



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών  
Συστημάτων"**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ  
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΑΠΕ»**

**Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή**

*ΠΟΥΛΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ*

**Επιβλέπων**

*ΚΑΡΑΪΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής*

*Αθήνα, 15/12/2020*



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

1. Καραϊσάς Πέτρος
2. Μαλατέστας Παντελής
3. Πάχος Παύλος



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Πούλιος Γεώργιος του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 2 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Διαχείρισης και Βελτιστοποίησης Ενεργειακών Συστημάτων του τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών της σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

<< Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολο τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.

Ο Δηλών

Πούλιος Γεώργιος



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:** «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΑΠΕ»

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ:** ΠΟΥΛΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:** ΚΑΡΑΪΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής

**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:** 2019-2020

### Σύνοψη

Η παρακάτω διπλωματική εργασία αναλύει την οικονομική αξιολόγηση, την ανάλυση κινδύνου και τη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου σε επενδύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Παρουσιάζεται η ενεργειακή ηλεκτρική δομή της αγοράς στην Ελληνική επικράτεια, η διάκριση των μορφών αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και οι βασικοί συμμετέχοντες στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον γίνεται ανασκόπηση των εθνικών στόχων ενεργειακής απόδοσης μέχρι σήμερα. Καταγράφονται τόσο οι εθνικοί στόχοι κατανάλωσης ενέργειας έως το 2030 όσο και οι μακροπρόθεσμοι στόχοι έως το 2050. Επιπροσθέτως θα γίνει ανάλυση των σημαντικότερων εργαλείων αξιολόγησης επενδύσεων, της ανάλυσης κινδύνου και αβεβαιότητας στις επενδύσεις ΑΠΕ και των εργαλείων βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων ΑΠΕ. Τέλος θα εξεταστεί κατά πόσον είναι αποδοτικό ένα επενδυτικό έργο Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού- Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης, το οποίο θα συγκριθεί και με διαφορετικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

**Λέξεις Κλειδιά :** Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αξιολόγηση επενδύσεων, ανάλυση κινδύνου, βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου, ενεργειακή πολιτική



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

***POST-GRADUATE THESIS:***           **«Economical evaluation, risk analysis and portfolio optimization of renewable energy investments»**

***STUDENT:***                               **POULIOS GEORGIOS**

***SUPERVISOR:***                       **Karaisas Peter, Associate Professor, PADA**

***ACADEMIC YEAR:***                   **2019-2020**

**Summary**

The following dissertation analyzes the financial evaluation, risk analysis and portfolio optimization in renewable energy investments(RES). The energy electrical structure of the market in Greece , the distinction of the forms of the electricity market as well as the main participants in the electricity market are presented. In addition, the national energy efficiency targets to date are reviewed. Both national energy consumption targets by 2030 and long terms targets by 2050 are recorded. Moreover, the most important investment valuation tools, risk analysis and uncertainty in RES investments and RES portfolio optimization tools will be analyzed. Finally, it will be examined whether an investment project of High Efficiency Electricity- Heat Cogeneration is profitable, which will be compared with different renewable energy sources.

**Keywords**

Renewable energy sources, investment evaluation, risk analysis, portfolio optimization, energy policy



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

Copyright © Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολής Μηχανικών, Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, Σχολής Μηχανικών, Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών.



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας μου συνέβαλαν αρκετοί άνθρωποι, του οποίους οφείλω να ευχαριστήσω, αφού η βοήθεια τους οδήγησε στην ποιοτικότερη παρουσίαση του θέματος. Καταρχάς η συμβολή του επιβλέποντος καθηγητή κυρίου Καραϊσά υπήρξε καθοριστική στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Οι καίριες υποδείξεις του και η κριτική τόσο στο κείμενο όσο και στην ανάλυση οδήγησε στο βέλτιστο αποτέλεσμα. Επίσης μέσα από την καρδιά μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια ολοκλήρωσης του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών μου. Τέλος, ένα ευχαριστώ στους φίλους μου που συμμερίστηκαν την αγωνία μου και στήριξαν κάθε βήμα μου έως την επιτυχή εκπόνηση αυτής.



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ABSTRACT .....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	10
1.1 Σκοπός κεφαλαίου .....	10
1.2 Ο ηλεκτρισμός ως κοινωνικό και οικονομικό αγαθό .....	10
1.3 Διάκριση μορφών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας .....	11
1.4 Λειτουργική προσέγγιση μοντέλων αγοράς.....	13
1.5 Δομή της ελληνικής αγοράς ηλεκτρισμού .....	15
1.6 Ελληνική νομοθεσία .....	18
1.7 Βασικός κορμός συμμετεχόντων στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ .....	24
2.1 Σκοπός κεφαλαίου .....	24
2.2 Ανασκόπηση των σκοπών της Ελλάδος στην ενεργειακή απόδοση έως το 2020.....	24
2.3 Καθορισμός στόχου έως το 2020 .....	26
2.4 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση έως το 2030 στην Ελλάδα .....	27
2.5 Μακροπρόθεσμοι στόχοι: Οδικός ενεργειακός χάρτης για το 2050 .....	32
2.6 Ο ρόλος των υποστηρικτικών υφιστάμενων μηχανισμών επενδύσεων .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ .....	37
3.1 Σκοπός κεφαλαίου .....	37
3.2 Σκοπός αξιολόγησης επενδύσεων .....	37
3.3 Βασικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση επενδύσεων .....	39
3.4 Μέθοδοι αξιολόγησης των επενδυτικών προτάσεων .....	44
3.5 Υπολογισμός / εκτίμηση καθαρών ταμειακών ροών.....	45



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

3.6 Η έννοια της καθαρής παρούσας αξίας .....	47
3.7 Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης .....	50
3.8 Σύγκριση μεθόδων αξιολόγησης επενδύσεων NPV και IRR.....	52
3.9 Σταθμισμένο κόστος ενέργειας .....	52
3.10 Περίοδος επανείσπραξης- περίοδος αποπληρωμής.....	54
3.11 Η μέθοδος του δείκτη αποδοτικότητας.....	55
3.12 Η μέθοδος της μέσης απόδοσης .....	56
3.13 Ανάλυση νεκρού σημείου .....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ΑΠΕ .....	61
4.1 Σκοπός κεφαλαίου .....	61
4.2 Αβεβαιότητα και χρονική αξία του χρήματος.....	61
4.3 Κατηγορίες κινδύνου στις ΑΠΕ .....	62
4.4 Η αρχή της σύγχρονης θεωρίας του χαρτοφυλακίου.....	65
4.5 Η διαχείριση χαρτοφυλακίου .....	71
4.6 Εξέλιξη της σύγχρονης χρηματοοικονομικής θεωρίας.....	73
4.7 Αποδοτικό σύνορο- Χαρτοφυλάκιο που αποτελείται από δύο χρεόγραφα .....	80
4.8 Θεωρία χαρτοφυλακίου και ενεργειακός τομέας .....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΗΘΥΑ .....	85
5.1 Σκοπός κεφαλαίου .....	85
5.2 Εξεταζόμενο σενάριο.....	85
5.3 Σύγκριση διαφορετικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .....	93
5.4 Συμπεράσματα.....	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

**ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ  
ΕΛΛΑΔΑ**

**1.1 Σκοπός κεφαλαίου**

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μια συνοπτική παρουσίαση της δομής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην εγχώρια αγορά. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι διαφορετικές μορφές απελευθέρωσης της αγοράς και τα επικρατέστερα μοντέλα αγορών, καθώς γίνεται αναλυτική περιγραφή της δομής της ελληνικής αγοράς ενέργειας.

**1.2 Ο ηλεκτρισμός ως κοινωνικό και οικονομικό αγαθό**

Οι υποδομές της ενέργειας και κατά βάση η ηλεκτρική, παίζει καθοριστικό ρόλο στη σημερινή μας κοινωνία. Η ηλεκτρική ενέργεια συνιστά κοινωνικό αγαθό δημοσίου ενδιαφέροντος και ζωτικής σημασίας επειδή διασφαλίζεται έτσι το ελάχιστο επίπεδο μίας αξιοπρεπούς ποιοτικής διαβίωσης του ανθρώπου.[1]

Το σύνταγμα της Ελλάδος στο άρθρο 2 παράγραφος 1 θέτει ότι η κατανάλωση και η προσβασιμότητα στο αγαθό που ονομάζεται ηλεκτρική ενέργεια συνιστά ανθρώπινο παγκόσμιο δικαίωμα όπου αυτοτελώς και με απόλυτο τρόπο προστατεύεται. Όταν απελευθερώθηκαν οι αγορές του ηλεκτρισμού αξιολογήθηκαν κάποια χαρακτηριστικά του ηλεκτρισμού από οικονομικής άποψης, στα οποία, δεν είχε δοθεί η αρμόζουσα σημασία, την εποχή που κυριαρχούσαν στην παραγωγική του διαδικασία τα φυσικά μονοπώλια. Προτού καταγράψουμε τα εν λόγω ειδικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρισμού είναι αναγκαίο να δοθούν δύο ορισμοί οι οποίοι αφορούν το ίδιο το προϊόν. Ο κύριος διαχωρισμός που γίνεται είναι οι όροι α) ηλεκτρικό ρεύμα (POWER) και β) ηλεκτρική ενέργεια δηλαδή ο ηλεκτρισμός (Electricity). Ο πρώτος όρος (ηλεκτρικό ρεύμα) μετριέται σε watt και δείχνει το ποσό ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου. Ο δεύτερος όρος (ηλεκτρισμός) προκύπτει εάν πολλαπλασιάσουμε το παραγόμενο έργο επί τη μονάδα του χρόνου. Με αυτό τον τρόπο έχουμε την αντίστοιχη ενέργεια, η οποία μετριέται σε watt ανά δευτερόλεπτο, καθώς και τα παράγωγα μεγέθη.[2]

Έπειτα από τους ως άνω βασικούς ορισμούς θα εξετάσουμε τρία πρωταρχικά χαρακτηριστικά, τα οποία καθιστούν τον ηλεκτρισμό ιδιαίτερο οικονομικό αγαθό, συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Το πρώτο χαρακτηριστικό σχετίζεται με την αδυναμία να αποθηκεύσουμε τον ηλεκτρισμό. Παρά το γεγονός ότι καταβάλλονται αδιάκοπες προσπάθειες για να εφευρεθούν αποθηκευτικές λύσεις, τα

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

αποτελέσματα τους είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα σε μεγάλη κλίμακα, με συνέπεια η μη αποθήκευση να θεωρείται από τις αγορές σύμφυτη με τον ηλεκτρισμό. Η ιδιότητα αυτή οδηγεί στην αξίωση η προσφορά να ισούται σε κάθε στιγμή λειτουργίας της αγοράς σε 24ωρη βάση με την ζήτηση του ηλεκτρικού ρεύματος. Με άλλα λόγια είναι απαραίτητο να καταναλώνεται όσο ρεύμα παράγεται την ίδια στιγμή. Το δεύτερο χαρακτηριστικό έχει σχέση με την οριοθετημένη αγωγιμότητα. Εξαιτίας των αντιστάσεων των μέσων που διέρχεται το ρεύμα, η ηλεκτρική ενέργεια ελαττώνεται κατά μήκος της απόστασης από τον παραγωγό στον καταναλωτή, με αποτέλεσμα να εμποδίζει την ανάπτυξη μιας παγκόσμιας αγοράς ηλεκτρισμού και να ωθεί στην ανάπτυξη τοπικών αγορών προκειμένου να περιοριστεί η ποσότητα της απώλειας. Το τρίτο και τελευταίο χαρακτηριστικό είναι η ανταλλαξιμότητα που παρουσιάζει. Αυτό σημαίνει ότι το τελικό προϊόν (ηλεκτρική ενέργεια) είναι ανεξάρτητο από τον τρόπο παραγωγής (καύση ορυκτών, υδροηλεκτρικά εργοστάσια, φωτοβολταϊκά πάνελ). Το γεγονός αυτό καθιστά τον ηλεκτρισμό κατάλληλο για εμπορικές πράξεις, καθώς όποια διαφοροποίηση μπορεί να προέλθει μόνο από την τιμή του.[3]

Επιπροσθέτως για ορισμένους συγγραφείς υφίσταται και ένα τέταρτο χαρακτηριστικό το οποίο απορρέει από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του ηλεκτρισμού στις αγορές και την μεταβλητότητα των τιμών. Το γεγονός αυτό κάνει την μοντελοποίηση των τιμών του ηλεκτρισμού πάρα πολύ λεπτό εγχείρημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές του ηλεκτρισμού δεν ακολουθούν χρονικές τάσεις, όπως κάνουν άλλα προϊόντα.[4]

### 1.3 Διάκριση μορφών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Εννοιολογικά μπορούμε να διακρίνουμε τις κάτωθι μορφές αγορών οι οποίες χαρακτηρίζονται από μηδενική, μερική ή και ολική απελευθέρωση.

#### **Μορφή 1: Μονοπώλιο σε όλα τα επίπεδα**

Μία επιχείρηση και μόνο δικαιωματικά μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό και μέσω του δικτύου μεταφοράς να μπορεί να το διανέμει στους χρήστες της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περίπτωση που έχουμε και δεύτερη επιχείρηση διανομής, η τροφοδότηση της επιχείρησης αυτής με ηλεκτρική ενέργεια θα είναι μόνο από ένα προμηθευτή. Η συγκεκριμένη μορφή επικράτησε στις περισσότερες χώρες του κόσμου και στην Ελλάδα μέχρι τα τέλη Φεβρουαρίου του 2001. Η οργάνωση της εν λόγω αγοράς βοήθησε στην κατασκευή υπερμεγέθων ηλεκτρικών σταθμών παραγωγής και συστημάτων διανομής και έδινε την δυνατότητα στις εκάστοτε κυβερνήσεις να παρέχουν κοινωνικά τιμολόγια, μέσω επιχορηγήσεων φτωχών περιοχών, ηλεκτροδοτήσεων

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

αγροτικών περιοχών και ανάπτυξη εγχώριων πηγών ενέργειας. Τέλος, η ασφαλής και βέλτιστη οικονομική λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος αποτελεί ένα επιδιωκόμενο εφικτό στόχο.

### Μορφή 2: Αντιπρόσωπος Αγοράς

Στο συγκεκριμένο είδος αγοράς, ο εκπρόσωπος αγοράς, διαλέγει να αγοράσει ηλεκτρική ενέργεια από ποικίλους παραγωγούς, με σκοπό τη δημιουργία ανταγωνισμού στην παραγωγή. Ο εκπρόσωπος αγοράς είναι κάτοχος του μονοπωλίου χρήσης πώλησης και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στους τελικούς χρήστες. Η πρώτη χώρα που εισήγαγε αυτού του είδους τη μορφή ήταν η ΗΠΑ το 1978. Ακόμα δεν έχει διευκρινιστεί αν αυτού του είδους ανταγωνιστικής παραγωγής συμβάλλει στη συρρίκνωση του κόστους, μέσω της εν λόγω μορφής δίνεται η δυνατότητα της ύπαρξης ποικιλίας σταθμών παραγωγής και διευκολύνεται η διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης. Επίσης, στις πιο απελευθερωμένες αγορές, ορισμένες επιβαρύνσεις δεν συμπεριλαμβάνονται στο κόστος, όπως η δαπάνη των συναλλαγών, η δαπάνη μεταφοράς στα δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας, στη συνεχούς αύξηση της κεφαλαιακής δαπάνης το οποίο συμβαίνει όταν οι παραγωγοί επωμίζονται τυχόν δαπάνες από κινδύνους λόγω της συνεχούς ανάπτυξης της τεχνολογίας.

Σε αυτό το είδος απελευθερωμένης αγοράς απαιτούνται μακροχρόνια συμβόλαια μεταξύ αγοραστών και ανεξάρτητων παραγωγών, καθώς προστατεύονται οι παραγωγοί από τυχόν κινδύνους των αγορών και πιο εύκολα αυξάνουν τις επενδύσεις επειδή δεν εξαλείφεται η μελλοντική απειλή από τυχόν μονάδες παραγωγής χαμηλότερου κόστους. Με αυτό τον τρόπο η δαπάνη του κινδύνου τεχνολογίας και αγοράς μετακυλύεται από τον εκπρόσωπο της αγοράς στον τελικό χρήστη. Οι επιπτώσεις από τις μελλοντικές αλλαγές της τεχνολογίας και της αγοράς, δεν αγγίζει τους παραγωγούς, οπότε λιγότευουν με αυτό τον τρόπο τα οφέλη του ανταγωνισμού, οπότε οι επιχειρηματίες και όχι οι κεντρικοί σχεδιαστές λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με το χρονικό διάστημα και το τι θα κατασκευαστεί.

### Μορφή 3: Ανταγωνισμός στη χονδρική πώληση

Σε αυτό το είδος αγοράς, εταιρίες διανομής ή λιανικής πώλησης αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τους παραγωγούς και τη μεταφέρουν με το δίκτυο μεταφοράς στο οποίο έχουν ελεύθερη πρόσβαση. Οι προαναφερθέντες εταιρίες συνεχίζουν να διατηρούν ένα τοπικό μονοπώλιο επί κάποιων καταναλωτών. Οι παραγωγοί είναι απαραίτητο να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο μεταφοράς και απαιτείται η πραγματοποίηση εμπορικών σχέσεων για τη χρήση του δικτύου. Τη συγκεκριμένη μορφή πλησίαζε η Βρετανική αγορά αμέσως μετά την

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

ιδιωτικοποίηση του ηλεκτρικού συστήματος το 1990, ενώ στις ΗΠΑ εισήχθηκε το 1992 με νόμο για την ενεργειακή πολιτική/Energy Policy Act (EPA). Δεδομένου ότι, υφίστανται πολλοί αγοραστές, ο ανταγωνισμός των παραγωγών διευρύνεται και επαναφέρει τον κίνδυνο αγοράς και τεχνολογίας πίσω στους παραγωγούς μεγαλώνοντας το κόστος κεφαλαίων τους και το κόστος συναλλαγών γιατί είναι απαραίτητο να συναφθούν συμφωνίες αγοράς και χρήσης δικτύου. Τέλος οι κυβερνήσεις δεν μπορούν να επιβάλουν κατευθείαν την εναλλακτική λύση καινούργιων τεχνολογιών παραγωγής, εκτός εάν χρησιμοποιήσουν επιχορηγήσεις ή οδηγίες.

