



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ στην “Οικονομική Φυσική – Χρηματοοικονομικές Προβλέψεις”

## **Η αγορά του Πετρελαίου: Πόσο πολύπλοκη μπορεί να γίνει?**

**ΠΑΥΛΟΣ Α. ΚΑΛΑΪΤΖΗΣ**

**Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Λουκάς Ζαχείλας**

**Βόλος, Ιανουάριος 2023**

## **Υπεύθυνη δήλωση Πρωτοτυπίας Διπλωματικής Εργασίας**

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Οικονομική Φυσική – Χρηματοοικονομικές Προβλέψεις του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών και του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το Τμήμα Φυσικής του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος.

Βόλος, Ιανουάριος 2023.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
ABSTRACT .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΑΓΑΘΟ .....	7
2.1 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ .....	7
2.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	9
2.3 ΚΟΡΥΦΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	13
2.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	16
2.5 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΤΙΣ ΑΓΟΡΕΣ.....	22
3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	22
3.2 ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	26
3.3 ΕΜΠΟΡΙΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	30
3.4 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	36
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	36
4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ .....	38
4.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	40
4.4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΟΤΑΝ ΠΕΡΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	47
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	47
5.2 ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	48
5.3 ΕΚΘΕΤΕΣ LYAPUNOV ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....	57
5.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ HURST .....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ.....	60
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	60
6.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΔΕΙΚΤΗ .....	61
6.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.....	63
6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ .....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τη στιγμή που μπήκε στις ζωές μας το πετρέλαιο άλλαξε το τρόπο ζωής μας και ακόμη και σήμερα, είναι το σημαντικότερο προϊόν ενέργειας. Η σημασία του μπορεί να μεταβάλλει ολόκληρες οικονομίες και να διαφοροποιήσει γεωπολιτικές στρατηγικές τόσο των μεγαλύτερων όσο και των μικρότερων χωρών του κόσμου. Οι περισσότεροι άνθρωποι ακόμη βασίζονται για τη θέρμανση και τη μετακίνησή τους στα παράγωγα του πετρελαίου και στο ίδιο το πετρέλαιο, ακόμη και αν βρισκόμαστε σε μεταβατική περίοδο για να απομακρυνθούμε από τη χρήση του. Η παραγωγή του πετρελαίου όμως βρίσκεται παγκοσμίως στα υψηλότερα επίπεδα που βρισκόταν ποτέ, ενώ έχουμε μόνο ημί-αξιόπιστες προβλέψεις για το πότε θα τελειώσουν τα αποθέματα του πετρελαίου. Οι τιμές του πετρελαίου στο χρηματιστήριο επηρεάζουν τόσο τα νοικοκυριά όσο και τις οικονομίες στο σύνολό τους. Σε αυτήν την εργασία εξετάζουμε τις τιμές που προκύπτουν από τη προσφορά και τη ζήτηση του πετρελαίου, καθώς και πώς αντιδρούν σε μεταβολές των αρχικών συνθηκών, και αναλύουμε ανά περίοδο πώς μεταβάλλονται αυτά που αποκαλούμε «θεμελιώδη» στοιχεία της χρονοσειράς. Τα αποτελέσματα μας έδειξαν πως η χρονοσειρά των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης του πετρελαίου παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση για μία συγκεκριμένη περίοδο, ενώ επιδεικνύουν χαοτική συμπεριφορά στις περισσότερες, αλλά όχι σε όλες τις περιόδους που εξετάσαμε. Επίσης φαίνεται πως ο συντελεστής Hurst έχει σημαντικές μεταβολές ανάλογα με τη περίοδο την οποία εξετάζουμε. Τέλος βρίσκουμε πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ΣΜΕ του πετρελαίου με τον δείκτη S&P 500 καθώς και πώς μπορεί αυτή η συσχέτιση να βοηθήσει στη πρόβλεψή του.

## ABSTRACT

From the moment that it entered our lives, crude oil has changed the way we react. Even today, it is the single most important energy resource. Its significance may alter entire economies and differentiate geopolitical strategies from wealthy countries, as well as developing nations. Most people rely on crude oil and its derivatives for heat and transportation, even though we are in a transient stage, to replace it. Although, oil production is at the highest it has ever been around the world, the predictions about the depletion of oil are only partly credible. Crude Oil's prices affect the common man as well as economies on their whole. In this dissertation we examine the prices that result from the supply and the demand of crude oil, as well as how the prices react to changes on their starting conditions, and we analyze through different time periods the

way the ‘fundamental’ elements of our timeseries may differ. The results show that for one period, the futures of crude oil demonstrate statistically significant autocorrelation, while also demonstrating chaotic behavior for most, though not all the time periods in question. It is also evident that the Hurst exponent is very different depending on the time period of the analysis. Finally, we find that there is statistically significant correlation between the crude oil futures and the index S&P 500, which can also assist in the prediction of the timeseries.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επίδραση του πετρελαίου στην παγκόσμια οικονομία αλλά και στη καθημερινότητα του κάθε ανθρώπου είναι αδιαμφισβήτητη. Αν και βρισκόμαστε πλέον σε μια μεταβατική περίοδο κατά την οποία απομακρυνόμαστε από τη χρήση του πετρελαίου τόσο για περιβαλλοντολογικούς σκοπούς όσο και πρακτικούς (Abas et al., 2015), οι διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου επηρεάζουν σε τεράστιο βαθμό τόσο το υπόλοιπο χρηματιστήριο (Sadorsky, 1999), αλλά και τις αποδόσεις των παραγωγών πετρελαίου (Phan et al., 2015). Οι πρώτες καταγεγραμμένες χρήσεις του πετρελαίου είναι στη Κίνα το 600 π.Χ.. Από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα όμως, και με την συνειδητοποίηση των διαφορετικών χρήσεων του πετρελαίου, θα μπορούσε κάποιος να πει πως η πορεία της ιστορίας θα ήταν σίγουρα διαφορετική εάν δεν υπήρχε αυτό το παχύρρευστο μαύρο υγρό.

Η αγορά και η οικονομία κινείται από τη προσφορά και τη ζήτηση αγαθών όπως μας έχει εξηγήσει προ πολλού ο Adam Smith, και το πετρέλαιο δεν αποτελεί εξαίρεση. Η ζήτηση και η προσφορά του πετρελαίου έχει ανοδική τάση, αλλά και η ζήτηση και η προσφορά του πετρελαίου επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις των τιμών, των λεγόμενων price shocks. Αυτά τα price shocks μπορούν να επηρεάσουν από τις οικονομικές συναλλαγές μιας χώρας μέχρι και την ανεργία της και πολλές εργασίες έχουν γίνει τόσο για τις αγορές του εξωτερικού (Killian et al, 2009), όσο και για τη χώρα μας (Paparetrou, 2001). Η τιμή του πετρελαίου κυμαίνεται αυτή τη περίοδο (Ιανουάριος 2023) γύρω στα 72 δολάρια ανά βαρέλι, τιμή η οποία απέχει αρκετά από τη μεγαλύτερη τιμή που έχει λάβει. Μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου φαίνεται πως συσχετίζονται και εξηγούν τις κινήσεις του δολαρίου έναντι άλλων συναλλαγμάτων (Lizardo et al, 2010).

Σε αυτήν την εργασία θα εστιάσουμε στους παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές της τιμής του πετρελαίου, και θα αναλύσουμε τη σημαντικότητα των price shocks στον καθορισμό

της τιμής του. Επίσης θα πάρουμε τη ζήτηση και τη προσφορά του πετρελαίου και θα τις μοντελοποιήσουμε με σκοπό την ανάλυση του σημείου ισορροπίας με διαφορετικές αρχικές συνθήκες ανά περίοδο, και θα αναλύσουμε τη συμπεριφορά του. Επίσης θα ελέγξουμε τις συσχετίσεις του πετρελαίου με δείκτες, συναλλαγματικές αγορές και διάφορες εταιρίες για να διαπιστώσουμε εάν επηρεάζονται μεταξύ τους, και τον βαθμό στον οποίο επηρεάζονται. Τέλος θα αναλύσουμε τη ζήτηση και τη προσφορά του φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο ώστε να διαπιστώσουμε το κατά πόσο αυτά τα δύο αγαθά είναι συνδεδεμένα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΑΓΑΘΟ

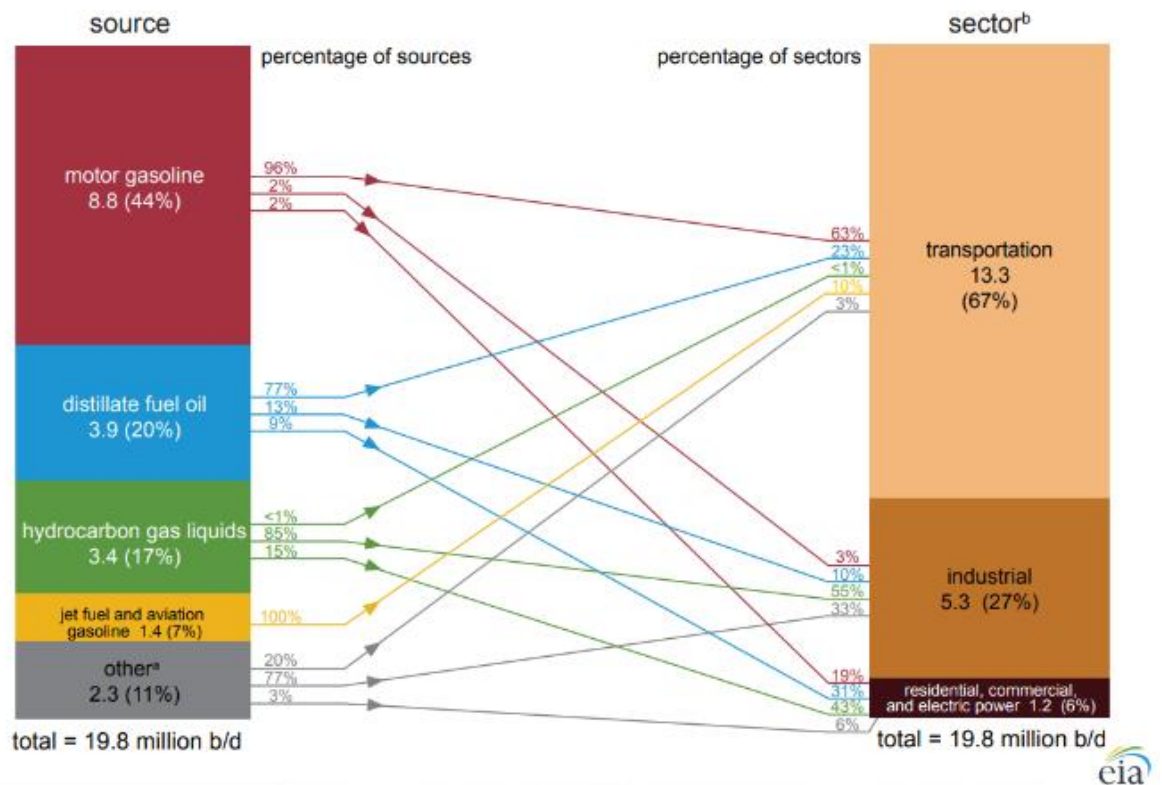
### 2.1 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ

Το πετρέλαιο σαν χρηματοοικονομικό προϊόν έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές και πολλές εργασίες έχουν γίνει ώστε να βρεθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του (Basher et al, 2012), τι είναι τα price shocks στο πετρέλαιο (Hamilton, 2003) και πώς αυτά επηρεάζουν τις αγορές (Killian, 2009). Σκοπός όλων των εργασιών είναι η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της αγοράς του πετρελαίου ώστε να καταφέρουμε να προβλέψουμε στον πιο έγκυρο βαθμό που μπορούμε τις μελλοντικές τιμές του πετρελαίου (Karasu et al, 2020), και τη μελλοντική μεταβλητότητα της τιμής (Sadorsky, 2006).

Για να καταλάβουμε καλύτερα το πετρέλαιο σαν χρηματοοικονομικό προϊόν πρώτα θα πρέπει να γνωρίζουμε σε βάθος το πετρέλαιο ως αγαθό. Το πετρέλαιο δημιουργήθηκε εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν φύκια και φυτά ζούσαν σε ρηχές θάλασσες και πέθαιναν και έφταναν να μαζεύονται στον πάτο της θάλασσας, και οι υψηλές θερμοκρασίες και οι πιέσεις που ασκούντο πάνω σε αυτά τα υπολείμματα τα μεταμόρφωσαν σε ορυκτά καύσιμα. Μαζί με το πετρέλαιο δημιουργήθηκαν και κάτω από ανάλογες συνθήκες το φυσικό αέριο και ο γαιάνθρακας.

Το πετρέλαιο είναι παχύρρευστο υγρό που έχει συνήθως μαύρο ή βαθύ καφέ χρώμα, αλλά ανάλογα με την κατάστασή του μπορεί να έχει κίτρινη ή πράσινη απόχρωση. Το 2021 από τα διαθέσιμα στατιστικά στο eia.gov βλέπουμε πως το 67,2% της χρήσης των προϊόντων πετρελαίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής έγινε για λόγους κίνησης και μεταφοράς, το 26,9% έγινε για βιομηχανικούς σκοπούς, το 2,8% για οικιακές χρήσεις, το 2,5% έγινε για εμπορικούς σκοπούς και το υπόλοιπο για την ηλεκτρική ενέργεια. Στο Γράφημα 1.1 βλέπουμε αναλυτικά το ποσοστό του κάθε προϊόντος για τον σκοπό που χρησιμοποιείται. Όπως βλέπουμε

το μεγαλύτερο ποσοστό του πετρελαίου χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στην κίνηση και τις μεταφορές. Προφανώς λόγω της φύσης του πετρελαίου και του τρόπου δημιουργίας του, καταλαβαίνουμε πως το πετρέλαιο ως αγαθό είναι περιορισμένο στη ποσότητά του και μη ανανεώσιμο στη χρήση του. Συνήθως τα αποθεματικά του πετρελαίου διαχωρίζονται σε Αποδεδειγμένα, Πιθανά και εφικτά.



Γράφημα 1.1: Χρήσεις των Προϊόντων Πετρελαίου

(Πηγή: <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php>)

Στον πίνακα 1.1 βλέπουμε τα παγκόσμια στατιστικά των ορυκτών καυσίμων, τα οποία είναι βασισμένα στα Αποδεδειγμένα αποθεματικά.

Πίνακας 1.1: Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθεματικά Ορυκτών Καυσίμων

Καύσιμα	Συνολικά Αποθεματικά	Παραγωγή Ανά Ημέρα	Προβλεπόμενη Ημερομηνία Κατανάλωσης
Πετρέλαιο	1.689 Tb	86.81 Mb	2066
Αέριο	6558 TCF	326 BCF	2068
Γαιάνθρακας	891.531 BT	21.63 MT	2126

Πηγή: N. Abas et al, (2015)

Αυτά τα νούμερα και οι ημερομηνίες μπορούν να αλλάξουν στην περίπτωση που πραγματοποιηθούν νέες ανακαλύψεις κοιτασμάτων. Παρατηρούμε λοιπόν πως ακόμη και στη

περίπτωση που υπολογίσουμε μόνο τα αποδεδειγμένα αποθεματικά ορυκτών καυσίμων που έχουμε, υπάρχουν πολλές δεκαετίες μπροστά μας προτού αυτό συμβεί. Το πετρέλαιο συγκεκριμένα έχει προβλεπόμενη ημερομηνία εξάντλησης με το ρυθμό κατανάλωσης και λαμβάνοντας υπόψιν την αύξηση του πληθυσμού το 2066. Φυσικά για την ημερομηνία αυτή δεν μπορεί να συνυπολογιστούν πιθανές νέες ανακαλύψεις κοιτασμάτων ή οι τεχνολογικές καινοτομίες. Τα ορυκτά καύσιμα συμβάλλουν στο 86% της παγκόσμιας ζήτησης στον ενεργειακό τομέα, με το πετρέλαιο να έχει το 36%, το φυσικό αέριο το 27% και ο γαιάνθρακας το 23%. Αυτό αφήνει τις ανανεώσιμες και τους εναλλακτικές πηγές ενέργειας στο 14%. Κάποιοι ερευνητές μάλιστα αναφέρουν και προβλέπουν πως όσο αυξάνεται η παραγωγή των ορυκτών καυσίμων αυτή η διαφορά θα μεγαλώσει ακόμη παραπάνω (Maggio et al, 2012).

Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται παγκοσμίως σε μεγάλη κλίμακα. Οι πέντε χώρες που χρησιμοποιούν το περισσότερο πετρέλαιο με βάση της μέτρησης που έγινε το 2019 είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής με το 20,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης, έπειτα ακολουθεί η Κίνα με το 14,0%, μετά η Ινδία με το 4,9% και τέταρτη και πέμπτη είναι η Ιαπωνία και η Ρωσία με 3,7% η καθεμία. Μετά τις ΗΠΑ και την Κίνα βλέπουμε πως υπάρχει μεγάλη διαφορά στην κατανάλωση του πετρελαίου συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες. Οι Stephen Nalley και Angelina LaRose (2022) στην ετήσια ενεργειακή προοπτική προβλέπουν πως η κατανάλωση του πετρελαίου θα αυξηθεί στα περισσότερα χρόνια στις ΗΠΑ μέχρι το 2050.

## 2.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Όπως αναφέραμε το πετρέλαιο και τα ορυκτά καύσιμα δημιουργήθηκαν εκατομμύρια χρόνια πριν. Οι πρώτες αναφορές για τη χρήση του πετρελαίου στην ακατέργαστη μορφή του είναι κάτι περισσότερο από 2000 χρόνια πριν (Murty, 2020). Στο Βιβλίο Των Αλλαγών ή I Ching, αναφέρεται πως το πετρέλαιο βρέθηκε και χρησιμοποιήθηκε τόσο παλιά όσο τον 1<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ.. Μάλιστα, στην Κίνα φαίνεται να ανακαλύφθηκε η χρήση του πετρελαίου ως καύσιμο και χρησιμοποιήθηκε εκεί και παράχθηκε με τη βοήθεια του μπαμπού για την επεξεργασία και την μεταφορά του. Άλλοι πολιτισμοί που χρησιμοποιούσαν το πετρέλαιο ήταν οι Πέρσες και οι Άραβες, προτού μαθευτεί η χρήση του στην Ευρώπη αρκετά αργότερα, τον 12<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ..

Στην Μοντέρνα Περίοδο, πρώτος που παρατήρησε το πετρέλαιο σε ένα ορυχείο γαιάνθρακα ήταν ο χημικός James Young. Ο James Young πήρε το πετρέλαιο και το απόσταξε, δημιουργώντας έτσι ένα υγρό κατάλληλο για καύση και χρήση ως πετρέλαιο λάμπας. Ξεκίνησε έτσι την επιχείρησή του διυλίζοντας αργό πετρέλαιο.

Λίγα χρόνια αργότερα, το 1854 ο Benjamin Silliman, Jr., ολοκλήρωσε τη πρώτη ανάλυση ενός δείγματος πετρελαίου (Giles, 2016) ξεκινώντας έτσι έναν φαινομενικά ατέρμονο κύκλο έρευνας ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος ανάλυσης του πετρελαίου και να έχουμε διαθέσιμα τα εγκυρότερα και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούμε.

Το 1856 κατασκευάστηκε το πρώτο διυλιστήριο αργού πετρελαίου από τον Ignacy Łukasiewicz, με το πρώτο κοιτάσμα του πετρελαίου να βρίσκεται το 1859 από τον Edwin Drake στην Πενσυλβανία.

Η σημαντικότητα του πετρελαίου είχε μόλις αρχίσει να διαπιστώνεται. Από τότε εκατομμύρια άνθρωποι ασχολήθηκαν με αυτό σε όλον τον κόσμο για οικονομικούς λόγους και, δυστυχώς, για πολεμικούς.

Υπήρξαν και υπάρχουν ακόμη αντιπαραθέσεις μεταξύ εθνών στον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Στον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο εγκαταστάσεις πετρελαίου έγιναν στόχος και υπήρξαν σημαντικό κομμάτι στρατηγικής μεταξύ των χωρών που βρίσκονταν σε πόλεμο, καθώς ήταν πολύ συχνά περιοχές που βομβαρδιζόντουσαν ανελέητα, τόσο για την οικονομική τους χρησιμότητα αλλά και φυσικά για τη πρακτική χρήση τους. Το πετρέλαιο χρησιμοποιούταν για θερμότητα ώστε να ζεσταίνονταν οι οικογένειες αλλά και ως καύσιμο για την μετακίνηση των στρατευμάτων.

Πολλές επεκτατικές καμπάνιες μάλιστα, βασίστηκαν στην κατάληψη περιοχών με κοιτάσματα πετρελαίου.

Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι ΗΠΑ παρήγαγαν το περισσότερο πετρέλαιο στον κόσμο, αλλά λίγα χρόνια αργότερα τις ξεπέρασε η Σαουδική Αραβία και η Σοβιετική Ένωση.

Πολύ συχνό φαινόμενο στην ιστορία είναι οι οικονομικές κυρώσεις μεταξύ εθνών να έχουν τη μορφή περιορισμού του εμπορίου ή ακόμη και αποκλεισμός του πετρελαίου. Η Σαουδική Αραβία συνεργαζόμενη με άλλα έθνη απέκλεισε το εμπόριο πετρελαίου προς τις ΗΠΑ και άλλες δυτικές χώρες το 1973 λόγω της υποστήριξης που έδωσαν στο Ισραήλ τον Οκτώβριο του ίδιου έτους. Δεν είναι καθόλου τυχαίο το ότι μεγάλο ποσοστό του πετρελαίου βρίσκεται στη Μέση Ανατολή και η περιοχή είναι αποσταθεροποιημένη. Ο Klare στην εργασία του (2004) διερευνά τους λόγους για τους οποίους το πετρέλαιο είναι αποσταθεροποιητικός παράγοντας και το κατά πόσο το πετρέλαιο και οι κανονισμοί γύρω από αυτό επηρεάζουν πολιτικές αποφάσεις των σύγχρονων υπερδυνάμεων.

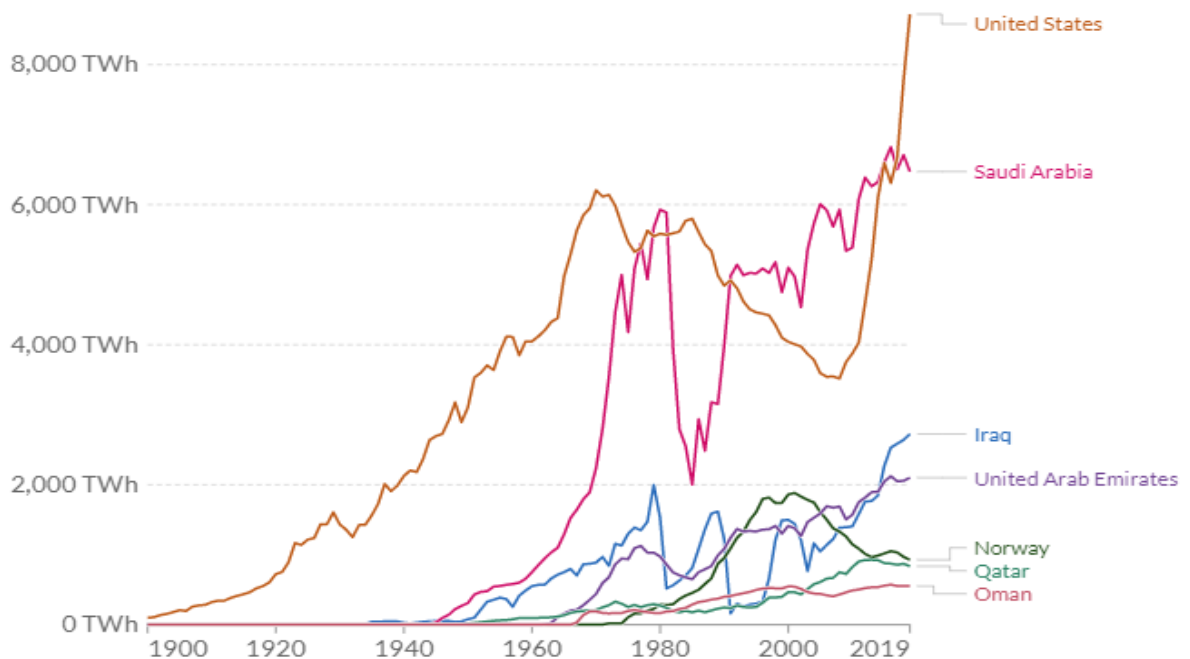
Το πετρέλαιο πλέον παράγεται στο μεγαλύτερο βαθμό του από τις ΗΠΑ, που επίσης καταναλώνουν και το περισσότερο πετρέλαιο κατά κεφαλήν από οποιαδήποτε άλλη χώρα στον κόσμο. Δεύτερη στην παραγωγή πετρελαίου είναι η Σαουδική Αραβία, τρίτο είναι το Ιράκ και

τέταρτα τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Στην Εικόνα 1.2 παρατηρούμε τις ετήσιες παραγωγές των μεγαλύτερων παραγωγών πετρελαίου ανά χώρα.

## Oil production

Our World  
in Data

+ Add country



Γράφημα 1.2: Παραγωγή πετρελαίου ανά χώρα 1900-2019

(Πηγή: <https://ektinteractive.com/history-of-oil/>)

Παρόλο που οι ΗΠΑ παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό πετρελαίου στον κόσμο αξίζει να σημειωθεί πως είναι νούμερο 11 στην παγκόσμια κατάταξη για αποθεματικά πίσω από τη Νιγηρία. Στον Πίνακα 1.2 βλέπουμε τις χώρες καταταγμένες με βάση τα αποθεματικά τους στο πετρέλαιο.

