352564	2.83636	2.03261	108039.	0.997386
56	0.358974	2.78571	0.228122	108040.	0.997388
57	0.365385	2.73694	59.6383	108090.	0.997839
58	0.371795	2.68966	7.24363	108106.	0.998005
59	0.378205	2.64407	3.88904	108110.	0.998041
60	0.384615	2.6	2.52605	108113.	0.998065
61	0.391026	2.56478	419.9649	108114.	0.998196
62	0.397436	2.51613	48.2056	108173.	0.998623
63	0.403846	2.47619	19.2359	108193.	0.998801
64	0.410256	2.4375	23.8793	108216.	0.999021
65	0.416667	2.4	8.84585	108225.	0.999103
66	0.423077	2.36364	7.81542	108233.	0.999175
67	0.429487	2.32836	6.07125	108238.	0.999222
68	0.435897	2.29412	8.79729	108247.	0.999303
69	0.442308	2.26087	8.39616	108255.	0.99938
70	0.448718	2.22857	0.149291	108255.	0.999382
71	0.455128	2.19718	10.2946	108266.	0.999477
72	0.461538	2.16667	18.6295	108285.	0.999651
73	0.467949	2.13699	5.46657	108290.	0.999701
74	0.474359	2.10811	22.4413	108313.	0.999908
75	0.480769	2.08	3.3695	108316.	0.999939
76	0.487179	2.05263	1.09307	108317.	0.999949
77	0.49359	2.02597	5.04285	108322.	0.999996
78	0.5	2.0	0.439477	108322.	1.0

The StatAdvisor  
 This table shows the periodogram ordinates for Europe Brent Spot Price FOB. It is often used to identify cycles of fixed frequency in the data. The periodogram is constructed by fitting a series of sine functions at each of 79 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total corrected sum of squares in an ANOVA table. You can plot the periodogram ordinates by selecting Periodogram from the list of Graphical Options.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Panes Results Logfile Add object Add text Highlight Row X-Y-Z X Tick Horizontal Switch  
 Analysis options Tables Logfile Rotate Add object Add text Highlight Row X-Y-Z X Tick Horizontal Switch  
 Tables/graphs Input Graphs Options Output Operations Save image Text Identify Locate Label Zoom in X Fill window Zoom out X Reset Axes Layout

Descriptive Methods - Europe Brent Spot Price FOB

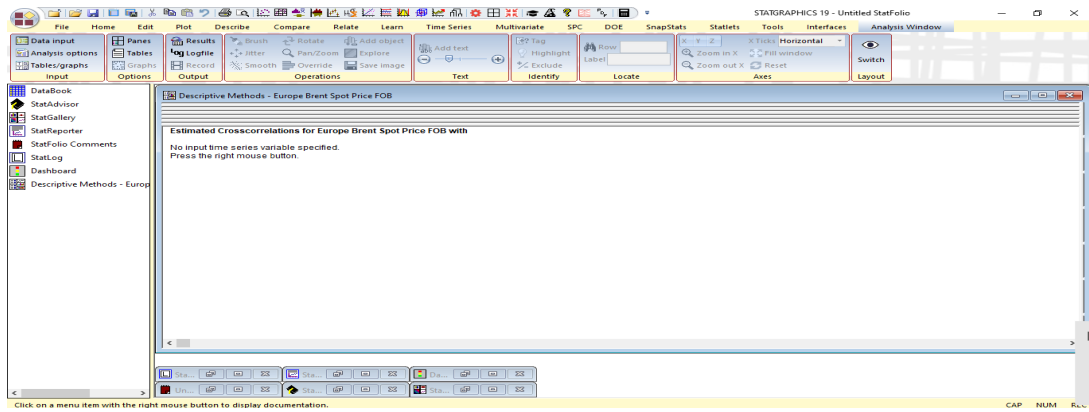
Tests for Randomness of Europe Brent Spot Price FOB

(1) Runs above and below median  
 Median = 74.33  
 Number of runs above and below median = 13  
 Expected number of runs = 79.0  
 Large sample test statistic z = 10.5224  
 P-value = 0.0

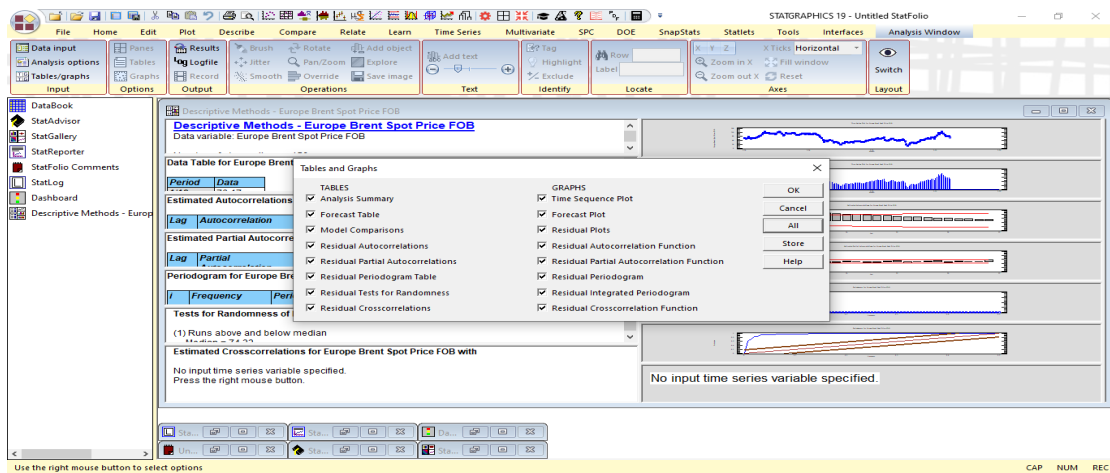
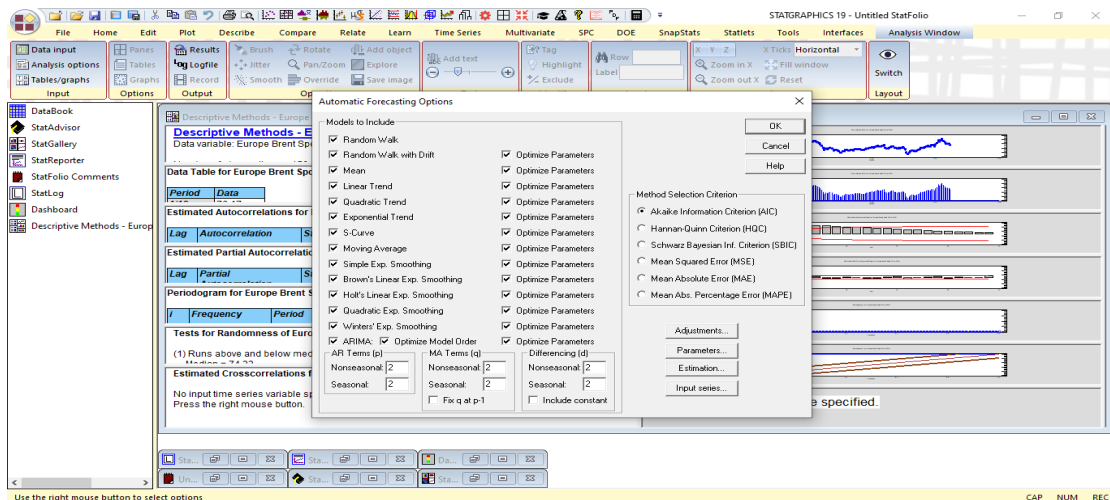
(2) Runs up and down  
 Number of runs up and down = 65  
 Expected number of runs = 103.667  
 Large sample test statistic z = 7.29889  
 P-value = 3.12528E-13