### Μορφή 4:Ανταγωνισμός στη Λιανική πώληση

Στον ανταγωνισμό στη λιανική πώληση, όλοι οι πελάτες διαλέγουν τους προμηθευτές τους. Στο δίκτυο διανομής και μεταφοράς υφίσταται ελεύθερη πρόσβαση . Η διανομή διακρίνεται από την δραστηριότητα της λιανικής πώλησης η οποία είναι ανταγωνιστική. Τα κόστη συναλλαγών μέσω της συγκεκριμένης μορφής αυξάνονται, διότι απαιτεί πιο πολύπλοκες εμπορικές ρυθμίσεις και χρειάζεται σύγχρονη τεχνολογία μετρήσεων. Τα εν λόγω κόστη για τους μικρούς καταναλωτές, μπορούν εύκολα να ισοσταθμίσουν τα οφέλη. Τέλος σε περίπτωση που η τοπική εταιρία διανομής δεν είναι και ο λιανοπωλητής, ο ακριβής εντοπισμός των υπευθύνων για κακές υπηρεσίες είναι δύσκολος.[5]

### 1.4 Λειτουργική προσέγγιση μοντέλων αγοράς

Η μορφή, η οποία περιλαμβάνει ανταγωνιστικές τιμές και κόστη στην παραγωγή και διανομή ενέργειας (χονδρική πώληση) αλλά και στην διανομή αυτής (λιανική πώληση) είναι και αυτή που κυριαρχεί παγκοσμίως. Τα συγκεκριμένα μοντέλα λειτουργίας των απελευθερωμένων αγορών ενέργειας τα οποία εφαρμόζονται σε κάθε χώρα είναι ποικίλα και πολλαπλά. Εν τούτοις, μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά μοντέλα που είναι υποψήφια για τις αγορές ηλεκτρισμού.

#### Μοντέλο κοινοπραξίας

Σε αυτό το είδος του μοντέλου υπάρχει μία αγορά που συγκεντρώνει τους παραγωγούς και τους καταναλωτές στην οποία γίνεται εκκαθάριση. Οι επιχειρήσεις παραγωγής καταθέτουν ποσότητες ισχύος και τιμές πώλησης μέσω προσφορών με συνέπεια να δημιουργούνται καμπύλες προσφοράς.Ο ανταγωνισμός μεταξύ των παραγωγών είναι για την προσφορά της ισχύος στο δίκτυο και όχι σε επιλεγμένους καταναλωτές. Δεν γίνονται αποδεκτές οι προσφορές όταν το

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

κόστος πώλησης είναι υψηλό. Οι πωλητές έχουν την επιλογή να καταθέσουν τιμές, οι οποίες έχουν ως βάση συγκεκριμένο πλαίσιο για τα κόστη, ειδάλλως να καταθέσουν προσφορές με τις τιμές της αρεσκείας τους. Αναφορικά με την αύξηση ή την μείωση της κατανάλωσης, ο διαχειριστής της αγοράς προβλέπει τις αυξομειώσεις αυτές και μπορεί με αυτό τον τρόπο να κατανέμει τις μονάδες. Λέγεται Κοινοπραξία Μονομερής. Είναι δυνατόν ακόμη η ύπαρξη Κοινοπραξία Διμερής, όπου προχωρά σε κατανομή ο διαχειρίζου της αγοράς έχοντας ως βάση μία σχηματιζόμενη καμπύλη ζήτησης που προέρχεται μέσω των προσφορών των καταναλωτών, παραδείγματος χάρι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής ή συγκεκριμένοι καταναλωτές. Σε περίπτωση που οι προσφορές αγοράς της ηλεκτρικής ισχύος είναι ιδιαίτερος χαμηλές, δε θα γίνονται αποδεκτές. Στη συγκεκριμένη αγορά αμείβονται ως επί τον πλείστον οι γεννήτριες ελαχίστου κόστους παραγωγής. Ο διαχειριστής του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη αυτού του είδους μοντέλου προχωρά σε μια οικονομική κατανομή όπου η τιμή για την ηλεκτρική ισχύ είναι συγκεκριμένη και με βάση αυτό επηρεάζονται οι συμμετέχοντες στη λήψη των αποφάσεων για νέα επενδυτικά σχέδια και για αυξομείωση της κατανάλωσης. Οι παραγωγοί, οι οποίοι λάμβαναν μέρος στη συναλλαγή, αμείβονται στη τιμή αυτή.

### Μοντέλο Διμερών Συμβάσεων

Στο μοντέλο διμερών συμβάσεων, οι αγοραπωλησίες για την παροχή ισχύος υπογράφονται σε συμβάσεις διμερείς. Αποτελούν συμφωνίες ανάμεσα σε παραγωγό και καταναλωτή η οποία έχει σχέση με την προμήθεια της ισχύος. Οι συγκεκριμένες συμφωνίες έχουν συγκεκριμένους όρους και διαφορετικές από τον Διαχειριστή του συστήματος. Ο διαχειριστής του συστήματος είναι αναγκαίο να διασφαλίσει την ομαλή μεταφορά και χωρητικότητα της ισχύος.

### Υβριδικό Μοντέλο

Το Υβριδικό μοντέλο συνδυάζει χαρακτηριστικά του μοντέλου κοινοπραξίας και του μοντέλου διμερών συμβάσεων. Στο υβριδικό πρότυπο επιλέγεται η οποιαδήποτε κοινοπραξία μεμονωμένα ή και συνολικά. Ο πελάτης έχει τη δυνατότητα επιλογής. Με άλλα λόγια, ο πελάτης μπορεί να έρθει σε διαπραγμάτευση για την προμήθεια ισχύος απευθείας από τους παραγωγούς ή να την προμηθευτεί σε βραχυπρόθεσμη τιμή αγοράς. Γενικά, η κοινοπραξία θα εξυπηρετεί όλους τους συμμετέχοντες οι οποίοι δεν υπογράφουν διμερείς συμβάσεις. Ωστόσο η παροχή δυνατότητας στους πελάτες να κάνουν διαπραγμάτευση της αγοράς της ισχύος με τους προμηθευτές αποτελεί κινητήρια δύναμη για την δημιουργία ενός σπουδαίου εύρους επιλογών υπηρεσιών που συνάδουν με τις ανάγκες του καταναλωτή.[6]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 1.5 Δομή της ελληνικής αγοράς ηλεκτρισμού

Η επίτευξη των στόχων στην επικράτεια όσον αφορά την βελτιστοποίηση οικονομικά μιλώντας στην αγορά ηλεκτρισμού και στην επάρκεια εφοδιασμού ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί αποτελεσματικό συνδυασμό αποφάσεων που μπορεί να διαρκούν πολλά έτη για την παροχή και εγκατάσταση της ισχύος όμως και αποφάσεις σε λιγότερο χρόνο για την ορθότερη διαμοίραση πόρων στο Ημερήσιο Ενεργειακό Πρόγραμμα (HEP). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω η αγορά ηλεκτρισμού χωρίζεται σε αγορές οι οποίες είναι διακριτές σχετικά με το χρόνο του πλαισίου αναφοράς:

#### Μακροχρόνια Αγορά Διαθεσιμότητας Ισχύος

Στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου που μπορεί να έχει ο επιχειρηματίας παραγωγός όπου αμείβεται έναντι ποσοστού από το κεφαλαιακό κόστος της επένδυσης, όπου πετυχαίνει να έχει όσο το δυνατόν χαμηλές τιμές στην ημερήσια Αγορά Ενέργειας, καθώς ελαττώνεται η επικινδυνότητα στην χονδρεμπορική αγορά του παραγωγού βραχυχρόνια. Φτιάχτηκε η αγορά αυτή για να επιτύχει μια ασφαλέστερη και ποιοτικότερη ηλεκτρική ενέργεια και μακροχρόνια να ανταμείψει την αξιοπιστία των επιμέρους μονάδων. Εφαρμόζεται με την αναφορά σε κάθε παραγωγό Αποδεικτικών Διαθεσιμότητας Ισχύος (ΑΔΙ), τα οποία είναι σε αντιστοιχία με την πραγματική διαθέσιμη ισχύ τις εκάστοτε μονάδας όπως ορίζεται από το διαχειριστή του συστήματος. Παραδείγματος χάρη, έχουμε Μονάδα εγκατεστημένης ισχύος 400MW, έπειτα από τον καθορισμό της διαθέσιμης ισχύος από το διαχειριστή του συστήματος, να εκδώσει ΑΔΙ για 350MW. Ο εκάστοτε Προμηθευτής υπογράφει με το κάθε Παραγωγό Σύμβαση Διαθεσιμότητας Ισχύος (ΣΔΙ), με όρους οικονομικούς, οι οποίοι έχουν ήδη συμφωνηθεί και από τις δύο πλευρές, έτσι ώστε να υπερκαλύψουν την Υποχρέωση Επάρκειας Ισχύος, η οποία τους αντιστοιχεί. Θεωρούμε την αγορά ότι βρίσκεται σε εξισορρόπηση όταν έχουμε σε ισχύ την κάτωθι σχέση:

$$\text{ΑΔΙ (MW)} = \text{ΣΔΙ (MW)} + \text{Μακροχρόνια Απαιτούμενη Εφεδρεία [7]}$$

#### Αγορά Μακροχρόνιων ΦΔΜ στις διασυνδέσεις

Πραγματοποιείται διαμέσου δημοπρασιών για την μεταβίβαση δικαιωμάτων σε μηνιαία και ετήσια βάση, οι οποίες μπορούν να οργανωθούν και να διεξαχθούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα από τους διαχειριστές των συστημάτων της Ελλάδας και των γειτονικών χωρών. Οι εγγεγραμμένοι Συμμετέχοντες καταθέτουν προσφορές ηλεκτρονικά, οι οποίες είναι κλειστές

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

διαμέσω διαδικτυακής πλατφόρμας, με όρους δημοπράτησης, οι οποίοι εγκρίνονται άνα έτος από τους αναμειγμένους Διαχειριστές των δύο πλευρών τις εκάστοτε Διασύνδεσης και δημοσιεύονται εκ των προτέρων στις ιστοσελίδες τους.

### Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (Χονδρεμπορική Αγορά)

Αποτελεί την Προ-Ημερήσια (Day-Ahead) Χονδρεμπορική Αγορά και θέτει τον άριστο προγραμματισμό της τροφοδοσίας του συστήματος από υδροηλεκτρικές και θερμικές Μονάδες παραγωγής των Μονάδων ΑΠΕ και την επάρκεια ενέργειας εκτός συνόρων, έτσι ώστε να μπορεί να καλυφθεί, ημερησίως, η επάρκεια ηλεκτρικής ενέργειας για τους καταναλωτές, η πώληση ενέργειας σε γειτονικές χώρες και οι αναγκαίες Επικουρικές Υπηρεσίες. Καθεμιά Μονάδα παραγωγής είναι υποχρεωμένη να δίνει όλη την επάρκεια της, τόσο ενεργειακά αλλά και σε επικουρικές υπηρεσίες στην Χονδρεμπορική Αγορά (HEΠ). Ως εκ τούτου, αναφερόμαστε σε πρότυπο αγοράς Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας (Mandatory Pool) μέσω του οποίου συναλλάσσονται η ηλεκτρική ενέργεια και τα συμπληρωματικά της προϊόντα που πρόκειται να παραχθούν και να καταναλωθούν την προσεχή ημέρα στην αγορά. Στην Ελληνική αγορά, το σύνολο των συμμετεχόντων είναι υποχρεωμένοι να λάβουν μέρος στην Υποχρεωτική Κοινοπραξία. Οι φυσικές διμερείς συναλλαγές απαγορεύονται ανάμεσα στους συμμετέχοντες. Στο πλαίσιο του προτύπου Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας, η διαμετακόμιση (transmit) ηλεκτρικής ενέργειας σε χώρες που δεν είναι όμορες, διαμέσου της Ελλάδας, είναι δυνατό μόνο να πραγματοποιηθεί δια μέσω Εισαγωγής (πώληση) της παραπάνω ενέργειας στην Υποχρεωτική Κοινοπραξία και Εξαγωγής (αγοράς) της από αυτή. Στον HEΠ συμπεριλαμβάνονται οι κάτωθι μηχανισμοί-αγορές επιμέρους, όπου βελτιώνονται συγχρόνως για να αυξηθούν τα κοινωνικά οφέλη:

A) Αγορά Ενέργειας: Ικανοποιούνται οι αναγκαίες ποσότητες των καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια σε ώρες οι οποίες είναι αυξημένες.

- ❖ Διαθέτουν και πληρώνονται οι Παραγωγοί στην Ελληνική επικράτεια ( υδροηλεκτρικοί σταθμοί, θερμικοί σταθμοί και ΑΠΕ) και οι εισαγωγείς (Προμηθευτές ή Έμποροι ).
- ❖ Προμηθεύονται οι αντιπρόσωποι του εθνικού φορτίου (Πάροχοι και Επιλέξιμοι Πελάτες) και οι Εξαγωγείς (Παραγωγοί και Προμηθευτές).

B) Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών: Ικανοποιεί τις απαιτήσεις των αγοραστών ηλεκτρικής ενέργειας για εξασφάλιση μίας ποιοτικότερης και αξιόπιστης τροφοδότησης τους.

- ❖ Λαμβάνουν αμοιβή και παρέχουν οι γηγενείς Παραγωγοί (υδροηλεκτρικών και θερμικών σταθμών).



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Προμηθεύονται οι αντιπρόσωποι του εθνικού φορτίου (Προμηθευτές και Επιλέξιμοι Πελάτες) και οι Εξαγωγείς (Παραγωγοί και Προμηθευτές).

Γ) Αγοραστικός μηχανισμός για την οριοθέτηση της παραγωγής δίπλα σε καταναλωτικά κέντρα: Διαθέτει κίνητρα οριοθέτησης νεότερων Μονάδων όσο πιο κοντά στην κατανάλωση, σε βαθμό που είναι αληθινά απαραίτητα. Λόγω της τωρινής συγκέντρωσης της παραγωγής στο βορρά, καθορίζεται διαφορετική πληρωμή στους Παραγωγούς στο νότο σε περιόδους στις οποίες παρατηρείται συνωστισμός στη μεταφορά ηλεκτρική μεταφορά ενέργειας από το βορρά στο νότο στη διάρκεια του ημερήσιου προγραμματισμού.

Η εύρεση λύσης ΗΕΠ ορίζει το πώς λειτουργεί η εκάστοτε Μονάδα, τις εξαγωγές και εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας ανά ώρα της ερχόμενης ημέρας, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους συνάγεται από την επάρκεια της ζητούμενης ενέργειας και των απαιτήτων επικουρικών υπηρεσιών την ακόλουθη ημέρα έχοντας στο νου περιορισμούς στο Σύστημα Μεταφοράς και σε στενά πλαίσια τεχνικούς ως προς την λειτουργία των Μονάδων παραγωγής. Με την συγχώνευση στον ΗΕΠ των αναγκαίων Επικουρικών Υπηρεσιών των τεχνικών σε στενά πλαίσια λειτουργίας των Μονάδων παραγωγής και του συστήματος μεταφοράς όπου ίσως περιορίζουν την επάρκεια ενέργειας που μπορεί να μετακινείται από το Βορρά προς το Νότο, φανερώνεται η πραγματική ολική αξία της καταναλωμένης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, έχοντας στο νου τα ποσοτικά (χρόνος και όγκος κατανάλωσης) και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ( τάση, συχνότητα και αναγκαία αξιόπιστη παροχή στο κάθε καταναλωτή).

Η τιμή στην οποία γίνεται η εκκαθάριση της αγοράς ενέργειας του ΗΕΠ (Οριακή Τιμή Συστήματος ή ΟΤΣ), συνιστά την τιμή όπου οι Έμποροι και οι Προμηθευτές προμηθεύονται την ενέργεια που περιμένουν ότι θα καταναλώσουν από το Δίκτυο οι Πελάτες τους και πληρώνονται αντιστοίχως οι Εισαγωγείς και οι Παραγωγοί.

Η εξασφάλιση μιας αξιόπιστης και διαφανείς υπολογισμού της τιμής αυτής, αποτελεί αναγκαίο στοιχείο για την ανάπτυξη, σε ερχόμενη φάση, δευτερογενούς αγοράς και πολλών άλλων συμπληρωματικών προϊόντων (π.χ. συμβάσεις προθεσμιακές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, παράγωγα).

Η Οριακή Τιμή του Συστήματος, αποτελεί την τιμή Εκκαθάρισης των συναλλαγών σε ημερήσια βάση και απαγορεύει την αύξηση καμπύλων αναφοράς. Αυτές είναι μέρος της χρηματοοικονομικής διαχείρισης της Αγοράς ΗΕ και της υποκείμενης αξίας για παραπάνω συμπληρωματικά προϊόντα όπως, παραδείγματος χάρη, παράγωγα , προθεσμιακά προϊόντα, προϊόντα αντιστάθμισης άλλα όμως και προϊόντα σύνθετα τα όπου με αυτά θα εξυπηρετούνται οι απαραίτητες ανάγκες των Συμμετεχόντων.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### Εξισορροπημένη Αγορά Ενέργειας

Στη τωρινή μορφή λειτουργίας της Ελληνικής Αγοράς ΗΕ, η εξισορροπημένη αγορά ενέργειας περιορίζεται στην Εκκαθάριση Αποκλίσεων, η οποία εκτελείται από τον Διαχειριστή του Συστήματος (ΑΔΜΗΕ). Ως απόκλιση θεωρούμε όποια διαφορά που μπορεί να προκύψει από τις ποσότητες του προγράμματος στον ΗΕΠ με τις μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν σε μεταγενέστερο χρόνο. Η προαναφερθείσα αγορά δεν συμπεριλαμβάνει νέες προσφορές ή διαφορετικό τρόπο συμμετοχής παικτών, αλλά με τη μέθοδο των χρεοπιστώσεων οι οποίες πραγματοποιούνται από τον Διαχειριστή του Συστήματος, με συνέπεια να μην συνιστά σημερινή αγορά. Περιμένουμε να δοθεί σπουδαιότερη σημασία μελλοντικά με την ενσωμάτωση του σημερινού πλαισίου λειτουργίας της Αγοράς στο Ευρωπαϊκό Target Model. Οι διεργασίες Εκκαθάρισης Αποκλίσεων περιλαμβάνουν τα εξής:

- ❖ Το ποσό ενέργειας των Αποκλίσεων ζήτησης και παραγωγής καθώς και των Μη Επιβεβλημένων Μεταβολών Παραγωγής, ανά Συμμετοχή και Περίοδους Κατανομής.
- ❖ Χρεωστικό ή πιστωτικό χρηματικό ποσό που αναλογεί στο καθένα που συμμετέχει ως αποτέλεσμα των παραπάνω Αποκλίσεων.
- ❖ Το πιστωτικό ποσό πίστωσης του καθένα που Συμμετέχει στην προμήθεια των Επικοινωνικών Υπηρεσιών, την επάρκεια Παροχής περαιτέρω Ενέργειας και των Συμβάσεων Εφεδρείας Έκτακτων Αναγκών.
- ❖ Οι χρεώσεις και πιστώσεις του Λογαριασμού Προσαυξήσεων, το Ειδικό Τέλος ελάττωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ) και τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας.