Πίνακας 1.2: Αποθεματικά Πετρελαίου Ανά Χώρα

Αριθμός Κατάταξης	Χώρα	Αποθεματικά Πετρελαίου (Βαρέλια)	Ποσοστό Παγκόσμιας Αγοράς
1	Βενεζουέλα	299.953.000.000	18,2%
2	Σαουδική Αραβία	266.578.000.000	16,2%
3	Καναδάς	170.863.000.000	10,4%
4	Ιράν	157.530.000.000	9,5%
5	Ιράκ	143.069.000.000	8,7%
6	Κουβέιτ	101.500.000.000	6,1%
7	Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	97.800.000.000	5,9%
8	Ρωσία	80.000.000.000	4,8%

9	Λιβύη	48.363.000.000	2,9%
10	Νιγηρία	37.070.000.000	2,2%
11	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	35.230.000.000	2,1%

Πηγή: <https://www.worldometers.info/oil/oil-reserves-by-country/>

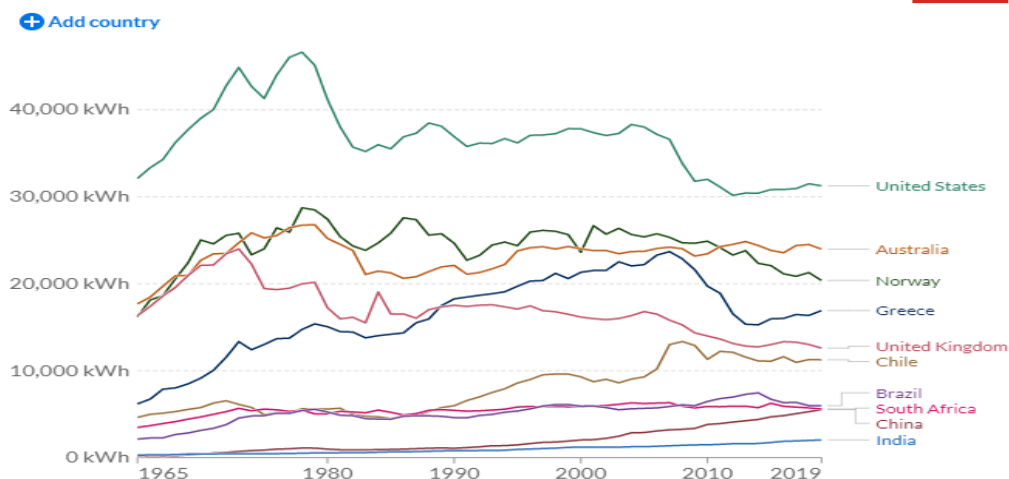
Παρατηρούμε πως οι ΗΠΑ παράγουν το περισσότερο πετρέλαιο ενώ έχουν μόλις το 2.1% του μεριδίου της παγκόσμιας αγοράς στα αποθεματικά πετρελαίου. Παρατηρούμε όμως πως πολλές χώρες που έχουν μεγάλο ποσοστό αποθεματικών δεν παράγουν σχεδόν καθόλου πετρέλαιο σε σχέση με άλλες, και αυτό συμβαίνει λόγω λογιστικών και οικονομικών προβλημάτων, καθώς η επεξεργασία πετρελαίου είναι δύσκολη και ακριβή.

Οι τρεις μεγαλύτερες εταιρίες πετρελαίου σήμερα είναι η Exxon Mobil, η Shell και η BP. Η Exxon Mobil προήλθε από την Standard Oil Company, η οποία δημιουργήθηκε από τον John D. Rockefeller το 1865. Η Shell δημιουργήθηκε το 1897 από τον Βρετανό έμπορο Marcus Samuel και το 1907 δημιουργήθηκε η Anglo-Persian Oil Company, της οποίας η Βρετανική κυβέρνηση αγόρασε το 51% το 1914 και τη μετονόμασε σε British Petroleum, τη σημερινή BP. Για να ανταγωνιστούν τις δυτικές δυνάμεις και να ελέγξουν τις τιμές του πετρελαίου, οι χώρες της Μέσης Ανατολής, πιο συγκεκριμένα η Σαουδική Αραβία, το Κουβέιτ, το Ιράν και το Ιράκ σε συνδυασμό με τη Βενεζουέλα ίδρυσαν τον OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). Σύμφωνα με μετρήσεις του OPEC οι χώρες που συμμετέχουν σήμερα σε αυτόν τον οργανισμό ελέγχουν το 81% των αποθεματικών πετρελαίου παγκοσμίως. Τα μέλη του OPEC σήμερα είναι η Αλγερία, η Αγκόλα, το Εκουαδόρ, το Ιράν, το Ιράκ, το Κουβέιτ, η Λιβύη, η Νιγηρία, το Κατάρ, η Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και η Βενεζουέλα.

Στις περισσότερες χώρες παγκοσμίως η κατανάλωση του πετρελαίου έχει πέσει σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες. Οι ανεπτυγμένες χώρες κυρίως έχουν ρίξει το ποσοστό κατανάλωσης πετρελαίου κατά κεφαλήν σημαντικά. Στην Εικόνα 1.3 συγκρίνουμε δέκα χώρες σε σχέση με τη ετήσια κατανάλωση πετρελαίου κατά κεφαλήν.

## Per capita oil consumption

Our World  
in Data



Γράφημα 1.3: Κατανάλωση Πετρελαίου Ανά χώρα

(Πηγή: <https://ektinteractive.com/history-of-oil/>)

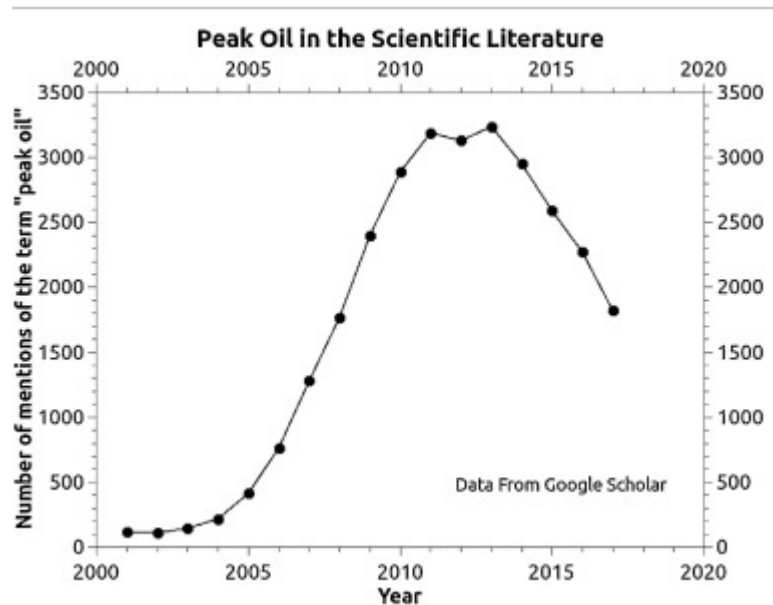
Παρατηρούμε πως και στην Ελλάδα πετύχαμε τη μέγιστη κατανάλωση πετρελαίου το 2007, και από τότε μειώσαμε σε σημαντικό βαθμό τη κατανάλωση πετρελαίου μας.

## 2.3 ΚΟΡΥΦΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η κορύφωση παραγωγής πετρελαίου είναι ένας όρος για το πώς η παραγωγή του πετρελαίου, όντας ένας περιορισμένος πόρος, θα φτάσει στην κορύφωσή της και μετά θα ξεκινήσει η σταδιακή της μείωση έως ότου φτάσει στο μηδέν. Ο πρώτος που άνοιξε αυτόν τον διάλογο ήταν ο Αμερικανός γεωλόγος και γεωφυσικός Marion King Hubbert, ο οποίος δούλευε σε ένα ερευνητικό εργαστήριο της Shell. Ο Hubbert, από τον οποίο έχει επωνομαστεί η Θεωρία Κορύφωσης Hubbert, υποστήριζε πως ο ρυθμός της παραγωγής πετρελαίου ακολουθούσε μια καμπύλη σε σχήμα καμπάνας. (Hubbert, 1955). Οι μετρήσεις και οι προβλέψεις του Hubbert έγιναν για τις ΗΠΑ σε 48 πολιτείες και τα πραγματικά δεδομένα ακολούθησαν πολύ κοντά τις προβλέψεις του. Το 1970 η παραγωγή πετρελαίου στις ΗΠΑ έφτασε τα 10,2 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα και μετά ξεκίνησε η πτώση της παραγωγής για τα επόμενα 35 χρόνια, όπως είδαμε στην Εικόνα 1.2. Μετά από διάφορες τεχνολογικές ανακαλύψεις και μια συνειδητή προσπάθεια των ηγετών των ΗΠΑ, το Νοέμβρη του 2017 η παραγωγή του πετρελαίου

ξεπέρασε τα 10 εκατομμύρια βαρέλια τη μέρα και μέχρι και σήμερα η παραγωγή τους αυξάνεται. Πολλοί ερευνητές θεωρούσαν πως η κορύφωση παραγωγής πετρελαίου έχει ήδη συμβεί. Ο Campbell (1998) στην εργασία του προέβλεψε πως η παραγωγή πετρελαίου θα έφτανε στην κορύφωσή της το 2004-2005 και μετά θα ξεκινούσε μια μη αναστρέψιμη πτώση. Οι Maggio & Cacciola στην εργασία τους (2012) προέβλεπαν για το πετρέλαιο πως θα φτάσει στην κορύφωση παραγωγής του το 2015 χρησιμοποιώντας μια παραλλαγμένη μέθοδο του Hubbert με πολλαπλούς κύκλους. Νεότερες εργασίες όμως όπως αυτή των Norouzi et al. (2020), που έχουν και νεότερα δεδομένα διαθέσιμα, χωρίζουν τις πιθανότητες για κορύφωση παραγωγής πετρελαίου σε τρία διαφορετικά σενάρια, όπου στο ένα η κορύφωση θα έρθει το 2040, ενώ στα άλλα δύο το 2022.

Σε κάθε περίπτωση, αυτό που είναι σίγουρο ανά τους καιρούς είναι πως η παραγωγή του πετρελαίου είναι δυναμική, και πως δύσκολα θα προβλεφθεί ακριβώς πότε θα κορυφωθεί, πόσο μάλλον πότε θα εξαντληθεί εντελώς. Ο Bardi στην εργασία του (2019) υποστηρίζει ότι οι παλαιότερες προβλέψεις ήταν μόνο εν μέρει σωστές, και πως απλώς υποτιμούσαν το μηχανοποιημένο πετρέλαιο, το πετρέλαιο δηλαδή που μπορούμε πλέον να παράγουμε λόγω βελτιώσεων στις μεθόδους εξόρυξης και της τεχνολογίας. Παλαιότερα τα αποθεματικά πετρελαίου που δεν μπορούσε να εκμεταλλευθεί η ανθρωπότητα ήταν πολύ περισσότερα. Όπως φαίνεται, οι ερευνητές έχουν φύγει τα τελευταία χρόνια από τον όρο κορύφωση παραγωγής πετρελαίου, καθώς καταλαβαίνουν πως, αν και οι αναλύσεις επιστημόνων όπως του Hubbert και του Campbell προέβλεπαν σωστά πολλά πράγματα, οι προβλέψεις τους για την κορύφωση παραγωγής πετρελαίου έπεσαν έξω. Αυτό παρατηρούμε και στην Εικόνα 1.4, όπου βλέπουμε τις εργασίες ερευνητών ανά έτος για την κορύφωση παραγωγής πετρελαίου.



Γράφημα 1.4: Επιστημονικές Εργασίες για την Κορύφωση Παραγωγής Πετρελαίου

(Πηγή: Bardi, 2019 Peak oil, 20 years later: Failed prediction or useful insight?)

Παρατηρούμε ότι μετά το 2012 έρχεται μια μεγάλη πτώση στον αριθμό αναφορών του όρου «Κορύφωση Παραγωγής Πετρελαίου» η οποία συνεχίζεται.

Μία από τις πιο συχνές κριτικές κατά των εργασιών για τη κορύφωση παραγωγής πετρελαίου είναι η χρήση της καμπύλης σε σχήμα καμπάνας που χρησιμοποίησε ο Hubbert, το μοντέλο της οποίας είναι καθαρά εμπειρικό, χωρίς να έχει μια θεωρητική βάση πίσω της. Η θεωρία αυτή δούλεψε με τα δεδομένα εκείνης της εποχής και οι προβλέψεις μέχρι ένα σημείο βγήκαν σωστές, όμως σε πολλές περιπτώσεις όπως στη παραγωγή πετρελαίου στις ΗΠΑ και την Ρωσία έχουμε δει ότι έχοντας φτάσει σε μια κορυφή, η παραγωγή του πετρελαίου έπεσε αλλά ξαναέφτασε και ξεπέρασε την κορυφή αυτή.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, για να γίνουν πιο έγκυρες και αξιόπιστες οι προβλέψεις για τη κορύφωση παραγωγής πετρελαίου θα πρέπει να βρεθούν καινούρια μοντέλα, τα οποία συνάδουν περισσότερο με τα δεδομένα του σήμερα, τόσο τα τεχνολογικά όσο και τα τεχνικά, αντί να επαναχρησιμοποιούνται τα ίδια μοντέλα με μικρές παραλλαγές τα οποία απλώς θα βγάλουν ως αποτελέσματα μια διαφορετική χρονιά χωρίς όμως να εμπιστεύονται οι ίδιοι ερευνητές αυτά τα αποτελέσματα.

## 2.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Φυσικά, εκτός από τη φύση του πετρελαίου και των ορυκτών καυσίμων, που είναι μη ανανεώσιμα, ο λόγος για τον οποίο θέλουμε ως ανθρωπότητα να φύγουμε από τη χρήση τους είναι το περιβαλλοντολογικό αντίκτυπο που έχουν όσο περισσότερο τα χρησιμοποιούμε.

Η κατανάλωση και πιο συγκεκριμένα το κάψιμο, των ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα, το οποίο παγιδεύει ζέστη στην ατμόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αυξάνεται δηλαδή η μέση θερμοκρασία στην Γη, κάτι που εάν δεν τεθεί υπό έλεγχο, υπάρχει η πιθανότητα για την άνοδο του επιπέδου της θάλασσας, καθώς και πιο ακραίες και βίαιες θερμοκρασίες. Υπάρχει το ρίσκο και για την εξαφάνιση ειδών, εάν ξεπεραστεί η μέση θερμοκρασία κατά 1,5 βαθμούς Κελσίου.

Η συνειδητοποίηση ότι τα ορυκτά καύσιμα έχουν περιβαλλοντολογικό αντίκτυπο ήρθε γρήγορα, με εργασίες όπως του Farrington (1980), η οποία μιλούσε για τις αρνητικές παρενέργειες που έχει η καύση ορυκτών καυσίμων στο υδάτινο περιβάλλον. Ο Bach (1981) έθεσε τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από την καύση των ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον και την ατμόσφαιρα. Από τότε οι ερευνητές γνώριζαν, το κατά πόσο θα ήταν επιβλαβής η καύση, και ότι προβλήματα θα προκύπταν δίχως τον κατάλληλο έλεγχο σε αυτή.

Η παραγωγή πετρελαίου γίνεται με την διαδικασία της διάτρησης. Όταν γίνεται η διάτρηση, ειδικά όταν δοκιμάζεται η διαδικασία, όχι σπανίως υπάρχουν απόβλητα που προκύπτουν, τα οποία επηρεάζουν το έδαφος αλλά και τη χλωρίδα και τη πανίδα του μέρους όπου γίνεται η διάτρηση λόγω της μεγάλης ποσότητας ακατέργαστης άλμης που ανεβαίνει με τη διάτρηση του πετρελαίου. Όταν γίνεται υπεράκτια η διάτρηση, υπάρχει η πιθανότητα ατυχήματος που μπορεί να προκαλέσει απόβλητα πετρελαίου στους ωκεανούς.

Χαρακτηριστικές είναι οι εικόνες ζώων τα οποία είναι παγιδευμένα στο παχύρρευστο υγρό.

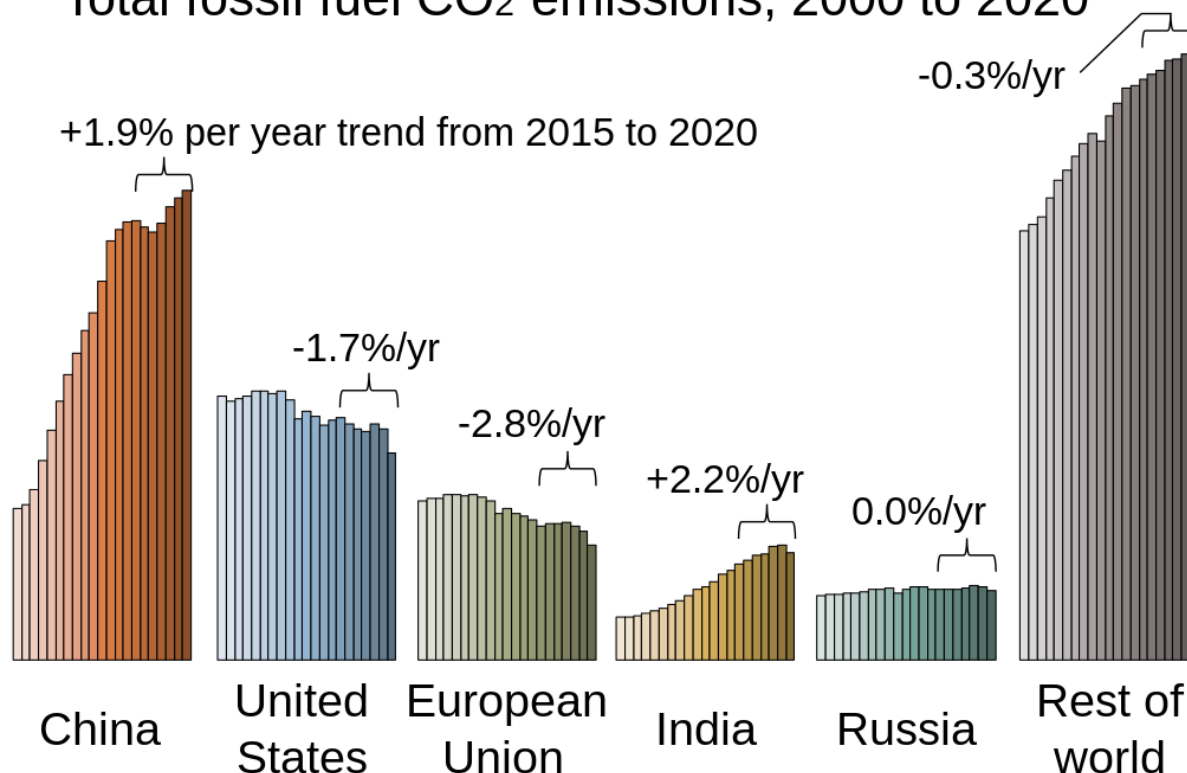


Εικόνα 1.1: Συνέπειες Πετρελαιοκηλίδων στο Περιβάλλον

Το 35% της ρύπανσης που προκαλείται από το πετρέλαιο προέρχεται από ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια. Ο Bach αναφέρει πως έως το 1978, υπολογιζόταν ότι ετησίως δημιουργούνταν περίπου 12000 πετρελαιοκηλίδες.

Λόγω των περιβαλλοντολογικών συνεπειών και της κλιματικής αλλαγής που έχει δημιουργηθεί από ανθρώπινες εργασίες, το 2015 υπογράφηκε από 196 χώρες η συμφωνία του Παρισιού, του οποίου το μακροπρόθεσμο πλάνο είναι να εμποδίσουν τη μέση θερμοκρασία να ανέβει πάνω από 2 βαθμούς Κελσίου σε σχέση με το επίπεδο θερμοκρασίας πριν τη βιομηχανοποίηση. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, αλλά και για να πάμε παραπέρα, για να κρατήσουμε την άνοδο της θερμοκρασίας κάτω από 1,5 βαθμούς Κελσίου έχει υπολογιστεί πως πρέπει να κοπούν οι εκπομπές κατά περίπου 50% μέχρι το 2030. Αν και η συμφωνία του Παρισιού δεν επιβάλλει κάποιους όρους, αλλά οι ίδιες οι χώρες είναι υπεύθυνες για να θέσουν τους στόχους τους, έχουν γίνει ξεκάθαρα βήματα προς τη μείωση των εκπομπών κυρίως από την Ευρώπη και τις ΗΠΑ, σε αντίθεση με τη Κίνα και άλλες αναπτυσσόμενες αλλά πολυπληθείς χώρες όπως η Ινδία. Στην Εικόνα 1.6 βλέπουμε τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα ορυκτά καύσιμα από το 2000 μέχρι το 2020.

## Total fossil fuel CO<sub>2</sub> emissions, 2000 to 2020



Γράφημα 1.6: Εκπομπές από Ορυκτά Καύσιμα 2000-2020

(Πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Paris\\_Agreement](https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_Agreement))

Βλέπουμε πως οι ΗΠΑ και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα επίπεδα του 2000, και μάλιστα τα τελευταία χρόνια μειώνουν τις εκπομπές στον ρυθμό του 1,7% στις ΗΠΑ και 2,8% στην Ευρωπαϊκή Ένωση ετησίως. Αντίθετα, η Κίνα έχει αυξήσει τις εκπομπές της σημαντικά σε σχέση με το 2000 και τα τελευταία χρόνια τις αυξάνει με ρυθμό 1,9% ετησίως. Φυσικά, αυτό συμπεριλαμβάνει και το έτος 2020, στο οποίο λόγω του κορονοϊού έγινε μεγάλη μείωση τόσο στη προσφορά όσο και στη ζήτηση του πετρελαίου και των ορυκτών καυσίμων. Φαίνεται στην εικόνα 1.7 πως συλλογικά, οι υπόλοιπες χώρες μέχρι το 2019 είχαν αυξήσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αλλά το 2020 έγινε μια απότομη μείωση.

Μετά το 2020, οι εκπομπές έχουν συνεχίσει να αυξάνονται όμως ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνονται έχει μειωθεί αισθητά. Στη πρώτη δεκαετία του 2000 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονταν με έναν ετήσιο ρυθμό της τάξης του 3%, ενώ τη τελευταία δεκαετία αυτός ο ρυθμός έχει μειωθεί στο 0,5% (Hausfather, 2022). Επίσης προβλέπεται πως εάν οι εκπομπές μείνουν στα ίδια επίπεδα που βρίσκονται σήμερα, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ξεπεράσει σε εννιά χρόνια το 1,5% σε σχέση με τα επίπεδα πριν τη βιομηχανοποίηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση περιμένει να δει μια μείωση στις εκπομπές το 2022 κατά 0,8%, κυρίως

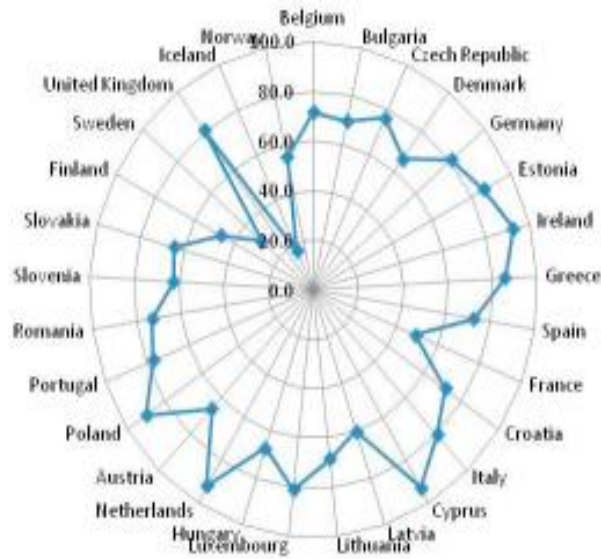
λόγω της μειωμένης χρήσης φυσικού αερίου που προέκυψε από τον πόλεμο της Ρωσίας με την Ουκρανία. Η ζήτηση του αερίου μάλιστα προβλέπεται να πέσει φέτος κατά 10%.

Οι Martins et al. (2018) υπολόγισαν για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας ορυκτών καυσίμων. Το ποσοστό αυτό υπολογίζεται με την εξίσωση 1.1.

Κατανάλωση Ενέργειας από Ορυκτά Καύσιμα (%) = (Κατανάλωση στερεών Καυσίμων + Κατανάλωση Πετρελαιών Προϊόντων + Κατανάλωση Αερίου)/Εθνική Κατανάλωση Ενέργειας.

(Εξ. 1.1)

Στην Εικόνα 1.7 βλέπουμε το ποσοστό του δείκτη κατανάλωσης ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Γράφημα 1.7: Ποσοστό Κατανάλωσης Ενέργειας Ορυκτών Καυσίμων στην Ε.Ε.

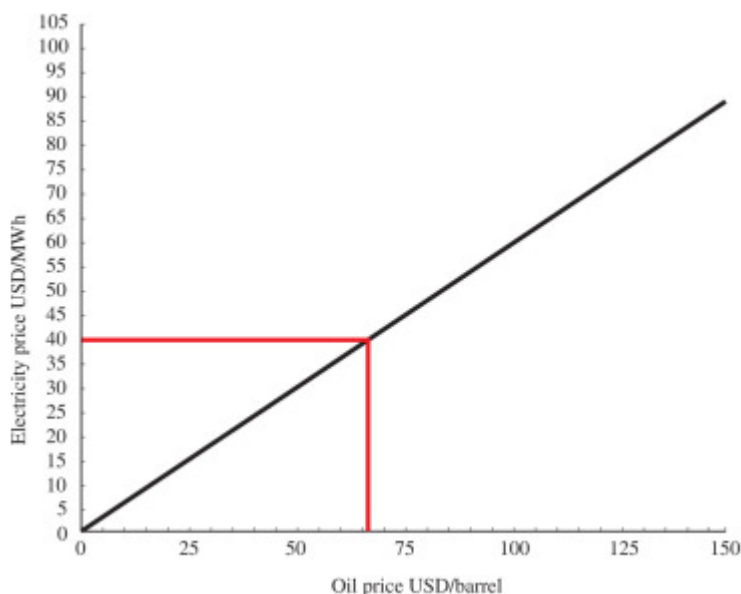
(Πηγή: Martins et al, 2018)

Βλέπουμε από αυτό το Γράφημα ότι ακόμη και σήμερα σχεδόν όλες οι χώρες της Ε.Ε. καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες στο μεγαλύτερο βαθμό με ορυκτά καύσιμα, με την Ισλανδία να είναι η μοναδική χώρα που ο δείκτης της είναι στο 20%. Η χώρα μας έχει τιμή δείκτη πάνω από 80%.

## 2.5 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το πετρέλαιο και γενικά τα ορυκτά καύσιμα ως μη ανανεώσιμα αγαθά είναι φυσικό όσο τα καταναλώνουμε τόσο να έρχονται τα αποθεματικά τους προς το τέλος τους. Είτε γίνει αυτό σε 20 είτε σε 200 χρόνια, δεν έχει καταφέρει κάποιος να κάνει μια έγκυρη και αξιόπιστη πρόβλεψη, θα γίνει κάποια στιγμή η μετάβαση σε κάποιον άλλον τρόπο να παράγουμε ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παίρνουν σιγά μεν αλλά σταθερά δε τη θέση των ορυκτών καυσίμων. Από τη μετακίνηση, που είδαμε πως είναι ο κύριος λόγος κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων μέχρι και τη θέρμανση οι άνθρωποι πασχίζουν για να βρουν τρόπους να κάνουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεσματικότερες και φθηνότερες ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμη η χρήση τους.