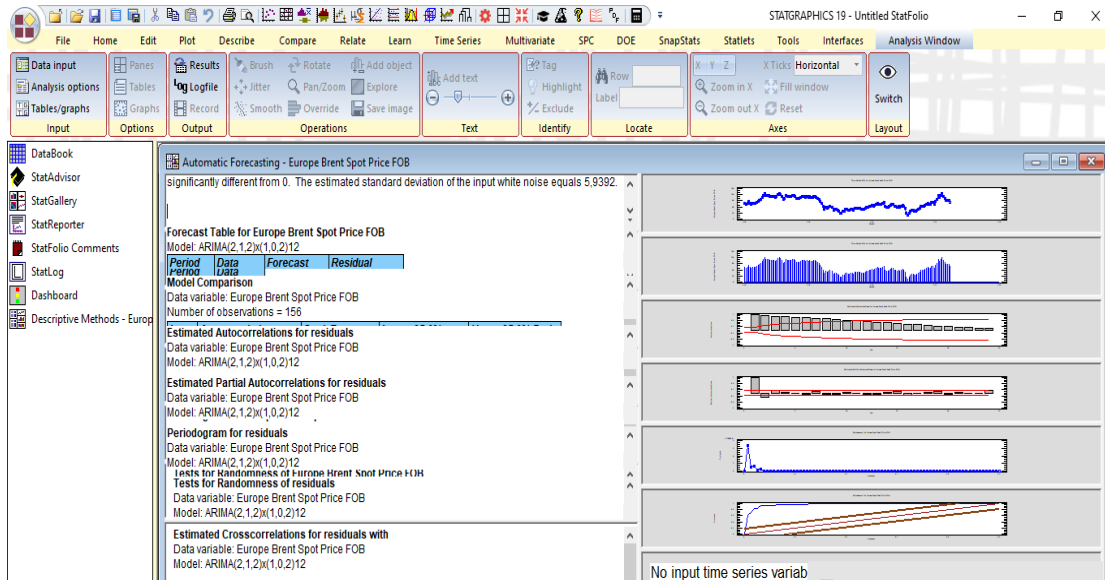
(3) Ljung-Box Test  
 Test based on first 24 autocorrelations  
 Large sample test statistic = 1343.53  
 P-value = 0.0

The StatAdvisor  
 Three tests have been run to determine whether or not Europe Brent Spot Price FOB is a random sequence of numbers. A time series of random numbers is often called white noise, since it contains equal contributions at many frequencies. The first test counts the number of times the sequence was above or below the median. The number of such runs equals 13, as compared to an expected value of 79.0 if the sequence were random. Since the P-value for this test is less than 0.05, we can reject the hypothesis that the series is random at the 95.0% confidence level. The second test counts the number of times the sequence rose or fell. The number of such runs equals 65, as compared to an expected value of 103.667 if the sequence were random. Since the P-value for this test is less than 0.05, we can reject the hypothesis that the series is random at the 95.0% confidence level. The third test is based on the sum of squares of the first 24 autocorrelation coefficients. Since the P-value for this test is less than 0.05, we can reject the hypothesis that the series is random at the 95.0% confidence level. Since the three tests are sensitive to different types of departures from random behavior, failure to pass any test suggests that the time series may not be completely random.