### 1.6 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Στην ιστοσελίδα της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας παρουσιάζονται οι νόμοι, οι αποφάσεις των υπουργών και τα κείμενα κανονιστικού περιεχομένου, που καθορίζουν την ηλεκτρική αγορά ενέργειας. Τα σημαντικότερα εν λόγω κείμενα είναι τα εξής:

- ❖ Η Ευρωπαϊκή οδηγία 96/92/ΕΚ μεταφέρθηκε στο 2773/1999 νόμο, ο οποίος ήταν η αρχή για να ιδρυθεί ο ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) και ο ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) την περίοδο του 2000.
- ❖ Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 54 του 2003 εισήχθη στον νόμο 3175/2003. Οι πιο αξιοσημείωτες τροποποιήσεις του Νόμου 2773/99 είναι ο προσδιορισμός μίας υποχρεωτικής ημερήσιας ενεργειακής αγοράς βάση των οικονομικών προσφορών ενέργειας στο πλαίσιο της αγοράς, όπου πραγματοποιείται ωριαία, απηχώντας το μεταβλητό κόστος λειτουργίας της εκάστοτε Μονάδας.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Η Οδηγία 2001/77/ΕΚ Ο 3468/2006 νόμος η οποία μεταφέρθηκε στο ελληνικό δίκαιο στο νόμο 3468/2006 και προωθεί την παραγωγή ηλεκτρικής από Σ.Η.Θ.Υ.Α και ΑΠΕ
- ❖ Ο 4001/2011 νόμος για την λειτουργία της αγοράς ενέργειας φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού που οδηγεί σε τεράστιες αλλαγές στην διάρθρωση και στην λειτουργικότητα της αγοράς με την ίδρυση ανεξάρτητων διαχειριστών για το Δίκτυο Διανομής (ΔΕΔΔΗΕ), και για το Σύστημα Μεταφοράς (ΑΔΜΗΕ) και του ανεξάρτητου λειτουργού της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΛΑΓΗΕ).
- ❖ Ο Κώδικας Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΚΣΗΕ).
- ❖ Ο Κώδικας Διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

### 1.7 Βασικός κορμός συμμετεχόντων στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τον βασικό κορμό των συμμετεχόντων στην ηλεκτρική αγορά ενέργειας καθώς και τα επιμέρους καθήκοντα.

#### **A) Παραγωγοί, Αυτοπαραγωγοί**

Οι παραγωγοί κατέχουν την άδεια παραγωγής για την κατασκευή και είναι εγγεγραμμένοι στο Μητρώο Μονάδων. Οι αυτοπαραγωγοί θεωρούνται ότι έχουν άδεια παραγωγής και την ηλεκτρική ενέργεια όπου παράγουν την χρησιμοποιούν αποκλειστικά για προσωπική τους χρήση και την πλεονάζουσα ενέργεια την διαθέτουν στο σύστημα μεταφοράς.

#### **B) Προμηθευτές**

Κατέχουν άδεια προμήθειας και έχουν την δυνατότητα να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια κατευθείαν από τον ΗΕΠ, για να μπορούν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των καταναλωτών τους .

#### **Γ) Εισαγωγείς**

Κατέχουν άδεια παραγωγής και αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω των εξωτερικών Παραγωγών ή Προμηθευτών και προωθούν στον ΗΕΠ τα ποσά ενέργειας από τις Διασυνδέσεις.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### Δ) Εξαγωγείς

Κατέχουν άδειας προμήθειας ή άδειας εμπορίας, και αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω του ΗΕΠ για να μπορούν να τις πουλούν μέσω των διασυνδέσεων σε γειτονικές χώρες.

### Ε) Πελάτες (Επιλέγοντες-Αυτοπρομηθευόμενοι)

Είναι οι πελάτες που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια και έχουν την δυνατότητα να μπορούν να επιλέξουν το πάροχο τους. Ακόμα μπορούν να αγοράζουν ενέργεια μέσω του ΗΕΠ για χρήση αποκλειστική δική τους .

### ΣΤ) Ο Κύριος και Διαχειριστής του Συστήματος (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.)

Ο ηλεκτρισμός ο οποίος έχει παραχθεί από μονάδες παραγωγής και σε περιπτώσεις εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, προωθείται στα σημεία των διασυνδέσεων με τα κοντινότερα ηλεκτρικά συστήματα, διανέμεται σε μεγάλους βιομηχανικούς αγοραστές της υψηλής τάσης και στο σύστημα μεταφοράς. Σύμφωνα με το νόμο 4001/2011 μεταβιβάστηκε και αποσχίστηκε η κυριότητα από τη ΔΕΗ Α.Ε στον ΑΔΜΗΕ Α.Ε. Οι αρμοδιότητες του ΑΔΜΗΕ είναι η καθημερινή συντήρηση και λειτουργία του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς, εγκαθιστώντας νέες γραμμές, υποσταθμούς και κάνοντας επενδύσεις για την βελτίωση του συστήματος μεταφοράς. Ορισμένα καθήκοντα της ΑΔΜΗΕ Α.Ε. καταγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

#### ❖ Κατανομή πραγματικού χρόνου

Προγραμματίζεται σε πραγματικό χρόνο η λειτουργία των μονάδων παραγωγής σύμφωνα με τις συμβάσεις που τις διέπουν μεταξύ των συμβεβλημένων μονάδων των έκτακτων εισαγωγών και των εφεδρικών μονάδων έκτακτης ανάγκης. Δίνει εντολές κατανομής για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα προκειμένου το σύνολο της ενέργειας που θα απορροφηθεί να εκτελείται με ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος, στην πρόληψη και αποφυγή απρόβλεπτων συμβάντων στην ποιοτική τροφοδότηση του φορτίου και στην οικονομικότερη συνολική καταβολή των εξόδων.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### ❖ Η Εκκαθάριση των Αποκλίσεων

Πιστοποιεί και ορίζει το τελικό μέγεθος των μετρήσεων. Η μετέπειτα εκτίμηση της Οριακής Τιμής Αποκλίσεων (ΟΤΑ), όπου τακτοποιούνται οι διαφορές των ποσών ενέργειας σε καθεμιά Περίοδο Κατανομής, μπορεί να μετρηθεί μέσω του προγράμματος Ex-Post Imbalance Pricing (ExPIP), το οποίο διαχειρίζεται στοιχεία σε πραγματικό χρόνο συμπεριλαμβάνοντας το κατά πόσο διαθέσιμες είναι οι μονάδες του συστήματος. Έτσι ο υπολογισμός της μετέπειτα ΟΤΑ διαχειρίζεται την εκκαθάριση των διαφορών των συμμετεχόντων στην αγορά. Τα ποσά εκκαθάρισης των αποκλίσεων επαληθεύονται, πιστοποιούνται και ορίζονται από τον υπεύθυνο του συστήματος. Επιπλέον ο υπεύθυνος του συστήματος καθορίζει εάν υπάρχουν επιπρόσθετες χρεώσεις και ποινές οι οποίες ορίζονται από τον ΚΔΣ και κάνει τις τακτοποιήσεις των λογαριασμών.

### ❖ Συντήρηση και επένδυση στο σύστημα Μεταφοράς

Ο αρμόδιος του συστήματος θέτει σε λειτουργία το σύστημα μεταφοράς για την διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Επιπροσθέτως, ως άνω αρμόδιος καθίσταται υπεύθυνος για επενδύσεις στο δίκτυο διανομής και για την συνδεσιμότητα των νησιών με το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Τέλος επεξεργάζεται και ανακοινώνει δημοσίως σε ετήσια βάση το πλάνο με ορίζοντα 10 ετών για τις επενδύσεις στο δίκτυο διανομής, όπου είναι αναγκαίο να λάβει έγκριση από τον ΥΠΕΚΑ έπειτα από γνωμοδότηση της ΡΑΕ.

### ❖ Εκκαθάριση των Χρεώσεων Χρήσης του Συστήματος

Με βάση την παράγραφο 3 του άρθρου 97 του νόμου 4001/2011 ο ΑΔΜΗΕ είναι ο υπεύθυνος του συστήματος ο οποίος προχωρά στην ολοκλήρωση των χρεώσεων μεταξύ των χρηστών δικτύου διανομής και των χρηστών του συστήματος.

### ❖ Σύναψη Συμβάσεων

Ο υπεύθυνος του Συστήματος έχει την άδεια να επικυρώνει σε συνέχεια διενέργειας διαγωνισμού, γραπτές συμφωνίες επικουρικών υπηρεσιών και συμπληρωματικής ενέργειας συστήματος με τους παραγωγούς. Ο παραγωγός μέσω της σύμβασης επικουρικών υπηρεσιών

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

προβαίνει σε δέσμευση μέρους ή του συνόλου της παραγωγής της μονάδας για την κάλυψη των επικουρικών υπηρεσιών.

### **Z) Ο Λειτουργός της αγοράς (ΛΑΓΗΕ Α.Ε.)**

Το κανονιστικό πλαίσιο και η Ελληνική νομοθεσία καθορίζει τις υποχρεώσεις, τα καθήκοντα και τους ρόλους του ΛΑΓΗΕ όπου είναι τα κάτωθι:

- ❖ Επίλυση και Εκκαθάριση Η.Ε.Π.

Ο ΛΑΓΗΕ διευθετεί σε ημερήσια βάση τα προβλήματα βελτίωσης του ΗΕΠ λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές προσφορές όσων συμμετέχουν στο χρονικό διάστημα μίας ώρας και επιπλέον τεχνοοικονομικά δεδομένα εισόδου. Με άλλα λόγια μετράει, επαληθεύει και κάνει οριστικές τις χρεώσεις και τις πιστώσεις όλων των προσώπων που συμμετέχουν.

- ❖ Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

Ο ΛΑΓΗΕ προμηθεύεται την παραχθείσα ενέργεια από τις ανανεώσιμες μονάδες πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), τις μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού-Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης έως 35MWe, όπως και το τμήμα της εγχεόμενης στο Σύστημα ενέργειας από Κατανεμόμενες Μονάδες το οποίο λέγεται ηλεκτρική ενέργεια από ΣΗΘΥΑ. Ο Λειτουργός πληρώνει τους συμμετέχοντες μέσω εγγυημένων τιμών (feed-in-tariffs) οι οποίες προσδιορίζονται από την Ελληνική νομοθεσία και τέλος πραγματοποιεί εκδόσεις εγγυήσεων προέλευσης.

### **Η) Ο Διαχειριστής του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.)**

Ο ΔΕΔΔΗΕ ορίζεται ως ο αρμόδιος του δικτύου μεταφοράς μέσης και χαμηλής τάσης του συνόλου της χώρας ο οποίος ιδρύθηκε με το διαχωρισμό του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ βάσει του νόμου 4001/2011 και σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο σκοπός της εταιρίας αποτελεί η ανάπτυξη, η συντήρηση και η λειτουργία, υπό οικονομικούς όρους του Εθνικού Δικτύου Διανομής (ΕΔΔΗΕ), προκειμένου να εξασφαλίζεται η αποδοτικότητα και η ομαλή λειτουργία του όπως και η επαρκής ικανότητα ανταπόκρισης σε δικαιολογημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, έχοντας λάβει υπόψη την κατάλληλη πρόνοια όσον αφορά το περιβάλλον, την ενεργειακή παραγωγικότητα όπως και για την εξασφάλιση, με το πιο άμεσο, οικονομικό, αντικειμενικό τρόπο και τη πρόσβαση των



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Παραγωγών, των Προμηθευτών και των Πελατών στο ΕΔΔΗΕ, έτσι ώστε να υλοποιούν τις δραστηριότητες τους.

### Θ) Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)

Ιδρύθηκε ως μία αρχή αυτοτελείς διοικητικά και οικονομικά με σκοπό τον έλεγχο της ενεργειακής αγοράς, βάση των διατάξεων του νόμου 2773/1999 όπου δημοσιεύθηκε με στόχο τη συμμόρφωση της Ελληνικής νομοθεσίας με τις διατάξεις της Οδηγίας 96/92/ΕΚ για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Η οικονομική αυτοτέλεια της ΡΑΕ, που καθιστά βασικό όρο για την συνέχιση της ανεξαρτησίας της Αρχής, επιτυγχάνεται με τις διατάξεις του νόμου 2837/2000, διαμέσου του οποίου εκτιμάται ότι έχει στην κατοχή της ιδίους πόρους. Το Προεδρικό Διάταγμα 139/2001 (Ρύθμιση για την Εσωτερική Λειτουργία και Διοίκηση της ΡΑΕ), ορίζει τον τρόπο χρησιμοποίησης των πόρων, η οποία ελέγχεται από το ελεγκτικό συνέδριο αλλά και από ανεξάρτητους ελεγκτές.

Στη ΡΑΕ εκχωρούνται καινούργιες υποχρεώσεις και όσον αφορά τους τομείς του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού βάσει των νόμων 3426/2005 για την ηλεκτρική ενέργεια και 3428/2005 για το φυσικό αέριο, σε εναρμόνιση των διατάξεων των Οδηγιών 2003/54 και 2003/55 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ιδιαιτέρως με τα τιμολόγια πρόσβασης στα δίκτυα ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, τους όρους και τις προϋποθέσεις για τις υπηρεσίες εξισορρόπησης που παρέχονται στο φυσικό αέριο, ακόμα και για θέματα αναφορικά με την επαρκή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Επιπροσθέτως, βάσει των μετατροπών των παραπάνω νόμων και λαμβάνοντας υπόψη και το νόμο 4001/2011, η ΡΑΕ λειτουργεί ως αρχή διευθέτησης τυχόν διαφορών οι οποίες έχουν προκύψει από καταγγελίες κατά των προμηθευτών και ενάντια των υπευθύνων του συστήματος αναφορικά με τους τομείς του φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού.[8]

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

**ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ**

**2.1 Σκοπός κεφαλαίου**

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι εθνικοί στόχοι σχετικά με τις ΑΠΕ όσον αφορά την επιβράδυνση της αλλαγής του κλίματος. Υπογραμμίζεται ο ρόλος των επενδύσεων για την επίτευξη των στόχων καθώς και οι μηχανισμοί στήριξης των επενδύσεων από την υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας.

**2.2 Ανασκόπηση των σκοπών της Ελλάδος στην ενεργειακή απόδοση έως το 2020**

Αξιοσημείωτες ενέργειες που σκοπό έχουν την κατά το δυνατόν κοντινότερης προσέγγισης του ενεργειακού στόχου στην Ελλάδα, προκειμένου να υπολογιστεί η βελτίωση του συστήματος της ενέργειας. Ειδικότερα, ο τρόπος εκτίμησης ενεργειακού στόχου περιελάμβανε τις καταστάσεις οι οποίες επιδρούν έχοντας λάβει υπόψη και τους παραμέτρους στην κατανάλωση της ενέργειας, καθώς και το βαθμό ανάπτυξης των θεμελιωδών μεγεθών της οικονομίας έως το 2020 και του μείγματος της ενέργειας, αναφορικά με το πώς έχει σχηματιστεί σήμερα. Για την εκτίμηση του στόχου υπολογίστηκε ο βαθμός ανάπτυξης των αποτελεσμάτων της οικονομίας και τις τεχνολογικές βελτιστοποιήσεις των ενεργειακών αποτελεσμάτων μέχρι το 2020, καθώς και η υλοποίηση ακριβής δράσεων και πολιτικών σε όλους τους τομείς της ενέργειας. Επιπροσθέτως, συνυπολογίστηκαν οι καταστάσεις και οι ενέργειες οι οποίες καταγράφονται στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> Εθνικό Σχέδιο Δράσης όσον αφορά την παραγωγή και αντίστοιχα στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης όσον αφορά τις ΑΠΕ. Επιπλέον προστέθηκαν και τα μέτρα πολιτικής τα οποία καταγράφηκαν στην έκθεση που κατατέθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Δεκέμβριο του 2013 στο πλαίσιο του Άρθρου 7 της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ενεργειακών υποθέσεων όσον αφορά την προσεγγιστική παραγωγή της ενέργειας στην Ελλάδα υλοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη μαθηματικά μοντέλα όπως TIMES, WASP IV και COST. Ένα από αυτά το μοντέλο TIMES είναι ένα «από κάτω προς τα πάνω, έχοντας ως οδηγό τη ζήτηση» και προτείνεται στη βελτίωση των ενεργειακών μοντέλων. Καταγράφει όλους τους τομείς της ενέργειας στην Ελλάδα και με πραγματικά στοιχεία όσον αφορά την ανάπτυξη των εθνικών μακροπρόθεσμων οικονομικών, των παγκόσμιων ενεργειακών τιμών την κοστολόγηση, την



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

βελτιστοποίηση και την πρόοδο των τεχνολογιών καθώς και τον τρόπο υλοποίησης, βελτιστοποίησης της ενεργειακής αποτελεσματικότητας. Καθορίζει συνδυαστικά τις μορφές ενέργειας με το χαμηλότερο κόστος τεχνολογίας, ο οποίος παρέχει τη ζητούμενη ωφέλιμη ενέργεια υπό όρους, παραδείγματος χάρη, το ποσοστό εισχώρησης των ΑΠΕ καθώς και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος στο τομέα της ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο, δύναται η αφορμή να αξιολογηθούν οι πολιτικές του περιβάλλοντος και της ενέργειας στο τομέα της ζήτησης και προσφοράς. Εάν θέλουμε ένα ποιοτικότερο προσδιορισμό του ηλεκτροπαραγωγικού συστήματος, κάνουμε χρήση το μοντέλο WASP. Αυτό αναλύει το ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα μειωμένου κόστους, το οποίο παρέχει την επικείμενη ισχύ και ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα διασφαλίζει την ικανότητα των παραγωγικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας να μπορούν να αντεπεξέλθουν οικονομικά.. Τελευταίο, το μοντέλο COST χρησιμοποιείται για την χρονική αναπαράσταση λειτουργίας του ηλεκτροπαραγωγικού συστήματος. Το συγκεκριμένο μοντέλο, καθορίζει την φόρτιση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία μεταξύ των θερμικών σταθμών με τους σταθμούς ΑΠΕ. Τα πρωταρχικά δεδομένα όσον αφορά τις δημογραφικές και μακροοικονομικές πληροφορίες, τα οποία κάναμε χρήση στα υπολογιστικά πρότυπα για τον προσδιορισμό του σκοπού της ενεργειακής παραγωγικότητας, περιγράφονται στο παρακάτω πίνακα. Οι μακροοικονομικές πληροφορίες αναφέρονται στο σύνολο του κατά κεφαλήν ΑΕΠ καθώς και στην προστιθέμενη αξία στην Ελλάδα. Όσον αφορά τις δημογραφικές πληροφορίες στο παρακάτω πίνακα καταγράφεται η πρόοδος των σημαντικών δημογραφικών και μακροοικονομικών δεδομένων για τα έτη που έχουμε εξετάσει.