Ο Kåberger (2018) γράφει πως το πετρέλαιο λόγω της φύσης του ως υγρό, έχει τη μεγαλύτερη τιμή από τα ορυκτά καύσιμα και ότι είναι το πρώτο εξ αυτών που έχει χάσει το πλεονέκτημά του στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Στην Εικόνα 1.8 φαίνεται η σχέση μεταξύ της τιμής του πετρελαίου ανά βαρέλι ως προς την τιμή ηλεκτρισμού ανά Μεγαβατώρα (MWh).



Γράφημα 1.8: Σχέση Τιμής Πετρελαίου με Ηλεκτρικού Ρεύματος

(Πηγή: Kåberger, 2018)

Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε από την Εικόνα 1.8 είναι ότι η τιμή μιας μονάδας ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να πέσει αρκετά στο μέλλον ώστε να είναι πιο κερδοφόρο τόσο για τους καταναλωτές όσο και για τους παραγωγούς ώστε να στραφούν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Άλλωστε, μπορεί κανείς με ευκολία να

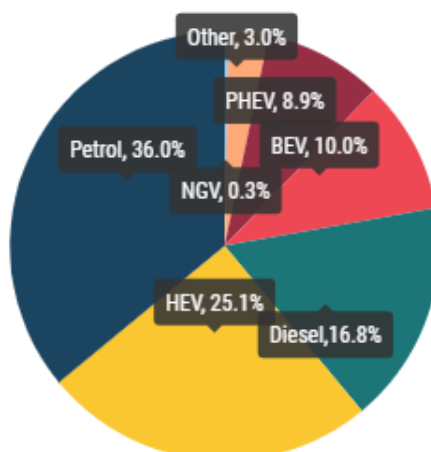
συνειδητοποιήσει πως η μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνεται γρηγορότερα και πιο απότομα από ό,τι μπορούσαμε να φανταστούμε.

Πάρα πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, έχουν πλάνα να περιορίσουν ή ακόμη και να διακόψουν εντελώς τη πώληση αυτοκινήτων και άλλων μεταφορικών μέσων που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, βενζίνη κλπ. Στόχοι πολλών κρατών είναι να αποκλείσουν τις πωλήσεις των αυτοκινήτων που καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα μέχρι το 2030. Ήδη μάλιστα τα ποσοστά των ηλεκτρικών ή υβριδικών αυτοκινήτων είναι αρκετά μεγαλύτερα από αυτά που προβλέπαμε. Στην Εικόνα 1.9 βλέπουμε το ποσοστό των πωλήσεων αυτοκινήτων στο πρώτο τρίμηνο του 2022, ανάλογα με το είδος του.

Τα υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν πλέον το ένα τέταρτο του ποσοστού των πωλήσεων, πιο συγκεκριμένα το 25,1% για το πρώτο τρίμηνο του 2022 σε σχέση με 20,9% που είχαν το πρώτο τρίμηνο του 2021. Οι χώρες που συνέισφεραν το περισσότερο για αυτήν την άνοδο ήταν η Γερμανία, η οποία είδε άνοδο στις πωλήσεις ύψους 287,7%, η Γαλλία με 76,6%, η Ισπανία με 41,5%. Αντιθέτως, τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είδαν μειώσεις από το 40,8% του ποσοστού αγοράς που είχαν το πρώτο τρίμηνο του 2021 να πέφτει στο 36,0% στο πρώτο τρίμηνο του 2022, ενώ το ποσοστό των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων για την ίδια περίοδο είδε πτώση κατά 5,3%.

Εκτός από τα κράτη, ιδιωτικές εταιρίες έχουν θέσει στόχους για τη μείωση και την απαλοιφή των μη ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

■ Petrol ■ Diesel ■ Battery electric (BEV) ■ Plug-in hybrid (PHEV) ■ Hybrid electric (HEV)  
■ Natural gas (NGV) ■ Other



Γράφημα 1.9: Πωλήσεις Αυτοκινήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

(Πηγή: ACEA)

Πρώτη μεγάλη εταιρία που ανακοίνωσε τα σχέδιά της για να προσφέρει μόνο ηλεκτρικά ή υβριδικά αυτοκίνητα ήταν η Volvo το 2017, την οποία αργότερα ακολούθησαν πολλές άλλες εταιρίες όπως η Ford, η Volkswagen, η General Motors, η Jaguar, η Honda, η Mercedes-Benz και η Rolls Royce. Μάλιστα, ο στόχος που έχουν θέσει είναι οι πωλήσεις αυτοκινήτων να είναι αποκλειστικά ηλεκτρικά ή υβριδικά μέχρι το 2040.

Οι Mutezo & Muloro (2021) διερευνούν τους τρόπους με τους οποίους η Αφρική, και πιο συγκεκριμένα η Αλγερία, η Νιγηρία, το Μαρόκο, η Νότια Αφρική και η Αίγυπτος οι οποίες είναι ακόμη χώρες που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα μπορούν να κάνουν αποτελεσματικότερα και πιο φυσικά την μετάβαση σε ανανεώσιμη ενέργεια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΤΙΣ ΑΓΟΡΕΣ

### 3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

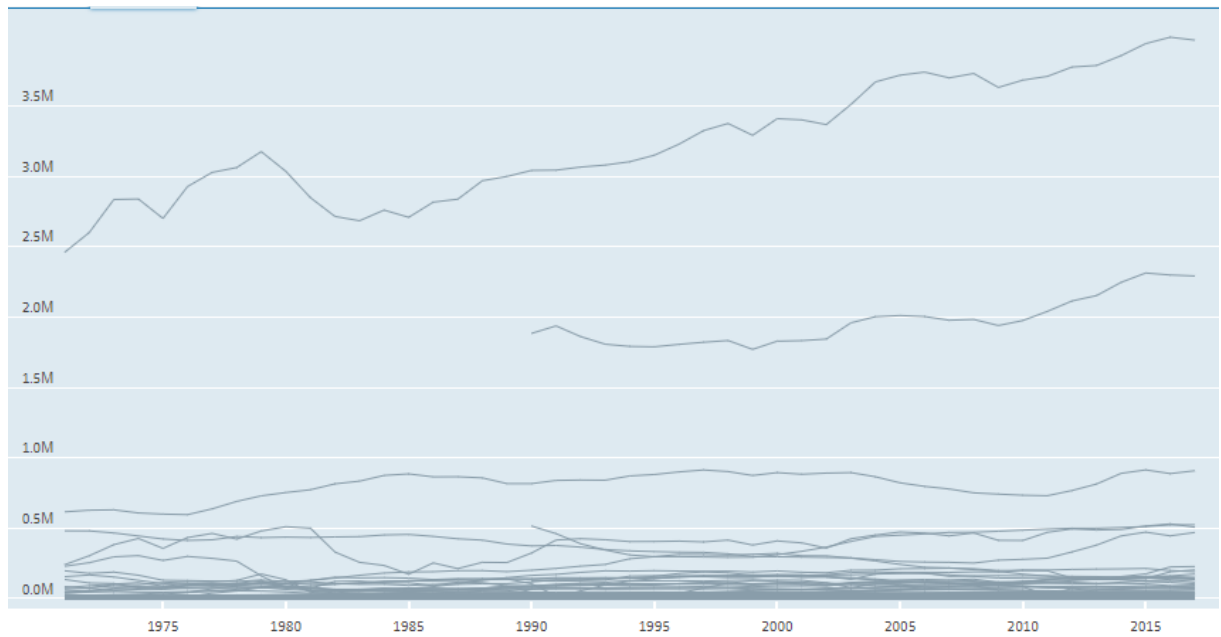
Η παραγωγή αργού πετρελαίου ορίζεται ως η ποσότητα πετρελαίου εξάγεται από το έδαφος μετά από την αφαίρεση αδρανών αερίων και ακάθαρτων πετρωμάτων. Είναι κίτρινο προς μαύρο υγρό σε χρώμα, και η πυκνότητά του μπορεί να διαφέρει. Το αργό πετρέλαιο

συμπεριλαμβάνει όλα τα βασικά παράγωγα πετρελαίου, όπως το φυσικό αέριο και το συνθετικό πετρέλαιο.

Το πετρέλαιο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Το συμβατικό και το μη συμβατικό. Το συμβατικό πετρέλαιο εξάγεται με παραδοσιακούς τρόπους από υπόγεια αποθεματικά, και λόγω της φύσης του στην ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση ως υγρό είναι ευκολότερη η μετακίνησή του με αγωγούς σε σχέση με το μη συμβατικό πετρέλαιο. Το συμβατικό πετρέλαιο είναι επίσης φθηνότερο και ευκολότερο να εξαχθεί και χρειάζεται λιγότερη επεξεργασία μετά την εξαγωγή του. Οι εργασίες και οι υποδομές για την εξόρυξη του συμβατικού πετρελαίου γίνονται τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα.

Αντίθετα με το συμβατικό πετρέλαιο, το μη συμβατικό πετρέλαιο δε μπορεί να ανακτηθεί χρησιμοποιώντας τους παραδοσιακούς τρόπους εξόρυξης. Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η λεγόμενη μέθοδος fracking (Hydraulic Fracturing), η οποία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1947 και είναι η διαδικασία με την οποία εξάγει κανείς πετρέλαιο ή φυσικό αέριο από πετρώματα με την τεχνική της οριζόντιας διάτρησης και έπειτα να χρησιμοποιεί νερό με υψηλή πίεση ώστε να μετακινήσει το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο στην επιφάνεια όπου και συλλέγεται.

Η παραγωγή του πετρελαίου ανήκει στο στάδιο upstream της βιομηχανίας του πετρελαίου. Η βιομηχανία του πετρελαίου χωρίζεται σε upstream, midstream και downstream. Στο upstream συμπεριλαμβάνεται η παραγωγή του πετρελαίου καθώς και η αναζήτησή του. Στο Γράφημα 2.1 βλέπουμε τη παραγωγή του πετρελαίου για τη περίοδο 1971-2017 σε χιλιάδες τόνους.



Γράφημα 2.1: Παραγωγή Πετρελαίου 1971-2017

(Πηγή: <https://data.oecd.org/energy/crude-oil-production.htm>)

Η πρώτη γραμμή στο γράφημα συμβολίζει τη παγκόσμια παραγωγή, η δεύτερη την παραγωγή της Ομάδας των Είκοσι (G-20) και η τρίτη την παραγωγή των χωρών ανήκουν στο OECD. Στην Εικόνα 2.1 βλέπουμε τον χάρτη με τη παραγωγή πετρελαίου ανά χώρα για το έτος 2017.



Εικόνα 2.1: Χάρτης Παραγωγής Πετρελαίου 2017

(Πηγή: <https://data.oecd.org/energy/crude-oil-production.htm>)

Στον χάρτη φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη παραγωγή αργού πετρελαίου για το 2017 έχουν οι ΗΠΑ, η Ρωσία και οι χώρες της μέσης Ανατολής, με τη Σαουδική Αραβία να ηγείται αυτές.

Στον Πίνακα 2.1 βλέπουμε ανά διάφορες χρονικές περιόδους την παραγωγή πετρελαίου ανά χώρα σε χιλιάδες τόνους.

Πίνακας 2.1: Παραγωγή Πετρελαίου ανά Χώρα

	1971	1990	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Australia	14 826	29 026	28 534	25 673	23 216	25 912	23 855	24 510	23 906	23 092	23 043	20 093	18 582
Austria	2 628	1 208	1 077	980	990	997	995	1 056	1 026	972	933	886	925
Belgium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canada	72 408	94 147	149 294	146 228	153 665	157 146	155 262	153 349	161 138	170 764	183 664	195 251	212 268
Chile	1 766	1 166	390	355	348	592	602	721	611	641	532	539	418
Czech Republic	35	218	579	588	440	429	343	306	269	341	319	258	260
Denmark	-	6 113	19 783	19 018	17 294	15 579	14 414	13 252	12 486	11 237	10 250	8 918	8 350
Estonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finland	-	-	83	89	90	24	14	59	43	38	46	42	42
France	2 499	3 471	1 527	1 357	1 225	1 196	1 336	1 173	1 125	1 088	988	1 012	921
Germany	7 724	4 709	4 437	4 603	4 563	4 536	4 247	3 851	3 315	3 454	3 373	3 374	3 136
Greece	-	837	122	92	87	74	57	73	105	89	86	64	58
Hungary	1 990	2 273	1 591	1 418	1 359	1 214	1 245	1 207	1 090	968	1 030	880	818
Iceland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ireland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Israel	5 830	13	2	2	7	4	6	6	4	20	12	12	12
Italy	1 254	4 488	5 616	6 260	6 103	6 308	5 719	4 962	5 620	5 608	5 629	5 748	5 982
Japan	852	696	699	750	742	808	767	748	695	698	620	549	516
Korea	-	-	437	534	571	581	536	692	698	707	718	605	609
Luxembourg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mexico	25 654	152 756	198 747	193 675	187 341	176 984	166 861	156 254	154 961	153 327	152 190	150 058	144 799
Netherlands	1 748	4 069	2 973	2 338	2 083	2 857	2 434	2 029	1 684	1 701	1 786	1 936	2 053
New Zealand	-	1 966	1 169	1 084	1 061	2 086	2 903	2 771	2 745	2 382	2 121	1 855	2 068
Norway	287	83 659	146 590	136 281	125 850	121 770	116 694	110 526	99 371	96 340	87 327	82 051	84 179
Poland	396	175	917	892	813	733	788	697	744	676	700	983	971
Portugal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Slovak Republic	163	77	219	261	226	259	232	203	210	223	189	227	250
Slovenia	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spain	127	1 168	260	169	142	145	129	107	125	102	145	375	311
Sweden	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Switzerland	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Turkey	3 529	3 613	2 224	2 231	2 134	2 109	2 134	2 373	2 478	2 342	2 310	2 370	2 436
United Kingdom	237	95 248	99 633	88 467	80 010	79 872	74 612	70 898	64 368	53 223	46 275	42 206	41 334
United States	549 436	432 545	339 085	322 545	317 808	317 454	312 911	335 501	346 692	360 705	407 368	475 946	534 593
EU 28	-	134 586	145 818	133 715	122 181	120 159	112 293	105 326	97 300	84 694	76 417	71 664	70 086
OECD	693 389	923 627	1 005 989	954 889	928 175	919 670	889 125	887 324	885 509	890 739	931 655	996 238	1 065 891
Brazil	8 682	33 393	78 800	86 943	92 405	94 187	97 335	104 057	109 591	112 833	112 660	110 145	122 207
China	40 120	138 306	175 942	181 427	184 855	186 423	190 561	189 619	203 157	203 034	207 644	210 101	211 855
India	7 460	35 323	39 150	37 679	39 345	39 533	39 002	39 404	43 139	43 694	43 334	43 036	42 701
Indonesia	44 947	74 589	54 476	53 445	50 207	47 632	49 222	48 215	48 442	46 147	44 486	42 181	40 338
Russian Federation	-	526 252	458 466	468 708	478 130	490 038	488 530	493 641	506 541	514 864	521 251	524 196	531 095
South Africa	-	-	1 621	853	811	175	150	430	494	494	252	214	214
World	2 552 306	3 240 983	3 995 826	4 046 002	4 070 191	4 045 004	4 079 918	3 994 336	4 076 661	4 119 083	4 195 257	4 215 637	4 300 002

(Πηγή: <https://www.oecd-ilibrary.org/>)

### 3.2 ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Το να αγοράζει και να πουλά κανείς βαρέλια σε φυσική μορφή δεν είναι επιλογή για τους περισσότερους επενδυτές. Ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να επενδύσουμε στο πετρέλαιο είναι είτε με Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης, είτε με δικαιώματα προαίρεσης, είτε με την αγορά κάποιου etf (Exchange Traded Fund), που μπορεί να ακολουθεί τις τιμές του

πετρελαίου, είτε με την επένδυση σε πετρελαϊκές εταιρίες. Τις τιμές που παίρνει το πετρέλαιο τις ορίζει η προσφορά και η ζήτηση, αν και οι οργανισμοί στους οποίους ανήκει το περισσότερο πετρέλαιο μπορούν να τις ελέγξουν με διάφορες μεθόδους. Η διοίκηση πληροφοριών ενέργειας των ΗΠΑ (EIA) προβλέπει πως η ζήτηση για πετρέλαιο θα ξεπεράσει τα 98 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα παγκοσμίως, η υψηλότερη ζήτηση που υπήρξε ποτέ. Ακόμη και έτσι όμως, προβλέπεται ότι για το 2023 θα παράγονται 101 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα παγκοσμίως, το οποίο είναι επίσης το υψηλότερο που έχει υπάρξει.

Γεγονότα που δημιουργούν μεγάλες μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου έχουν μεγάλη επίδραση στις οικονομίες των χωρών γενικότερα. Ο Hamilton (1983) δείχνει πως οι τιμές πετρελαίου ήταν εν μέρη υπεύθυνες για κάθε ύφεση της οικονομίας των ΗΠΑ. Ο Sadorsky (1999) βρίσκει ότι οι απότομες μεταβολές στη τιμή του πετρελαίου επιδρούν στις οικονομίες με ασύμμετρο τρόπο.

Τις τιμές του πετρελαίου εκτός από τη προσφορά και τη ζήτηση τις επηρεάζουν και η ποιότητα του πετρελαίου, καθώς πετρελαϊκές εταιρίες χρειάζονται συγκεκριμένο τύπο πετρελαίου να παράγουν ώστε να πετυχαίνουν τους περιβαλλοντολογικούς στόχους που ορίζει το κάθε κράτος. Για αυτόν τον λόγο άλλωστε οι ΗΠΑ, παρόλο που είναι πλέον ο μεγαλύτερος παραγωγός πετρελαίου πρέπει να εισάγει πετρέλαιο.

Επίσης, μπορεί να διαφέρει η τιμή αναλόγως με τη περιοχή στην οποία παράγεται το πετρέλαιο για να πωληθεί. Για παράδειγμα η διαφορά μεταξύ του αργού πετρελαίου από το West Texas Intermediate και του Brent Crude είναι ότι το πετρέλαιο στη πρώτη περίπτωση προέρχεται κυρίως από περιοχές των ΗΠΑ, ενώ στη δεύτερη περίπτωση προέρχεται κοντά στη Νορβηγία.

Στα Γραφήματα 2.2 και 2.3 βλέπουμε αντίστοιχα τις τιμές των ΣΜΕ του πετρελαίου από το West Texas Intermediate και τις τιμές του Brent Crude.



Γράφημα 2.2: Τιμές ΣΜΕ WTI 1998-2023

(Πηγή: <https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>)



Γράφημα 2.3: Τιμές ΣΜΕ Brent Crude 1998-2023

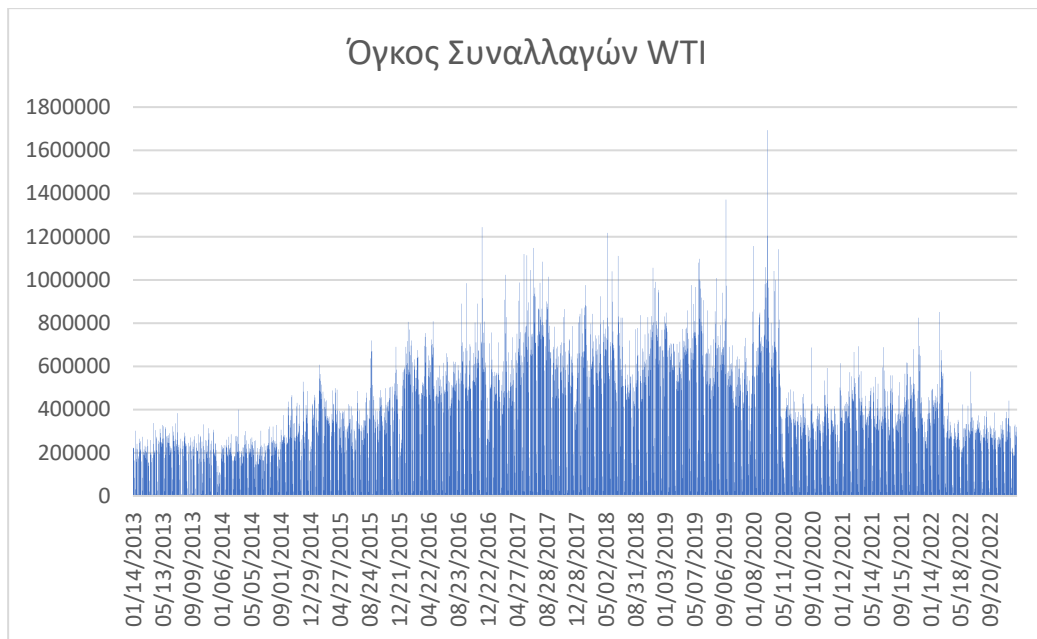
(Πηγή: <https://tradingeconomics.com/commodity/brent-crude-oil>)

Οι τιμές είναι μηνιαίες και αν και φαίνονται πανομοιότυπες, έχουν μικρές διαφορές όπως φαίνεται και στην τιμή, αφού η τιμή του Brent Crude είναι μεγαλύτερη από αυτή του WTI.

Τα τελευταία 25 χρόνια μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι ανάλογα με τα γεγονότα που συνέβησαν ανά περίοδο υπήρξαν μεγάλες μεταβολές στη τιμή του πετρελαίου. Τον Ιούνιο του 2008 η τιμή του πετρελαίου ανά βαρέλι έφτασε να πωλείται στα 140 δολάρια, και σχεδόν άμεσα, μετά τις συνέπειες της κρίσης με τη φούσκα των ακινήτων, η ζήτηση έπεσε δραματικά και οι τιμές έκαναν βουτιά, φτάνοντας τον Γενάρη του 2009 στην τιμή των 40 δολαρίων ανά βαρέλι.

Έπειτα οι τιμές ανέκαμψαν μέχρι και τα τέλη του 2014 και τις αρχές του 2015, όπου η τιμή έπεσε πάλι και έφτασε να πωλείται στα 46 δολάρια ανά βαρέλι. Αυτό συνέβη κυρίως λόγω της αυξημένης παραγωγής, και όπως πολύ καλά γνωρίζουμε, όταν υπάρχει μεγάλη προσφορά οι τιμές τείνουν να πέσουν. Οι αναλυτές τότε έκαναν εκτιμήσεις ότι θα κάνει το πετρέλαιο πολύ καιρό να φτάσει στα επίπεδα που ήταν, και είχαν δίκιο. Η επόμενη μεγάλη πτώση στη τιμή ήρθε στις αρχές του 2020, στη περίοδο του κορονοϊού, όταν η ζήτηση έπεσε και οι οικονομίες παρέλυσαν. Η τιμή ανά βαρέλι έπεσε τόσο που έφτασε στα χαμηλότερα επίπεδα που έχει φτάσει από το 2002, κάτω από 20 δολάρια ανά βαρέλι. Μετά από αυτή την ιστορικά χαμηλή τιμή, ακολούθησε λόγω της εισβολής της Ρωσίας στην Ουκρανία μια απότομη άνοδος της τιμής, καθώς η Ρωσία αντέδρασε στις κυρώσεις του Δυτικού κόσμου με περιορισμό και αποκλεισμό εμπορίου πετρελαίου. Η τιμή μάλιστα έφτασε τον Μάιο του 2022 να ξεπεράσει τα 110 δολάρια ανά βαρέλι, και σήμερα (Ιανουάριος 2023), τα ΣΜΕ του WTI κυμαίνονται στα 78 δολάρια ανά βαρέλι.

Στο Γράφημα 2.4 βλέπουμε για τη τελευταία δεκαετία τον όγκο συναλλαγών για τα ΣΜΕ του WTI.



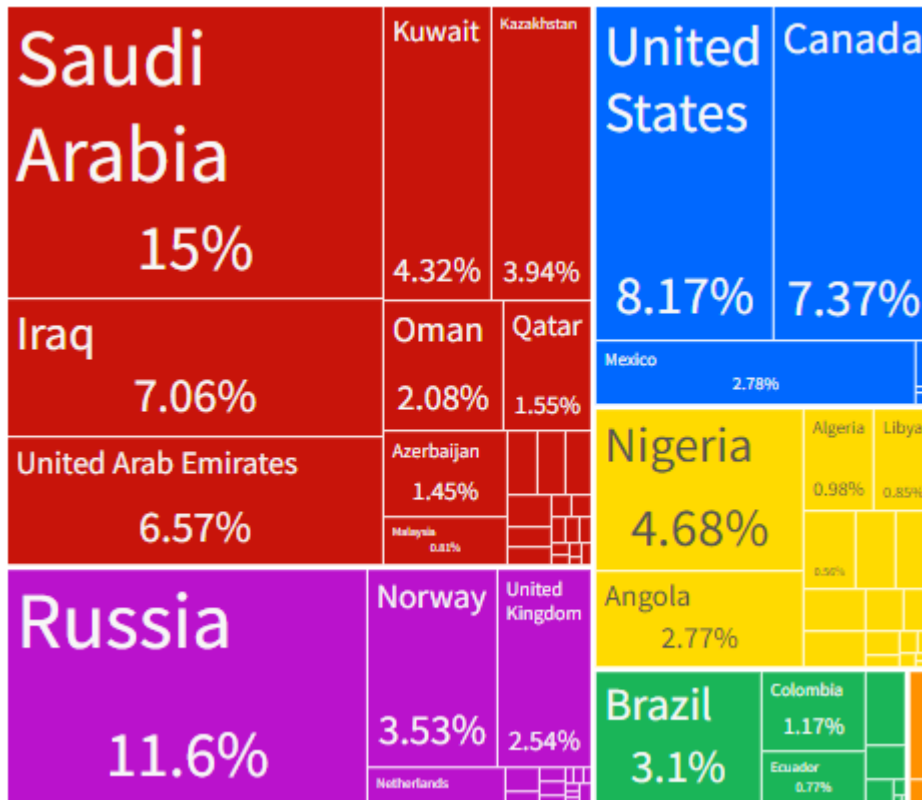
Γράφημα 2.4: Όγκος Συναλλαγών WTI 2013-2023

(Πηγή: <https://www.nasdaq.com/market-activity/commodities/cl:nmx/historical>)

Συγκρίνοντας τα γραφήματα της τιμής και του όγκου των συναλλαγών παρατηρούμε πως στις μεγάλες πτώσεις ή ανόδους τιμών υπάρχει και μεγάλος όγκος συναλλαγών. Κάτι τέτοιο είναι φυσικό στις αγορές, αφού ανάλογα με το κύκλο νέων και με τα διάφορα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα, ιδρυματικοί ή μη επενδυτές σπεύδουν να προστατέψουν με κάθε τρόπο τις επενδύσεις τους. Το πετρέλαιο ως αγαθό στο χρηματιστήριο έχει πολλές μεταβολές, και δεν έχει την ιδιότητα των μετοχών ή των δεικτών μακροπρόθεσμα να έχει μια σταθερή ανοδική πορεία, οπότε όταν κανείς επενδύει στο πετρέλαιο, είτε σε etf είτε σε ΣΜΕ είτε σε δικαιώματα προαίρεσης, γνωρίζει ότι θα επενδύσει σε ένα προϊόν που θα έχει αναπόφευκτα πολλές μεταβολές.