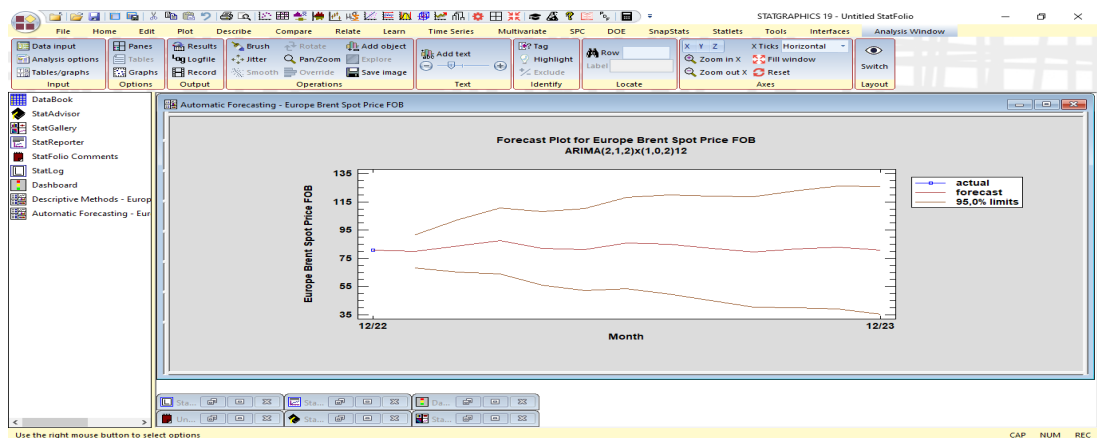
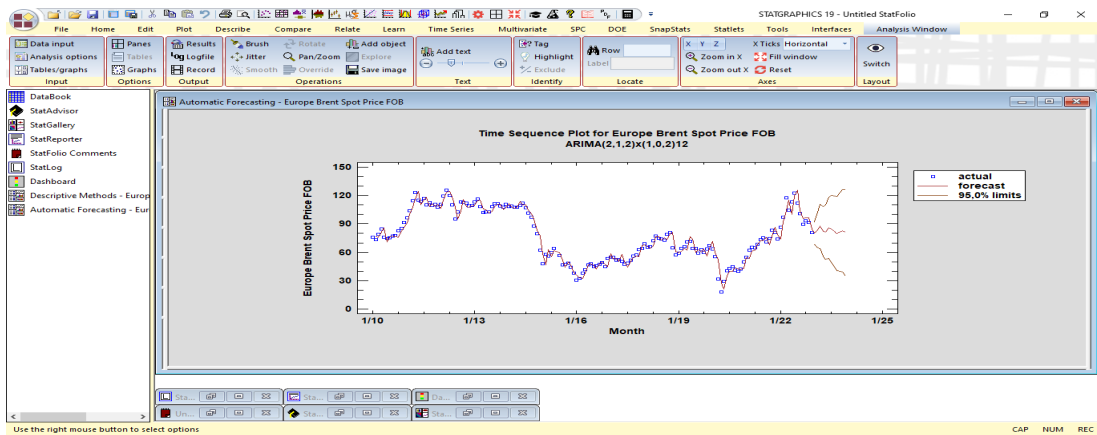
**Step 2: Forecast (Οι τιμές της μεταβλητής είναι σε \$/BBL)**

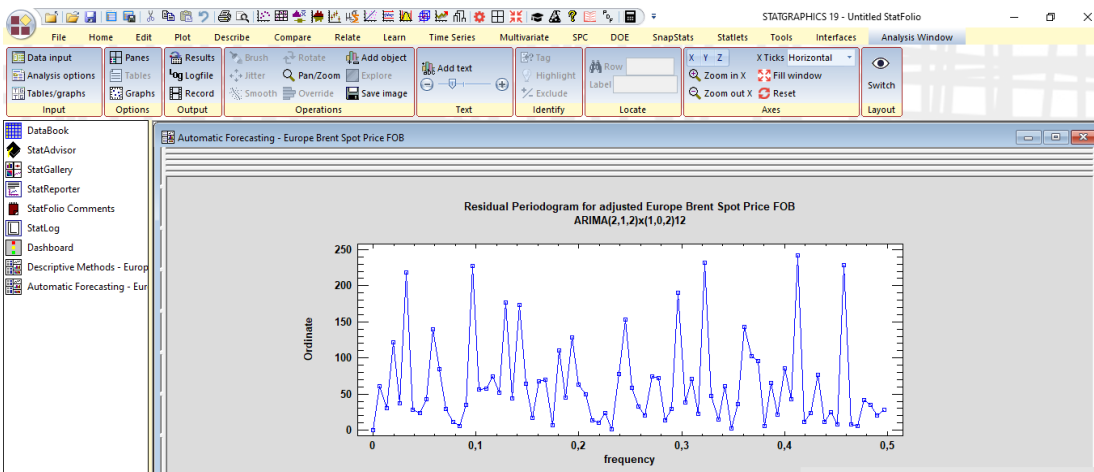
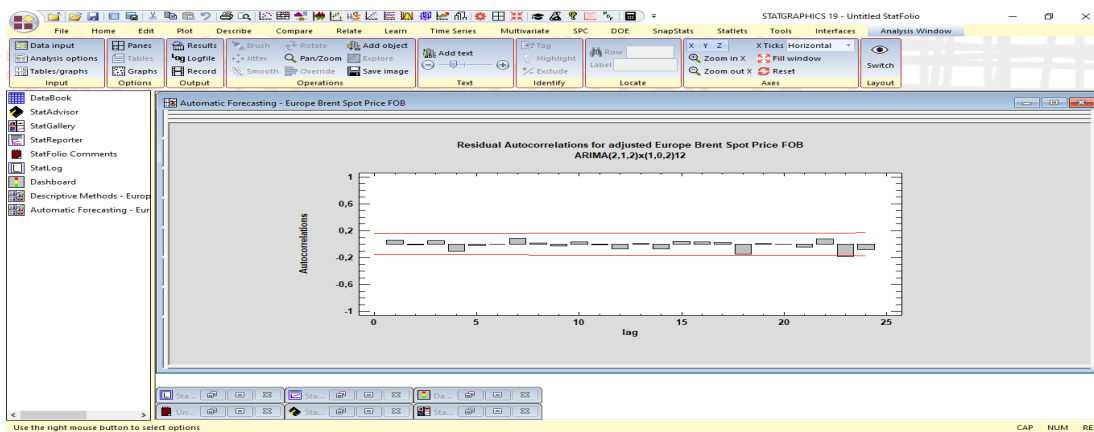
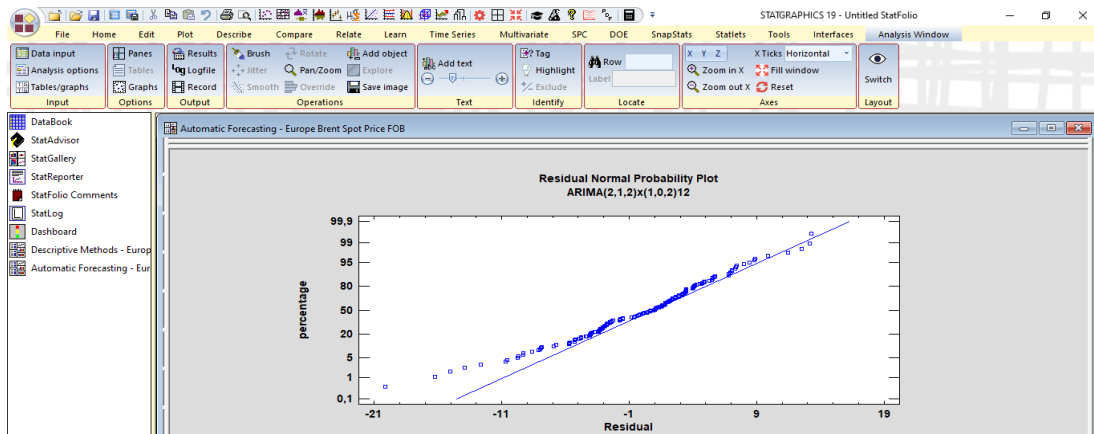