Μακροοικονομικά Δεδομένα	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ΑΕΠ (εκατ. € σε τρέχουσες τιμές)	219.659	206.368	192.954	185.429	186.542	191.951	199.054	206.020	212.613	219.629	226.438
Ετήσιος ρυθμός μεταβολής του ΑΕΠ (%)		-6,1%	-6,5%	-3,9%	0,6%	2,9%	3,7%	3,5%	3,2%	3,3%	3,1%
ΑΕΠ κατά κεφαλήν (€ σε τρέχουσες τιμές)	57.262	53.794	50.040	47.962	48.123	49.389	51.236	53.050	54.768	56.597	58.374
Προστιθέμενη Αξία (εκατ. € σε τρέχουσες τιμές)	184.513	173.349	162.082	155.760	156.695	161.239	167.205	173.057	178.595	184.489	190.208
Ετήσιος ρυθμός μεταβολής της προστιθέμενης αξίας (%)		-6,1%	-6,5%	-3,9%	0,6%	2,9%	3,7%	3,5%	3,2%	3,3%	3,1%
Δημογραφικά Δεδομένα	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πληθυσμός (χιλ.)	11.308	11.308	11.367	11.397	11.426	11.456	11.471	11.486	11.501	11.517	11.532
Ετήσιος ρυθμός αύξησης (%)		0,00%	0,52%	0,26%	0,26%	0,26%	0,13%	0,13%	0,13%	0,13%	0,13%
Αριθμός κατοικιών (χιλ.)	3.836	3.836	3.856	3.866	3.876	3.887	3.885	3.884	3.882	3.881	3.879

Σχήμα 2.1 Πίνακας βασικών παραδοχών μοντέλων υπολογισμού

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 2.3 Καθορισμός στόχου έως το 2020

Τα αποτελέσματα της υλοποίησης του ενεργειακού προτύπου για τον προσδιορισμό του εθνικού σκοπού της ενεργειακής παραγωγικότητας έθεσαν ως σκοπό κατά το έτος 2020 τελικώς η ενεργειακή κατανάλωση να φτάσει στο ύψος των 18,4 Mtoe. Ο προσδιορισμός του σκοπού πραγματοποιήθηκε με βάση τη τελική κατανάλωση ενέργειας, αφενός επειδή αυτή προσδιορίζει τον απαιτούμενο βαθμό ζήτησης, και αφετέρου εξαιτίας της μελλοντικής προόδου του συστήματος ενέργειας με τα υπολογιστικά πρότυπα τα οποία επιλέχθηκαν να αναπαριστούν αποδοτικότερα την ενεργειακή κατανάλωση τελικά. Επίσης, η Οδηγία 2012/27/ΕΕ, δείχνει την μελλοντική εξέλιξη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ παρουσιάζονται και οι προβλέψεις για την ενεργειακή δύναμη της οικονομίας κατά το έτος του 2020. Ο σκοπός, ο οποίος συμπεραίνεται κατά το έτος 2020 προκύπτει από τις μελλοντικές προβλέψεις ανάπτυξης της οικονομίας των προγραμμάτων βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης, της εφαρμογής δράσεων εισχώρησης των ΑΠΕ και στην προσπάθεια να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρόβλεψη στο 2020 της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και πρωτογενούς ενέργειας είναι αρκετά μειωμένες σε σύγκριση με το 2007. Ένα ακόμα αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι η πρωτογενούς κατανάλωση ενέργειας, το 2020 προβλέπεται λιγότερη και από το έτος του 2011. Ειδικότερα, σημαντική βελτίωση μπορεί να γίνει στο αναπτυξιακό ενεργειακό πρότυπο σε συνδυασμό με τα τεχνολογικά και δομικά χαρακτηριστικά αλλά και στην λειτουργικότητα του συστήματος ενέργειας πρωτογενούς επιπέδου παραγωγής ενέργειας και ορθής διαχείρισης της ζητούμενης ενέργειας. Καταγράφοντας το ποσοστό συμμετοχής προόδου στο ενεργειακό μοντέλο της χώρας, προβλέπεται ότι θα σημειωθεί μια σημαντική βελτιστοποίηση του δείκτη έντασης της πρωτογενούς ενέργειας. Μόλις κατά το έτος του 2007, πριν ξεκινήσουν οι συνέπειες της οικονομικής ύφεσης, αλλά και πριν αρχίσουν να υλοποιούνται μέτρα βελτιστοποίησης της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, ο παραπάνω δείκτης βρισκόταν στο ύψος του 0,137 koe/€. Κατά το έτος του 2020 προβλέπεται, σε συνδυασμό με ρυθμό ανάπτυξης σταθερό για την οικονομία, να έχει κατορθωθεί βελτιστοποίηση στο δείκτη στο επίπεδο του 20,4%, δηλαδή πιο κάτω από 0,109 koe/€, όπου αυτό δηλώνει ότι μεταβαίνουμε σε πιο αποτελεσματική εξελίξιμη οικονομία. Αυτή η βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας είναι σύμφωνο και με το δείκτη ενεργειακής έντασης τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, αφού καταγράφεται για το έτος 2020 (0,081 koe/€) ελάττωση του ποσοστού του 18,2% σε σύγκριση με το ύψος του 2007 (0,099 koe/€).[9]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 2.4 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση έως το 2030 στην Ελλάδα

Σκοπός του ποσοστού μεριδίου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή ακαθάριστη κατανάλωση έχει τεθεί να φτάσει στο ποσοστό της τάξεως του 35%. Υπογραμμίζεται ότι για λόγους μεθοδολογίας, δεν έχουν αναφερθεί τα αναμενόμενα τεχνικά εγχειρίδια από την Ευρωπαϊκή Ένωση, δεν λαμβάνεται υπόψη σε αυτό το ποσοστό ως συνεισφορά από ΑΠΕ το ποσοστό χρησιμοποίησης αντλιών θερμότητας για την τροφοδότηση ψυκτικών αναγκών με ενεργειακά αποτελεσματικότερο τρόπο. Επιπροσθέτως, έχει τεθεί ως σκοπός το ποσοστό που λαμβάνουν μέρος τα ΑΠΕ στην τελική ακαθάριστη ηλεκτρικής κατανάλωση ενέργειας να ανέβει το λιγότερο 60%. Το ποσοστό των ΑΠΕ για την ψύξη και θέρμανση να υπερβεί το 40% και στον τομέα των μεταφορών το μερίδιο των ΑΠΕ να υπερβεί το 14% βάσει της σχετικής μεθοδολογίας υπολογισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι φανερό, ο πρωταρχικός σκοπός μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την άνοδο του ποσοστού των ΑΠΕ που λαμβάνουν μέρος στην ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας, με συνέπεια ο εν λόγω τομέας να συνιστά την βασική πολιτική προτεραιότητα και να κατέχει και την μέγιστη απαιτούμενη αποτελεσματικότερη προτεραιότητα υλοποίησης των προγραμματιζόμενων μέτρων. Η εκπλήρωση του εν λόγω σκοπού θέτει ως προϋπόθεση να υπερδιπλασιαστεί η τωρινή εγκατεστημένη ισχύ σε όλες τις τεχνολογίες των ΑΠΕ, εκτός από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα. Είναι κατανοητό ότι αυτό αποτελεί ένα πολύ μεγαλεπήβολο σχέδιο αλλά και ταυτόχρονα εφικτό, αν αναλογιστούμε ότι υπάρχει μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον το οποίο μπορεί να υποστηριχθεί τεχνικά και οικονομικά. Παρόλα αυτά, ο στόχος αυτός θέτει ως επιβεβλημένη συνθήκη τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας και της ανταπόκρισης όλων των φορέων που εμπλέκονται, το δημόσιο φορέα, των διαχειριστή και ρυθμιστή αλλά όμως και της ίδιας της αγοράς των ΑΠΕ. Κατά συνέπεια αυτό είναι πρωταρχική πρόκληση η επίτευξη της συνθήκης αυτής με το καλύτερο τρόπο κατά την ερχόμενη περίοδο. Ταυτόχρονα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ και την μεγαλύτερη συμμετοχής τους στο ποσοστό της τελικής κατανάλωσης, σκοπός συνιστά ο εξηλεκτρισμός και η σύζευξη των δραστηριοτήτων της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης. Ο προοδευτικός εξηλεκτρισμός στο τομέα των μεταφορών είναι η πιο βασική προτεραιότητα στη μετέπειτα περίοδο. Με άλλα λόγια, περιμένουμε αύξηση των οχημάτων που θα κινούνται με ηλεκτρισμό το οποίο θα συνεισφέρει σε πολλές διαστάσεις του ΕΣΕΚ, αφού και στις σιδηροδρομικές μεταφορές ο ολοκληρωτικός εξηλεκτρισμός θα υλοποιηθεί το αργότερο μέχρι τα τέλη του 2020. Σκοπός είναι μέσω της διεύθυνσης αυτής να επιτύχει μια πιο αποτελεσματικότερη οικονομικά απόδοση στην οικονομία, ενώ ταυτόχρονα είναι απαραίτητο να έχουν κατασκευαστεί εγκαίρως οι απαραίτητες υποδομές και το κατάλληλο κανονιστικό πλαίσιο, όπου συνιστούν προϋπόθεση για τον εξηλεκτρισμό του

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

τομέα των μεταφορών. Ακόμα σκοπός είναι το κατά δυνατόν αυξανόμενη και αποτελεσματικότερη σύζευξη των καταναλωτικών τομέων, δίνοντας προτεραιότητα στην αύξηση του μεγίστου χρησιμοποίησης των ΑΠΕ. Οι αντλίες θερμότητας είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, όπου συνδυαστικά με τη μελλοντική περισσότερη χρησιμοποίηση των αποθηκευτικών συστημάτων ενέργειας αλλά και των σχημάτων αυτοπαραγωγής θα συμμετέχουν αποτελεσματικά προς αυτή την πορεία. Ακόμα ένα παράδειγμα είναι και η προοπτική έγχυσης μεθανίου ή υδρογόνου που παράγεται από ΑΠΕ στο δίκτυο φυσικού αερίου. Σε αυτή την πορεία θα μελετηθεί πρωταρχικά η αποτελεσματικότητα και η βιωσιμότητα ενός τέτοιου συνδυασμού και εάν γνωμοδοτήσει θετικά θα ξεκινήσουν οι διαδικασίες προώθησης των απαραίτητων μέτρων και πολιτικών. Επιπλέον έχει τεθεί ο στόχος όσον αφορά την προώθηση των ΑΠΕ σε κτίρια και συστήματα διεσπαρμένης παραγωγής, μέσω συνδυασμών ενεργειακού συμψηφισμού και αυτοπαραγωγής. Έως το 2030 υπάρχει η πρόβλεψη το σύνολο της λειτουργίας τέτοιων ειδών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ εγκατεστημένης ισχύος 1 GW να μπορεί να τροφοδοτήσει τις ανάγκες των καταναλωτών έως 330.000 νοικοκυριών στην ελληνική επικράτεια. Όσον αφορά την πρόοδο του μεριδίου συμμετοχής των ΑΠΕ στην κατανάλωση στα σχήματα 2.2 και 2.3 καταγράφεται η μελλοντική εκτίμηση όσον αφορά την πρόοδο επί των ποσοστών στα παρακάτω χρονολογικά σημεία.

Εξέλιξη μεριδίων ΑΠΕ	2020	2022	2025	2027	2030
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%]	19,7%	23,4%	27,1%	29,6%	35,0%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%]	30,6%	33,8%	36,8%	38,3%	42,5%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%]	29,2%	38,6%	46,8%	52,9%	61,0%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%]	6,6%	7,3%	10,1%	11,7%	19,0%

Σχήμα 2.2 Ποσοστό ανάπτυξης των ΑΠΕ ανά σκοπό και τομέα έως το 2030.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Εξέλιξη προόδου ως προς στο μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ για την επίτευξη του στόχου του 2030	2022	2025	2027	2030
στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	31,8%	53,6%	68,5%	100%
στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη	27,0%	52,3%	64,5%	100%
στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού	29,6%	55,4%	74,6%	100%
στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές	5,6%	28,3%	41,3%	100%

Σχήμα 2.3 Ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ προοδευτικά ανά τομέα έως το 2030.

Καθώς η αύξηση των ποσοστών συμμετοχής των ΑΠΕ στη θέρμανση και στην ηλεκτροπαραγωγή δείχνουν μια γραμμική πρόοδο, εν τούτοις το ποσοστό των ΑΠΕ στις εκτιμάται να γίνεται εντονότερη στις αρχές του 2026 και φθάνοντας την περίοδο 2028-2030, που εκτιμάται, με όρους οικονομικούς, η μέγιστη εισχώρηση των οχημάτων που θα κινούνται ηλεκτρικά και στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής οι ΑΠΕ θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στο ποσοστό συμμετοχής με τα άλλα καύσιμα, καθώς επίσης και η χρησιμοποίηση προηγμένων βιοκαυσίμων για παρόμοιους λόγους. Πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι ο οδικός χάρτης που έχει προταθεί στον ΕΣΕΚ, δεν είναι γραμμικός όπως αναφέραμε πριν, αλλά ταιριάζει με την μελλοντική χρονική εκτίμηση της ανάπτυξης του στόχου στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού κανονισμού για την ενεργειακή διακυβέρνηση. Ο Ευρωπαϊκός κανονισμός έχει ενσωματώσει την απαιτούμενη ευελιξία οι οποία κρίνεται ότι καλό είναι να υφίσταται σε εθνικό επίπεδο ενεργειακού σχεδιασμού σε σχέση με αυτή των αγορών και την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των προγραμματιζόμενων πολιτικών και μέτρων. Η κατεύθυνση αυτή θεωρείται ως η πιο καλή από την άποψη της οικονομίας, επειδή με αυτό το τρόπο τόσο ο χρονοπρογραμματισμός νέων έργων ΑΠΕ στους ηλεκτροπαραγωγικούς τομείς όσο και η υποστήριξη θερμικών αναγκών από ΑΠΕ, δεν θα οδηγήσει σε μη οικονομικά βέλτιστες επενδύσεις και θα έχει υπό την προστασία το ενεργειακό σύστημα και τους χρηματοδοτικούς πόρους από εμπροσθοβαρή εγκλωβισμό σε μέτρα και δράσεις τα οποία θα είναι αποτελεσματικότερα να χωριστούν ομαλότερα χρονικά την

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

περίοδο που εξετάζουμε. Οι κύριες εφαρμογές για να επιτευχθούν οι στόχοι στην μετέπειτα περίοδο στο τομέα της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ είναι τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά πάρκα, τα οποία εκτιμάται ότι είναι ανταγωνιστικά, έχουν κανόνες αγοράς και οικονομικότητας ως προς τις τυχόν συνέπειες από θέματα ενισχύσεων. Στα παρακάτω σχήματα 2.4 και 2.5 φανερώνεται το μέγεθος της ανάπτυξης των τεχνολογιών ΑΠΕ. Σημειώνεται ότι δεν υφίσταται ακόμα προγραμματισμός ως προς το χρόνο για τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, αλλά έχει τεθεί ως αρχικός σκοπός να ξεκινήσουν να λειτουργούν έως το 2030 όπου το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύς θα είναι της τάξεως του 250 MW.

Ηλεκτροπαραγωγή - Εγκατεστημένη Ισχύς [GW]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Υ/Η	3,4	3,7	3,7	3,7	3,7
Αιολικά	3,6	4,2	5,2	6,0	7,0
Φ/Β	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<b>Σύνολο</b>	<b>10,1</b>	<b>11,9</b>	<b>14,5</b>	<b>16,3</b>	<b>18,9</b>

Σχήμα 2.4 Η χρονική πρόοδος εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ανά κατηγορία ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,4	0,5	0,8	1,0	1,6
Υ/Η	5,5	6,2	6,3	6,3	6,4
Αιολικά	7,2	10,0	12,5	14,3	17,1

Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	2020	2022	2025	2027	2030
Φ/Β	4,6	6,3	8,5	10,0	12,1
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6
<b>Σύνολο</b>	<b>17,7</b>	<b>23,0</b>	<b>28,4</b>	<b>32,2</b>	<b>38,1</b>

Σχήμα 2.5 Εξέλιξη ηλεκτροπαραγωγής από μονάδες ΑΠΕ.