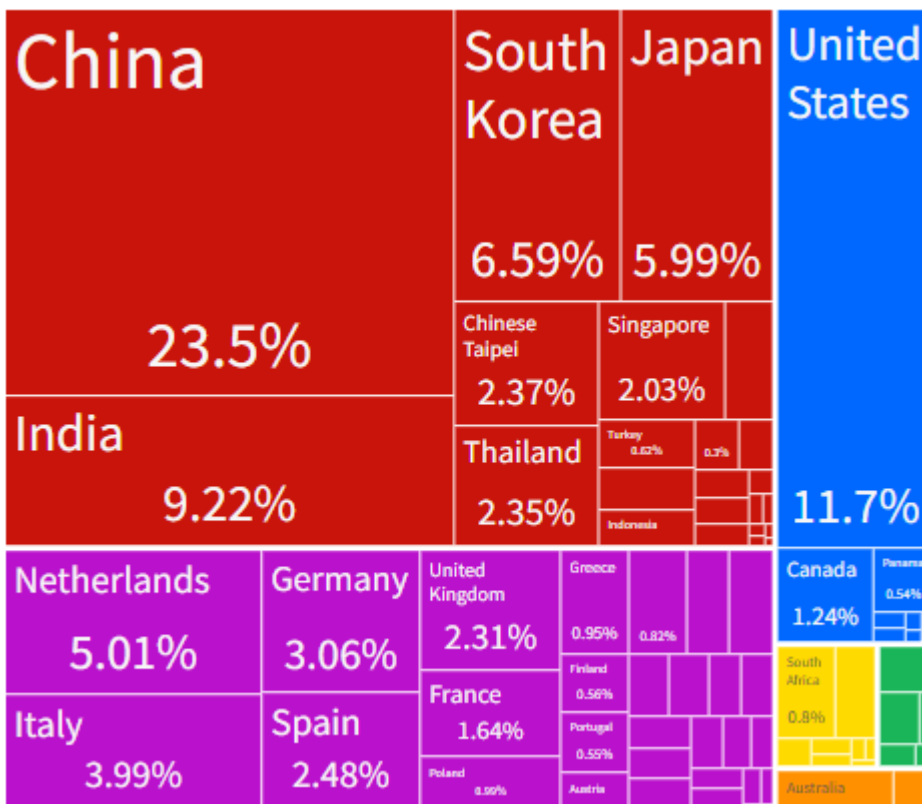
### 3.3 ΕΜΠΟΡΙΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Το εμπόριο αργού πετρελαίου αποτελεί ένα μεγάλο τμήμα της παγκόσμιας αγοράς. Βάσει του oec.world, το 2020 το αργό πετρέλαιο ήταν το τρίτο πιο εμπορεύσιμο αγαθό στο κόσμο με μερίδιο αγοράς στα 640 δισεκατομμύρια δολάρια. Η χώρα που εξήγαγε το περισσότερο αργό πετρέλαιο το 2020 ήταν η Σαουδική Αραβία με ποσό 95,7 δισεκατομμύρια δολάρια και η χώρα που εισήγαγε το περισσότερο πετρέλαιο από κάθε άλλη το 2020 ήταν η Κίνα, η οποία εισήγαγε αργό πετρέλαιο αξίας 150 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Στις Εικόνες 2.2 και 2.3 βλέπουμε τα ποσοστά κάθε χώρας ανάλογα με τις εξαγωγές και τις εισαγωγές τους αντίστοιχα.



Εικόνα 2.3: Ποσοστά Εξαγωγών Ανά Χώρα 2020

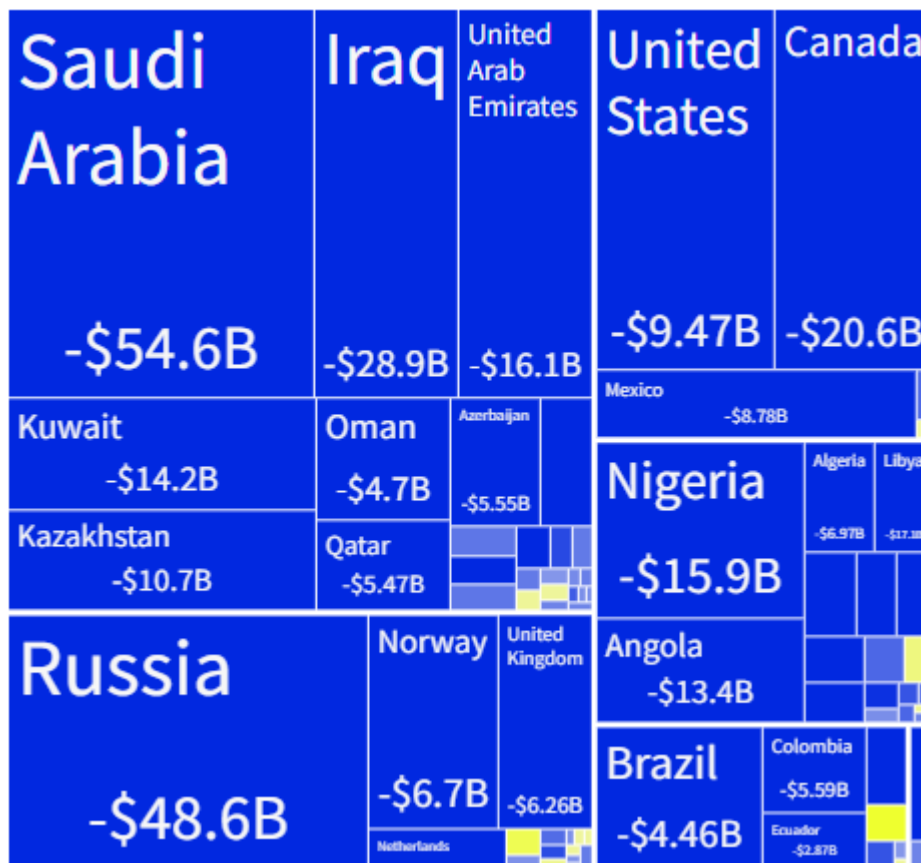
(Πηγή: <https://oec.world/en/profile/hs/crude-petroleum#exporters-importers>)



Εικόνα 2.4: Ποσοστά Εισαγωγών Ανά Χώρα 2020

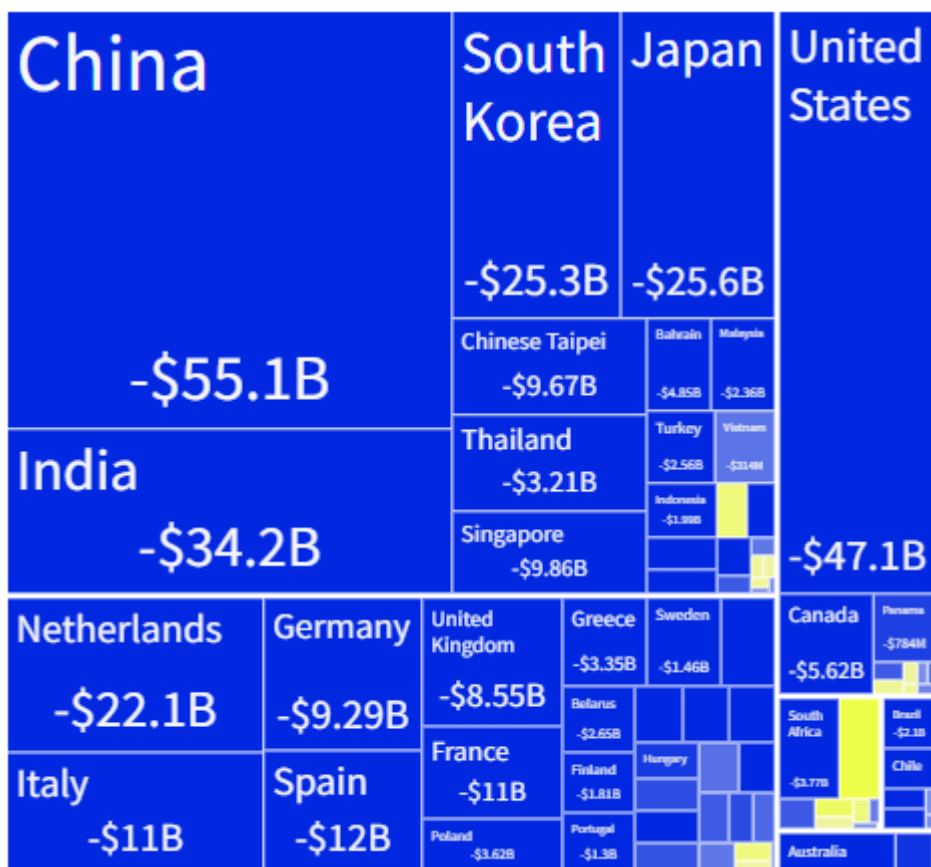
(Πηγή: <https://oec.world/en/profile/hs/crude-petroleum#exporters-importers>)

Παρόλο που τα ποσά αυτά είναι τεράστια και το εμπόριο αργού πετρελαίου συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στη παγκόσμια οικονομία, το εμπόριο πετρελαίου από το 2019 στο 2020 έκανε μια σημαντική πτώση της τάξης του -35,5%. Φυσικά αυτό οφείλεται κυρίως στο ξέσπασμα του κορονοϊού, αλλά είναι επίσης πιθανό ότι η ανθρωπότητα είναι σε μεταβατικό στάδιο για να αποφύγει τη καύση των ορυκτών καυσίμων και επηρέασε αυτή την πτώση. Το ποσοστό του συνολικού εμπορίου που κατείχε το έτος 2020 το εμπόριο αργού πετρελαίου παγκοσμίως ήταν 3,82%, ενώ το μέσο ποσοστό δασμών στο εμπόριο το τελευταίο έτος που υπολογίστηκαν, δηλαδή το 2018, ήταν 1,84%. Στις Εικόνες 2.5 και 2.6 βλέπουμε αντίστοιχα το πόσο μεταβλήθηκαν ανά χώρα οι εξαγωγές και οι εισαγωγές σε δολάρια.



Εικόνα 2.5: Μεταβολή Εξαγωγών Πετρελαίου Από 2019 Σε 2020

(Πηγή: <https://oec.world/en/profile/hs/crude-petroleum#market-dynamics>)



Εικόνα 2.6: Μεταβολή Εισαγωγών Πετρελαίου Από 2019 Σε 2020

(Πηγή: <https://oec.world/en/profile/hs/crude-petroleum#market-dynamics>)

Το 2020, το μεγαλύτερο πλεόνασμα από το εμπόριο αργού πετρελαίου το είχαν η Σαουδική Αραβία 95,7 δισεκατομμύρια δολάρια, η Ρωσία με 74,4 δισεκατομμύρια δολάρια, το Ιράκ με 45,2 δισεκατομμύρια δολάρια και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα με 40,6 δισεκατομμύρια δολάρια.

Το μεγαλύτερο έλλειμα από το εμπόριο αργού πετρελαίου το 2020 το είχε η Κίνα με έλλειμα 150 δισεκατομμύρια δολάρια, ακολουθούμενη από την Ινδία με έλλειμα 59 δισεκατομμύρια δολάρια, μετά η Νότια Κορέα με 41,9 δισεκατομμύρια δολάρια και η Ιαπωνία με 38,4 δισεκατομμύρια δολάρια.

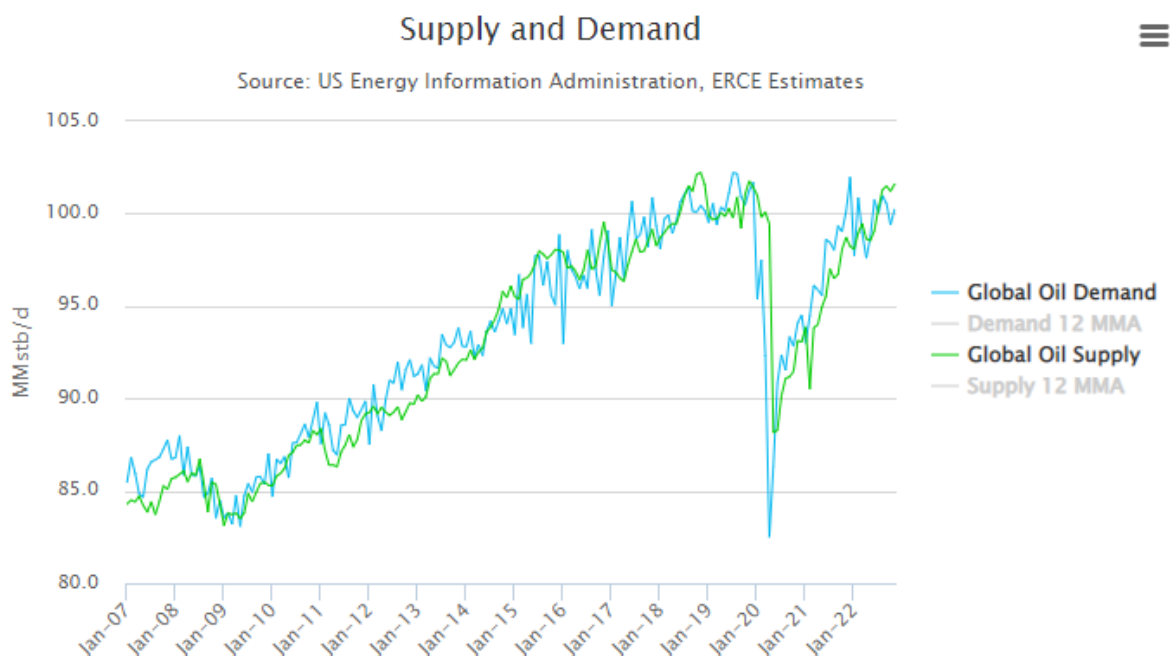
### 3.4 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Το κύριο χαρακτηριστικό που επηρεάζει τις αγορές και τη τιμή του πετρελαίου είναι αδιαμφισβήτητη η προσφορά και η ζήτησή του. Πολλές εργασίες έχουν γίνει για τη προσφορά και τη ζήτηση του αργού πετρελαίου (Nadal et al., 2017) και το πώς αυτές επηρεάζουν άλλα χρηματοοικονομικά προϊόντα. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να δημιουργήσουν μοντέλα (Krichene, 2002), μακροοικονομικά ή μικροοικονομικά ώστε να βρεθούν οι

ελαστικότητες του πετρελαίου σε διάφορες χρονικές περιόδους. Οι Jadidzadeh & Serletis (2017) βρίσκουν ότι κοντά στο 45% των μεταβολών στη τιμή του φυσικού αερίου μπορεί να προσδοθεί στα Shocks της προσφοράς και ζήτησης του πετρελαίου. Ερευνητές στη Κίνα έχουν ασχοληθεί πολύ με τις επιδράσεις και τις επιπτώσεις που έχει η προσφορά και η ζήτηση του πετρελαίου στην οικονομία (Gong et al, 2018), καθώς η Κίνα, όπως είδαμε στην Ενότητα 3.3, είναι ο μεγαλύτερος εισαγωγέας πετρελαίου στον κόσμο, και βρίσκουν πως οι επιδράσεις που έχουν οι απότομες μεταβολές προσφοράς και ζήτησης στην οικονομία της Κίνας διαφέρουν ανάλογα με τη περίοδο στην οποία συμβαίνουν. Οι Wang & Sun (2017) διερευνούν τις επιδράσεις που έχει ο πόλεμος στη προσφορά και τη ζήτηση του πετρελαίου, και βρίσκουν επίσης ότι η ζήτηση του πετρελαίου είναι ανελαστική.

Όλες οι εργασίες ερευνητών γύρω από τη προσφορά και τη ζήτηση του πετρελαίου έχουν ως σκοπό τη καλύτερη κατανόηση της αγοράς του πετρελαίου, και της συμπεριφοράς της, έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν όσο το δυνατόν καλύτερες προβλέψεις. Οι Fang et al. (2023) χρησιμοποιούν μεταξύ άλλων και τη προσφορά και τη ζήτηση του πετρελαίου ώστε να δημιουργήσουν ένα μοντέλο πρόβλεψης.

Στο Γράφημα 2.5 βλέπουμε την παγκόσμια ετήσια προσφορά και ζήτηση του πετρελαίου για τη περίοδο 2007-2022 σε εκατομμύρια βαρέλια.



Γράφημα 2.5: Παγκόσμια Προσφορά και Ζήτηση Πετρελαίου 2007-2022

(Πηγή: <https://www.erce.energy/graph/global-oil-demand-and-supply/>)

Παρατηρούμε μια σταθερά ανοδική πορεία μακροπρόθεσμα από το έτος 2007 έως το έτος 2022, με εξαίρεση το 2020 στο ξέσπασμα του κορονοϊού, όπου τόσο η ζήτηση όσο και η προσφορά του πετρελαίου έπεσε κατακόρυφα. Δεν άργησε φυσικά να ανακτήσει τα επίπεδα που είχε προ κορονοϊού και αναμένεται και φέτος (2023) να αυξηθεί τόσο η προσφορά όσο και η ζήτηση του αργού πετρελαίου παγκοσμίως.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο βιβλίο Economic Dynamics ο Ronald Shone αναλύει τη συμπεριφορά της ποσότητας και της τιμής, όσον αφορά τα σημεία ισορροπίας, χρησιμοποιώντας το γραμμικό μοντέλο αράχνης. Αυτό το μοντέλο προέκυψε από την ανάγκη του αγροτικού τομέα να υπολογίζει την ποσότητα που πρέπει να παραχθεί με βάση την αναμενόμενη τιμή των προϊόντων προς πώληση σε μια μελλοντική χρονική περίοδο. Ανάλογα με την αναμενόμενη τιμή θα αυξανόταν ή θα μειωνόταν η ποσότητα των σπόρων που θα έσπειραν την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Η πρώτη υπόθεση που ανέλυσε ήταν η τιμή της παρούσας περιόδου να είναι η ίδια με της προηγούμενης περιόδου. Κάτω από αυτήν την υπόθεση τα μοντέλα που χρησιμοποίησε είναι τα εξής:

$$q_{d(t)} = a - b \times p_{(t)} \quad a, b > 0 \quad (3.1)$$

$$q_{s(t)} = c + d \times p^e_{(t)} \quad c, d > 0 \quad (3.2)$$

$$p^e_{(t)} = p_{(t-1)} \quad (3.3)$$

$$q_t = q_{d(t)} = q_{s(t)} \quad (3.4)$$

Οι πρώτες δύο εξισώσεις (3.1) και (3.2) είναι η συνάρτηση της ζήτησης και η συνάρτηση της προσφοράς αντίστοιχα, η τρίτη εξίσωση (3.3) δείχνει την υπόθεση που έκανε ότι η τιμή της παρούσας περιόδου και της προηγούμενης ταυτίζονται και η τελευταία εξίσωση (3.4) δίνει τα σημεία ισορροπίας.

Για να καταφέρει να μοντελοποιήσει και να υπολογίσει τα σημεία ισορροπίας εξισώνει την ζήτηση και την προσφορά. Με την υπόθεση που έκανε για την τιμή μπορεί να αντικαταστήσει

την αναμενόμενη τιμή με την τιμή της προηγούμενης περιόδου στην συνάρτηση (3,2). Η συνάρτηση γίνεται:

$$a - b \times p_{(t)} = c + d \times p_{(t-1)} \quad (3.5)$$

ή

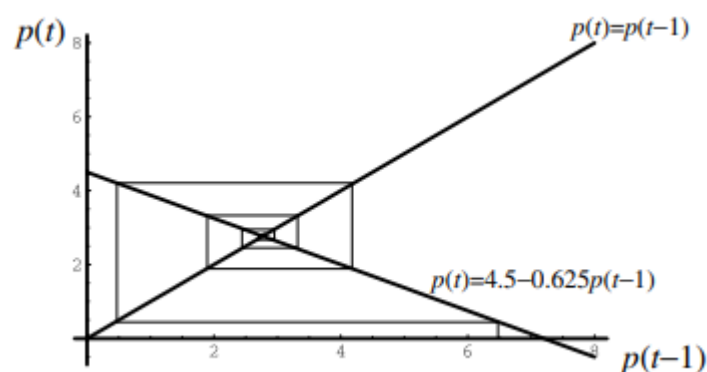
$$p_{(t)} = \frac{a-c}{b} - \left(\frac{d}{b}\right) \times p_{(t-1)} \quad (3.6)$$

Όταν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία με την πρώτη υπόθεση για την τιμή τότε η τιμή και η ποσότητα ισορροπίας είναι:

$$p^* = \frac{a-c}{b+d} \quad (3.7)$$

$$q^* = \frac{(a \times d) \times (b \times c)}{b+d} \quad (3.8)$$

Για να βρει την τιμή για χρονική περίοδο  $t$  παίρνει την εξίσωση (3.6) για  $p_0 = 7$  και αντικαθιστά για 20 χρονικές περιόδους. Για να βρει στις ίδιες χρονικές περιόδους την προσφερόμενη ποσότητα παίρνει την συνάρτηση  $q_s = c + d \times p_{(t-1)}$  (3.9). Δηλαδή, αντικατέστησε στην συνάρτηση (3.2) την αναμενόμενη τιμή με την τιμή της προηγούμενης περιόδου. Στο γράφημα εμφανίζει δύο γραμμές, τη συνάρτηση της τιμής (3.6) και τη γραμμή  $y = x$  ή πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση που εξετάζουμε την  $p_{(t)} = p_{(t-1)}$ . Από το γράφημα που σχεδιάζει είναι ξεκάθαρο πως η τιμή και η ποσότητα τείνουν στις τιμές ισορροπίας.



Γράφημα 3.1: Διάγραμμα Αράχνης

(Πηγή: Ronald Shone, Introduction to Economic Dynamics (2001))

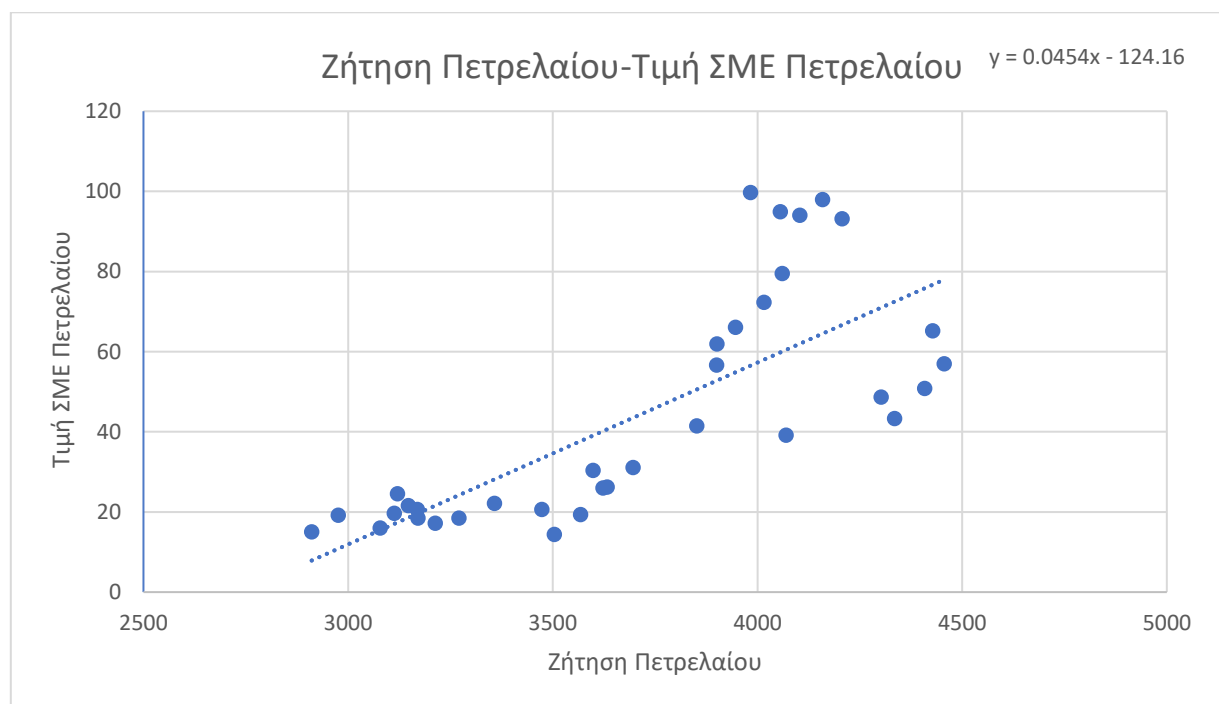
Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Excel, έχουμε προσεγγίσει τη συνάρτηση ζήτησης, παίρνοντας τις ετήσιες τιμές ζήτησης σε εκατομμύρια

βαρέλια σε σχέση με τις ετήσιες τιμές των ΣΜΕ του WTI για το αργό πετρέλαιο για τη περίοδο 1986-2020, και έχουμε προσεγγίσει τη συνάρτηση προσφοράς, παίρνοντας τις ετήσιες τιμές προσφοράς σε εκατομμύρια βαρέλια συναρτήσει των τιμών της προηγούμενης περιόδου των ΣΜΕ του WTI για την ίδια περίοδο. Έπειτα, βρήκαμε τις τιμές ισορροπίας εξισώνοντας τις δύο σχέσεις.

## 4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Ο λόγος για τον οποίο ψάχνουμε κάποια ή κάποιες μαθηματικές σχέσεις ώστε να μοντελοποιήσουμε τις χρονοσειρές είναι για να μπορέσουμε να τις αναλύσουμε με σκοπό τη πρόβλεψή τους, ή την κατανόηση ως έναν βαθμό της συμπεριφοράς τους για να φτάσουμε ένα βήμα πιο κοντά στη πρόβλεψη. Πολλοί ερευνητές έχουν πάρει διάφορα μέτρα στη προσπάθεια μοντελοποίησης χρονοσειράς. Σε αυτήν την εργασία βασιζόμαστε στο μοντέλο του Ronald Shone ώστε να ερευνήσουμε τη συμπεριφορά της τιμής ισορροπίας με βάση τη προσφορά και τη ζήτηση του αργού πετρελαίου, που είναι άλλωστε οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από τις μεταβολές της τιμής του πετρελαίου αλλά και των παράγωγων προϊόντων του.