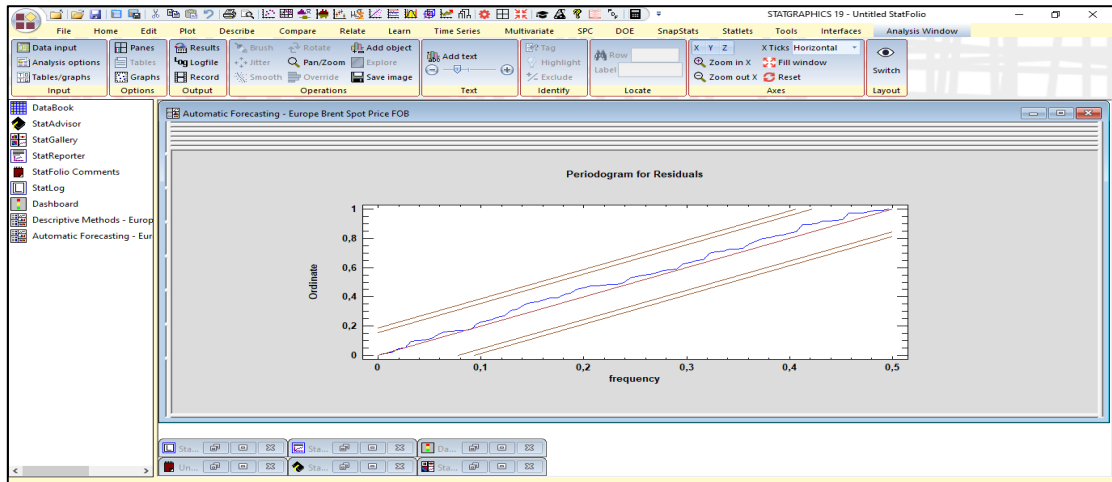


Πίνακας II

Ακολουθούν αναλυτικά τα ορθογώνια πλαίσια με τα γραφήματα του εξαγόμενου Πίνακα II







**Ακολουθούν αναλυτικά τα ορθογώνια πλαίσια με την επεξεργασία του εξαγόμενου Πίνακα II**

**Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB**

Data variable: Europe Brent Spot Price FOB

Number of observations = 156  
Time indices: Month  
Length of seasonality = 12

**Forecast Summary**  
Forecast model selected: ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12  
Number of forecasts generated: 12  
Number of periods withheld for validation: 0

Statistic	Estimation Period	Validation Period
RMSE	5.79714	
MAE	4.42667	
MAPE	6.6738	
ME	-0.00387358	
MPE	-0.51883	

**ARIMA Model Summary**

Parameter	Estimate	Std. Error	t	P-value
AR(1)	-0.0637436	0.127174	-0.501231	0.618954
AR(2)	-0.820106	0.168043	-7.66456	0.000000
MA(1)	-0.289967	0.132577	-2.18716	0.030300
MA(2)	-0.819859	0.117286	-6.99026	0.000000
SAR(1)	0.786953	0.09074	8.67262	0.000000
SMA(1)	0.776322	0.1173	6.61827	0.000000
SMA(2)	0.211547	0.105384	2.00739	0.046529

Backforecasting: yes  
Estimated white noise variance = 35.2742 with 148 degrees of freedom  
Estimated white noise standard deviation = 5.9392  
Number of iterations: 11

**The StatAdvisor**

This procedure will forecast future values of Europe Brent Spot Price FOB. The data cover 156 time periods. Currently, an autoregressive integrated moving average (ARIMA) model has been selected. This model assumes that the best forecast for future data is given by a parametric model relating the most recent data value to previous data values and previous noise. Each value of Europe Brent Spot Price FOB has been adjusted in the following way before the model was fit:

(1) A multiplicative seasonal adjustment was applied.

The output summarizes the statistical significance of the terms in the forecasting model. Terms with P-values less than 0.05 are statistically significantly different from zero at the 95.0% confidence level. The P-value for the AR(2) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The P-value for the MA(2) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SAR(1) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(2) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The estimated standard deviation of the input white noise equals 5.9392.

The table also summarizes the performance of the currently selected model in fitting the historical data. It displays:

(1) the root mean squared error (RMSE)  
(2) the mean absolute error (MAE)  
(3) the mean absolute percentage error (MAPE)  
(4) the mean error (ME)  
(5) the mean percentage error (MPE)

Each of the statistics is based on the one-ahead forecast errors, which are the differences between the data value at time t and the forecast of that value made at time t-1. The first three statistics measure the magnitude of the errors. A better model will give a smaller value. The last two statistics measure bias. A better model will give a value close to 0.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