Ακόμα, στόχο συνιστά στην ερχόμενη περίοδο, σταδιακά να αξιολογηθούν οι πιλοτικές εγκαταστάσεις και όπου αυτό κρίθει αναγκαίο των καινούργιων τεχνολογιών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ όπως:

- ❖ Ενεργειακή αξιοποίηση του κύματος
- ❖ Συνδυαστικές εγκαταστάσεις, για παραγωγή υδρογόνου ή για αφαλάτωση
- ❖ Διεσπαρμένα συστήματα παραγωγής, παραδείγματος χάρη οι μικρές ανεμογεννήτριες

Κλείνοντας να αναφέρουμε ότι στο τομέα των μεταφορών και προς το τέλος του 2030 περιμένουμε μία πάρα πολύ σημαντική συνεισφορά από τα οχήματα που θα κινούνται ηλεκτρικά. Τα βιοκαύσιμα θα παίξουν κυρίαρχο ρόλο ,με συνεχής αύξηση του ποσοστού των προηγμένων βιοκαυσίμων, ειδικότερα προς το τέλος της δεκαετίας και μεταξύ του 2028 με 2030.[10]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Τομέας μεταφορών (ktoe)	2020	2022	2025	2027	2030
Βιοκαύσιμα	228	238	283	287	371
Ηλεκτρισμός	18	28	58	86	154
<b>Σύνολο</b>	<b>246</b>	<b>266</b>	<b>341</b>	<b>374</b>	<b>525</b>

Σχήμα 2.6 Συμμετοχή των ΑΠΕ στον τομέα των μεταφορών

### 2.5 Μακροπρόθεσμοι στόχοι: Οδικός ενεργειακός χάρτης για το 2050

Ο κατευθυντήριο κεντρικός προγραμματισμός του συστήματος ενέργειας, συνιστά την προστασία του περιβάλλοντος και την προστασία και τα οφέλη του καταναλωτή, ο οποίος θα μπορεί να χρησιμοποιεί τις βέλτιστες τεχνικές και οικονομικές επιλογές για να καλύψει τις ανάγκες του. Ο πρωταρχικός σκοπός για το 2050 είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων να δείχνουν ελάττωση σε ποσοστό του 60% έως 70% σε σύγκριση με το 2005, ενώ παράλληλα η ηλεκτρική παραγωγή να είναι όσο μπορεί και τεχνικά εφικτό στις ΑΠΕ, με στόχο που να πλησιάζει στο 100% με τις μεταφορές να κινούνται όλες ηλεκτρικά. Επομένως τα ορυκτά καύσιμα που αντικαθιστούμε για την ηλεκτροπαραγωγή, όπου μπορεί να είναι εφικτό, θα μηδενίσει τις εκπομπές αερίων, θα μειωθούν τα είδη που παράγονται από πετρέλαιο και οπότε της ανεξάρτησης από ορυκτά καύσιμα και της ασφάλειας του ενεργειακού σχεδιασμού. Συνεπώς εξετάστηκαν πολιτικές, οι οποίες θα διασφαλίσουν καθαρό περιβάλλον και ανάπτυξη που μπορεί να είναι βιώσιμη μέσα σε ρεαλιστικό περιβάλλον ανάπτυξης της οικονομίας για την περίοδο 2020-2050 οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

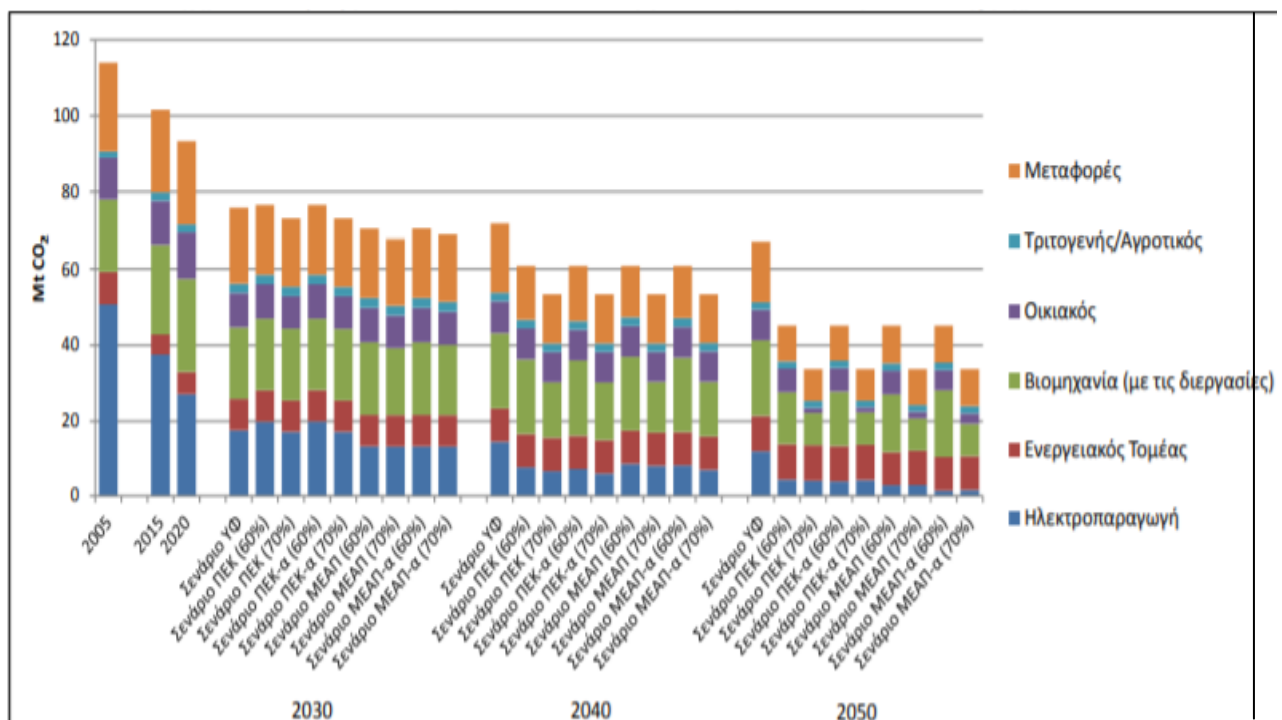
- ❖ Το σενάριο <<Υφιστάμενων πολιτικών>> (ΥΦ) προϋποθέτει μία πιο συντηρητική εφαρμογή των πολιτικών όσων αφορά το περιβάλλον και την ενέργεια. Εκτιμάται μέσο ποσοστό περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050 κατά 40% σε σύγκριση με το 2005. Δίνονται ακόμα προβλέψεις μία μέση εισχώρηση τεχνολογιών ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας εξαιτίας των συντηρητικών της εφαρμογής πολιτικών.
- ❖ Το σενάριο <<Μεγιστοποίησης Μέτρων ΑΠΕ>>(Σενάριο ΜΕΑΠ) προϋποθέτει τη μέγιστη εισχώρηση των ΑΠΕ σε ποσοστό του 100% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στο σύνολο, με σκοπό την ελάττωση των εκπομπών αερίων του



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

θερμοκηπίου από 60% έως 70%, όπου θα έχουμε τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας στους τομείς των μεταφορών και των κτιρίων.

- ❖ Το σενάριο << Ελαχίστου Κόστους Περιβαλλοντικών Μέτρων >> όπου το μίγμα των τεχνολογιών ενέργειας μπορεί να επιλεγεί με τα μέτρα πολιτικής ελάχιστου κόστους για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από 60% έως 70%, ενώ την ίδια στιγμή έχουμε τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας τόσο στο τομέα των μεταφορών όσο και στο κτιριακό τομέα. Το ποσοστό εισχώρησης των ΑΠΕ είναι σημαντικό αλλά δεν υπερβαίνει το 85% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας του γεγονότος ότι υπάρχει περιορισμός στις μονάδες αποθήκευσης ενέργειας.



Σχήμα 2.7 Εξέλιξη των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον ενεργειακό τομέα ανά σενάριο πολιτικής μέχρι το 2050

Το ενεργειακό σύστημα μελλοντικά όπως αναφέρεται από τα δύο νέα σενάρια ενεργειακών πολιτικών και μέτρων δίνονται συνοπτικά παρακάτω:

- ❖ Περιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από 60% έως 70% έως το 2050 συγκριτικά με το έτος του 2005.
- ❖ Μερίδιο από 85% έως 100% της ηλεκτρικής παραγωγής από ΑΠΕ, αξιοποιώντας όλες τις ώριμες εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Σταθερότητα στην ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας των πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας.
- ❖ Μερική άνοδος της ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας λόγω του της αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων και της περαιτέρω χρησιμοποίησης των αντλιών θερμότητας στον κτιριακό και τριτογενή τομέα.
- ❖ Σημαντική ελάττωση της κατανάλωσης των παραγώγων του πετρελαίου
- ❖ Άνοδος της χρήσιμοποίησης των βιοκαυσίμων συνολικά στις μεταφορές σε ποσοστό από 34% μέχρι 39% έως το 2050.
- ❖ Μεγάλο ποσοστό του ηλεκτρισμού στις μεταφορές των επιβατών σε κοντινές αποστάσεις έως το 42% και αξιοσημείωτη άνοδος του ποσοστού των μέσων σταθερής τροχιάς τόσο για την μεταφορά των επιβατών κατά 13% όσο και κατά την μεταφορά των εμπορευμάτων κατά 18%.
- ❖ Μέχρι τα τέλη του 20250 το σύνολο της εισχώρησης των ΑΠΕ στην τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας θα κυμαίνεται από 60% έως 70%.
- ❖ Αξιοσημείωτη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας συνολικά στο απόθεμα των κτιρίων.
- ❖ Μέγιστη εισχώρηση των εφαρμογών ΑΠΕ στον τομέα των κτιρίων.
- ❖ Προοδευτική άνοδος των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.[11]

### 2.6 Ο ρόλος των υποστηρικτικών υφιστάμενων μηχανισμών επενδύσεων

Τα περισσότερα κράτη, για να μετριάσουν τον επενδυτικό κίνδυνο και να δώσουν κίνητρα στους επενδυτές προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες επενδύσεις σε ΑΠΕ, έχουν εμπλουτίσει τις ενεργειακές πολιτικές τους με ποικίλων ειδών πλαίσια παροχής κινήτρων, υποστήριξης και χρηματοδότησης ενεργειακών επενδύσεων σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Χαρακτηριστικά το 2016, ο αριθμός των χωρών σε παγκόσμια κλίμακα, που εφάρμοζαν τέτοιες πολιτικές έφτανε τις 147.[12]

Πρωταγωνιστικό ρόλο στην υιοθέτηση τέτοιων πολιτικών διαδραματίζουν τα κράτη- μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αφού όλα ανεξαιρέτως έχουν εισαγάγει κάποιες μορφές μηχανισμούς υποστήριξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ανάπτυξης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Συνοπτικά, οι πιο βασικοί από αυτούς εντάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ❖ **Εγγυημένη Τιμή Πώλησης (feed-in tariff, FIT):** Ο συγκεκριμένος μηχανισμός αποβλέπει στην επιτάχυνση των επενδύσεων σε τεχνολογίες ΑΠΕ, προσφέροντας στους επενδυτές μια πλήρως (ή μερικώς) εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας που

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

παράγουν. Η εν λόγω τιμή τυπικά αντικατοπτρίζει το κόστος παραγωγής ενέργειας της κάθε τεχνολογίας, όπου οι υψηλές τιμές θα αντιστοιχούν στις πιο ακριβές τεχνολογίες. Συνήθως, η τιμή παραμένει σταθερή το πρώτο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια ακολουθεί μια φθίνουσα πορεία προκειμένου να παρακολουθούνται και ενθαρρύνονται μειώσεις τεχνολογικών κοστών. Ως εκ τούτου προσφέροντας μια σιγουριά στην τιμή πώλησης και μακροπρόθεσμη εγγυημένη πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, η πολιτική αυτή στοχεύει να διευκολύνει την χρηματοδότηση νέων επενδύσεων σε τεχνολογίες ΑΠΕ. Ο μηχανισμός αυτός είναι μάλιστα και ο πιο δημοφιλής ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αφού εκτιμάται ότι παραπάνω από το 87% της εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών και το 64% των ανεμογεννητριών εγκαταστάθηκαν υπό αυτό το μηχανισμό.[13]

### ❖ Πιστοποιητικά/υποχρέωση παροχής από ανανεώσιμες πηγές

Αυτός ο μηχανισμός πολιτικής προσανατολίζεται στην ποσότητα και όχι στην τιμή και συνήθως απαιτεί από παρόχους ηλεκτρισμού (λιανικός ηλεκτρισμός) να εγγυώνται την προέλευση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενός κατώτατου ποσοστού της συνολικής ενέργειας που παρείχαν στους πελάτες τους[14]. Τέτοιου είδους πολιτικές είναι περισσότερο διαδεδομένες στις ΗΠΑ και λιγότερο στην Ευρώπη. Τα πλεονεκτήματα του ως άνω μηχανισμού είναι η υψηλή πολιτική του εφαρμοσιμότητα και η μεγιστοποίηση της ανταγωνιστικότητας των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών έναντι των συμβατικών τεχνολογιών. [15]

### ❖ Φορολογικές ελαφρύνσεις και κίνητρα. Αυτοί οι μηχανισμοί βασίζονται στην ελάττωση των συντελεστών φορολογίας επί των κερδών όπου προέρχονται από την πώληση ενέργειας παραγμένη από μη συμβατικές πηγές ενέργειας. Συνιστά τον αντίστροφο μηχανισμό ουσιαστικά της φορολόγησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για συμβατικούς σταθμούς ενέργειας, γεγονός το οποίο λειτουργεί ως αντικίνητρο για επένδυση σε τέτοια έργα. Έχει θεωρηθεί ως ένας από τους πιο αποδοτικούς αμιγώς οικονομικούς μηχανισμούς για την προαγωγή της αποδοχής των ανανεώσιμων πηγών από τους καταναλωτές.

### ❖ Μηχανισμός δημοπρασιών. Σε γενικές γραμμές περιγράφεται ως ένα μέσο για τους κυβερνητικούς οργανισμούς για να ενισχυθεί η ελάττωση του παραγωγικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής μέσω ανανεώσιμων πηγών. Σε τέτοιες δημοπρασίες οι παραγωγοί με το χαμηλότερο κόστος παραγωγής ενέργειας ανταμείβονται με σύναψη συμβολαίων παραγωγής ενέργειας. Το πλεονέκτημα του εν λόγω μηχανισμού είναι ότι ενθαρρύνει

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

τον ανταγωνισμό μεταξύ των τεχνολογιών ΑΠΕ χωρίς να χρειάζεται η εκάστοτε κυβέρνηση να εικάζει για το ποιοι παραγωγοί θα είναι πιο αποδοτικοί από πλευράς κόστους.[16]

Σύμφωνα με την έρευνα του Kilinc-Ata (2016) οι μηχανισμοί εγγυημένων τιμών πώλησης είναι οι πιο δημοφιλείς στην Ευρώπη, ενώ οι «Renewable Electricity Standard (RES)» μηχανισμοί βρίσκουν τη μεγαλύτερη απήχηση στις ΗΠΑ. Οι δυο αυτές πολιτικές σε παγκόσμια κλίμακα τείνουν να εκτοπίσουν σε δημοφιλία τους άλλους δύο μηχανισμούς που χρονικά ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποιήθηκαν ευρέως. Επιπλέον, στην έρευνά του αναδεικνύεται η θετική σχέση, η οποία συνδέει την αύξηση της εφαρμογής των μηχανισμών εγγυημένων τιμών πώλησης, καθώς και των φορολογικών ελαφρύνσεων, με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [17]

Οι Sarzynski, Larrieu, and Shrimali (2012) βρήκαν ακόμη πολύ θετική επίδραση των FIT μηχανισμών αναδεικνύοντας κι αυτοί τη θετική επίδραση του μηχανισμού στην ανάπτυξη και την καινοτομία σε τεχνολογίες ΑΠΕ. Επίσης οι συγγραφείς καταλήγουν ότι γενικότερα πολιτικές οι οποίες βασίζονται σε τιμές, είναι πιο αποδοτικές από πολιτικές, οι οποίες βασίζονται σε ποσότητες [18].

Οι «Renewable Electricity Standard (RES)» μηχανισμοί παρόλο που αποδεικνύεται η πολιτική τους εφαρμοσιμότητα δεν φαίνεται να έχουν σημαντική θετική επίδραση στην ανάπτυξη και εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να ερμηνευθεί απλά ότι πρόκειται για αναποτελεσματική πολιτική, διότι σύμφωνα με τους Marques, Fuinhas, and Manso (2010) όταν οι ενεργειακές πολιτικές, οι οποίες δεν αφορούν ΑΠΕ εφαρμόζονται ταυτόχρονα με πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ μπορεί να ελαττώσουν τη ζήτηση για ΑΠΕ εξαιτίας της επίδρασης για παράδειγμα της εφαρμογής μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας στην εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα [19]

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

**Μέθοδοι Αξιολόγησης Επενδύσεων**

**3.1 Σκοπός κεφαλαίου**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων και η προσαρμογή τους στις επενδύσεις ΑΠΕ. Αποσαφηνίζονται εννοιολογικά και αναλύονται οι οικονομικοί δείκτες, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στις αναλύσεις των εμπειρικών δεδομένων. Επιπλέον οριοθετούνται οι έννοιες της αβεβαιότητας και του κινδύνου στις επενδύσεις γενικώς αλλά κυρίως στις ΑΠΕ και απεικονίζονται οι τρόποι ποσοτικοποίησης και διαχείρισης της αβεβαιότητας και του κινδύνου.