Στη παρούσα έρευνα, πήραμε τις ετήσιες τιμές τόσο της προσφοράς και της ζήτησης όσο και τις ετήσιες τιμές των ΣΜΕ του WTI για τη περίοδο 1986-2020 που είναι 35 περίοδοι. Η σχέση της ζήτησης πετρελαίου συσχετισμένη με τις τιμές ίδιας περιόδου των ΣΜΕ του WTI φαίνεται στο Γράφημα 3.2.

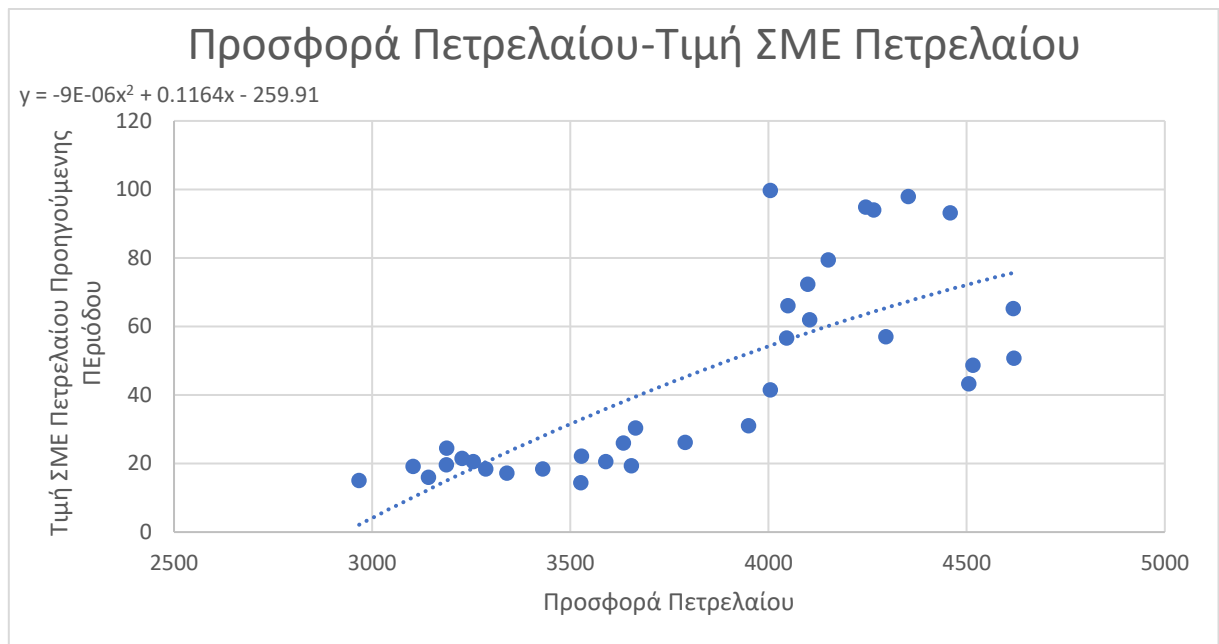


Γράφημα 3.2: Σχέση Ζήτησης Πετρελαίου με Τιμή ΣΜΕ Πετρελαίου

Στο γράφημά μας η γραμμή τάσης είναι γραμμική, και συμβολίζει τη σχέση μεταξύ της ζήτησης του πετρελαίου με την τιμή των ΣΜΕ του πετρελαίου. Η εξίσωση που προσεγγίζει αυτή τη σχέση είναι η ακόλουθη.

$$y = 0.0454 * x - 124.16 \quad (3.10)$$

Στο Γράφημα 3.3 βλέπουμε τη σχέση μεταξύ της προσφοράς του πετρελαίου συναρτήσει της τιμής των ΣΜΕ του WTI, αλλά οι τιμές των ΣΜΕ είναι για μία περίοδο πριν.



Γράφημα 3.3: Σχέση Προσφοράς Πετρελαίου με τιμή ΣΜΕ Πετρελαίου

Για τη σχέση προσφοράς πετρελαίου με τη τιμή ΣΜΕ προηγούμενης περιόδου, η γραμμή τάσης μας είναι καμπύλη, οπότε η σχέση μας είναι μη γραμμική. Η εξίσωση που προσεγγίζει αυτή τη σχέση είναι η ακόλουθη.

$$y = -9E - 06 * x^2 + 0.1164 * x - 259.91 \quad (3.11)$$

Αυτές τις σχέσεις τις μετατρέπουμε στις σχέσεις προσφοράς και ζήτησης του πετρελαίου όπου:

$$Q_t^{D,CO} = a_1 + a_2 * p_t \quad (3.12)$$

$$Q_t^{S,CO} = b_1 + b_2 * p_{t-1} - b_3 * p_{t-1}^2 \quad (3.13)$$

Εξισώνοντας τις δύο αυτές σχέσεις παίρνουμε τη μη γραμμική εξίσωση διαφορών 1<sup>ης</sup> τάξης με τη μορφή:

$$Q_t^{D,CO} = Q_t^{S,CO} \rightarrow$$

$$a_1 + a_2 * p_t = b_1 + b_2 * p_{t-1} - b_3 * p_{t-1}^2 \rightarrow$$

$$p_t = \frac{b_1 - a_1}{a_2} + \frac{b_2 * p_{t-1}}{a_2} - \frac{b_3 * p_{t-1}^2}{a_2} \quad (3.14)$$

Οι τιμές των συντελεστών όπως βρέθηκαν από τις γραμμές τάσεις χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Excel είναι:

$$a_1 = -124.16 \quad b_1 = -259.91$$

$$a_2 = 0.0454 \quad b_2 = 0.1164$$

$$b_3 = 0.000009$$

Οπότε, η μη γραμμική εξίσωση διαφορών μας είναι η:

$$p_t = 135.75 - 0.071 * p_{t-1} + 0.000009 * p_{t-1}^2 \quad (3.15)$$

### 4.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Για την ανάλυση των διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Maxima.

Για να βρούμε τα σημεία ισορροπίας της σχέσης (3.15), θέτουμε  $p_t = p_{t-1} = p^*$  και λύνουμε την εξίσωση. Τα δύο σημεία ισορροπίας που εμφανίζονται είναι τα:

$$p_1^* = 126.615980 \text{ και } p_2^* = -119126.615980$$

Όπως γνωρίζουμε, για να βρούμε την ευστάθεια του σημείου ισορροπίας βρίσκουμε τη πρώτη παράγωγο της εξίσωσης διαφορών στα σημεία ισορροπίας.

$$f'(126.6159808967689) = -0.07327908765614184 \text{ και}$$

$$f'(-119126.6159808968) = 2.073279087656142$$

Παρατηρούμε ότι για τη τιμή  $p_1^* = 126.6159808967689$  η παράγωγος  $f'(126.6159808967689) = -0.07327908765614184$  όπου:

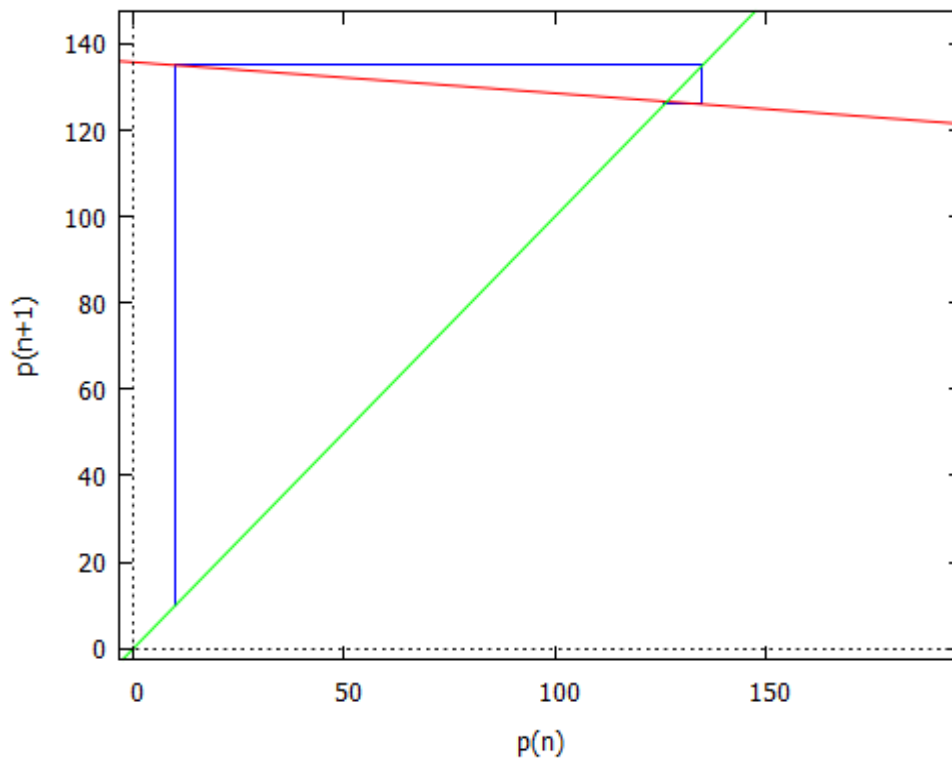
$$-1 < f'(126.6159808967689) < 0 \text{ και}$$

Για τη τιμή  $p_2^* = -119126.6159808968$  η παράγωγος  $f'(-119126.6159808968) = 2.073279087656142$  όπου:

$$f'(-119126.6159808968) > 1$$

Από τη θεωρία μας ξέρουμε πως για τη πρώτη τιμή μας, δηλαδή για  $p_1^* = 126.615980$ , το σημείο ισορροπίας είναι ευσταθές με μορφή ιστού αράχνης, ενώ για  $p_2^* = -119126.615980$  το σημείο ισορροπίας είναι ασταθές με μορφή σκάλας.

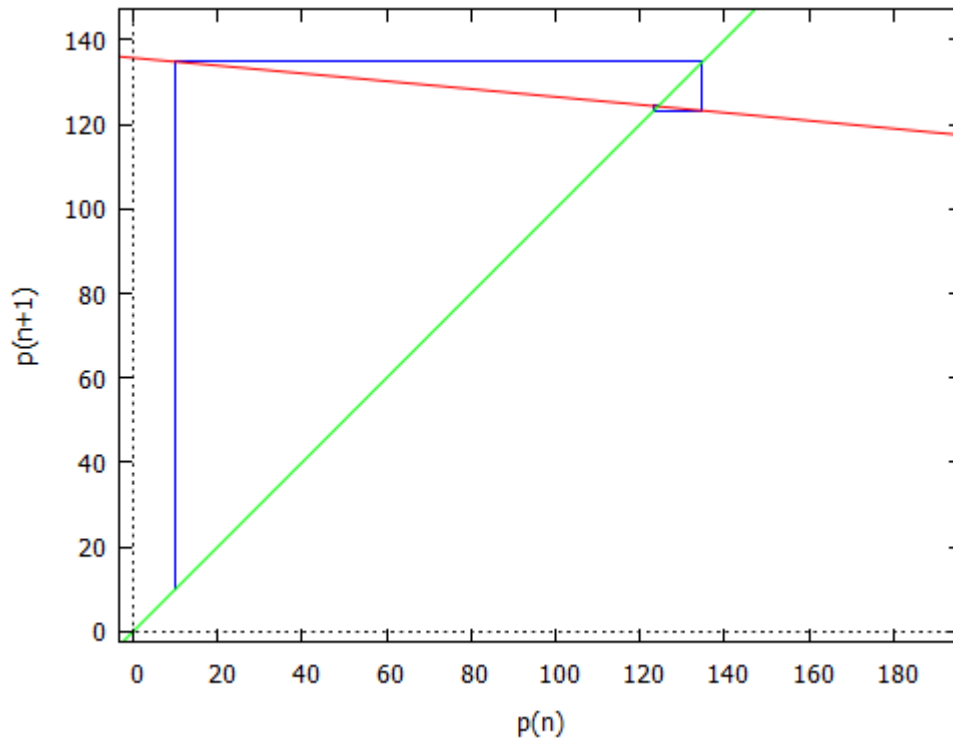
Η συμπεριφορά της πρώτης λύσης του συστήματος προσφοράς και ζήτησης που βρήκαμε απεικονίζεται στο Γράφημα 3.4. Για τη δεύτερη λύση, η οποία είναι αρνητική, δεν έχει νόημα να ασχοληθούμε, καθώς αν και έχει συμβεί μια φορά να λάβουν τα ΣΜΕ πετρελαίου αρνητικές τιμές, είναι φαινόμενο σπάνιο και είχαν συμβεί πολλά πράγματα τα οποία συντέλεσαν σε αυτό.



Γράφημα 3.4: Σημείο Ισορροπίας για τις Αρχικές Συνθήκες

Για κάθε αρχική συνθήκη, οι τιμές θα καταλήγουν στο σημείο ισορροπίας. Αυτό που θα ερευνήσουμε στη συνέχεια είναι εάν κάποια μεταβολή στις συνθήκες του μη γραμμικού συστήματός μας θα επηρεάζουν το σημείο ισορροπίας.

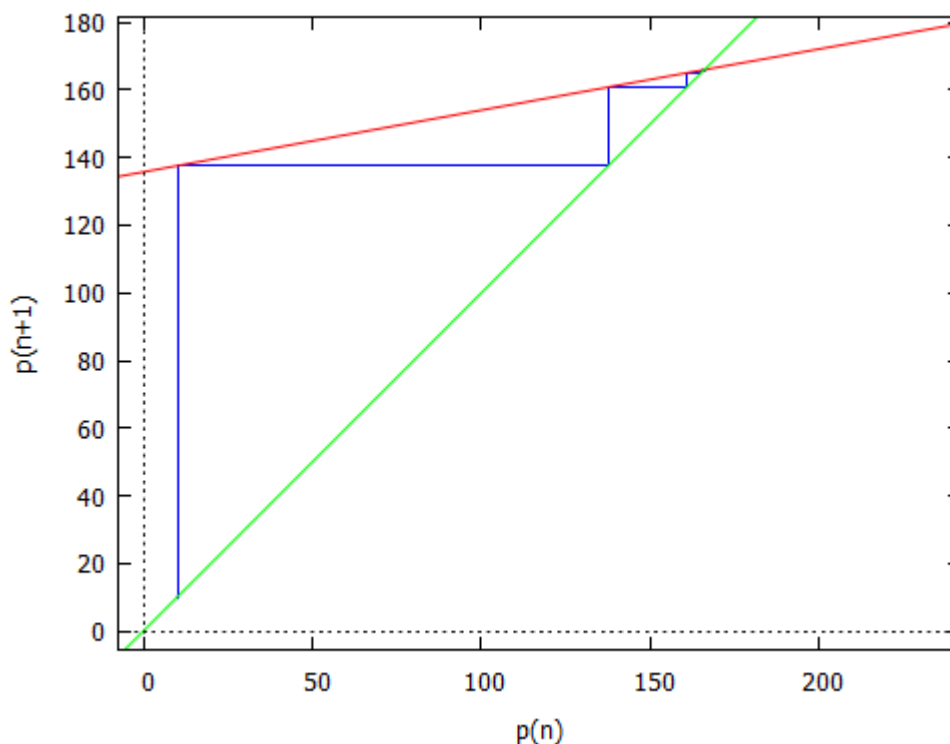
Αρχικά θα μειώσουμε τον συντελεστή  $a_2 = 0.0454$ . Μειώνοντας τον συντελεστή σε  $a_2 = 0.025$  βλέπουμε ότι η τιμή ισορροπίας μειώνεται επίσης. Με τη συγκεκριμένη τιμή του συντελεστή η τιμή ισορροπίας γίνεται  $p_2^* = 124.2542129513361$  και η μορφή του σημείου ισορροπίας φαίνεται να μην επηρεάζεται ιδιαίτερα.



Γράφημα 3.5: Σημείο Ισορροπίας για Μικρότερο  $a_2$

Ενδιαφέρον έχει πως για οποιαδήποτε τιμή μικρότερη του αρχικού  $a_2$ , η παράγωγος δεν γίνεται ποτέ μικρότερη του  $-1$ , οπότε συνεχίζει να είναι το σημείο ισορροπίας ευσταθές με μορφή ιστού αράχνης.

Αυξάνοντας τη τιμή του  $a_2$  σε  $a_2 = 0.3$  η τιμή ισορροπίας αυξάνεται όπως και ο συντελεστής, διατηρώντας την ανάλογη σχέση τους. Η τιμή ισορροπίας γίνεται  $p_3^* = 165.9750984813307$  και για  $0 > f'(165.9750984813307) > -1$ , οπότε το σημείο ισορροπίας παραμένει ευσταθές αλλά η μορφή αλλάζει και παίρνει μορφή σκάλας. Βλέπουμε το αποτέλεσμα στο Γράφημα 3.6.



Γράφημα 3.6: Σημείο Ισορροπίας για Μεγαλύτερο  $a_2$

Παρατηρούμε από τα παραπάνω γραφήματα ότι οι αρχικές συνθήκες της ζήτησης του πετρελαίου επηρεάζουν τόσο τη τιμή ισορροπίας, όσο και τη μορφή του. Αυτό από μόνο του υποδηλώνει μια χαοτική συμπεριφορά, αλλά χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

#### 4.4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΟΤΑΝ ΠΕΡΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να προβλέψουν τις τιμές μιας χρονοσειράς με διάφορους τρόπους καταφεύγοντας στις ιστορικές τιμές. Αυτός ο τρόπος ονομάζεται τεχνική ανάλυση και είναι ο ένας εκ των δύο βασικών μεθόδων επιλογής μετοχών και χρηματιστηριακών προϊόντων μαζί με τη θεμελιώδη ανάλυση. Τεχνική ανάλυση είναι η μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί ειδικά στοιχεία της αγοράς για να προβλέψει τις διακυμάνσεις στις τιμές των αξιογράφων. Τα στοιχεία της αγοράς περιλαμβάνουν τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, τις τωρινές και παρελθοντικές τιμές μετοχών και τις μεταβολές τους, τον όγκο των συναλλαγών και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία αναφέρεται στην αγορά. (Βασιλείου & Ηρειώτης, 2009).

Μία χαρακτηριστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη τεχνική ανάλυση είναι η εύρεση κάποιας τιμής, την οποία μόλις ξεπερνάει, ή πέφτει κάτω από αυτή η χρονοσειρά μπορεί να

έχει κάποια συγκεκριμένη συμπεριφορά η οποία ίσως μπορεί να προβλεφθεί. Αυτό θα ερευνήσουμε στη χρονοσειρά των ΣΜΕ του πετρελαίου, για την τιμή ισορροπίας  $p_1^* = 126.6159808967689$  την οποία βρήκαμε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Συνολικά, από τις 25/05/1983 έως τις 19/12/2022 η τιμή ισορροπίας μας ξεπεράστηκε από κάτω τρεις φορές, και έπεσε από αυτή άλλες τρεις, όλα αυτά βραχυπρόθεσμα, δηλαδή από τις 19/05/2008 έως τις 31/07/2008. Την πρώτη φορά που η τιμή των ΣΜΕ ξεπέρασε τη τιμή ισορροπίας μας, δηλαδή στις 19/05/2008, η τιμή εκείνης της μέρας έκλεισε στα 127.05. Η τιμή έπεσε για τελευταία φορά κάτω από τη τιμή ισορροπίας μας στις 31/07/2008 και έκτοτε δεν έχει φτάσει ξανά στα ίδια επίπεδα.

Ο Πίνακας 3.1 δείχνει την ημερομηνία, τη τιμή και τις αποδόσεις για μια ημέρα, μια εβδομάδα και έναν μήνα από τη μέρα που ξεπέρασε το ΣΜΕ τη τιμή ισορροπίας.

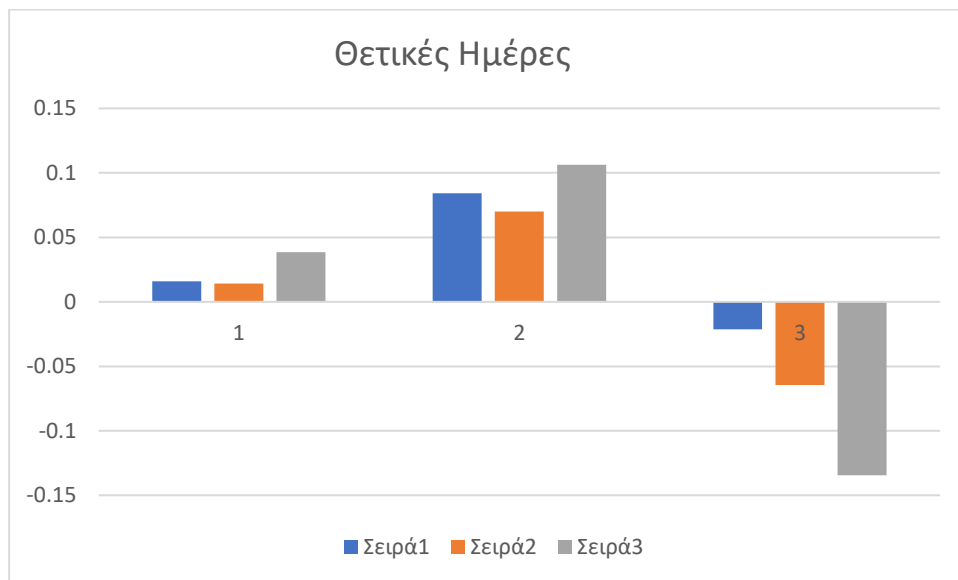
Πίνακας 3.1: Ανάλυση Χρονοσειράς γύρω από τη Τιμή Ισορροπίας

Ημερομηνία	Τιμή ΣΜΕ	Απόδοση Ημέρας	Απόδοση Εβδομάδας	Απόδοση Μήνα
19/05/2008	127.05 ↑	1.5899252%	1.416765%	3.841007%
03/06/2008	124.31 ↓	-1.616925%	5.631084%	16.877162%
05/06/2008	127.79 ↑	8.4122388%	7.003678%	10.62681%
23/07/2008	124.44 ↓	0.8437801%	1.872388%	-7.497589%
30/07/2008	126.77 ↑	-2.121953%	-6.46051%	-13.45744%
31/07/2008	124.08 ↓	0.8220503%	-3.27208%	-11.87137%

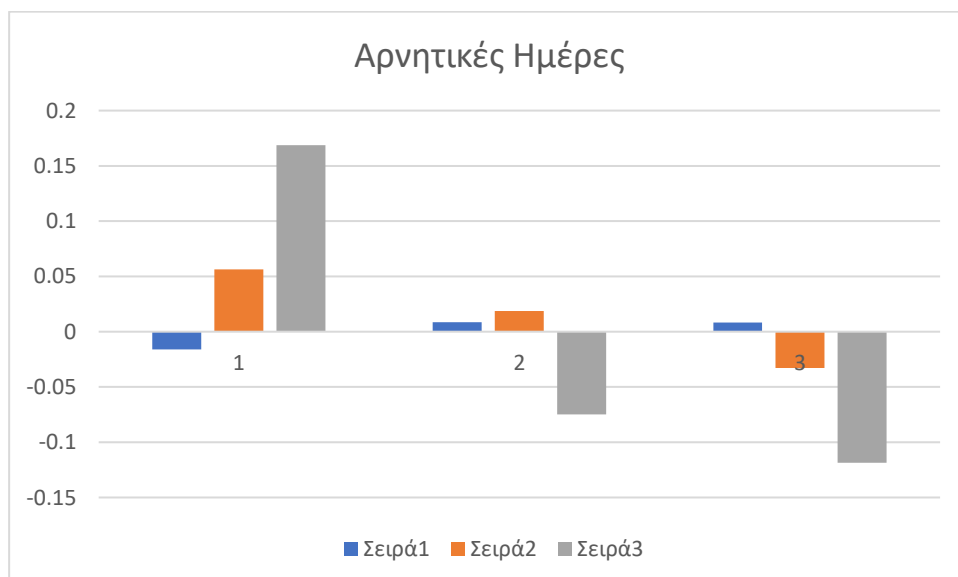
Παρατηρούμε πως την πρώτη φορά που η τιμή του ΣΜΕ ξεπέρασε τη τιμή ισορροπίας μας οι αποδόσεις, ημερήσιες, εβδομαδιαίες και μηνιαίες ήταν θετικές, αντίθετα με την τελευταία φορά που ξεπέρασε τη τιμή ισορροπίας μας, όπου ήταν αρνητικές. Δυστυχώς λόγω της φύσης και της μεταβλητότητας των ΣΜΕ του πετρελαίου είναι λίγες οι φορές στις οποίες ξεπερνιέται η τιμή ισορροπίας και είναι κοντά χρονολογικά μεταξύ τους, οπότε τα συμπεράσματα τα οποία μπορούμε να βγάλουμε είναι λίγα. Φυσικά, ερευνώντας και άλλα χρηματιστηριακά προϊόντα θα μπορούσε να είναι χρήσιμο ώστε να διαπιστώσουμε εάν γύρω από τη τιμή ισορροπίας μας

δημιουργείται κάποιο μοτίβο που θα διευκόλυνε ή θα βελτίωνε τις προβλέψεις για το συγκεκριμένο προϊόν.

Στα Γραφήματα 3.7 και 3.8 βλέπουμε τις αποδόσεις χωρισμένες για τις θετικές ημέρες, τις ημέρες δηλαδή όπου η τιμή ξεπερνούσε το σημείο ισορροπίας, και τις αρνητικές ημέρες, στις οποίες οι τιμές των ΣΜΕ έπεφταν από τη τιμή ισορροπίας μας.



Γράφημα 3.7: Αποδόσεις Θετικών Ημερών



Γράφημα 3.8: Αποδόσεις Αρνητικών Ημερών

## ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ιστορικές τιμές χρηματιστηριακών προϊόντων, όπως είναι οι μετοχές, τα ομόλογα και τα ΣΜΕ που εξετάζουμε σε αυτήν την εργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση της χρονοσειράς την οποία δημιουργούν. Ερευνητές όπως οι Lehmann (1990), Säfvenblad (2000) και οι Baur et al. (2012) έχουν κάνει αναλύσεις στις χρονοσειρές διάφορων μετοχών για αυτοσυσχέτιση, ώστε να βρουν έναν γραμμικό τρόπο ανάλυσης χρονοσειράς για πρόβλεψη.