Forecast Table for Europe Brent Spot Price FOB  
Model: ARIMA(2,1,2)(1,0,2)12

Period	Data	Forecast	Residual
1/10	76.17		
2/10	73.75	75.8605	-3.11052
3/10	78.83	75.6687	3.16127
4/10	84.82	81.5761	3.2439
5/10	75.95	85.6487	-9.69873
6/10	74.76	70.7725	3.98742
7/10	75.58	75.8109	-0.23089
8/10	77.94	77.3962	0.53513
9/10	77.84	75.2894	1.5506
10/10	82.67	75.6415	7.02849
11/10	85.28	83.0423	2.23768
12/10	91.45	85.9852	5.46479
1/11	95.52	90.9906	5.52339
2/11	103.72	100.31	3.4105
3/11	114.64	107.318	7.32236
4/11	123.26	116.454	6.80594
5/11	114.99	124.328	-9.33785
6/11	113.83	110.357	3.47284
7/11	118.97	114.804	2.16615
8/11	110.22	118.181	-7.94101
9/11	112.83	107.979	4.85124
10/11	109.55	111.288	-1.74839
11/11	110.77	108.393	2.37704
12/11	107.87	110.387	-2.51879
1/12	110.69	106.412	4.27801
2/12	119.33	115.231	4.09854
3/12	125.45	123.11	2.33878
4/12	119.75	124.524	-4.77387
5/12	110.34	118.981	-8.64109
6/12	95.16	107.193	-12.0332
7/12	102.62	95.1621	7.45785
8/12	113.36	103.475	9.88547
9/12	112.86	115.617	-2.75683
10/12	111.71	108.254	3.45649
11/12	109.06	107.723	1.33706
12/12	109.49	109.064	0.426473
1/13	112.96	109.585	3.37482
2/13	116.05	114.21	1.83957
3/13	108.47	115.188	-6.71798
4/13	102.25	105.497	-3.2467
5/13	102.56	105.353	-2.79304
6/13	102.92	101.536	1.38443
7/13	107.93	103.231	4.69898
8/13	111.28	108.376	2.904
9/13	111.5	110.872	0.727558
10/13	109.08	110.851	-1.48122
11/13	107.79	105.375	2.41466
12/13	110.76	106.759	4.00133
1/14	108.12	111.074	-2.95438
2/14	109.3	107.986	0.913544
3/14	107.48	106.495	0.984704
4/14	107.76	107.715	0.04854
5/14	109.54	113.621	-4.08059
6/14	111.8	109.945	1.8543
7/14	106.77	110.051	-3.28122
8/14	101.61	104.36	-2.75008
9/14	97.09	100.775	-3.68545
10/14	87.43	95.405	-7.97503
11/14	79.44	83.5007	-4.06072
12/14	62.34	77.3844	-15.0444
1/15	47.76	56.4697	-10.7097
2/15	58.01	45.5561	11.4439
3/15	55.89	62.8028	-6.91284
4/15	59.52	55.5143	4.00569
5/15	64.08	61.5138	2.56622
6/15	61.48	66.753	-5.27297
7/15	55.56	59.8917	-3.333174
8/15	46.52	51.4472	-4.92725
9/15	47.62	44.4017	3.21835
10/15	48.43	50.1025	-1.67247
11/15	44.27	46.6504	-2.38036
12/15	38.91	38.5917	0.317167
1/16	39.7	36.4442	3.24221
2/16	32.18	32.8028	-0.622782
3/16	38.21	32.4484	5.76161
4/16	41.58	38.1245	3.45553
5/16	46.74	46.9821	-0.0579241
6/16	48.25	47.8348	0.415171
7/16	44.95	46.4462	-1.49624
8/16	45.84	42.3667	3.47326
9/16	47.57	47.7009	-0.130869
10/16	49.52	49.7822	-0.262188
11/16	44.73	47.427	-2.69586
12/16	53.51	44.6754	8.83462
1/17	54.58	58.4858	-3.90576
2/17	54.87	53.0558	1.81419
3/17	51.59	53.2964	-1.69636
4/17	52.31	50.4821	1.82795
5/17	50.33	58.1993	-7.86932
6/17	47.37	50.4487	-3.07871
7/17	46.48	44.3998	4.17023
8/17	51.7	50.8919	1.0081
9/17	56.15	54.0398	2.11018
10/17	57.51	55.9467	1.56333
11/17	62.71	55.6513	7.04889
12/17	64.37	65.9903	-2.62035
1/18	69.08	67.5611	1.51891
2/18	65.32	66.1319	-0.811943
3/18	66.02	64.0099	2.01014
4/18	72.11	66.429	5.681
5/18	76.98	76.3317	0.648277
6/18	74.41	76.8189	-2.40888
7/18	74.25	72.5536	1.6984
8/18	72.53	75.0186	-2.48857
9/18	78.89	73.3627	5.52731
10/18	81.03	79.9388	1.0952
11/18	64.75	80.9781	-16.2281
12/18	57.36	60.4542	-3.08421
1/19	59.41	59.9857	-0.555701
2/19	63.96	61.3399	2.62008
3/19	66.14	64.2887	1.85134
4/19	71.23	62.3521	8.87787
5/19	71.32	76.5718	-5.25184
6/19	64.22	73.9716	-9.75158
7/19	63.92	59.8679	4.05209
8/19	59.04	63.0921	-4.05207
9/19	62.83	60.5136	2.31536
10/19	59.71	63.7017	-3.99173
11/19	63.21	55.8335	7.37646
12/19	67.31	64.4094	2.9006



1/20	63.65	71.7458	-8.09579
2/20	55.56	59.9797	-4.41971
3/20	32.01	52.1551	-20.1451
4/20	18.38	27.6549	-9.29494
5/20	28.38	21.3551	8.02489
6/20	40.27	35.0015	5.2685
7/20	43.24	40.1087	3.13133
8/20	44.74	40.0583	4.68174
9/20	40.91	43.876	-2.96596
10/20	40.19	42.4827	-2.27271
11/20	42.89	41.4896	1.20041
12/20	49.99	43.0892	6.92075
1/21	54.77	54.1107	0.669333
2/21	62.28	53.8311	8.44894
3/21	65.41	60.8405	4.56953
4/21	64.91	62.1736	2.63536
5/21	68.53	68.3202	0.209813
6/21	73.18	72.1098	1.05025
7/21	75.17	72.2402	2.92982
8/21	70.75	75.9518	-5.20181
9/21	74.49	67.599	6.92098
10/21	83.54	76.7301	6.80994
11/21	81.05	86.7003	-5.65033
12/21	74.17	78.4899	-4.3199
1/22	86.51	73.964	12.546
2/22	97.13	92.2402	4.88984
3/22	117.25	103.961	13.2891
4/22	104.58	115.128	-10.548
5/22	113.34	100.201	13.139
6/22	122.71	119.338	3.37208
7/22	111.93	125.925	-13.9948
8/22	100.45	103.847	-3.39722
9/22	89.76	95.4937	-5.73371
10/22	93.33	96.2462	-2.91623
11/22	91.42	96.1885	-4.76855
12/22	80.92	84.318	-3.39805