**3.2 Σκοπός Αξιολόγησης Επενδύσεων**

Ο ορισμός της επένδυσης αφορά την δέσμευση χρηματικού κεφαλαίου για απόκτηση παραγωγικών συντελεστών έτσι ώστε να προκύψουν στο μέλλον θετικά καθαρά οφέλη. Με άλλα λόγια, σε περισσότερο οικονομικούς όρους, επένδυση πραγματοποιείται μόνο σε περίπτωση που χρηματικοί πόροι μετατρέπονται σε κεφαλαιουχικά περιουσιακά στοιχεία. Τέτοια στοιχεία μπορούν, μεταξύ άλλων, να αποτελούν έργα παραγωγής ενέργειας, κατασκευή βιομηχανικής μονάδας, κτλ.[20]

Η οικονομική ερμηνεία της έννοιας της επένδυσης έχει να κάνει με την στέρηση πόρων που θα πήγαιναν για σημερινή κατανάλωση και με την προσδοκία της αύξησης των αντίστοιχων μελλοντικών καταναλώσεων, όμως. Αυτή η περισσότερο ακριβής ερμηνεία, όμως, δεν βοηθάει στην περαιτέρω κατανόηση στη διαδικασία λήψεων αποφάσεων που αφορά την δέσμευση των χρηματικών πόρων για επένδυση. Μια απαραίτητη προσέγγιση του όρου της επένδυσης έχει να κάνει με τις χρηματικές ροές (εισροές και εκροές) που θα προκύψουν επειδή θα αναληφθεί μια επένδυση. Συνεπώς, πρέπει πρώτα από όλα να γίνει κατανοητό ότι η ανάληψη επένδυσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις χρηματικές ροές. Αρχικά, στο αρχικό ή και λίγο παραπάνω, έτος υπάρχει μια χρηματική εκροή που έχει να κάνει με την απόκτηση των απαραίτητων για την υλοποίηση της επένδυσης παραγωγικών συντελεστών και έπειτα τα επόμενα έτη υπάρχουν μια σειρά εισροών που έχουν να κάνουν με τα σχετικά οφέλη. Θα πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι υπάρχουν και επενδύσεις με ανάποδη χρονική διάρθρωση χρηματικών ροών, όπου αρχικά υπάρχει μια εισροή (πχ είσπραξη από λήψη δανείου) και έπειτα εκροές ( πχ πληρωμή τοκοχρεολυτικών δόσεων). Έτσι, η κατανόηση της βασική έννοιας της επένδυσης έχει να κάνει

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

με την κατανόηση της έννοιας της χρηματικής ροής. Για αυτό και η μισή δουλειά στο πλαίσιο της διαδικασίας λήψης επενδυτικών αποφάσεων είναι ο ορθός καθορισμός των σημερινών και μελλοντικών χρηματικών ροών που εκτιμάται ότι θα πραγματοποιηθούν λόγω της επένδυσης. Το ζήτημα, λοιπόν, της λήψης επενδυτικών αποφάσεων θεωρείται ότι αποτελεί ένα υψηλής σοβαρότητας οικονομικό πρόβλημα που χρειάζεται ορθολογισμό, ρεαλισμό και καλή οργάνωση. Πολλές φορές στα προβλήματα αξιολόγησης επενδυτικών αποφάσεων τυχαίνει να έχουν θέμα σε ό,τι αφορά στην απόφαση και όχι σε ό,τι αφορά στις τεχνικές μεθόδους με τις οποίες προσεγγίζονται. Με αυτό το τρόπο κάλλιστα θα μπορούσε να υπάρχει ένα υπολογιστικό σύστημα (software) που με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών να δίνει ενδείξεις για το κατά πόσον η αποδοτικότητα μιας επένδυσης είναι μεγαλύτερη του επιτοκίου της αγοράς και έτσι να υπάρχει μια θετική ή αρνητική απόφαση για την ανάληψη ή όχι της επενδυτικής απόφασης. Το ερώτημα όμως το οποίο τίθεται είναι με ποιά δεδομένα χρηματοοικονομικών ροών θα πρέπει να τροφοδοτήσουμε τον υπολογιστή προκειμένου να δημιουργήσει το σχετικό υπολογιστικό πρόγραμμα. Τα πιο συνήθη σφάλματα που κάνουν οι αναλυτές επενδύσεων στο πλαίσιο των εκτιμήσεων των χρηματικών ροών που είναι να πραγματοποιηθούν από μια επένδυση περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Μη ορθός υπολογισμός του αρχικού κόστους της επένδυσης: πχ ενώ εκτιμάται ορθά το κόστος κατασκευής ενός πάρκου ανεμογεννητριών, δεν υπολογίζεται επιπλέον το κόστος κατασκευής ενός δρόμου που θα ήταν απαραίτητος για να υπάρχει πρόσβαση στην τοποθεσία.
- ❖ Έλλειψη απαιτούμενης προσοχής στην τυχόν εμφάνιση μελλοντικών χρηματικών ελλειμμάτων για τα οποία θα χρειαστεί και μελλοντική επένδυση
- ❖ Μη ορθός υπολογισμός στοιχείων όπως τόκοι, αποσβέσεις και κόστη ευκαιρίας
- ❖ Τάση υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης εισροών-εκροών ανάλογα με ιδιοτελή συμφέροντα: πχ κάποιος που προτείνει την ανάληψη μιας επένδυσης μπορεί να αποκρύψει πιθανά μελλοντικά ελλείμματα, ενώ κάποιος που δε θα την ήθελε μπορεί να αποκρύψει πιθανές μελλοντικές ωφέλειες.

Η διαδικασία αξιολόγησης επενδύσεων ασχολείται με τα παρακάτω είδη επενδυτικών αποφάσεων:

- ❖ Απόφαση για νέα επένδυση: πχ απόφαση για πραγματοποίηση ή μη μιας νέας επενδυτικής δαπάνης, για δέσμευση πόρων που αφορούν την ανέγερση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.
- ❖ Απόφαση αντικατάστασης παλιάς επένδυσης: πχ ενώ επιχείρηση σήμερα διαθέτει τρεις μηχανές παραγωγής με συγκεκριμένη λογιστική αξία και λειτουργικές δαπάνες, τίθεται

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

το ερώτημα εάν θα πρέπει κάποια ή και όλες να αντικατασταθούν με άλλη/ες καλύτερης τεχνολογίας και χαμηλότερου κόστους λειτουργίας.

- ❖ Απόφαση για το μέγεθος της επένδυσης: πχ τίθεται θέμα εάν θα πρέπει η δυναμικότητα παραγωγής ενός εργοστασίου να είναι στα 10.000 ή στα 15.000 τεμάχια.
- ❖ Αναχρηματοδότηση χρέους: πχ έστω μια επιχείρηση το 25% των κεφαλαίων της είναι ίδια κεφάλαια (κοινές μετοχές), το 45% αποτελείται από βραχυπρόθεσμα χρέη με επιτόκιο 19% και το υπόλοιπο 30% αποτελείται από μακροπρόθεσμο χρέος με επιτόκιο 13%. Τίθεται ένα ερώτημα πχ εάν πρέπει να γίνει αντικατάσταση μέρος του βραχυπρόθεσμου χρέους με άλλο είδος υποχρεώσεων.
- ❖ Απόφαση για αγορά ή κατασκευή: έστω μια επιχείρηση παραγωγής ηλεκτρικών πλυντηρίων αντιμετωπίζει το ερώτημα εάν τους κάδους των πλυντηρίων πρέπει να τους κατασκευάζει η ίδια ή να τους αγοράζει από κάποια άλλη επιχείρηση εξειδικευμένη σε ανοξείδωτα προϊόντα.[21].

### 3.3 Βασικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση επενδύσεων

Ορισμένα από τα πιο βασικά οικονομικά μεγέθη τα οποία χρησιμοποιούνται γενικά αλλά και στην αξιολόγηση των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

Κεφάλαιο

Καλείται κάθε χρηματικό ποσό, το οποίο όταν αποταμιευθεί ή δανεισθεί παράγει νέο χρηματικό ποσό.

Τόκος

Καλείται το χρηματικό ποσό, οποίο δίνει ο δανειζόμενος στο δανειστή, ως αμοιβή γιατί ο δανειστής έδωσε σε αυτόν ένα κεφάλαιο για να το εκμεταλλευτεί για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Επιτόκιο

Καλούμε το τόκο που δίνει μια νομισματική μονάδα για μια ορισμένη χρονική περίοδο. Συνήθως στην Ελλάδα ως χρονική περίοδο παίρνουμε το ένα έτος και εκφράζεται επί τοις εκατό(%). Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διακύμανση του επιτοκίου είναι:

- ❖ Η διεθνής οικονομική κατάσταση

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Η οικονομική κατάσταση της χώρας
- ❖ Οι προσωπικές σχέσεις δανειστή και δανειζόμενων [23]

### Πληθωρισμός

Ως πληθωρισμός ορίζεται μια συνεχής αύξηση του γενικού επιπέδου τιμών των αγαθών και υπηρεσιών σε μία οικονομία σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σε σχέση με μια προηγούμενη. Η αύξηση αυτή οποία προκαλεί, με τη σειρά της, πτώση στην αγοραστική δύναμη των καταναλωτών, διότι με ίδια ποσότητα χρήματος μπορεί να αγοράζει λιγότερη ποσότητα αγαθών και υπηρεσιών. Συνεπώς, αναγκαία συνθήκη για εμφάνιση του πληθωρισμού είναι η μεταβολή, συγκεκριμένα αύξηση, των τιμών των αγαθών και υπηρεσιών και δεν υπάρχει πληθωρισμός όταν οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξαρτήτως του επιπέδου τους.[24]

### Χρονικά σημεία και περίοδοι

Ο ευδιάκριτος προσδιορισμός των χρονικών σημείων και των περιόδων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας σε μια οικονομική ανάλυση. Τα πιο σημαντικά χρονικά σημεία και περίοδοι είναι τα παρακάτω:

- ❖ Έτος βάσης ή έτος αναφοράς: Είναι το έτος στο οποίο ανάγονται όλες οι ταμειακές ροές.
- ❖ Έτος επένδυσης: Το έτος στο οποίο πραγματοποιείται η επένδυση.
- ❖ Κύκλος ζωής: Μία εκτίμηση του χρονικού διαστήματος της χρονικής ζωής της επένδυσης. Ο όρος αυτός εκφράζει την οικονομική ζωή μιας επένδυσης και όχι τη φυσική ζωή, με τη λογική ότι είναι δυνατό να είναι προς συμφέρον μια πρόωρη εγκατάλειψη της επένδυσης, πριν ο υποκείμενος εξοπλισμός εξαντλήσει τη φυσική του ζωή, για κάποιον λόγο (πχ δεν υπάρχει δυνατότητα πώλησης του εξοπλισμού μελλοντικά, το κόστος της τρέχουσας χρήσης του είναι υψηλότερο από τα οφέλη του).
- ❖ Περίοδος ανάλυσης: Το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο η επένδυση είναι έχει πλήρως αποσβεσθεί.
- ❖ Περίοδος χρηματοδότησης: Τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται εξωτερικές χρηματοδοτήσεις για να πραγματοποιείται η επένδυση
- ❖ Περίοδος Στάθμισης: Τα χρονικά διαστήματα που πρέπει να υπολογίζονται σταθμισμένες χρηματικές ροές.

Τέλος, αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι είναι απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο πως ορίζονται τα διάφορα χρονικά σημεία και περίοδοι καθώς αυτό θα έχει σημαντική επίπτωση στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης.[25]



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### Ταμειακή Ροή

Ως ταμειακή (χρηματική) ροή ορίζεται η πραγματική εισροή μετρητών προς στο ταμείο της επιχείρησης, όπως και η πραγματική εκροή μετρητών από το ταμείο. Οι ταμειακές ροές είναι τα μεγέθη που αποτελούν σημείο ενδιαφέροντος στο πλαίσιο της αξιολόγησης επενδύσεων και όχι τα λογιστικά κέρδη (έσοδα μείον τα έξοδα) που είναι να προκύψουν από την ανάληψη των επενδύσεων. Η λογική είναι ότι μια επένδυση πραγματοποιείται με την καταβολή μετρητών σήμερα με την προσδοκία για είσπραξη περισσότερων μετρητών στο μέλλον και όχι απαραίτητα με την πραγματοποίηση μεγαλύτερων λογιστικών κερδών. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που μία επιχείρηση επιτυγχάνει υψηλά καθαρά κέρδη μέσω πωλήσεων με μεγάλη πίστωση, μπορεί να ανακύψουν προβλήματα ρευστότητας με δυσκολίες στην ομαλή αποπληρωμή υποχρεώσεων ή στην ολοκλήρωση νέων επενδύσεων, καθώς η σχετική κερδοφορία θα μετατραπεί σε μετρητά σε μελλοντικές χρήσεις. Για αυτό, λοιπόν, η χρήση των λογιστικών κερδών για αξιολόγηση επενδύσεων αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη προσέγγιση με μικρότερο χρονικό ορίζοντα σε σχέση με τη ζωή της επένδυσης. Αντίθετα, η χρήση των μελλοντικών ταμειακών ροών αφορά όλη την ωφέλιμη ζωή της επένδυσης. Στο πλαίσιο αυτό, θα πρέπει να αναφερθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις που έχουν να κάνουν με τις ταμειακές ροές:

- ❖ Οι ταμειακές ροές που αφορούν μια επένδυση είναι οι μετά από φόρους καθαρές ταμειακές ροές, καθώς οι φόροι αποτελούν ταμειακή εκροή και άρα πρέπει να αφαιρεθούν από τις προ φόρων καθαρές ταμειακές ροές
- ❖ Οι ταμειακές ροές που αφορούν μια επένδυση είναι οι αυξημένες ή πρόσθετες ταμειακές ροές, δηλαδή εκείνες οι επιπλέον ταμειακές ροές που εκτιμάται ότι θα προκύψουν λόγω της ανάληψης μιας επένδυσης και όχι λόγω των υφιστάμενων λειτουργιών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση χρηματοδότησης μιας επένδυσης με δανειακά κεφάλαια, στις πρόσθετες καθαρές ταμειακές ροές δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι χρηματοοικονομικές δαπάνες διότι αποτελούν ήδη μέρος του κόστους κεφαλαίου.
- ❖ Οι ταμειακές ροές δεν βασίζονται σε ιστορικά κόστη, αλλά κόστη ευκαιρίας, καθώς πραγματοποιούνται στο μέλλον. Πχ εάν ένα υπάρχον οικοπέδο είναι να χρησιμοποιηθεί ως παραγωγικός συντελεστής σε μια επένδυση και αντί για αυτό θα μπορούσε να πουληθεί έστω για 10.000.000 ευρώ, τότε το ποσό αυτό αποτελεί το κόστος ευκαιρίας χρήσης του οικοπέδου και λαμβάνεται υπόψη σαν εκροή.
- ❖ Μεγάλη σημασία έχει τότε πραγματοποιούνται οι μελλοντικές χρηματικές ροές στο πλαίσιο της αξιολόγησης επενδύσεων. Πχ πωλήσεις με πίστωση ενώ λογιστικά

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

λαμβάνονται ως έσοδα, ταμειακά αποτελεί μελλοντική ταμειακή εισροή. Στο πλαίσιο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι οι ταμειακές ροές μιας επένδυσης εμπίπτουν σε μια από τις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- Αρχική ταμειακή ροή (αρχικό κόστος επένδυσης)
- Πρόσθετες ετήσιες ταμειακές ροές λόγω της ανάληψης της επένδυσης
- Τελική ταμειακή ροή (από πώληση περιουσιακών στοιχείων όταν λήξει ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης)

### Χρονική αξία του χρήματος

Η έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος ενσωματώνει την ιδέα πως ένα χρηματικό ποσό που είναι διαθέσιμο τώρα, στο παρόν έχει υψηλότερη αξία από ένα παρόμοιο ποσό στο μέλλον λόγω της δυνατότητας που έχει το παρόν ποσό να επενδυθεί και να αποφέρει κέρδη. Ομοίως, ένα χρηματικό ποσό, το οποίο λαμβάνεται στο μέλλον, έχει μικρότερη αξία από το ίδιο το ποσό που λαμβάνεται τώρα, καθώς η ευκαιρία επένδυσης του έχει χαθεί. Η συγκεκριμένη θεμελιώδης έννοια των χρηματοοικονομικών ορίζει ότι εφόσον τα χρήματα μπορούν να κερδίσουν κάποιον τόκο αν αποταμιευτούν ή επενδυθούν, τότε οποιοδήποτε ποσό χρημάτων έχει μεγαλύτερη αξία όσο νωρίτερα αποκτάται. Δύο μεγέθη, τα οποία φανερώνουν την χρονική αξία του χρήματος είναι, η Παρούσα αξία και η Μελλοντική αξία.[24]

### Προεξοφλητικό επιτόκιο

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, το προεξοφλητικό επιτόκιο ή επιτόκιο αναγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η παρούσα αξία κάποιων μελλοντικών ταμειακών ροών, στο πλαίσιο της χρονικής αξίας του χρήματος. Το επιτόκιο αυτό αποτελεί, λοιπόν, μια ξεκάθαρη επενδυτική παράμετρος που προσδιορίζει μια ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση που έχει μια επένδυση ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου που χαρακτηρίζεται. Πιο συγκεκριμένα, το προεξοφλητικό επιτόκιο αποτελείται από την ελάχιστη επιθυμητή απόδοση επένδυσης με μηδενικό κίνδυνο προσαυξημένο με μια επιπλέον απαιτούμενη απόδοση λόγω του μη μηδενικού κινδύνου που υπάρχει. Με άλλα λόγια διαπιστώνεται, ότι το προεξοφλητικό επιτόκιο μαζί με την χρονική αξία του χρήματος εκφράζει ταυτόχρονα και τον κίνδυνο (αβεβαιότητα) που διακατέχει μια επένδυση. Η επιλογή του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου εξαρτάται από τη φύση της επένδυσης, το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται και τις ανάγκες, καθώς και τους στόχους της οικονομικής ανάλυσης.[24]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### Απόσβεση

Απόσβεση είναι η μείωση στην λογιστική αξία ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου είτε λόγω φυσικής φθοράς από την χρήση του στην παραγωγική διαδικασία, είτε λόγω τεχνολογικής προόδου που κάνει μη οικονομική την περαιτέρω χρήση. Η απόσβεση μπορεί να εγγραφεί λογιστικά με διάφορες μεθόδους. Πιο συνηθισμένη είναι η μέθοδος της σταθερής απόσβεσης, ενώ άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν τη μέθοδο της αύξουσας απόσβεσης και τη μέθοδο της φθίνουσας απόσβεσης. Η ετήσια απόσβεση, όπως προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου της σταθερής απόσβεσης, υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο.[22]

Ετήσια απόσβεση =  $\frac{\text{Ιστορικό κόστος απόκτησης παγίου} - \text{υπολειμματική αξία}}{\text{Αριθμός ετών χρήσης του παγίου}}$

### Κόστος ευκαιρίας

Ως κόστος ευκαιρίας ορίζεται το όφελος που θα είχε ένας επενδυτής μέσα από την εναλλακτική χρήση των κεφαλαίων του σε μία επενδυτική δραστηριότητα αναλόγου ρίσκου (π.χ. επένδυση σε φωτοβολταϊκό πάρκο αντί σε αιολικό).[24]