Ο Fama (1970) ανέπτυξε τη θεωρία αποτελεσματικότητας της αγοράς και χώρισε τις αγορές σε τρεις μορφές. Αυτές είναι η μορφή ασθενούς αποτελεσματικότητας της αγοράς, η μορφή ημι-ισχυρής αποτελεσματικότητας της αγοράς και η μορφή της ισχυρής αποτελεσματικότητας της αγοράς. Σε κάθε μορφή της, ο Fama υποστηρίζει πως δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης των ιστορικών τιμών για δημιουργία υπερκερδών στην αγορά, καθώς αυτές οι πληροφορίες αντικατοπτρίζονται ήδη στη τιμή της κάθε μετοχής. Παρόλα αυτά, λόγω διάφορων δυσλειτουργιών των αγορών τις οποίες έχουν αναλύσει ερευνητές όπως οι (Cohen et al, 1986) και οι (Hong et al, 2007), μπορούν σε διάφορες περιπτώσεις τα αποτελέσματα για τις αυτοσυσχετίσεις να οδηγήσουν σε σημαντικά συμπεράσματα.

Ο τύπος για τον υπολογισμό της αυτοσυσχέτισης είναι:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y}) * (y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (4.1)$$

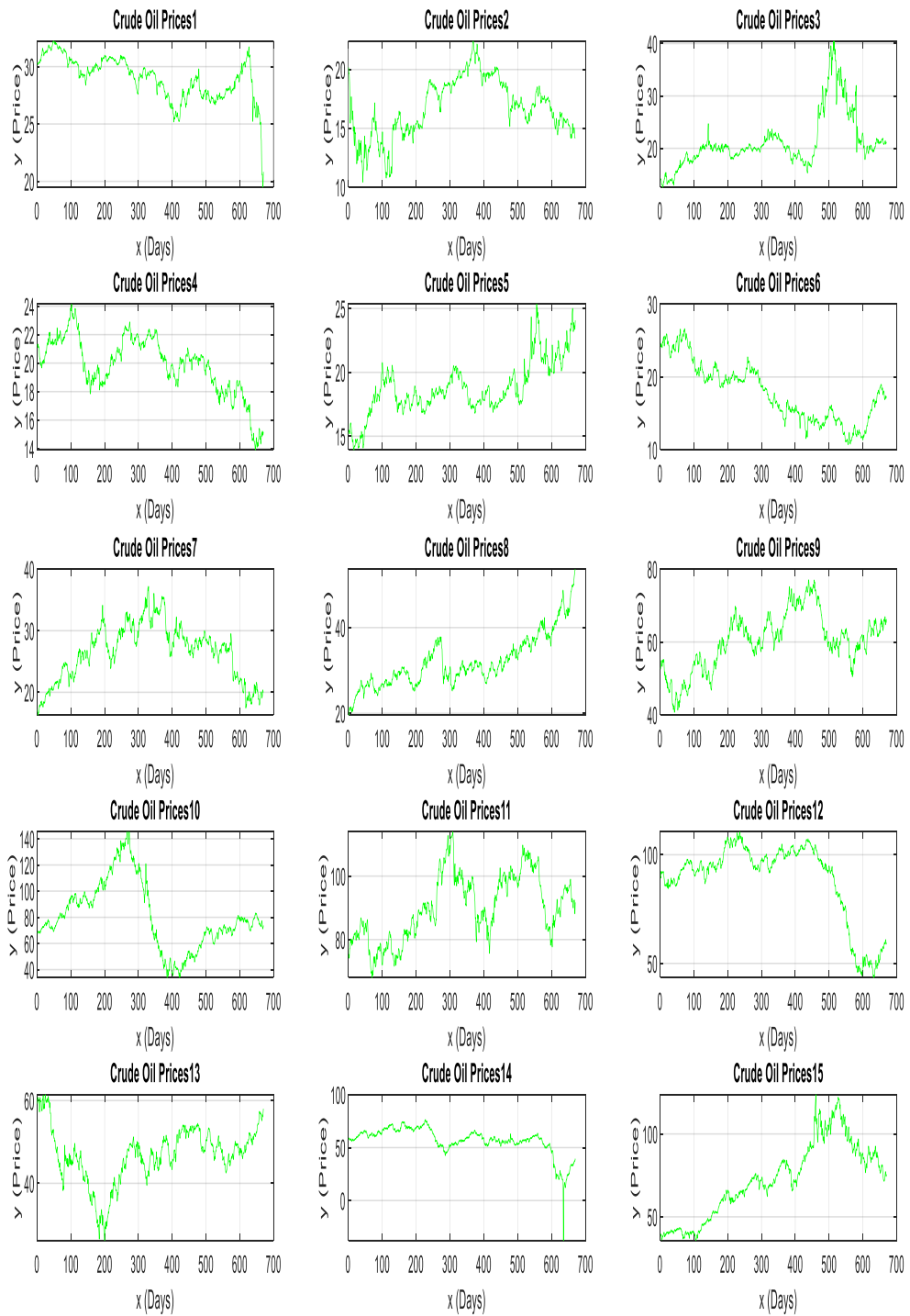
Για να υπολογίσουμε τις αυτοσυσχετίσεις για τα ΣΜΕ του αργού πετρελαίου του West Texas Intermediate, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα MATLAB.

## 5.2 ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Για να υπολογίσουμε τις αυτοσυσχετίσεις των ΣΜΕ του πετρελαίου πήραμε τις ημερήσιες τιμές του WTI από τις 25/05/1983 έως τις 19/12/2022 και τις χωρίζουμε σε 15 ίσα μέρη, από 670 μέρες το καθένα. Οι ημερομηνίες χωρίζονται σε:

- 25/05/1983-27/01/1986 (1)
- 28/01/1986-26/09/1988 (2)
- 27/09/1988-24/05/1991 (3)
- 28/05/1991-24/01/1994 (4)
- 25/01/1994-24/09/1996 (5)
- 25/09/1996-26/05/1999 (6)
- 27/05/1999-05/02/2002 (7)
- 06/02/2002-11/10/2004 (8)
- 12/10/2004-13/06/2007 (9)
- 14/06/2007-09/02/2010 (10)
- 10/02/2010-04/10/2012 (11)
- 05/10/2012-08/05/2015 (12)
- 11/05/2015-22/11/2017 (13)
- 23/11/2017-05/06/2020 (14)
- 08/06/2020-19/12/2022 (15)

Στο Γράφημα 4.1 βλέπουμε τις χρονοσειρές του πετρελαίου χωρισμένες ανά ημερομηνία.



Γράφημα 4.1: Τιμές ΣΜΕ Χωρισμένες Ανά Περιόδους

Στη πρώτη χρονοσειρά για τη περίοδο 25/05/1983-27/01/1986, παρατηρούμε μια σταθερή σχετικά τιμή των ΣΜΕ του πετρελαίου, μέχρι το τέλος του 1985 που επέρχεται μια σχεδόν κατακόρυφη πτώση των τιμών, από την τιμή 30 δολαρίων ανά βαρέλι να φτάνει κάτω από 20.

Στη δεύτερη χρονοσειρά η πτώση των τιμών συνεχίζεται φτάνοντας ακόμη και στα 10 δολάρια ανά βαρέλι, στη μέση της περιόδου 28/01/1986-26/09/1988 φτάνει στα 20 δολάρια και τον Σεπτέμβρη του 1988 κυμαίνεται περίπου στα 15 δολάρια ανά βαρέλι.

Η τρίτη χρονοσειρά, η οποία καλύπτει τη περίοδο από 27/09/1988-24/05/1991, έχει μικρές διακυμάνσεις μέχρι να φτάσει στις 11/10/1990 τα 40 δολάρια ανά βαρέλι, μα τον Μάη του 1991 επιστρέφει κοντά στα 20 δολάρια ανά βαρέλι.

Η τέταρτη χρονοσειρά από 28/05/1991-24/01/1994 παρατηρούμε μικρές σε σχέση με τις προηγούμενες περιόδους μεταβολές, με την τιμή των ΣΜΕ να κυμαίνονται από 24 έως και 14 δολάρια ανά βαρέλι, και στην αρχή του 1994 να έχει περίπου 15 δολάρια ανά βαρέλι.

Η πέμπτη χρονοσειρά καλύπτει τη περίοδο από 25/01/1994-24/09/1996, η οποία ήταν περίοδος σταθερής ανόδου των τιμών των ΣΜΕ του πετρελαίου φτάνοντας τον Σεπτέμβρη του 1996 στα 25 δολάρια ανά βαρέλι.

Η έκτη χρονοσειρά καλύπτει τη περίοδο 25/09/1996-26/05/1999 και παρατηρούμε πως η τάση της ήταν πτωτική, φτάνοντας στον Μάη του 1999 στα 18 δολάρια ανά βαρέλι.

Η έβδομη χρονοσειρά είχε μεγαλύτερες διακυμάνσεις σε σχέση με τις προηγούμενες, αφού από τις 27/05/1999-05/02/2002 η τιμή έφτασε από τα 20 δολάρια στα 38, με τον Φλεβάρη του 2002 η τιμή ήταν σχεδόν στο ίδιο επίπεδο από όπου ξεκίνησε, δηλαδή στα 20 δολάρια ανά βαρέλι.

Η όγδοη χρονοσειρά είδε τη τιμή να υπερδιπλασιάζεται από το 06/02/2002-11/10/2004 και να φτάνει στα 55 δολάρια ανά βαρέλι μέχρι το τέλος του 2004.

Στην ένατη χρονοσειρά, η οποία κάλυπτε από τις 12/10/2004-13/06/2007, η τιμή των ΣΜΕ του πετρελαίου έφτασε σχεδόν στα 80 δολάρια ανά βαρέλι, τιμή πολλαπλάσια από τις τιμές που επικρατούσαν μέχρι εκείνη τη περίοδο. Σταθεροποιήθηκε η τιμή όμως γύρω στα 60 δολάρια.

Στη δέκατη χρονοσειρά, στις αρχές της μεγάλης κρίσης του 21<sup>ου</sup> αιώνα, από τις 14/06/2007-09/02/2010, η τιμή είχε τεράστιες διακυμάνσεις, και έφτασε στα μεγαλύτερα επίπεδα που είχε φτάσει ποτέ. Στις 03/07/2008, η τιμή των ΣΜΕ του αργού πετρελαίου στο WTI έφτασε στα 145.29 δολάρια, τιμή την οποία δεν έχει ξεπεράσει μέχρι σήμερα. Στα τέλη της περιόδου η τιμή έμεινε στα 73 δολάρια ανά βαρέλι.

Στην ενδέκατη χρονοσειρά είχαμε μεγάλες και απότομες διακυμάνσεις, όσο οι αγορές προσπαθούσαν να επανέλθουν από τη κρίση, ξεπερνώντας ούτε λίγο ούτε πολύ 3 φορές τα 100 δολάρια ανά βαρέλι, πέφτοντας άλλες τόσες κάτω από 80 δολάρια.

Η δωδέκατη χρονοσειρά κάλυπτε τη περίοδο από τις 05/10/2012-08/05/2015, και η τιμή των ΣΜΕ του πετρελαίου παρέμεινε σταθερή για τη μεγαλύτερη διάρκειά της κοντά στα 100 δολάρια, προτού πέσει ραγδαία στα 50 δολάρια ανά βαρέλι.

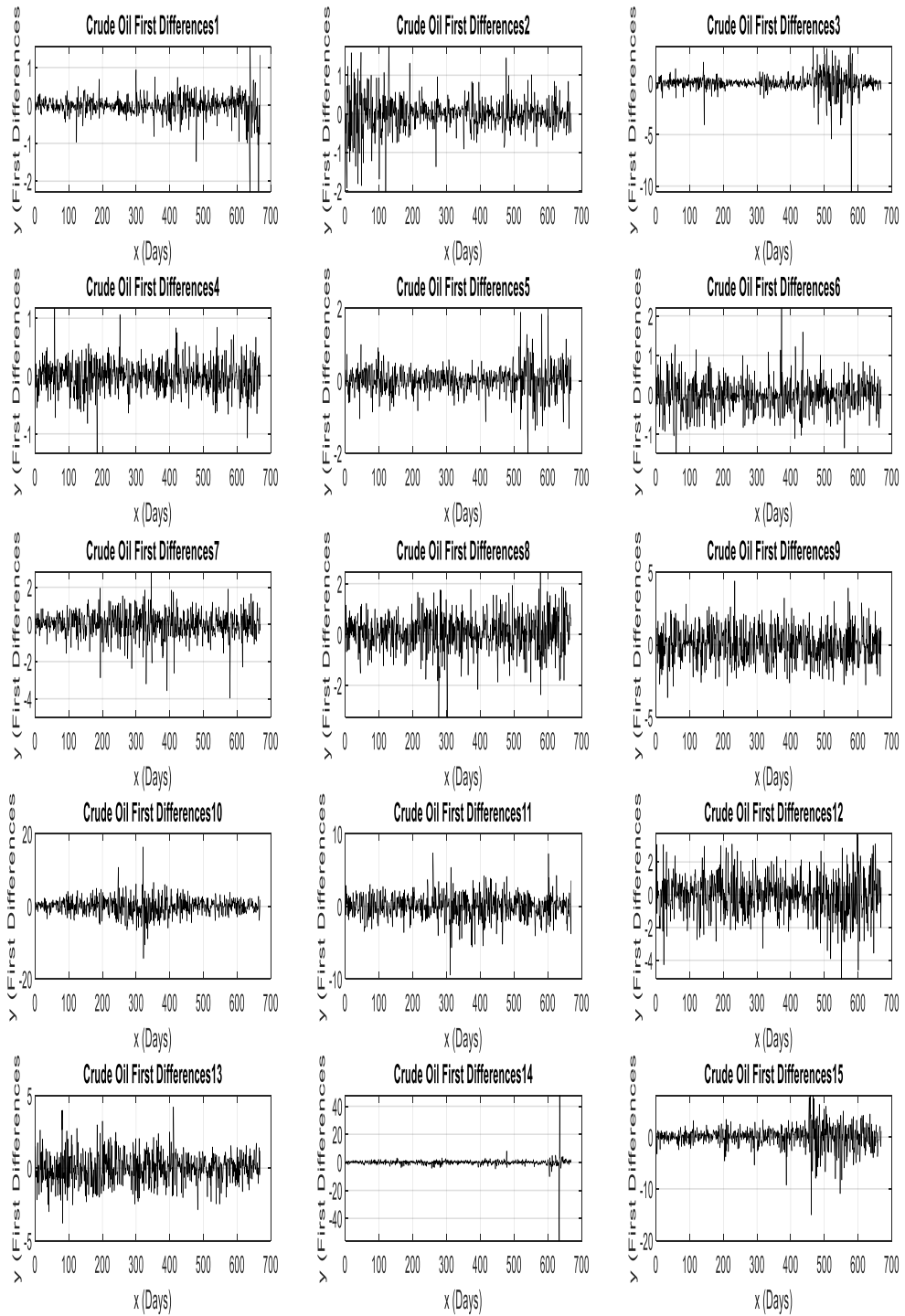
Στη δέκατη τρίτη χρονοσειρά, από τις 11/05/2015-22/11/2017, η τιμή έφτασε κοντά στα 30 δολάρια ανά βαρέλι προτού φτάσει στα επίπεδα της αρχής της περιόδου, δηλαδή γύρω στα 60 δολάρια ανά βαρέλι.

Η δέκατη τέταρτη χρονοσειρά είχε μια πολύ ενδιαφέρουσα πορεία, καθώς ήταν σταθερά γύρω από τα 50 δολάρια προτού, για πρώτη φορά στην ιστορία, πωληθούν στις 20/04/2020 συμβόλαια, λόγω αναγκασμού να πωληθούν κάποια συμβόλαια εκείνη τη μέρα, η προσφορά των ΣΜΕ ήταν τόσο μεγάλη που η τιμή έκλεισε στα -37,63 δολάρια ανά βαρέλι. Φυσικά αυτό ήταν ένα σπάνιο φαινόμενο το οποίο δεν επαναλήφθηκε.

Η δέκατη πέμπτη και τελευταία μας χρονοσειρά καλύπτει τη περίοδο από 08/06/2020-19/12/2022, εν μέσω του κορονοϊού, και παρατηρούμε πως η τιμή είχε μια ανοδική πορεία μέχρι να ξεπεράσει τα 110 δολάρια ανά βαρέλι, λόγω της εισβολής της Ρωσίας στην Ουκρανία.

Στο τέλος της συνολικής περιόδου που μελετάμε, η τιμή των ΣΜΕ του αργού πετρελαίου WTI ήταν στα 75,62 δολάρια ανά βαρέλι.

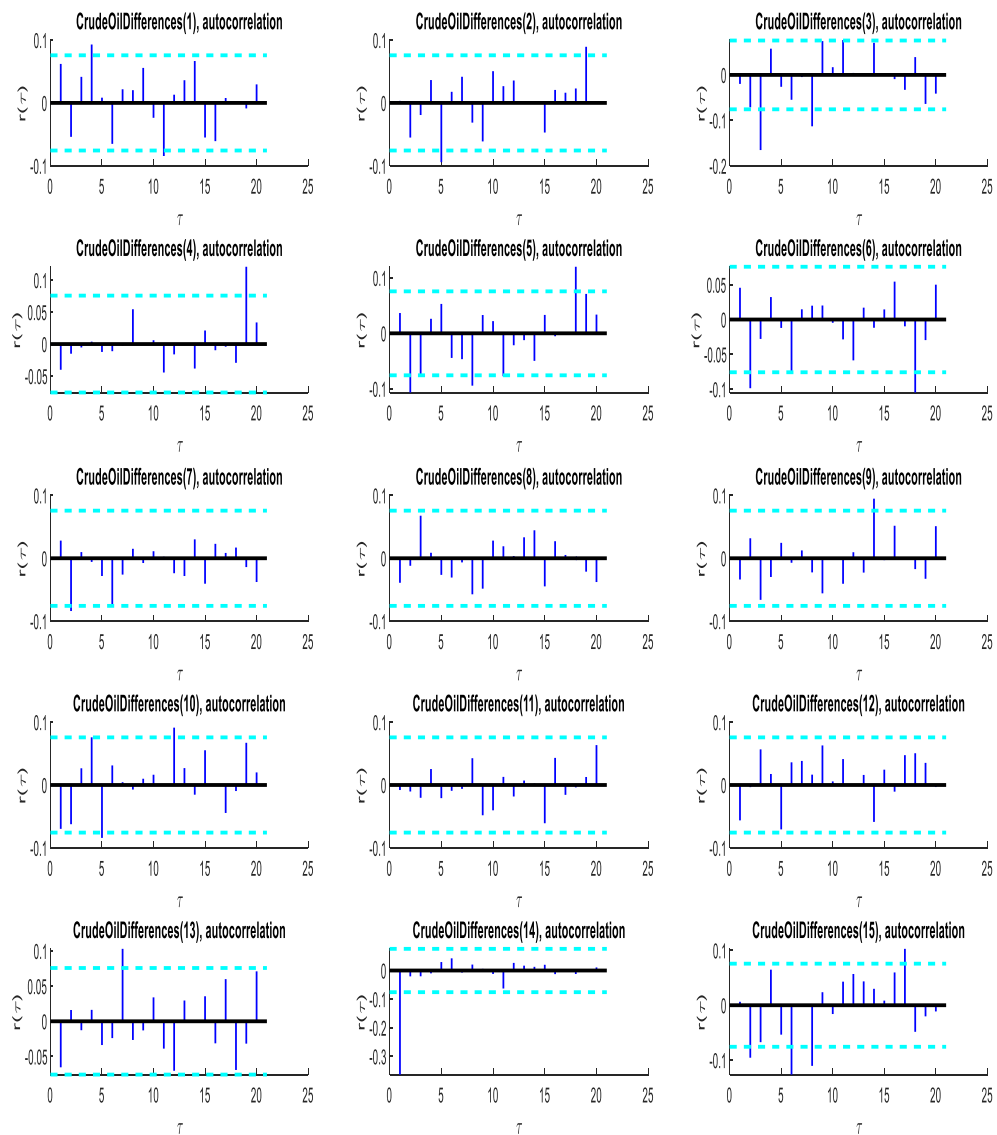
Στο Γράφημα 4.2 έχουμε διαμορφώσει τις χρονοσειρές που είδαμε στα γράφημα 4.1 σε πρώτες διαφορές, ώστε να κανονικοποιήσουμε τα δεδομένα μας για να προβούμε στην γραμμική ανάλυσή τους.



Γράφημα 4.2: Πρώτες Διαφορές Χρονοσειρών Πετρελαίου

Παρατηρούμε ότι ανά περιόδους, οι διακυμάνσεις των πρώτων διαφορών ανάμεσα στις χρονοσειρές που εξετάζουμε διαφέρουν αρκετά και δεν μπορούμε, τουλάχιστον με το μάτι να διακρίνουμε κάποια ιστορικότητα που να μας βοηθούσε στη πρόβλεψη.

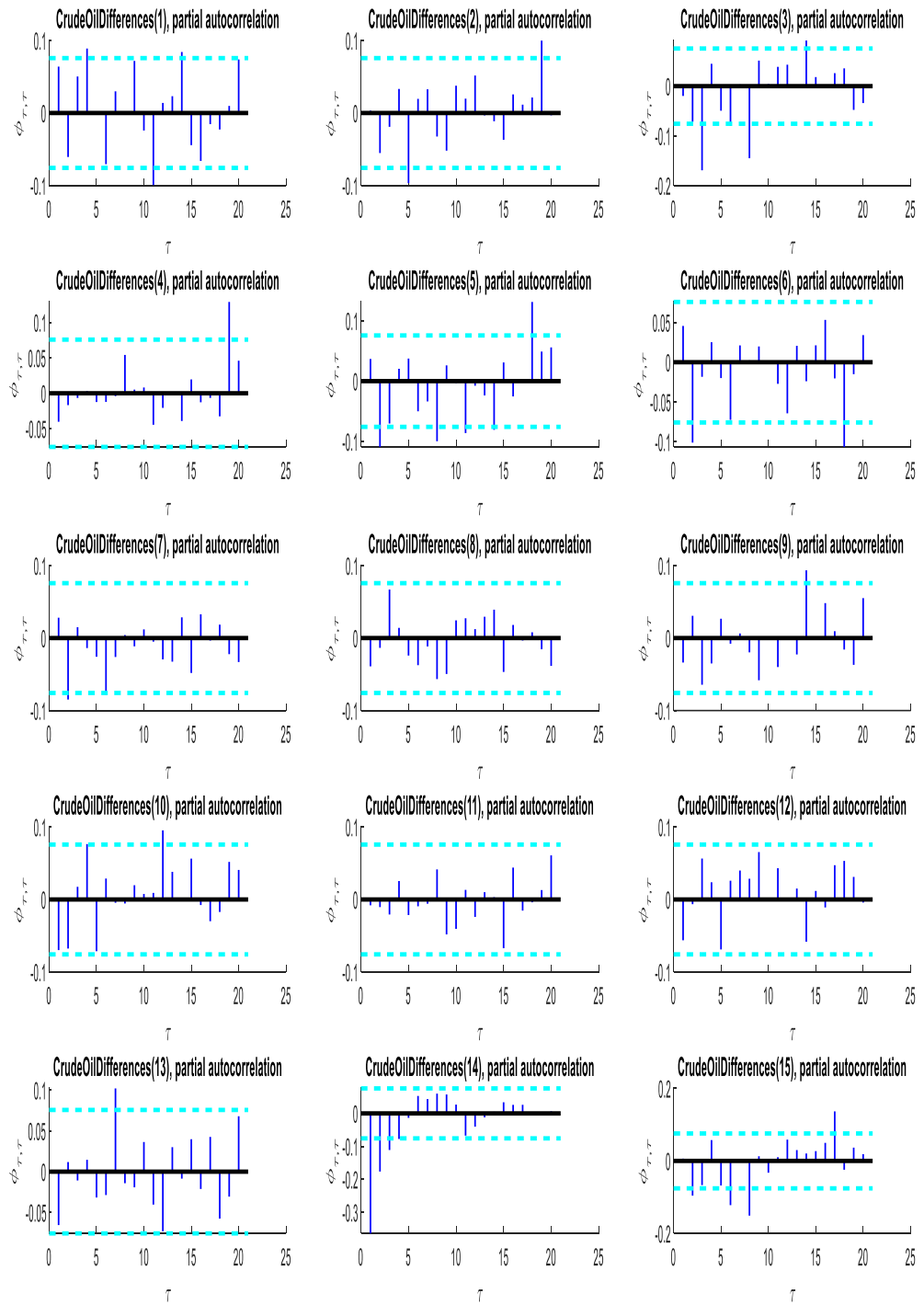
Έχοντας διαμορφώσει τα δεδομένα μας, χρησιμοποιώντας το MATLAB, βρίσκουμε την αυτοσυσχέτιση της κάθε χρονοσειρές. Τα αποτελέσματα βλέπουμε στο Γράφημα 4.3.



Γράφημα 4.3: Αυτοσυσχετίσεις Χρονοσειρών

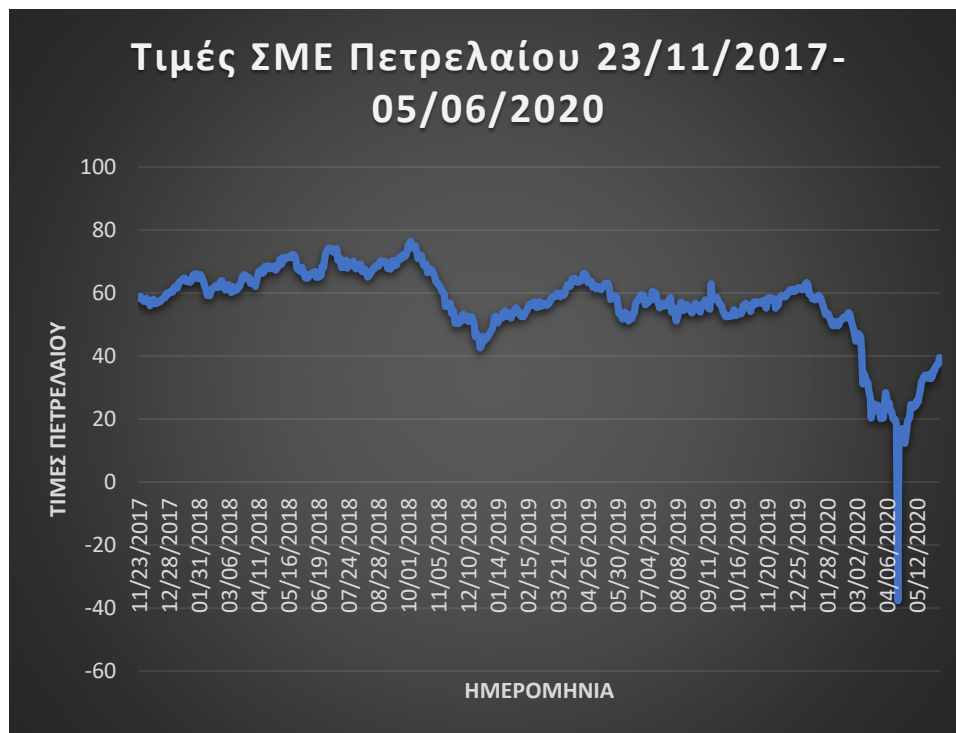
Για τα αποτελέσματά μας έχουμε θέσει επίπεδο εμπιστοσύνης ίσο με 5%. Παρατηρούμε πως οι περισσότερες χρονοσειρές δεν παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση, με λίγες από αυτές να ξεπερνούν ελάχιστα το δείκτη στατιστικής σημαντικότητας δίχως όμως αυτό να επιφέρει κάποιο από αποτέλεσμα. Η μοναδική χρονοσειρά που επιδεικνύει ξεκάθαρα θετικά αποτελέσματα για αυτοσυσχέτιση είναι η χρονοσειρά 14, που καλύπτει τη περίοδο από 23/11/2017-05/06/2020.