Period	Forecast	Lower 95% Limit	Upper 95% Limit
1/23	80.0761	68.3395	91.8128
2/23	83.6331	65.0624	102.204
3/23	87.5113	64.1788	110.844
4/23	92.0594	55.8475	108.271
5/23	81.2829	52.3272	110.239
6/23	85.8492	53.6486	118.05
7/23	84.9411	49.8567	119.826
8/23	92.0127	44.9539	119.072
9/23	79.4208	40.2598	118.582
10/23	81.474	39.9421	123.006
11/23	82.784	39.1444	126.424
12/23	80.6148	35.2329	125.997

**The StatAdvisor**  
 This table shows the forecasted values for Europe Brent Spot Price FOB. During the period where actual data is available, it also displays the predicted values from the fitted model and the residuals (data-forecast). For time periods beyond the end of the series, it shows 95.0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true data value at a selected future time is likely to be with 95.0% confidence, assuming the fitted model is appropriate for the data. You can plot the forecasts by selecting Forecast Plot from the list of graphical options. You can change the confidence level while viewing the plot if you press the alternate mouse button and select Pane Options. To test whether the model fits the data adequately, select Model Comparisons from the list of Tabular Options.

The screenshot displays the STATGRAPHICS 19 software interface. The main window shows the 'Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB' model comparison results. The 'Model Comparison' section lists various models (A through R) with their corresponding statistics: RMSE, MAE, MAPE, ME, MPE, AIC, and HOC. The 'Estimation Period' table is also visible, showing the same statistics for models A through R. The 'Model' column lists the specific model names, such as (A) Random walk, (B) Random walk with drift, (C) Constant mean, (D) Linear trend, (E) Quadratic trend, (F) Exponential trend, (G) S-curve trend, (H) Simple moving average of 2 terms, (I) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999, (J) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0.6443, (K) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0.9999 and beta = 0.0165, (L) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0.3562, (M) Winters' exp. smoothing with alpha = 0.9999, beta = 0.0094, gamma = 0.1553, (N) ARIMA(2, 1, 2)(0, 2, 1)2, (O) ARIMA(2, 1, 2)(0, 1, 1)2, (P) ARIMA(1, 0, 1)(1, 0, 2)12 with constant, (Q) ARIMA(1, 0, 1)(2, 0, 1)12 with constant, and (R) ARIMA(2, 1, 2)(2, 0, 2)12.

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	6.7168	**	OK	**	OK	OK
(B)	6.74024	**	OK	***	OK	OK
(C)	27.3876	***	***	***	***	*
(D)	24.9161	***	***	***	OK	OK
(E)	22.4451	***	***	***	OK	***
(F)	24.9812	***	***	***	OK	OK
(G)	27.901	***	***	***	***	**
(H)	8.25436	***	***	***	OK	OK
(I)	6.71697	**	OK	***	OK	OK
(J)	7.58869	*	OK	***	OK	OK
(K)	6.7926	**	*	***	OK	OK
(L)	8.50484	***	*	***	OK	OK
(M)	6.72701	*	*	*	OK	OK
(N)	5.79714	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	5.80184	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	5.80364	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	5.87823	OK	OK	OK	OK	OK
(R)	5.82293	OK	OK	OK	OK	OK

Key:  
 RMSE = Root Mean Squared Error  
 RUNS = Test for excessive runs up and down  
 RUNM = Test for excessive runs above and below median  
 AUTO = Ljung-Box test for excessive autocorrelation  
 MEAN = Test for difference in mean 1st half to 2nd half  
 VAR = Test for difference in variance 1st half to 2nd half  
 OK = not significant (p = 0.05)  
 \* = marginally significant (0.01 < p <= 0.05)  
 \*\* = significant (0.001 < p <= 0.01)  
 \*\*\* = highly significant (p <= 0.001)

**The StatAdvisor**  
 This table compares the results of fitting different models to the data. The model with the lowest value of the Akaike Information Criterion (AIC) is model N, which has been used to generate the forecasts.

The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One \* means that it fails at the 95% confidence level. Two \*\*s means that it fails at the 99% confidence level. Three \*\*\*s means that it fails at the 99.9% confidence level. Note that the currently selected model, model N, passes 5 tests. Since no tests are statistically significant at the 95% or higher confidence level, the current model is probably adequate for the data.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Analysis options Tables/graphs Input Panes Logfile Record Operations Add object Rotate Pan/Zoom Explore Add text Highlight Label Row N Y Z 3 Ticks Horizontal Zoom in X Fill window Zoom out X Reset Axes Switch Layout

Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB

Estimated Autocorrelations for residuals  
 Data variable: Europe Brent Spot Price FOB  
 Model: ARIMA(2,1,2)(1,0,2)12

Lag	Autocorrelation	Std. Error	Lower 95.0% Prob. Limit	Upper 95.0% Prob. Limit
1	0.0587829	0.0803219	-0.157428	0.157428
2	-0.0116811	0.080599	-0.157971	0.157971
3	0.049927	0.0806099	-0.157993	0.157993
4	-0.100939	0.0808092	-0.158383	0.158383
5	-0.0191103	0.0816186	-0.15997	0.15997
6	0.00145378	0.0816474	-0.160026	0.160026
7	0.0837289	0.0816476	-0.160027	0.160027
8	0.0148385	0.0821997	-0.161109	0.161109
9	-0.0279459	0.082217	-0.161143	0.161143
10	0.035118	0.0822782	-0.161263	0.161263
11	-0.00684389	0.0823749	-0.161452	0.161452
12	-0.0699993	0.0823785	-0.161459	0.161459
13	0.0117416	0.0827614	-0.16221	0.16221
14	-0.0707909	0.0827722	-0.162231	0.162231
15	0.0450693	0.0831618	-0.162995	0.162995
16	0.0330983	0.0833193	-0.163303	0.163303
17	0.0235666	0.0834041	-0.163469	0.163469
18	-0.148038	0.083447	-0.163553	0.163553
19	0.00694346	0.0851245	-0.166841	0.166841
20	0.00300026	0.0851281	-0.166848	0.166848
21	-0.0427364	0.0851288	-0.16685	0.16685
22	0.0799319	0.0852671	-0.167121	0.167121
23	-0.1856	0.085748	-0.168063	0.168063
24	-0.0765189	0.0883017	-0.173069	0.173069