Συνεχίζοντας την ανάλυσή μας, βρίσκουμε τη μερική αυτοσυσχέτιση για κάθε χρονοσειρά με τη βοήθεια του MATLAB. Η μερική αυτοσυσχέτιση υπολογίζει τη συσχέτιση μεταξύ του κάθε lag με τον αρχικό χρόνο, δίχως να λαμβάνει υπόψιν τη συσχέτιση των lags που βρίσκονται ανάμεσα σε αυτά. Τα αποτελέσματα τα παρατηρούμε στο Γράφημα 4.4.



Γράφημα 4.4: Μερικές-Αυτοσυσχετίσεις Χρονοσειρών

Στα αποτελέσματα των μερικών αυτοσυσχετίσεων παρατηρούμε ότι για τη χρονοσειρά 14 έχουμε ξεκάθαρα στατιστικά σημαντικά θετικά αποτελέσματα. Στο Γράφημα 4.5 βλέπουμε απομονωμένη τη χρονοσειρά των τιμών για τη περίοδο 23/11/2017-05/06/2020.



Γράφημα 4.5: Τιμές ΣΜΕ Πετρελαίου 23/11/2017-05/06/2020

Για να ελέγξουμε ποιες χρονοσειρές έχουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, κάνουμε στο MATLAB το Ljung-Box test, το οποίο υπολογίζεται με τον τύπο (4.2).

$$Q' = n * (n + 2) \sum_{k=1}^{h-1} \frac{r_k^2}{(n-k)} \quad (4.2)$$

όπου:

$Q'$  είναι το στατιστικό Ljung-Box.

$n$  είναι ο αριθμός των δεδομένων.

$h$  είναι το μέγεθος από το σετ των αυτοσυσχετίσεων που χρησιμοποιήθηκε ώστε να υπολογιστεί το στατιστικό, και

$r_k$  είναι η αυτοσυσχέτιση με lag  $k$ .

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η χρονοσειρά 14 είναι η μοναδική για την οποία η αυτοσυσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική για κάθε lag. Από αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε πως σε διαφορετικές περιόδους, ειδικά σε εκείνες τις οποίες συμβαίνουν πράγματα ασυνήθιστα στις αγορές, οι ιδιότητες της χρονοσειράς αλλάζουν σε τέτοιο βαθμό, που μπορούμε ακόμη και να προβλέψουμε τις τιμές για αυτές τις συγκεκριμένες περιόδους σε αρκετά καλύτερο βαθμό από ότι μπορούμε να προβλέψουμε τιμές του ίδιου χρηματοοικονομικού προϊόντος σε διαφορετική περίοδο.

### 5.3 ΕΚΘΕΤΕΣ LYAPUNOV ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Διάφοροι επιστήμονες έχουν ασχοληθεί με το εάν οι χρονοσειρές στο χρηματιστήριο παρουσιάζουν χαοτική συμπεριφορά. Οι Wang, Chen και Lu (2004) βρίσκουν χρησιμοποιώντας τους εκθέτες Lyapunov ότι κάποιες χρονοσειρές στο χρηματιστήριο του Πεκίνου παρουσιάζουν χαοτική συμπεριφορά, ενώ άλλες όχι. Ενδιαφέρον λοιπόν θα είναι να ερευνήσουμε εάν μέσα στην ίδια χρονοσειρά μπορεί να αλλάζει κάτι τόσο θεμελιώδες ανά περιόδους, που η ίδια χρονοσειρά θα έχει χαοτική συμπεριφορά σε κάποιες περιόδους, ενώ σε άλλες όχι.

Οι Soloviev et al. (2020) διερεύνησαν εάν μπορούν οι συντελεστές Lyapunov να χρησιμοποιηθούν για τη πρόβλεψη κάποιας επικείμενης κρίσης στις αγορές, και βρίσκουν ότι μπορούν να κατασκευαστούν δείκτες με βάση αυτούς που να προβλέπουν τις κρίσεις στις χρηματοοικονομικές αγορές.

Για τις δεκαπέντε χρονοσειρές χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα MATLAB ώστε να διαπιστώσουμε εάν κάθε μια εκ των χρονοσειρών μας παρουσιάζει χαοτική συμπεριφορά. Όταν ο συντελεστής Lyapunov είναι θετικός (Lyapunov, 1992), μας παραπέμπει στο να συμπεράνουμε πως η χρονοσειρά μας επιδεικνύει χαοτική συμπεριφορά. Τα αποτελέσματα τα βλέπουμε στον Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Συντελεστές Lyapunov

Περίοδος Χρονοσειράς	Συντελεστής Lyapunov	Χαοτική Συμπεριφορά
25/05/1983-27/01/1986	0,13671367	Ναι
28/01/1986-26/09/1988	-0,48889227	Όχι
27/09/1988-24/05/1991	-0,29835547	Όχι
28/05/1991-24/01/1994	-0,02463869	Όχι
25/01/1994-24/09/1996	-0,22081283	Όχι
25/09/1996-26/05/1999	-0,04648040	Όχι
27/05/1999-05/02/2002	-0,43101856	Όχι
06/02/2002-11/10/2004	0,11145026	Ναι
12/10/2004-13/06/2007	-0,32418746	Όχι
14/06/2007-09/02/2010	-0,23428825	Όχι
10/02/2010-04/10/2012	-0,72237243	Όχι
05/10/2012-08/05/2015	-0,09670543	Όχι
11/05/2015-22/11/2017	-0,13792119	Όχι
23/11/2017-05/06/2020	-0,03296280	Όχι
08/06/2020-19/12/2022	-0,12221122	Όχι

Βάσει των συντελεστών Lyapunov παρατηρούμε ότι τα ΣΜΕ πετρελαίου του WTI παρουσιάζουν χαοτική συμπεριφορά σε δύο από τις δεκαπέντε χρονικές περιόδους στις οποίες τα χωρίσαμε. Αυτές: (α) είναι η πρώτη περίοδος, που καλύπτει από τις 25/05/1983 έως τις 27/01/1986 και (β) η όγδοη περίοδος, που καλύπτει από τις 06/02/2002 έως τις 11/10/2004. Όλες οι υπόλοιπες χρονοσειρές φαίνεται να μην παρουσιάζουν χαοτική συμπεριφορά.

Όπως και με τη προηγούμενη έρευνα που αναφέραμε (Wang et al., 2014), διαφορετικές χρονοσειρές στο χρηματιστήριο φαίνεται να έχουν διαφορετικές ιδιότητες, αλλά όπως φαίνεται, χρονοσειρές του ίδιου χρηματοοικονομικού προϊόντος μπορεί να αλλάξουν ιδιότητες, και ενώ σε κάποιες περιόδους να επιδεικνύουν χαοτική συμπεριφορά, σε άλλες όχι. Στη πλειονότητά τους, οι χρονοσειρές των ΣΜΕ του πετρελαίου φαίνεται να μην παρουσιάζουν χαοτική συμπεριφορά.

## 5.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ HURST

Ο συντελεστής Hurst (1951) χρησιμοποιείται ώστε να υπολογιστεί η μακροπρόθεσμη μνήμη μιας χρονοσειράς. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την υδρολογία και πήρε την ονομασία

του από τον Harold Edwin Hurst, ο οποίος ήταν ο επιστήμονας που ασχολήθηκε με αυτό το θέμα. Για τις χρονοσειρές στο χρηματιστήριο, υπολογίζοντας τον συντελεστή Hurst μπορούμε να δούμε εάν μια μικρή (μεγάλη) μεταβολή στη τιμή της χρονοσειράς ακολουθείται από μια μικρή (μεγάλη) τιμή ή το αντίστροφο.

Πολλές έρευνες έχουν γίνει για την ανάλυση της μακροχρόνιας μνήμης χρονοσειρών στο χρηματιστήριο, τόσο σε Ευρωπαϊκά χρηματιστήρια (Střelec, 2008), όσο και στο χρηματιστήριο της Αυστραλίας (Selvaratnam, 2006) και στο χρηματιστήριο της Κίνας (Cao et al., 2014).

Εμείς συνεχίζουμε την έρευνά μας για τη δυναμική της χρονοσειράς μας με το να συγκρίνουμε τις τιμές του συντελεστή Hurst ανά περιόδους, βλέποντας έτσι πόσο μπορούν να αλλάξουν τα θεμέλια των ΣΜΕ του πετρελαίου ανά τα χρόνια. Τα αποτελέσματα βλέπουμε στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.1: Συντελεστές Hurst

Περίοδος Χρονοσειράς	Συντελεστής Hurst	0<H<0.5 H 0.5<H<1
25/05/1983-27/01/1986	0,52540022	0.5<H<1
28/01/1986-26/09/1988	0,49537341	0<H<0.5
27/09/1988-24/05/1991	0,42610954	0<H<0.5
28/05/1991-24/01/1994	0,49151010	0<H<0.5
25/01/1994-24/09/1996	0,46864732	0<H<0.5
25/09/1996-26/05/1999	0,51379227	0.5<H<1
27/05/1999-05/02/2002	0,45636771	0<H<0.5
06/02/2002-11/10/2004	0,49782363	0<H<0.5
12/10/2004-13/06/2007	0,47241238	0<H<0.5
14/06/2007-09/02/2010	0,51426569	0.5<H<1
10/02/2010-04/10/2012	0,48680710	0<H<0.5
05/10/2012-08/05/2015	0,52827256	0.5<H<1
11/05/2015-22/11/2017	0,49271440	0<H<0.5
23/11/2017-05/06/2020	0,51075060	0.5<H<1
08/06/2020-19/12/2022	0,43538818	0<H<0.5

Παρατηρούμε στα αποτελέσματά μας ότι ο συντελεστής Hurst αλλάζει, αν και όχι σε μεγάλο βαθμό, ανά περιόδους. Όταν ο συντελεστής Hurst κυμαίνεται στο διάστημα  $0 < H < 0.5$ , αυτό σημαίνει πως μάλλον υπάρχουν εναλλαγές στη μεταβολή των τιμών, που σημαίνει πως μια μεγάλη μεταβολή στη τιμή ακολουθείται από μια μικρότερη και το αντίστροφο. Εάν αντιθέτως ο συντελεστής Hurst κυμαίνεται στο διάστημα  $0.5 < H < 1$  τότε αυτό σημαίνει πως μια μεγάλη μεταβολή στη τιμή ακολουθείται από μια μεγαλύτερη.

Βλέπουμε ότι σε δέκα περιόδους, πιο συγκεκριμένα στις περιόδους με αύξοντα αριθμό 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15 ο συντελεστής Hurst είναι στο διάστημα  $0 < H < 0.5$ , ενώ στις περιόδους με αύξοντα αριθμό 1, 6, 10, 12, 14 είναι στο διάστημα  $0.5 < H < 1$ .

Όλες οι τιμές κυμαίνονται γύρω από το 0,5. Όταν ο συντελεστής Hurst ισούται με 0,5 σημαίνει πως η χρονοσειρά μας είναι ασυσχέτιστη (Hurst, 1951), αλλά όπως βλέπουμε στα αποτελέσματά μας, σε διάφορες περιόδους οι τιμές είναι σημαντικές και χρήσιμες για πιθανές προβλέψεις. Η χαμηλότερη τιμή του συντελεστή Hurst είναι στη τρίτη περίοδο 27/09/1988-24/05/1991 με τιμή 0,42610954, και η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή Hurst τη συναντάμε στη δωδέκατη περίοδο 05/10/2012-08/05/2015 με τιμή 0,52827256. Παρατηρώντας το Γράφημα 4.1, βλέπουμε σημαντική διαφορά στη συμπεριφορά των χρονοσειρών 3 και 12, με τη τρίτη χρονοσειρά να έχει απότομες μεταβολές αλλά να καταλήγει σε παρόμοιο επίπεδο στο τέλος της περιόδου σε σχέση με την αρχή, ενώ στη δωδέκατη χρονοσειρά η τιμή της καταλήγει σχεδόν στο μισό από αυτό που ξεκίνησε.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χρηματοοικονομικές αγορές είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και απρόβλεπτες. Πολλές έρευνες γίνονται ετησίως με σκοπό να βελτιωθεί η κατανόηση των λειτουργιών και των συμπεριφορών των αγορών όπως των Bollen et al. (2011), van Rooij et al. (2011) και Baur et al. (2010). Στην προσπάθεια να βελτιστοποιηθούν οι προβλέψεις υπάρχουν πολλά εργαλεία που βοηθούν να επιτευχθεί αυτός ο στόχος. Οι συσχετίσεις των πρώτων διαφορών από μετοχές εταιριών μπορούν να δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για την λειτουργία των αγορών αλλά και να βοηθήσουν στην πρόβλεψη των τιμών. Η αιτιότητα κατά Granger είναι ένα εργαλείο που βοηθά να παρατηρηθούν οι τιμές των μετοχών που μπορεί να είναι χρήσιμες για την πρόβλεψη άλλων μετοχών.

Πολλές έρευνες έχουν ασχοληθεί με την ύπαρξη διασυσχέτισης μεταξύ μετοχών σε διάφορες αγορές, εάν η τυχούσα ύπαρξη των διασυσχετίσεων είναι σταθερή ή αλλάζει στο χρόνο και με πιθανά συμπεράσματα που μπορούν να δημιουργηθούν με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών. Στην εργασία τους οι Yin-Wong et al. (1996) διερευνούν εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ημερήσιων αποδόσεων στον δείκτη Nikkei 225 της Ιαπωνίας και τον δείκτη

Standard & Poors 500 των Ηνωμένων Πολιτειών και βρίσκουν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους. Διερευνώντας την αιτιότητα κατά Granger βρίσκουν ότι μπορούν να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες από την αλληλεπίδραση των χρονοσειρών. Οι Ramch & Susmel (1998) βρίσκουν στην έρευνά τους ότι οι συσχετίσεις των ξένων αγορών γίνονται περισσότερο συσχετισμένες με την αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών σε περιόδους που αυτή έχει μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές της. Ο Mantegna (1999) βρίσκει πως υπάρχουν διασυσχετίσεις μεταξύ των μετοχών του δείκτη Dow Jones και Standard & Poors 500 και ότι υπάρχουν χρονικές μεταβολές σε αυτές τις συσχετίσεις. Ο Andrzej Buda (2010) βρίσκει στην έρευνά του ισχυρές, ασθενείς αλλά και αντίστροφες διασυσχετίσεις και ότι αυτές αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου ανάλογα με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εταιριών. Οι Borysov & Balatsky (2014) χρησιμοποιώντας την συνάρτηση διασυσχέτισης σε 71 τιμές μετοχών, βρίσκουν πως υπάρχει μεταβολή της διασυσχέτισης μεταξύ χρονικών περιόδων και πως δημιουργούνται χαρακτηριστικές τάσεις στις συσχετίσεις κοντά στις καταρρεύσεις του χρηματιστηρίου.

Στην παρούσα εργασία ερευνάμε εάν τα ΣΜΕ του πετρελαίου του WTI συσχετίζονται με τον δείκτη S&P 500, τα ΣΜΕ του Φυσικού Αερίου και τη πετρελαϊκή εταιρία Exxon Mobil. Τα δεδομένα μας καλύπτουν τη περίοδο από τις 31/12/2009 έως τις 19/12/2022. Για την ανάλυση χρησιμοποιούμε πρόγραμμα MATLAB.

## 6.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΔΕΙΚΤΗ

Ξεκινάμε την ανάλυσή μας αναλύοντας τη συσχέτιση των ΣΜΕ του πετρελαίου με τον δείκτη S&P 500. Αρχικά βρίσκουμε τον συντελεστή Pearson. Ο συντελεστής Pearson υπολογίζεται με την εξίσωση (5.1).

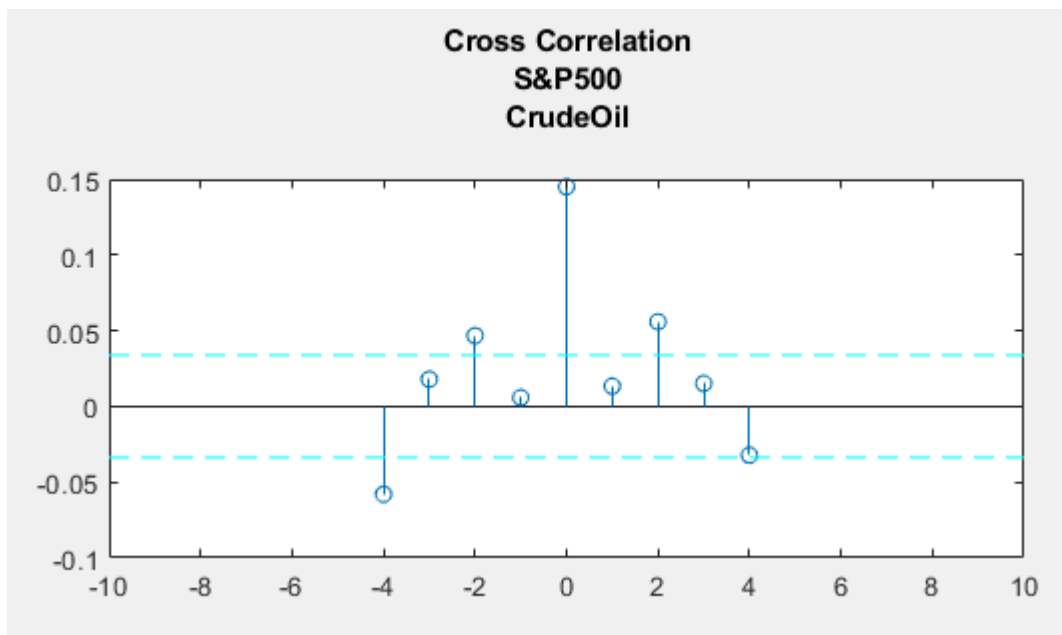
$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \quad (5.1)$$

Ο συντελεστής Pearson μεταξύ των ΣΜΕ του πετρελαίου και του δείκτη S&P 500 είναι 0.145 με τιμή p 2,37102e-17, οπότε είναι στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα.

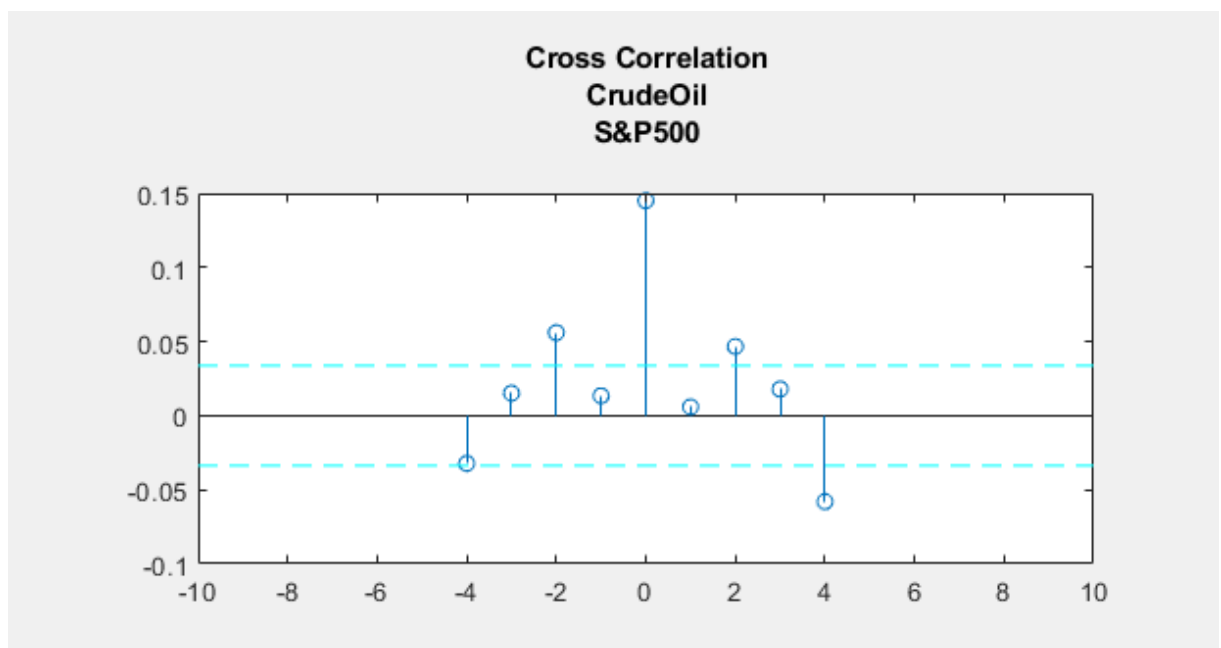
Ο συντελεστής διασυσχέτισης υπολογίζεται με την εξίσωση 5.2.

$$\rho_{i,j} = \frac{\gamma_{i,j}}{\sqrt{\sigma_i^2 \sigma_j^2}} \quad (5.2)$$

Τα αποτελέσματα για τη διασυσχέτιση μεταξύ των ΣΜΕ του πετρελαίου και του δείκτη S&P 500 και αντίστροφα φαίνονται στα Γραφήματα 5.1 και 5.2.



Γράφημα 5.1: Διασυσχέτιση S&P 500→ΣΜΕ Πετρελαίου



Γράφημα 5.2: Διασυσχέτιση ΣΜΕ Πετρελαίου→ S&P 500

Παρατηρούμε πως υπάρχει διασυσχέτιση μεταξύ των ΣΜΕ του πετρελαίου και του δείκτη S&P 500, το οποίο σημαίνει πως ίσως το ένα χρηματοοικονομικό προϊόν επηρεάζει άλλο. Για να διαπιστώσουμε εάν ισχύει αυτό υπολογίζουμε την αιτιότητα κατά Granger, η οποία δεν υπολογίζει καθαρά την αιτιότητα αλλά μάλλον εάν το ένα προϊόν βοηθά στη πρόβλεψη του άλλου.

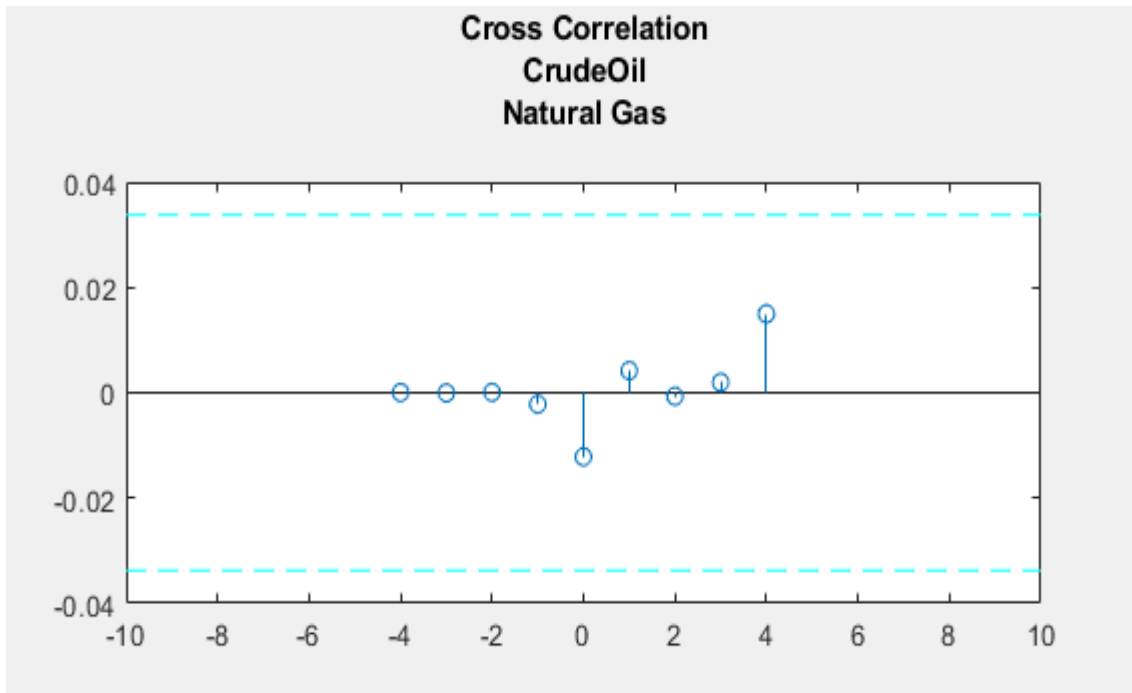
Η αιτιότητα κατά Granger είναι 0,005218271 για S&P 500→ΣΜΕ πετρελαίου, με τιμή  $p$  0,000153817, κάτι που σημαίνει πως αν και σε μικρό βαθμό, ο S&P 500 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να προβλεφθούν οι τιμές των ΣΜΕ του πετρελαίου.

Η αιτιότητα κατά granger για ΣΜΕ πετρελαίου→ S&P 500 είναι 0,00430611 με τιμή  $p$  0,000713707 οπότε φαίνεται πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα ΣΜΕ πετρελαίου για τη πρόβλεψη του δείκτη S&P 500.