**The StatAdvisor**  
 This table shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time t+k. Also shown are 95.0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95.0% confidence level. In this case, one of the 24 autocorrelation coefficients is statistically significant at the 95.0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise). You can plot the autocorrelation coefficients by selecting Residual Autocorrelation Function from the list of Graphical Options.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Panes Results Brush Rotate Add object Add text Tag Row Label X-Y-Z X-Ticks Horizontal X Zoom in X X Fill window X Zoom out X X Reset X Axes X Layout

Analysis options Tables Logfile Jitter Pan/Zoom Explore Record Smooth Override Save image Output Operations Text Identify Locate

DataBook StatAdvisor StatGallery StatReporter StatFolio Comments StatLog Dashboard Descriptive Methods - Europ Automatic Forecasting - Eur

### Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB

#### Estimated Partial Autocorrelations for residuals

Data variable: Europe Brent Spot Price FOB  
Model: ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error	Lower 95.0% Prob. Limit	Upper 95.0% Prob. Limit
1	0.0587829	0.0803219	-0.157428	0.157428
2	-0.015189	0.0803219	-0.157428	0.157428
3	0.0517074	0.0803219	-0.157428	0.157428
4	-0.107896	0.0803219	-0.157428	0.157428
5	-0.00449117	0.0803219	-0.157428	0.157428
6	-0.0032649	0.0803219	-0.157428	0.157428
7	0.0963798	0.0803219	-0.157428	0.157428
8	-0.00660931	0.0803219	-0.157428	0.157428
9	-0.0284943	0.0803219	-0.157428	0.157428
10	0.0283904	0.0803219	-0.157428	0.157428
11	0.00670026	0.0803219	-0.157428	0.157428
12	-0.0640436	0.0803219	-0.157428	0.157428
13	0.0112094	0.0803219	-0.157428	0.157428
14	-0.0783788	0.0803219	-0.157428	0.157428
15	0.0659277	0.0803219	-0.157428	0.157428
16	0.0130093	0.0803219	-0.157428	0.157428
17	0.0285328	0.0803219	-0.157428	0.157428
18	<b>-0.183108</b>	0.0803219	-0.157428	0.157428
19	0.0576368	0.0803219	-0.157428	0.157428
20	-0.0094613	0.0803219	-0.157428	0.157428
21	-0.00100916	0.0803219	-0.157428	0.157428
22	0.0387313	0.0803219	-0.157428	0.157428
23	<b>-0.216649</b>	0.0803219	-0.157428	0.157428
24	-0.0453004	0.0803219	-0.157428	0.157428

The StatAdvisor  
This table shows the estimated partial autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k partial autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time t+k having accounted for the correlations at all lower lags. It can be used to judge the order of autoregressive model needed to fit the data. Also shown are 95.0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95.0% confidence level. In this case, 2 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95.0% confidence level. You can plot the partial autocorrelation coefficients by selecting Partial Autocorrelation Function from the list of Graphical Options.

Use the right mouse button to select options

CAP NUM REC

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Panes Results Brush Rotate Add object Add text Tag Row Label X-Y-Z X-Ticks Horizontal X Zoom in X X Fill window X Zoom out X X Reset X Axes X Layout

Analysis options Tables Logfile Jitter Pan/Zoom Explore Record Smooth Override Save image Output Operations Text Identify Locate

DataBook StatAdvisor StatGallery StatReporter StatFolio Comments StatLog Dashboard Descriptive Methods - Europ Automatic Forecasting - Eur

### Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB

#### Periodogram for residuals

Data variable: Europe Brent Spot Price FOB  
Model: ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12

f	Frequency	Period	Ordinate	Cumulative Sum	Integrated Periodogram
0	0.0		4.96764E-31	4.96764E-31	1.00278E-34
1	0.00645161	155.0	60.771	60.771	0.0122182
2	0.0129032	77.5	31.035	91.806	0.0184579
3	0.0193548	51.6667	121.647	213.453	0.0429154
4	0.0258065	38.75	37.2182	250.671	0.0503982
5	0.0322581	31.0	218.609	469.28	0.0943502
6	0.0387097	25.8333	28.2289	497.509	0.100026
7	0.0451613	22.1429	23.4866	520.996	0.104748
8	0.0516129	19.375	42.3165	563.312	0.113256
9	0.0580645	17.2222	139.842	703.155	0.141371
10	0.0645161	15.5	64.7782	767.933	0.158416
11	0.0709677	14.0909	29.2826	817.216	0.164304
12	0.0774194	12.9167	11.5031	828.719	0.166616
13	0.0838711	11.9231	6.22415	834.943	0.167868
14	0.0903226	11.0714	34.7827	869.726	0.174861
15	0.0967742	10.3333	226.964	1096.69	0.220493
16	0.103226	9.6875	56.2618	1152.95	0.231804
17	0.109677	9.11765	57.9158	1210.87	0.243448
18	0.116129	8.61111	74.1976	1285.06	0.258366
19	0.122581	8.15789	51.3487	1336.41	0.26889
20	0.129032	7.75	176.776	1513.19	0.304231
21	0.135484	7.38095	43.6664	1556.86	0.31301
22	0.141935	7.04545	173.183	1730.04	0.347829
23	0.148387	6.73913	64.4607	1794.5	0.360789
24	0.154839	6.45833	16.5093	1811.01	0.364109
25	0.16129	6.2	67.0802	1878.09	0.377595
26	0.167742	5.96154	70.1571	1948.25	0.381701
27	0.174194	5.74074	6.34766	1954.59	0.392977
28	0.180645	5.53571	109.989	2064.56	0.415086
29	0.187097	5.34483	44.5863	2109.15	0.424051
30	0.193548	5.18667	128.399	2237.55	0.449868
31	0.2	5.0	63.6607	2301.21	0.46266
32	0.206452	4.84375	49.1382	2350.35	0.472544
33	0.212903	4.68967	13.9865	2364.33	0.475356

34	0.219355	4.55882	10.2598	2374.59	0.477419
35	0.225806	4.42857	23.2698	2397.86	0.482097
36	0.232258	4.30556	1.19529	2399.06	0.482338
37	0.23871	4.18919	78.1202	2477.18	0.498044
38	0.245161	4.07895	152.721	2629.9	0.528749
39	0.251613	3.97436	58.8577	2688.76	0.540562
40	0.258065	3.875	33.2141	2721.97	0.54726
41	0.264516	3.78049	20.8014	2742.77	0.551442
42	0.270968	3.69048	74.3142	2817.09	0.566384
43	0.277419	3.60465	71.9825	2889.07	0.580856
44	0.283871	3.52273	13.8336	2902.9	0.583637
45	0.290323	3.44444	29.4268	2932.33	0.58953
46	0.296774	3.36957	190.288	3122.9	0.627807
47	0.303226	3.29787	38.5182	3161.12	0.635552
48	0.309677	3.22917	70.469	3231.58	0.64972
49	0.316129	3.16327	22.9149	3254.5	0.654327
50	0.322581	3.1	232.419	3486.92	0.701055
51	0.329032	3.03922	46.9215	3533.84	0.710489
52	0.335484	2.98077	14.8055	3548.65	0.713465
53	0.341935	2.92453	60.3236	3608.97	0.725594
54	0.348387	2.87037	2.48054	3611.45	0.726093
55	0.354839	2.81818	36.5143	3647.96	0.733434
56	0.36129	2.76786	142.909	3790.87	0.762166
57	0.367742	2.7193	102.598	3893.47	0.782794
58	0.374194	2.67241	95.6309	3989.1	0.802021
59	0.380645	2.62712	5.61203	3994.71	0.803149
60	0.387097	2.58333	65.6569	4060.37	0.81635
61	0.393548	2.54098	22.0386	4082.41	0.82078
62	0.4	2.5	85.2077	4167.62	0.837912
63	0.406452	2.46032	42.5416	4210.16	0.846465
64	0.412903	2.42187	241.715	4451.87	0.895062
65	0.419355	2.38462	11.6879	4463.56	0.897412
66	0.425806	2.34848	23.3171	4486.88	0.9021
67	0.432258	2.31343	76.9637	4563.84	0.917574
68	0.43871	2.27941	11.0159	4574.86	0.919789
69	0.445161	2.24638	25.0087	4599.87	0.924817
70	0.451613	2.21429	7.83148	4607.7	0.926391
71	0.458065	2.1831	228.024	4835.72	0.972236
72	0.464516	2.15278	7.5557	4843.28	0.973755
73	0.470968	2.12329	5.23801	4848.51	0.974808
74	0.477419	2.09459	41.919	4890.33	0.983216
75	0.483871	2.06667	34.8824	4925.2	0.990225
76	0.490323	2.03947	20.3444	4945.54	0.994315
77	0.496774	2.01299	28.2742	4973.81	1.0

**The StatAdvisor**  
This table shows the periodogram ordinates for the residuals. It is often used to identify cycles of fixed frequency in the data. The periodogram is constructed by fitting a series of sine functions at each of 78 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total corrected sum of squares in an ANOVA table. You can plot the periodogram ordinates by selecting Periodogram from the list of Graphical Options.

STATGRAPHICS 19 - Untitled StatFolio

File Home Edit Plot Describe Compare Relate Learn Time Series Multivariate SPC DOE SnapStats Statlets Tools Interfaces Analysis Window

Data input Analysis options Tables/Graphs Input Options

Brush Rotate Add object Logfile Pan/Zoom Explore Jitter Smooth Override Save image

Add text Highlight Exclude Label Row Column X Tick Horizontal X Tick Vertical Zoom in X Zoom out X Reset Zoom out X Reset Axes Layout

Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB

Tests for Randomness of residuals  
Data variable: Europe Brent Spot Price FOB  
Model: ARIMA(2,1,2)(1,0,1)212

(1) Runs above and below median  
Median = 0.913544  
Number of runs above and below median = 77  
Expected number of runs = 78.0  
Large sample test statistic  $z = 0.0808469$   
P-value = 0.935558

(2) Runs up and down  
Number of runs up and down = 107  
Expected number of runs = 103.0  
Large sample test statistic  $z = 0.670684$   
P-value = 0.50242

(3) Ljung-Box Test  
Test based on first 24 autocorrelations  
Large sample test statistic = 19.4068  
P-value = 0.305689

**The StatAdvisor**  
Three tests have been run to determine whether or not the residuals form a random sequence of numbers. A sequence of random numbers is often called white noise, since it contains equal contributions at many frequencies. The first test counts the number of times the sequence was above or below the median. The number of such runs equals 77, as compared to an expected value of 78.0 if the sequence were random. Since the P-value for this test is greater than or equal to 0.05, we cannot reject the hypothesis that the residuals are random at the 95.0% or higher confidence level. The second test counts the number of times the sequence rose or fell. The number of such runs equals 107, as compared to an expected value of 103.0 if the sequence were random. Since the P-value for this test is greater than or equal to 0.05, we cannot reject the hypothesis that the series is random at the 95.0% or higher confidence level. The third test is based on the sum of squares of the first 24 autocorrelation coefficients. Since the P-value for this test is greater than or equal to 0.05, we cannot reject the hypothesis that the series is random at the 95.0% or higher confidence level.

The screenshot displays the STATGRAPHICS 19 software interface. The main window, titled "Automatic Forecasting - Europe Brent Spot Price FOB", contains the following text:

```

Estimated Crosscorrelations for residuals with
Data variable: Europe Brent Spot Price FOB
Model: ARIMA(2,1,2)x(1,0,2)12

No input time series variable specified.
Press the right mouse button.

```

The interface includes a top menu bar with options like File, Home, Edit, Plot, Describe, Compare, Relate, Learn, Time Series, Multivariate, SPC, DOE, SnapStats, Statlets, Tools, Interfaces, and Analysis Window. Below the menu is a toolbar with various analysis tools such as Brush, Rotate, Add object, Add text, Highlight, Exclude, Locate, and X-Ticks. A left sidebar lists components like DataBook, StatAdvisor, StatGallery, StatReporter, StatFolio Comments, StatLog, Dashboard, Descriptive Methods - Europ, and Automatic Forecasting - Eur. At the bottom, there are status indicators for CAP, NUM, and REC, along with a note: "Use the right mouse button to select options".