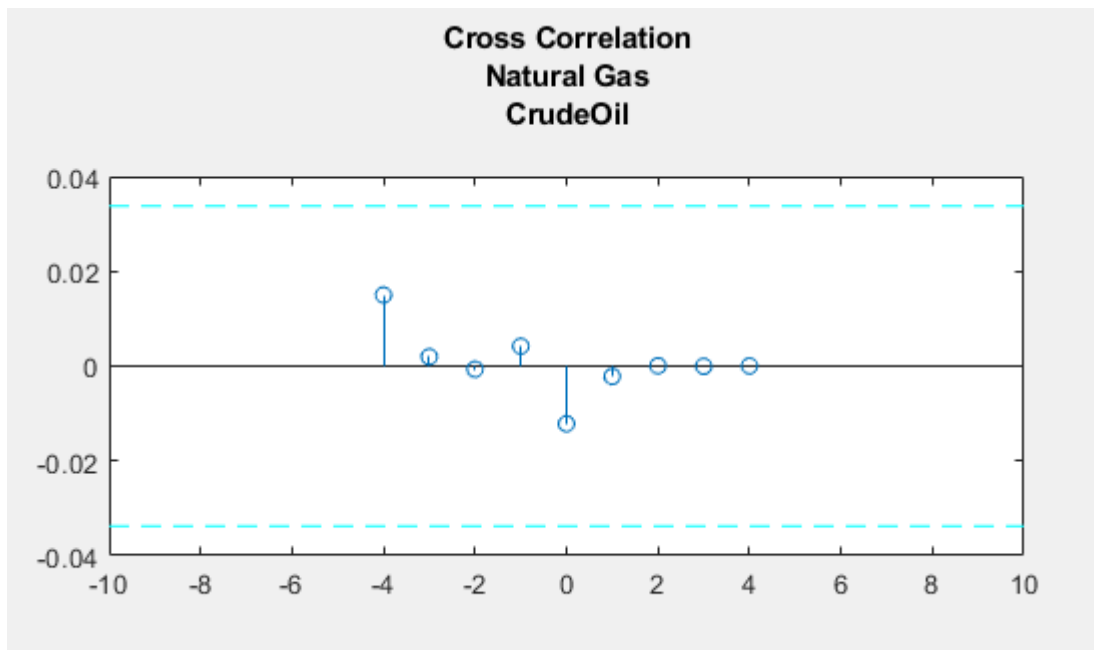
### 6.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το φυσικό αέριο είναι ένα παράγωγο προϊόν του αργού πετρελαίου και είναι φυσικό να υποθέτει κανείς πως υπάρχει μια σύνδεση ανάμεσα στα δύο χρηματοοικονομικά προϊόντα, δηλαδή τα ΣΜΕ του φυσικού αερίου και τα ΣΜΕ του πετρελαίου. Χρησιμοποιώντας τα ίδια ερευνητικά εργαλεία βρίσκουμε πως η συσχέτιση Pearson μεταξύ των δύο είναι -0,012186705, με τιμή  $p$  ίση με 0,47910199. Αυτό μας λέει ότι για επίπεδο εμπιστοσύνης 5% δεν βρίσκεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους.

Ο συντελεστής διασυσχέτισης φαίνεται στα Γραφήματα 5.3 και 5.4.



Γράφημα 5.3: Διασυσχέτιση ΣΜΕ Πετρελαίου→ ΣΜΕ Φυσικού Αερίου



Γράφημα 5.5: Διασυσχέτιση ΣΜΕ Φυσικού Αερίου→ ΣΜΕ Πετρελαίου

Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα είναι ξεκάθαρα, και πως δεν υπάρχει διασυσχέτιση μεταξύ των δύο προϊόντων, όπως βρήκαμε και με τον συντελεστή Pearson.

Συνεχίζουμε την ανάλυσή μας βρίσκοντας την αιτιότητα κατά Granger. Η τιμή για την αιτιότητα κατά Granger μεταξύ των ΣΜΕ Πετρελαίου→ ΣΜΕ Φυσικού Αερίου είναι  $1,9702888e-05$  με τιμή  $p=0,967393332$ . Οπότε βλέπουμε πως αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό για επίπεδο εμπιστοσύνης 5%.

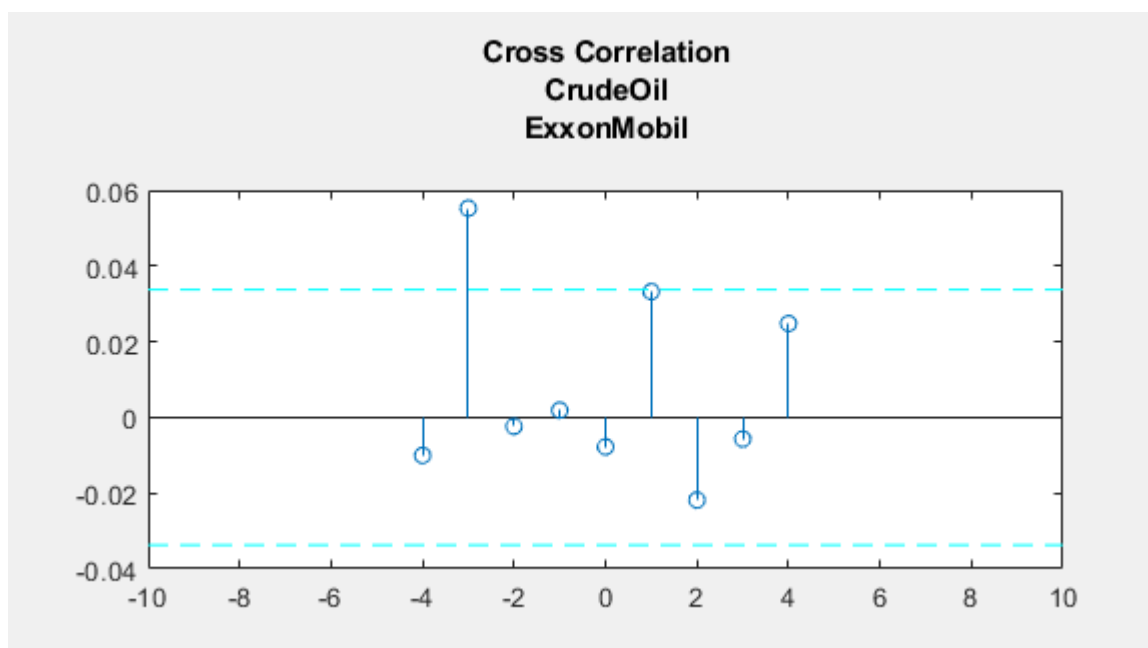
Για ΣΜΕ Φυσικού Αερίου→ ΣΜΕ Πετρελαίου η αιτιότητα κατά Granger είναι  $3,794523457e-06$ , με τιμή  $p=0,99363605$ . Δηλαδή παρατηρούμε πως δεν υπάρχει αιτιότητα κατά Granger από καμία πλευρά για τα δύο χρηματοοικονομικά μας προϊόντα.

## 6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ

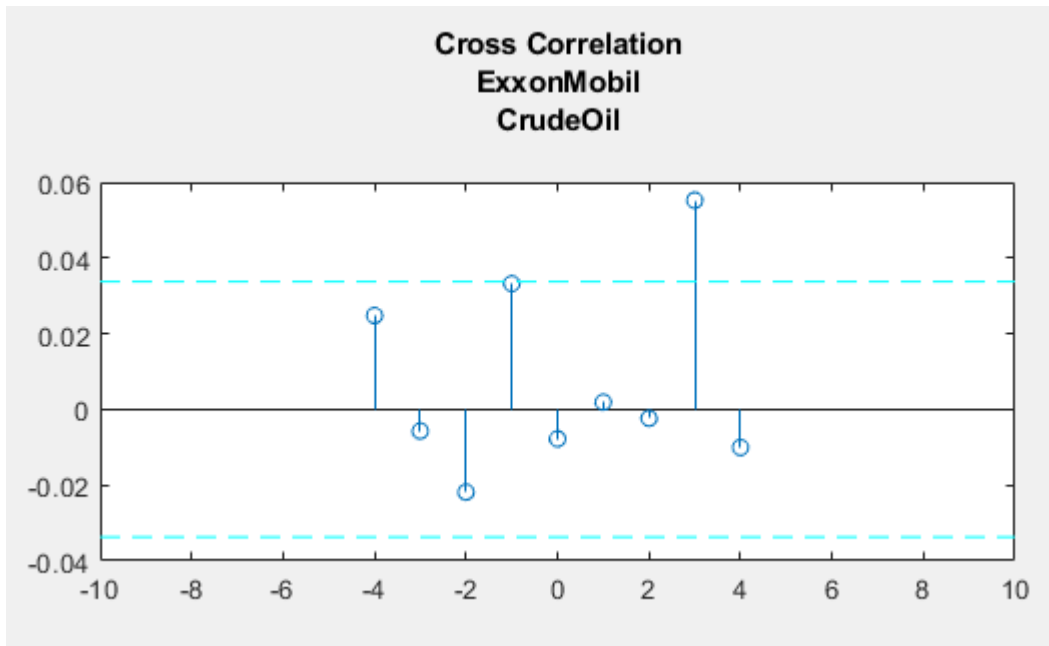
Τέλος, διερευνούμε εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ΣΜΕ πετρελαίου και μίας εκ των μεγαλύτερων πετρελαϊκών εταιριών στο κόσμο, την Exxon Mobil. Επιλέξαμε την Exxon Mobil καθώς όπως και τα ΣΜΕ πετρελαίου είναι για την WTI που βασίζεται στις ΗΠΑ, έτσι και η Exxon Mobil είναι εταιρία των ΗΠΑ.

Ο συντελεστής Pearson για τα δύο χρηματοοικονομικά προϊόντα είναι  $-0,00776842$  με τιμή  $p$  που ισούται με  $0,65188565$ , που όπως είδαμε και με τα ΣΜΕ φυσικού αερίου δεν παραπέμπει σε στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα.

Τα αποτελέσματα για τη διασυσχέτιση φαίνονται στα γραφήματα 5.5 και 5.6.



Γράφημα 5.5: Διασυσχέτιση ΣΜΕ Πετρελαίου→ Exxon Mobil



Γράφημα 5.6: Διασυσχέτιση Exxon Mobil→ ΣΜΕ Πετρελαίου

Στα Γραφήματα 5.5 και 5.6 παρατηρούμε πως ίσως υπάρχει διασυσχέτιση από την Exxon Mobil στα ΣΜΕ πετρελαίου. Για να διαπιστώσουμε εάν αυτή η διασυσχέτιση βοηθά στη προβλεψιμότητα διερευνούμε την αιτιότητα κατά Granger.

Η τιμή της αιτιότητας κατά Granger είναι 0,000154719 με τιμή  $p$  ίση με 0,770808694, που σημαίνει πως δεν υπάρχει αιτιότητα κατά Granger για ΣΜΕ Πετρελαίου→ Exxon Mobil

Για Exxon Mobil→ ΣΜΕ Πετρελαίου η τιμή της αιτιότητας κατά Granger είναι ίση με 0,001034012 με τιμή  $p=0,17556838$ , η οποία για επίπεδο εμπιστοσύνης 5% συμπεραίνουμε πως δεν είναι στατιστικά σημαντική.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως είδαμε το πετρέλαιο κατέχει μια πολύ σημαντική θέση στη παγκόσμια οικονομία. Η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών έχουν ως βάση τους για την ενέργεια το αργό πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Αναλύσαμε σε αυτή την εργασία τόσο τη παγκόσμια προσφορά και ζήτηση, καθώς και το πώς αυτές μεταβάλλονταν ανά τα χρόνια. Για τα ετήσια δεδομένα από το 1986 έως το 2020 πήραμε τις εξισώσεις που προσεγγίζουν αυτές σε σχέση με τις τιμές των ΣΜΕ του πετρελαίου, αναλύσαμε τη τιμή ισορροπίας και τη συμπεριφορά της ανάλογα με τις αρχικές συνθήκες. Συμπεραίνουμε πως τόσο η μορφή της τιμής όσο και η ίδια η τιμή

ισορροπίας αλλάζει ανάλογα με τα αρχικά δεδομένα, οπότε η αγορά του πετρελαίου παρουσιάζει μια πολυπλοκότητα η οποία μπορεί να κάνει τη πρόβλεψη τιμών του πετρελαίου από δύσκολη έως αδύνατη. Συνεχίσαμε την έρευνά μας παίρνοντας τη τιμή ισορροπίας που βρήκαμε και αναλύοντας τη χρονοσειρά για να διαπιστώσουμε τη συμπεριφορά των τιμών γύρω από αυτήν την τιμή ισορροπίας. Δεν βρέθηκε κάποιο ξεκάθαρο αποτέλεσμα, καθώς οι φορές που ξεπέρασε η χρονοσειρά των ΣΜΕ του πετρελαίου αυτή τη τιμή του πετρελαίου ήταν λίγες και χρονικά κοντά μεταξύ τους.

Έπειτα κάναμε γραμμική ανάλυση της χρονοσειράς των ΣΜΕ του πετρελαίου και, χωρίζοντας τη χρονοσειρά σε 15 περιόδους από τις 25/05/1983 έως τις 19/12/2022, βρήκαμε πως υπάρχει αυτοσυσχέτιση και μερική αυτοσυσχέτιση μόνο σε μία από τις 15 περιόδους, η οποία ήταν η 23/11/2017-05/06/2020. Αυτό μας λέει πως, αναλόγως με τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά και την παγκόσμια οικονομία τα δεδομένα της ίδιας χρονοσειράς μπορούν να αλλάξουν, και σε κάποιες περιόδους να μπορούν να γίνουν καλύτερες προβλέψεις σε σχέση με άλλες. Επίσης αναλύσαμε για κάθε περίοδο τους εκθέτες Lyapunov και είδαμε πως σε δέκα από τις δεκαπέντε περιόδους τις οποίες αναλύσαμε παρουσιάζεται χαοτική συμπεριφορά. Παρόμοια διακύμανση στα αποτελέσματα παρατηρήσαμε και με τον συντελεστή Hurst, ο οποίος έχει σημαντικές αποκλίσεις ανάλογα με τη περίοδο την οποία αναλύουμε.

Τέλος, ερευνήσαμε τη πιθανή ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της χρονοσειράς των ΣΜΕ του πετρελαίου με άλλα χρηματιστηριακά προϊόντα και βρήκαμε πως υπάρχει συσχέτιση με τον δείκτη S&P 500, καθώς και αιτιότητα κατά Granger, που σημαίνει πως τα δεδομένα του δείκτη μπορούν να βοηθήσουν στη πρόβλεψη του πετρελαίου.

Όπως σε πολλές άλλες εργασίες, μπορούμε με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας να συμπεράνουμε ότι πολλοί παράγοντες επηρεάζουν κάθε πτυχή της οικονομίας, με το πετρέλαιο να μην αποτελεί εξαίρεση, και αυτό κάνοντας τόσο γραμμική όσο και μη γραμμική ανάλυση δείχνει τη πολυπλοκότητα και την δυσκολία για πιθανές προβλέψεις στην αγορά του πετρελαίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abas N., Kalair A., Khan N. (2015), «Review of fossil fuels and future energy technologies», *Futures*, Volume 69, May 2015, pp. 31-49

Ali J., Serletis A. (2017), «How does the U.S. natural gas market react to demand and supply shocks in the crude oil market?», *Energy Economics*, Volume 63, pp. 66-74

Bach W. (1981), «Fossil fuel resources and their impacts on environment and climate», *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 6, Issue 2, 1981, pp. 185-201

Bardi U. (2019), «Peak oil, 20 years later: Failed prediction or useful insight?», *Energy Research & Social Science*, Volume 48, February 2019, pp. 257-261

Bashera S. A., Haugb A.A., Sadorsky P. (2012), «Oil prices, exchange rates and emerging stock markets», *Energy Economics*, Volume 34, Issue 1, January 2012, pp. 227-240

Baur D.G., Lucey B. M., (2010), «Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold», *Financial Review*, Volume 45, Issue 2, pp. 217 - 229

Baur D.G., Dimpfl T., Jung R.C. (2012), «Stock return autocorrelations revisited: a quantile regression approach», *Journal of Empirical Finance*, Volume 19, Issue 2, March 2012, pp. 254-265

Bessembinder H., Chan K. (1995), «The profitability of technical trading rules in the Asian stock markets», *Pacific-Basin Finance Journal*, 3, 257-284

Brock W., Lakonishok J., LeBaron B. (1992), «Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns», *The Journal of Finance*, Vol. XLVII, NO. 5

Bollen J., Mao H., Zeng X. (2011), «Twitter mood predicts the stock market», *Journal of Computational Science*, Volume 2, Issue 1, pp. 1 - 8

Borysov S.S., Balatsky A.V. (2014), «Cross-Correlation Asymmetries and Causal Relationships between Stock and Market Risk» (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105874>)

Buda A. (2010), «Life time of correlation between stocks prices on established and emerging markets» (<https://arxiv.org/abs/1105.6272>)

Cheung Y.W., Lilian K. (1996), «A causality-in-variance test and its application to financial market price», *Journal of Econometrics*, Volume 72, Issues 1–2, pp. 33-48

Campbell C. J., Laherrère J.H. (1998), «The end of cheap oil», *Scientific American*, Vol. 278, No. 3, pp. 78-83

Dinh H. B. P., Sunila S., Paresch S., Narayan K. (2015), «Oil price and stock returns of consumers and producers of crude oil», *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Volume 34, pp. 245-262

Fama E. (1970), «Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work», *The Journal of Finance*, Vol. 25, No. 2, pp. 383-417

Fang T., Zheng C., Wang D. (2023), «Forecasting the crude oil prices with an EMD-ISBM-FNN model», *Energy*, Volume 263, Part A, 125407

Farrington J. W. (1980), «An Overview of the Biogeochemistry of Fossil Fuel Hydrocarbons in the Marine Environment Fossil fuel energy consumption in European countries», *Strategies and Advanced Techniques for Marine Pollution Studies*, pp. 113–142

Giles H. (2016), «Crude oil analysis: History and development of test methods from 1854 to 2016», *Materials Performance and Characterization*, 5(2):MPC20160056

Gonga X., Lin B. (2018), «Time-varying effects of oil supply and demand shocks on China's macro-economy», *Energy*, Volume 149, pp. 424-437

Guangxi C., Yan H., Weijun C. (2014), «Time-varying long memories of the Chinese currency and stock markets based on the hurst exponent», *Fluctuation and Noise Letters*, Vol. 13, No. 01, 1450007

Hamilton J. D. (1983), «Oil and the macroeconomy since World War II», *Journal of Political Economy*, Vol. 91, No. 2, pp. 228-248

Hamilton J.D. (2003), «What is an oil shock?», *Journal of Econometrics*, Volume 113, Issue 2, pp. 363-398

Harrison H., Torous W., Valkanov R. (2007), «Do industries lead stock markets?», *Journal of Financial Economics*, Volume 83, Issue 2, pp. 367-396

Hubbert M.K. (1956), «Nuclear Energy and the Fossil Fuels», *Drilling and Production Practice*, American Petroleum Institute

Hurst, H., (1951), «Long Term Storage Capacity of Reservoirs», *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, pp, 770-799.

Kåberger T. (2018), «Progress of renewable electricity replacing fossil fuels», *Global Energy Interconnection*, Volume 1, Issue 1, pp. 48-52

Krichene N. (2002), «World crude oil and natural gas: A demand and supply model», *Energy Economics*, Volume 24, Issue 6, pp. 557-576

Lehmann B. N. (1990), «Fads, martingales, and market efficiency», *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 105, No. 1, pp. 1-28

Lyapunov A.M. (1992) «The General Problem of the Stability of Motion», *Taylor & Francis*

Lutz K., Park C. (2009), «The impact of oil price shocks on the U.S. stock market», *International Economic Review*, Vol. 50, No. 4, pp. 1267-1287

Maggio G., Cacciola G. (2012), «When will oil, natural gas, and coal peak?», *Fuel*, Volume 98, pp. 111-123

Mantegna R. N. (1999), «Cross-Correlation Between Stock Prices in Financial Markets» (<http://www.phy.bme.hu/~kullmann/Egyetem/Uj/mantegna.pdf>)

Menkhoff L. (2010), «The use of technical analysis by fund managers: International evidence», *Journal of Banking & Finance*, 34, 2573–2586

Murty K.G. (2020), « History of Crude Oil Refining», *Models for Optimum Decision Making*, Chapter 0, pp. 1–8

Mutezo G., Mulopo J. (2021), «A review of Africa's transition from fossil fuels to renewable energy using circular economy principles», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 137, 110609

Nadal R., Szklob A., Lucena A. (2017), «Time-varying impacts of demand and supply oil shocks on correlations between crude oil prices and stock markets indices», *Research in International Business and Finance*, Volume 42, pp. 1011-1020

Norouzi N., Fani M., Ziarani Z.K. (2020), «The fall of oil Age: A scenario planning approach over the last peak oil of human history by 2040», *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Volume 188, 106827

Papapetrou E. (2001), «Oil price shocks, stock market, economic activity and employment in Greece», *Energy Economics*, Volume 23, Issue 5, pp. 511-532

Park C-H, Irwin S. H. (2007), «What do we know about the profitability of technical analysis?» (<https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2007.00519.x>)

Ramch L., Susmel R. (1998), «Volatility and cross correlation across major stock markets», *Journal of Empirical Finance*, Volume 5, Issue 4, pp. 397-416

Sadorsky P. (1999), «Oil price shocks and stock market activity», *Energy Economics*, Volume 21, Issue 5, pp. 449-469

Sadorsky P. (2006), «Modeling and forecasting petroleum futures volatility», *Energy Economics*, Volume 28, Issue 4, pp. 467-488

Säfvenblad P. (2000) «Trading volume and autocorrelation: empirical evidence from the Stockholm Stock Exchange», *Journal of Banking & Finance*, Volume 24, Issue 8, pp. 1275-1287

Seçkin K., Altan A., Bekiros S., Ahmad W. (2020), «A new forecasting model with wrapper-based feature selection approach using multi-objective optimization technique for chaotic crude oil time series», *Energy*, Volume 212, 118750

Selvaratnam S. & Kirley M. (2006), «Predicting stock market time series using evolutionary artificial neural networks with hurst exponent input windows», *Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence AI 2006: AI 2006: Advances in Artificial Intelligence*, pp 617–626

Shaikh I. (2021), «On the relation between Pandemic Disease Outbreak News and Crude oil, Gold, Gold mining, Silver and Energy Markets», *Resources Policy*, Volume 72, 102025

Shone R. (2001), «Introduction to Economic Dynamics», Cambridge University Press

Shone R. (1997), «Economic Dynamics – Phase Diagrams and their Economic Application», Cambridge University Press

Soloviev V., Bielinskyi A, Serdyuk O., Solovieva V., Semerikov S. (2020), «Lyapunov exponents as indicators of the stock market crashes», *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Volume II: Workshops Kharkiv, Ukraine, October 06-10, 2020 (2732)*, pp. 455-470

Střelec L. (2008), «Searching for long memory effects in time series of central europe stock market indices», *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, vol. 56, issue 3, 187-200

Taylor M. P., Allen H. (1992), «The use of technical analysis in the foreign exchange market», *Journal of International Money and Finance*, 11, 304-314

Van Rooij M., Lusardi A., Allesie R. (2011), «Financial literacy and stock market participation», *Journal of Financial Economics*, Volume 101, Issue 2, pp, 449 - 472

Wang Q., Sun X. (2017), «Crude oil price: Demand, supply, economic activity, economic policy uncertainty and wars – From the perspective of structural equation modelling (SEM)», *Energy*, Volume 133, pp. 483-490

Wang H., Chen G., Lü J. (2004), «Complex dynamical behaviors of daily data series in stock exchange», *Physics Letters A*, Volume 333, Issues 3–4, pp. 246-255

Yakov A., Mendelson H., Lauterbach B. (1997), «Market microstructure and securities values: Evidence from the Tel Aviv Stock Exchange», *Journal of Financial Economics*, Volume 45, Issue 3, September 1997, Pages 365-390

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βασιλείου Δ., Ηρειώτης Ν. (2009), «Ανάλυση Επενδύσεων και Διαχείριση Χαρτοφυλακίου», Εκδόσεις Rosili

Ζαπράνης Α (2009) «Διαχείριση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων με το Matlab», Εκδόσεις Κλειδάριθμος

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<https://education.nationalgeographic.org/resource/petroleum>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum>  
<https://www.worldometers.info/oil/oil-reserves-by-country/>  
<https://ektinteractive.com/history-of-oil/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hubbert\\_peak\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Hubbert_peak_theory)  
<https://www.clientearth.org/latest/latest-updates/stories/fossil-fuels-and-climate-change-the-facts/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Paris\\_Agreement](https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_Agreement)  
<https://www.carbonbrief.org/analysis-global-co2-emissions-from-fossil-fuels-hit-record-high-in-2022/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out\\_of\\_fossil\\_fuel\\_vehicles](https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out_of_fossil_fuel_vehicles)  
<https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-10-0-hybrid-25-1-and-petrol-36-0-market-share-in-q1-2022/>  
<https://www.investopedia.com/articles/economics/08/investing-in-oil-markets.asp>  
<https://www.nasdaq.com/market-activity/commodities/cl:nmx/historical>  
<https://oec.world/en/profile/hs/crude-petroleum#exporters-importers>  
<https://www.erce.energy/graph/global-oil-demand-and-supply/>  
[https://docs.oracle.com/cd/E57185\\_01/CBREG/ch06s03s03s03.html](https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBREG/ch06s03s03s03.html)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hurst\\_exponent](https://en.wikipedia.org/wiki/Hurst_exponent)

## Προγράμματα που Χρησιμοποιήθηκαν

Microsoft Excel

MATLAB R2018a

Maxima 5.45.0

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές της προσφοράς και της ζήτησης του πετρελαίου που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Πίνακας 1: Προσφορά και Ζήτηση Πετρελαίου

	Crude oil and NGL production	Total oil demand
1971	2490,52	2379,4
1972	2633,79	2557,57
1973	2870,44	2761,14
1974	2875,22	2720,1
1975	2739,9	2700,47
1976	2966,43	2870,88
1977	3069,44	2986,45
1978	3107,62	3095,35
1979	3228,92	3140,26
1980	3110,75	3016,33
1981	2941,8	2904,51
1982	2812,14	2824,71
1983	2790,84	2802,84
1984	2869,2	2841,6
1985	2818,8	2829,81
1986	2934,74	2910,84
1987	2967,08	2975,62
1988	3103,37	3078,59
1989	3141,94	3112,87
1990	3186,86	3120,61
1991	3188,08	3147,46
1992	3226,49	3169,05
1993	3254,85	3170,71
1994	3286,94	3213,02
1995	3340,2	3270,58
1996	3430,26	3357,74
1997	3528,35	3473,02
1998	3589,48	3503,84
1999	3526,35	3567,91
2000	3654,09	3598,71
2001	3664,85	3622,71
2002	3634,26	3632,89
2003	3789,99	3696,27
2004	3949,74	3851,5
2005	4004,46	3900,37
2006	4046,19	3946,2
2007	4049,23	4015,67
2008	4099,27	3983,11
2009	4004,59	3901,04
2010	4104,06	4060,54
2011	4150,46	4055,99
2012	4245,08	4103,59
2013	4265,12	4159,1
2014	4352,5	4206,85
2015	4458,38	4302,07
2016	4516,18	4334,96
2017	4505,62	4408,43
2018	4619,32	4428,26
2019	4617,42	4455,85

2020

4296,19

4069,98