### Φόροι

Οι φόροι αντιπροσωπεύουν πρόσθετα κόστη, τα οποία δεν διαφέρουν για παράδειγμα από το κόστος εργασίας και κόστος υλικών. Επιπροσθέτως, οι σχετικοί φόροι θα πρέπει να περιλαμβάνονται σε μια οικονομική ανάλυση. Η πληρέστερη ανάλυση μίας επένδυσης σε μια τεχνολογία ή σε ένα έργο, απαιτεί την ανάλυση κάθε έτους της διάρκειας της επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές δαπάνες συμπεριλαμβανομένων των φόρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ταμειακές ροές θα είναι η βάση για την ανάλυση εναλλακτικών επενδύσεων. Μετρητά μετά τον φόρων, η ροή πρέπει να αντιπροσωπεύει τους ομοσπονδιακούς και κρατικούς φόρους εισοδήματος (εάν ισχύουν οι φόροι εισοδήματος του κράτους). Στα περισσότερες περιπτώσεις, οι αναλύσεις πρέπει να βασίζονται σε ταμειακές ροές μετά τη φορολογία. Όπως επισημαίνεται, οι επιπτώσεις του εισοδήματος. Ο φόρος μπορεί να ποικίλλει ευρέως από τη μία εναλλακτική στην άλλη, οπότε είναι γενικά επιτακτική ανάγκη να συγκρίνουμε το σχετικό οικονομικά των επενδυτικών εναλλακτικών λύσεων σε βάση μετά τη φορολογία για να έχουν μια έγκυρη οικονομική ανάλυση. Μια εικόνα της σημασίας της ανάλυσης μετά τους φόρους είναι αξιοσημείωτη εδώ. Ας υποθέσουμε ότι μια μονάδα ορυκτών καυσίμων με το σχετικά χαμηλό κατά κεφαλήν κόστος και το υψηλό κόστος καυσίμου συγκρίνονται με ένα ηλιακό

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

εργοστάσιο με σχετικά υψηλό κόστος κεφαλαίου και χωρίς κόστος καυσίμου. Η απόσβεση για φορολογικούς σκοπούς θα είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτήν την ανάλυση.[25]

### 3.4 Μέθοδοι αξιολόγησης των επενδυτικών προτάσεων

Με βάση μια ορθή εκτίμηση των πρόσθετων ταμειακών ροών μετά από φόρους μπορούν, έπειτα, να εφαρμοστούν διάφορες μεθόδους αξιολόγησης επενδυτικών έργων για να ληφθεί απόφαση αποδοχής ή απόρριψής τους. Καθώς ο σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η εξέταση των βασικών εννοιών για τον προϋπολογισμό επενδύσεων κεφαλαίου, οι πρόσθετες καθαρές ταμειακές ροές που θα προκύψουν λόγω της ανάληψης ενός επενδυτικού σχεδίου θεωρούνται δεδομένες, δηλαδή ήδη υπολογισμένες. Μάλιστα το ίδιο δεδομένο θεωρείται και το προεξοφλητικό επιτόκιο ως η ελάχιστη απόδοση απαιτείται από την υπό εξέταση επένδυση στο πλαίσιο ενός σταθερού επιπέδου επιχειρηματικού κινδύνου, χρηματοοικονομικού κινδύνου και μερισματικής πολιτικής. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία προϋπολογισμού επενδύσεων κεφαλαίου πραγματοποιείται κάτω από καθεστώς βεβαιότητας και κάτω από τις τρεις παρακάτω υποθέσεις:

- ❖ Το επίπεδο κινδύνου των διαφόρων εξεταζόμενων επενδύσεων είναι ίσος με αυτόν των τρεχόντων επενδύσεων και άρα τυχόν αποδοχή οποιουδήποτε νέου επενδυτικού προγράμματος δε θα μεταβάλει το επίπεδο του επιχειρηματικού κινδύνου της επιχείρησης.
- ❖ Η κεφαλαιακή διάρθρωση των νέων επενδύσεων είναι παρόμοια με εκείνη των τρεχουσών επενδύσεων και άρα τυχόν αποδοχή οποιουδήποτε νέου επενδυτικού προγράμματος δε θα μεταβάλει την κεφαλαιακή διάρθρωση της επιχείρησης, κάτι που σημαίνει ότι δε μεταβάλλεται ούτε ο χρηματοοικονομικός της κίνδυνος.
- ❖ Η μερισματική πολιτική της επιχείρησης είναι σταθερή, κάτι που σημαίνει ότι δεν μεταβάλλεται ούτε η τρέχουσα αξία της επιχείρησης, ούτε και το κόστος κεφαλαίου της, δηλαδή η ελάχιστη απόδοση που απαιτούν οι επενδυτές της.

Οι περισσότερο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης επενδυτικών προτάσεων είναι οι παρακάτω πέντε (5):

- ❖ Μέθοδος μέσης απόδοσης
- ❖ Μέθοδος επανείσπραξης
- ❖ Μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας
- ❖ Μέθοδος εσωτερικού βαθμού απόδοσης
- ❖ Μέθοδος δείκτη αποδοτικότητας

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 3.5 Υπολογισμός / εκτίμηση καθαρών ταμειακών ροών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο πλαίσιο της αξιολόγησης επενδύσεων χρησιμοποιείται η έννοια των Καθαρών Ταμειακών Ροών (ΚΤΡ). Η ετήσια καθαρή ταμειακή ροή υπολογίζεται ως η διαφορά ανάμεσα στα ταμειακά έσοδα από τις πωλήσεις (ταμειακές εισροές) και στα ταμειακά έξοδα που αφορούν πληρωμές χρήσης των διάφορων συντελεστών παραγωγής και διάθεσης των προϊόντων, αλλά και πληρωμής φόρων (ταμειακές εκροές). Για όλες τις παρακάτω αναλύσεις, χρησιμοποιούνται οι εξής συμβολισμοί:

Et: έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

ΛΔt: λειτουργικές δαπάνες που περιλαμβάνουν διάφορα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης (O&M - Operation and Maintenance), ασφαλιστικά κόστη, μισθολογικά κόστη και καταβολή του 3% των ετήσιων ακαθάριστων εσόδων στην τοπική αυτοδιοίκηση και κοινωνία (απαλλάσσονται οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί) με βάση τον τρέχοντα νόμο.

At: προβλεπόμενες αποσβέσεις για την επένδυση.

ΦΣ: φορολογικός συντελεστής

Φt: φόροι που πληρώνει η επιχείρηση,

ΔΔt: δόση του δανείου εάν υπάρχουν δανειακά κεφαλαία

Tt: τόκος που πληρώνεται ετησίως εάν υπάρχουν δανειακά κεφαλαία

Xt: χρεολύσιο που πληρώνεται ετησίως εάν υπάρχουν δανειακά κεφαλαία

Όπως, έχει ήδη αναφερθεί, η πιο συνηθισμένη μέθοδος απόσβεσης (At) είναι η σταθερή. Σε αυτή την περίπτωση, αν τα χρόνια απόσβεσης είναι  $N_a$  έτη, τότε η ετήσια απόσβεση  $A_t$  είναι το  $1/N_a$  του αρχικού κόστους της επένδυσης και υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$A_t = \frac{K_{o, total}}{N_a}$$

Οι καθαρές ταμειακές ροές υπολογίζονται ως εξής:

$$ΚΤΡ_t = E_t - ΛΔt - Φt - ΔΔt = E_t - ΛΔt - Φt - Tt - Xt$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τόκοι (Tt) και τα χρεολύσια (Xt) υπολογίζονται ανάλογα με το πώς εξοφλείται το δάνειο. Έτσι και αλλιώς, πάντα η δόση του δανείου έτους t (ΔΔt), δηλαδή το τοκοχρεολύσιο, είναι ίση με το άθροισμα τόκων και χρεολυσίων με βάση τον παρακάτω τύπο:

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

$$\Delta\Delta t = X_t + T_t$$

Εάν η εξόφληση πραγματοποιείται με σταθερές δόσεις στο τέλος κάθε έτους, τότε ο τόκος μειώνεται ενώ το χρεολύσιο αυξάνει. Το χρεολύσιο ( $X_t$ ) κάθε έτους υπολογίζεται ως εξής:

$$X_t = k_d * K_d (1 + k_d)^{t-1} / (1 + K_d)^{N_d} - 1$$

Όπου  $k_d$ : επιτόκιο του δανείου  
 $N_d$ : περίοδος εξόφλησης του δανείου  
 $K_d$ : δανειακό κεφάλαιο

Όταν η δόση κάθε έτους ( $\Delta\Delta t$ ) είναι σταθερή, υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta\Delta t = (k_d + k_d / (1 + K_d)^{N_d} - 1) * K_d$$

Ο τόκος κάθε έτους ( $T_t$ ) υπολογίζεται ως εξής:

$$T_t = \Delta\Delta t - X_t$$

Οι φόροι που πληρώνει η επιχείρηση υπολογίζονται αφαιρώντας από τα ακαθάριστα έσοδα της επιχείρησης τις λειτουργικές δαπάνες, τις αποσβέσεις και τους τόκους ώστε να προκύψουν τα κέρδη προ φόρων τα οποία πολλαπλασιάζονται με τον φορολογικό συντελεστή:

$$\Phi_t = (E_t - \Delta\Delta t - A_t - T_t) \Phi\Sigma$$

Ενσωματώνοντας πλέον και τα παραπάνω, η σχέση υπολογισμού των καθαρών ταμειακών ροών μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$KTP_t = (E_t - \Delta\Delta t - T_t - A_t) (1 - \Phi\Sigma_t) + A_t + X_t \quad [26]$$

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ →	0	1	2	.....	N
↓ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ					
(1) Εκταμιεύσεις Κεφαλαίου					
(2) Έσοδα					
(3) Έξοδα					
(4) Μεικτά Κέρδη=(2)-(3)					
(5) Αποσβέσεις (συντελεστής απόσβεσης x%)					
(6) Τόκοι					
(7) Φορολογητέο εισόδημα = (4)-(5)-(6)					
(8) Φόροι = (7) x συντελεστής φορολόγησης					
(9) Καθαρά κέρδη μετά από φόρους = (7)-(8)					
(10) Χρεολύσια					
(11) Καθαρή Ταμειακή Ροή (Net Cash Flow) μετά από φόρους = (9)+(5)-(10)-(1)					

Σχήμα 3.1 υπολογισμός καθαρών ταμειακών ροών

### 3.6 Καθαρή παρούσας αξία

Η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας αποτελεί την πλέον δημοφιλή μέθοδος αξιολόγησης επενδύσεων παγκοσμίως. Η εφαρμογή της στηρίζεται στην έννοια της παρούσας αξίας και η λογική της είναι ότι η καθαρή παρούσα αξία αποτελεί τη διαφορά ανάμεσα στην παρούσα αξία των εισροών που προβλέπεται να εισπραχθούν από μια επένδυση με το αρχικό κόστος που δαπανήθηκε για την πραγματοποίηση της επένδυσης αυτής.[19]

Ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας μπορεί να πραγματοποιείται είτε με τη μέθοδο των σταθερών τιμών είτε με αυτή των τρεχουσών τιμών. Με την πρώτη μέθοδο, οι καθαρές ταμειακές ροές (ΚΤΡ) υπολογίζονται λαμβάνοντας το επίπεδο τιμών που ισχύει στο πρώτο έτος αξιολόγησης με παράλληλη υπόθεση ότι οι μελλοντικές ΚΤΡ δεν μεταβάλλονται λόγω πληθωρισμού όσο διαρκεί η επένδυση. Τότε, στα επιτόκια δανεισμού και αναγωγής θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όχι οι ονομαστικές τιμές τους, αλλά οι αποπληθωρισμένες, δηλαδή τα πραγματικά επιτόκια αναγωγής και δανεισμού. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η σχέση ανάμεσα σε ονομαστικό και πραγματικό επιτόκια κάτω από ύπαρξη του πληθωρισμού είναι η παρακάτω:

$$K_r = K_n - i_r / 1 + i_r$$

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Όπου  $K_r$ : πραγματικό επιτόκιο

$K_n$ : ονομαστικό επιτόκιο

$i_r$ : ρυθμός πληθωρισμού

Σε περίπτωση που οι ΚΤΡ υπολογίζονται βάσει της μεθόδου των τρεχουσών τιμών, όλα τα οικονομικά μεγέθη αποτελούν αξίες του έτους που πραγματοποιούνται (πχ. τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε έτος, κόστη μισθοδοσίας κλπ.) λαμβάνοντας υπόψη τον πληθωρισμό. Με αυτή τη μέθοδο, όπου χρησιμοποιούνται ΚΤΡ σε τρέχουσες τιμές, θα πρέπει και τα αντίστοιχα επιτόκια να είναι και αυτά σε τρέχουσες τιμές, δηλαδή να αποτελούν τα ονομαστικά επιτόκια. Για να υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία εφαρμόζεται ο παρακάτω τύπος :

$$NPV = - K_{0,eq} + \sum_{t=1}^N KTR_t / (1 + K_{eq})^t + Y_{AN} / (1 + K_{eq})^N$$

Όπου  $K_{0,eq}$ : τα ίδια κεφάλαια της επένδυσης

$KTR_t$ : καθαρή ταμειακή ροή κάθε έτους

$K_{eq}$ : επιτόκιο αναγωγής, που εκφράζει την επιθυμητή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων

$N$ : διάρκεια της επένδυσης σε έτη

$Y_{AN}$ : υπολειμματική αξία της επένδυσης στο  $N$ -οστό έτος

Με βάση την τιμή της καθαρής παρούσας αξίας (NPV) αξιολογείται η ανάληψη ή όχι του επενδυτικού σχεδίου. Σε περίπτωση που εξετάζονται συνδυαστικά πάνω από ένα εναλλακτικά επενδυτικά προγράμματα, θα πρέπει να επιλεγεί εκείνο το πρόγραμμα που έχει την υψηλότερη NPV, υπό την προϋπόθεση, πάντως, ότι η διάρκεια ζωής τους είναι η ίδια.

Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή του κριτηρίου αυτού έχει ως εξής:

- ❖ Για  $NPV > 0$ , τότε η απόδοση που επιτυγχάνει η επένδυση είναι υψηλότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (επιτόκιο προεξόφλησης) και άρα η επένδυση πρέπει να αναληφθεί.
- ❖ Για  $NPV < 0$ , τότε η απόδοση που επιτυγχάνει η επένδυση είναι χαμηλότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (επιτόκιο προεξόφλησης) και άρα η επένδυση πρέπει να απορριφθεί.
- ❖ Για  $NPV = 0$ , τότε η απόδοση που επιτυγχάνει η επένδυση είναι οριακή, με την έννοια ότι είναι ίση με την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (επιτόκιο προεξόφλησης), και τότε θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας και να ληφθούν υπόψη και άλλα κριτήρια εκτός από την NPV.



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Το κριτήριο της NPV θεωρείται ιδιαίτερης σημασίας στο πλαίσιο της αξιολόγησης επενδύσεων καθώς αντανakλά όλες τις πρόσθετες ΚΤΡ ενός επενδυτικού σχεδίου στην τρέχουσα αξία τους, δηλαδή εκείνη τη χρονική στιγμή λαμβάνεται η απόφαση για ανάληψη ή όχι της επένδυσης. Το κριτήριο της NPV αποτελεί μια μέθοδο αξιολόγησης επενδύσεων στη λογική της μεγιστοποίησης της αγοραίας αξίας της επιχείρησης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αγοραία αξία μιας επιχείρησης είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους αγοραίων αξιών των περιουσιακών της στοιχείων. Έτσι, μια επένδυση με θετική NPV σημαίνει ότι η αγοραία αξία της επιχείρησης αυξάνεται και ότι η οικονομική θέση των μετοχών της βελτιώνεται, κάτι που είναι το πλέον βασικό ζητούμενο κατά την αξιολόγηση μιας επένδυσης.[26]

Τα βασικά πλεονεκτήματα της NPV, ως εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων, περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η NPV χρησιμοποιεί τις ταμειακές ροές και όχι τα λογιστικά καθαρά κέρδη, ο οποίες υπολογίζονται, εναλλακτικά, ως τα λογιστικά καθαρά κέρδη συν αποσβέσεις, κάτι που σημαίνει ότι περιλαμβάνουν τις αποσβέσεις στις πηγές άντλησης κεφαλαίου, κάτι που είναι ρεαλιστικό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόθεση της απόσβεσης γίνεται διότι η απόσβεση δεν αποτελεί ταμειακή εκροή και έτσι η NPV λαμβάνει υπόψη της την πραγματική χρονική στιγμή όπου πραγματοποιούνται οι σχετικές ωφέλειες λόγω της ανάληψης της επένδυσης.
- ❖ Η μέθοδος της NPV λαμβάνει σαφώς υπόψη της τη διαχρονική αξία του χρήματος αφού χρησιμοποιεί την παρούσα αξία των μελλοντικών ΚΤΡ.
- ❖ Η απόφαση για αποδοχή ενός επενδυτικού προγράμματος με θετική NPV σημαίνει ότι έτσι αυξάνεται και η τρέχουσα αξία της επιχείρησης. Αυτή η αύξηση, όμως, οδηγεί με τη σειρά της σε αύξηση της τρέχουσας χρηματιστηριακής τιμής της μετοχής της, κάτι που αποτελεί τον βασικό σκοπό λειτουργίας μιας επιχείρησης, δηλαδή τη μεγιστοποίηση του πλούτου των μετοχών της.

Τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου της NPV, ως εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η μέθοδος της NPV προϋποθέτει μια ορθή και ακριβή πρόβλεψη των μελλοντικών ΚΤΡ. Εντούτοις, μια τέτοια πρόβλεψη γίνεται όλο και δυσκολότερη όσο οι ΚΤΡ βρίσκονται όλο και περισσότερο στο μέλλον.
- ❖ Η μέθοδος της NPV προϋποθέτει ότι το επιτόκιο προεξόφλησης είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια ενός επενδυτικού σχεδίου. Εντούτοις, πρόκειται για μια όχι και τόσο ρεαλιστική υπόθεση, ιδιαίτερα σε περίπτωση που ένα σχέδιο έχει μεγάλη χρονική διάρκεια.[22]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 3.7 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Μία εναλλακτική προσέγγιση της καθαρής παρούσας αξίας είναι ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης. Ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης μοιάζει σε όλα με την καθαρή παρούσα αξία με μοναδική διαφορά ότι απεικονίζει την αξία μιας επένδυσης ανεξαρτήτως του επιτοκίου που επικρατεί στην αγορά. Δηλαδή απεικονίζει την εσωτερική αξία της επένδυσης και στηρίζεται μόνο στις χρηματικές ροές που απορρέουν από το επενδυτικό σχέδιο. Στην ουσία ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης είναι εκείνο το επιτόκιο που μηδενίζει την NPV. Αλγεβρικά ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο :

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t / (1 + IRR)^t$$

Όπου NPV: καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης

IRR: εσωτερικός βαθμός απόδοσης

CF<sub>t</sub>: KTP του έτους t (εισροές-εκροές)

t: χρονική περίοδος (συνήθως το έτος)

N: διάρκεια ζωής της επένδυσης [27]

Εξαιτίας της μορφής της παραπάνω σχέσης ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) δεν μπορεί να υπολογιστεί αναλυτικά. Αντιθέτως υπολογίζεται με δοκιμές ή με χρήση λογισμικού που αξιοποιεί αριθμητικές μεθόδους. Η διαφορά ανάμεσα στον εσωτερικό βαθμό απόδοσης (IRR) και στο επιτόκιο προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) υπολογίζεται με βάση τις KTP ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται με εξωγενή τρόπο από τον αναλυτή της επένδυσης. Ανάλογα με την τιμή του IRR προκύπτει απόφαση για ανάληψη ή μη μιας επένδυσης. Ειδικότερα:

- ❖ Για  $IRR >$  ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (επιτόκιο προεξόφλησης) η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα και πρέπει να αναληφθεί
- ❖ Για  $IRR =$  ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση η επένδυση θεωρείται οριακή και τότε θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλα επιπλέον κριτήρια εκτός από το IRR
- ❖ Για  $IRR <$  0 ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (επιτόκιο προεξόφλησης) η επένδυση δεν θεωρείται συμφέρουσα και θα πρέπει να απορριφθεί

Τα κύρια πλεονεκτήματα του εσωτερικού βαθμού απόδοσης είναι:

- ❖ Ο IRR χρησιμοποιεί τις KTP και λαμβάνει υπόψη σαφώς τη χρονική αξία του χρήματος

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Ο IRR αποτελεί ένα αρκετά δημοφιλές κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων καθώς είναι πιο εύκολη η ερμηνεία του σε σχέση με την NPV. Επιπλέον, δεν χρειάζεται να καθοριστεί κάποια ελάχιστη απαιτούμενης απόδοσης κατά το ξεκίνημα της διαδικασίας υπολογισμού, παρά μόνο στο τέλος, κάτι που διευκολύνει αρκετούς
- ❖ Εάν η απαιτούμενη απόδοση αποτελεί μία εκτίμηση, τότε ο IRR είναι δυνατό να συνιστά μια πιο ικανοποιητική μέθοδο αξιολόγησης επενδύσεων σε σχέση με την NPV
- ❖ Ο IRR θεωρείται μέτρο ασφαλείας που επιτρέπει αξιολόγηση απόδοσης μιας επένδυσης σε σχέση με τον κίνδυνο που ενέχει. Πχ εάν μια επένδυση βρεθεί να έχει IRR ίσο με 25% και ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση ίση με 10%, τότε η διαφορά των δύο αποδόσεων (15%) θεωρείται ένα μεγάλο περιθώριο ασφαλείας που επιτρέπει πολυτέλεια ύπαρξης ακόμα και κάποιου πιθανού λάθους.

Ο IRR χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- ❖ Η μέθοδος του IRR απαιτεί, όπως και η μέθοδος της NPV, μια ορθή και ακριβή πρόβλεψη των μελλοντικών ΚΤΡ. Εντούτοις, μια τέτοια εκτίμηση γίνεται όλο δυσκολότερη για μακρινότερα έτη στο μέλλον.
- ❖ Η μέθοδος του IRR υποθέτει ότι οι μελλοντικές ΚΤΡ επενδύονται ξανά με ένα επιτόκιο ίσο με τον IRR. Εντούτοις, αυτή η υπόθεση δεν είναι και τόσο ρεαλιστική, διότι οι ΚΤΡ επενδύονται με ένα επιτόκιο που ισχύει, όπως είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο, παρά σε ένα επιτόκιο που υπολογίζεται εκ των υστέρων. Έτσι, δε θα πρέπει να χρησιμοποιήσει μόνο η μέθοδος του IRR ως κριτήριο για αποδοχής ή απόρριψης επενδύσεων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μάλιστα, θα πρέπει να εφαρμόζεται και η μέθοδος της NPV, η οποία λειτουργεί υπό την υπόθεση ότι η επένδυση των μελλοντικών ΚΤΡ πραγματοποιείται με το επιτόκιο που αντανακλά την απαιτούμενη απόδοση, κάτι πιο ρεαλιστικό.
- ❖ Η μέθοδος του IRR υποθέτει διαφορετικά επιτόκια επένδυσης των μελλοντικών ΚΤΡ, σε περίπτωση εξέτασης διαφορετικών επενδυτικών προγραμμάτων παρόλο που αυτά είναι να αναληφθούν από την ίδια επιχείρηση και έτσι οι προοπτικές επένδυσης των ΚΤΡ είναι παρόμοιες για όλα αυτά.
- ❖ Η μέθοδος του TRR μπορεί, μερικές φορές, να έχει ως αποτέλεσμα πολλαπλούς εσωτερικούς βαθμούς απόδοσης, ειδικά όταν μελλοντικά υπάρχει έστω και μια αρνητική ΚΤΡ, δηλαδή υπάρχει εναλλαγή πρόσημων στις ΚΤΡ.[22]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 3.8 Σύγκριση μεθόδων αξιολόγησης επενδύσεων NPV και IRR

Οι μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων NPV και IRR είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς και για αυτό χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά και μάλιστα συνδυαστικά, μιας και κάθε μία από αυτές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όσον αφορά ποια μέθοδο αξιολόγησης επενδύσεων προτιμούμε για την λήψη της τελικής απόφασης επισημαίνουμε τα εξής:

- ❖ Σε περίπτωση επενδύσεων με συμβατικές ΚΤΡ, όπου η αρχική εκροή, ως επένδυση του αρχικού κεφαλαίου ακολουθείται μόνο από θετικές ΚΤΡ, η NPV και ο IRR οδηγούν στο ίδιο συμπέρασμα για αποδοχή / απόρριψη της επένδυσης.
- ❖ Σε περίπτωση επενδύσεων με μη συμβατικές ΚΤΡ, όπου η αρχική εκροή ακολουθείται και από θετικές και από αρνητικές ΚΤΡ προτείνεται η χρήση της NPV γιατί μπορεί να υπάρχουν πολλαπλοί IRR που κανείς τους δεν έχει την οικονομική ερμηνεία του IRR.
- ❖ Σε περίπτωση αμοιβαία αποκλειόμενων επενδύσεων, δηλαδή όταν μόνο μία πρέπει να αναληφθεί από τις εξεταζόμενες εναλλακτικές, προτείνεται η χρήση της NPV, όπου προτιμάται η ανάληψη της επένδυσης με την υψηλότερη NPV ή τον υψηλότερο IRR. Όμως, σε περίπτωση που προκύπτουν αντικρουόμενα αποτελέσματα προτείνεται η χρήση της NPV μιας και είναι το κριτήριο που αντανάκλα την αύξηση του πλούτου των επενδυτών, κάτι που είναι και το ζητούμενο, όπως έχει ήδη αναφερθεί.
- ❖ Η μέθοδος του IRR προτείνεται σε περιπτώσεις που η ανάληψη ή απόρριψη επενδυτικών προγραμμάτων έχουν ως βάση το κόστος του κεφαλαίου.[24]

### 3.9 Σταθμισμένο κόστος ενέργειας

Η σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών επενδύσεων που αφορούν την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται αρκετά συχνά το κριτήριο του δείκτη του Σταθμισμένου κόστους ενέργειας (Levelised Cost of Energy LCOE). Ο δείκτης αυτός αποτυπώνει την τιμή που πρέπει να τίθεται ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας, έτσι ώστε να αποσβένεται το αρχικό κόστος επένδυσης μαζί και και το σύνολο των λειτουργικών δαπανών. Η τιμή αυτή πρέπει να αντανάκλα την ελάχιστη αποδεκτή τιμή πώλησης ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας έτσι ώστε η επένδυση που εξετάζεται να καθίσταται βιώσιμη. Το Σταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCOE) είναι ίσο με το πηλίκο των συνολικών δαπανών (αρχικού κόστους και λειτουργικών εκφρασμένες όλες σε παρούσα αξία) διά την συνολική παραγωγή ενέργειας καθ' όλη την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης, που κυμαίνεται συνήθως από 20 έως 40 έτη, εκφρασμένη και πάλι σε παρούσα

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

αξία. Το Σταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCOE) υπολογίζεται, λοιπόν, με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$LCOE = \frac{C_{initial} - \sum_{t=1}^N \frac{AP_t + TK_t}{(1+d)^t} * \Sigma\Phi + \sum_{t=1}^N \frac{TXP_t}{(1+d)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{\Lambda K_t}{(1+d)^t} * (1 - \Sigma\Phi) - \frac{YA_N}{(1+d)^N}}{\sum_{t=1}^N \frac{Egen_t}{(1+d)^t} * (1 - \Sigma\Phi)}$$

Όπου:

- ❖  $\Lambda K_t$ : συνολικό λειτουργικό κόστος την περίοδο  $t$
- ❖  $Egen_t$ : συνολική ενέργεια που παράχθηκε στην περίοδο  $t$
- ❖  $AP_t$ : αποσβέσεις της περιόδου  $t$
- ❖  $TK_t$ : τόκοι της περιόδου  $t$
- ❖  $TXP_t$ : τοκοχρεωλύσια της περιόδου  $t$
- ❖  $\Sigma\Phi$ : φορολογικός συντελεστής
- ❖  $d$ : προεξοφλητικό επιτόκιο
- ❖  $C_{initial}$ : αρχικό κόστος της επένδυσης (την περίοδο  $t=0$ )
- ❖  $t$ : χρονική περίοδος (συνήθως το έτος)
- ❖  $N$ : διάρκεια ζωής της επένδυσης
- ❖  $YA_N$ : υπολειμματική αξία (παραμένουσα αξία) της επένδυσης μετά το πέρας των  $N$  ετών της διάρκειας ζωής.

Όταν χρησιμοποιείται το σταθμισμένο κόστος ενέργειας συνήθως εφαρμόζεται ο απλουστευμένος τύπος με το συνολικό κόστος επένδυσης, τα λειτουργικά έξοδα και την τελική υπολειμματική αξία της υπό εξέταση επένδυσης. Ένας πιο αναλυτικός τύπος περιλαμβάνει και τις αποσβέσεις, τις δαπάνες δανεισμού και τη φορολογική επιβάρυνση. Τα πλεονεκτήματα του Σταθμισμένου κόστους ενέργειας (LCOE) είναι ότι παρέχει μια κοινή για τη σύγκριση τεχνολογιών με διαφορετικούς κύκλους ζωής, εμπεριέχει τη χρονική αξία του χρήματος και είναι εύκολα κατανοητός δείκτης στον ορισμό και την ερμηνεία του. Το σημαντικότερο μειονέκτημα στη χρήση του είναι η ευαισθησία που παρουσιάζει στις εκτιμήσεις των μεταβλητών κοστών και τιμών ενέργειας που μπορεί να μεταβάλλονται σημαντικά.[26]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 3.10 Περίοδος επανείσπραξης – Περίοδος αποπληρωμής

Στο πλαίσιο της μεθόδου της περιόδου επανείσπραξης ή περιόδου αποπληρωμής υπολογίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο μια επένδυση θα ξεπληρώσει το αρχικό κόστος. Συνεπώς, η περίοδος επανείσπραξης ή αποπληρωμής μιας επένδυσης ορίζεται ως ο αριθμός των ετών που χρειάζονται ώστε το άθροισμα των ΚΤΡ που εισπράττονται από την ανάληψη της επένδυσης να είναι ίσο με το αρχικό κόστος της. [14]

Πιο συγκεκριμένα, το κριτήριο αυτό δείχνει τον αριθμό των ετών που απαιτούνται ώστε να καλυφθεί στο σύνολο της η αρχική επενδυτική δαπάνη, υποθέτοντας ότι η υπολειμματική της αξία είναι μηδενική.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου της περιόδου επανείσπραξης περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η μέθοδος της περιόδου επανείσπραξης είναι απλή στον υπολογισμό της και εύκολα ως προς την ερμηνεία της.
- ❖ Η μέθοδος της περιόδου επανείσπραξης δίνει, επιπροσθέτως, και μία ένδειξη κινδύνου και ρευστότητας της εξεταζόμενης επένδυσης. Έτσι, όσο μικρότερη είναι η υπολογισμένη περίοδος επανείσπραξης μιας επένδυσης, τόσο μικρότερος θεωρείται ο κίνδυνος του έργου και τόσο μεγαλύτερη η ρευστότητα του. Η λογική είναι ότι οι ΚΤΡ που αναμένονται πιο μακριά μέλλον χαρακτηρίζονται από υψηλότερο κίνδυνο σε σχέση με τις ΚΤΡ που αναμένονται σε συντομότερες χρονικές στιγμές.

Τα Μειονεκτήματα της μεθόδου της περιόδου επανείσπραξης περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η μέθοδος της περιόδου επανείσπραξης αγνοεί τελείως τη χρονική αξία του χρήματος, διότι δίνει το ίδιο βάρος στις ΚΤΡ του πρώτου έτους με τις ΚΤΡ των επόμενων ετών. Θα πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι το μειονέκτημα αυτό ξεπερνιέται χρησιμοποιώντας την λεγόμενη μέθοδο της προεξοφλημένης περιόδου επανείσπραξης, όπου πρώτα προεξοφλούνται οι ΚΤΡ με το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο και έπειτα εφαρμόζεται ο υπολογισμός της περιόδου επανείσπραξης στις προεξοφλημένες ΚΤΡ.
- ❖ Η μέθοδος της περιόδου επανείσπραξης δεν εξετάζει τις ΚΤΡ που πραγματοποιούνται μετά την ανάκτηση του αρχικού κόστους επένδυσης
- ❖ Στο πλαίσιο της μεθόδου της περιόδου επανείσπραξης δεν υπάρχει κάποιο αντικειμενικό μέτρο, καθορισμένο από την αγορά ή από τον επενδυτή, το οποίο να δείχνει μια μέγιστη αποδεκτή περίοδος επανείσπραξης ως κριτήριο σύγκρισης.[26]

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 3.11 Δείκτης αποδοτικότητας

Στο πλαίσιο της μεθόδου του δείκτη αποδοτικότητας υπολογίζεται η σχετική αποδοτικότητα ενός επενδυτικού προγράμματος ή αλλιώς η παρούσα αξία των μελλοντικών ταμειακών εισροών ανά μονάδα κεφαλαίου που έχει επενδυθεί. Ο δείκτης αποδοτικότητας μιας επένδυσης είναι ίσος με το λόγο της παρούσας αξίας των ετήσιων πρόσθετων ΚΤΡ μετά από φόρους οι οποίες θα προέρθουν εάν γίνει αποδεκτή η επένδυση διά του αρχικού κόστους της. Ο δείκτης αποδοτικότητας, λοιπόν, υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{CF_0}$$

Όπου:

$CF_t$  : ετήσια πρόσθετη ΚΤΡ μετά από φόρους του έτους  $t$  ( $t=1,2,\dots,n$ )

$CF_0$  : αρχικό κόστος επένδυσης (πρόσθετη ΚΤΡ μετά από φόρους του έτους 0)

$r$  : απαιτούμενη απόδοση – προεξοφλητικό επιτόκιο

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εάν σε κάποιο μελλοντικό έτος οι ετήσιες ταμειακές εκροές υπερβαίνουν τις ετήσιες ταμειακές εισροές με συνέπεια να προκύπτει αρνητική ΚΤΡ, τότε η παρούσα αξία αυτής της αρνητικής ΚΤΡ θα προστεθεί στο αρχικό κόστος της επένδυσης, αποτελώντας τον παρονομαστή του κλάσματος στο δείκτη αποδοτικότητας.

Σε περίπτωση που ο δείκτης αποδοτικότητας βρεθεί  $PI \geq 1$ , τότε η επένδυση πρέπει να γίνει αποδεκτή.

Σε περίπτωση που ο δείκτης αποδοτικότητας βρεθεί  $PI < 1$ , τότε η επένδυση πρέπει να απορριφθεί.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κριτήριο του δείκτη αποδοτικότητας καταλήγει στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα με αυτό της NPV, σχετικά με την αποδοχή ή απόρριψη μιας επένδυσης. Σε περίπτωση, όμως, που εξετάζονται πολλά ταυτόχρονα επενδυτικά προγράμματα, είναι δυνατό ο δείκτης αποδοτικότητας  $PI$  και η NPV να οδηγήσουν σε διαφορετική κατάταξη των εξεταζόμενων προγραμμάτων. Εντούτοις, μια τέτοια διαφοροποίηση δεν είναι και τόσο

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

σημαντική όταν πρόκειται για αμοιβαία αποκλειόμενες επενδύσεις αν και σε τέτοιες περιπτώσεις πιο ορθή είναι η χρήση του κριτηρίου της NPV η οποία αποτελείται ένα απόλυτο κριτήριο, ενώ ο δείκτης αποδοτικότητας αντανακλά τη σχετική αποδοτικότητα και προτιμάται σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν περιορισμοί στα επενδυτικά κεφάλαια.

Θα πρέπει, τέλος, να σημειωθεί ότι καθώς ο PI αποτελεί μια μέθοδος παρόμοια με αυτή της NPV, χαρακτηρίζεται από παρόμοια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

### 3.12 Μέση λογιστική απόδοση

Στο πλαίσιο της μεθόδου της μέσης λογιστικής απόδοσης παρουσιάζεται το ετήσιο κατά μέσο όρο καθαρό κέρδος που θα έχει μια επιχείρηση από την απόφαση ανάληψης μιας επένδυσης. Η μέση λογιστική απόδοση μιας επένδυσης υπολογίζεται ως ο λόγος των κατά μέσο όρο ετήσιων καθαρών κερδών μετά από φόρους τα οποία επιτυγχάνονται λόγω της επένδυσης. Έτσι η μέση λογιστική απόδοση υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Μέση απόδοση} = \frac{\text{Μέσα ετήσια μελλοντικά καθαρά κέρδη λόγω της επένδυσης}}{\text{Αρχικό κόστος επένδυσης}}$$

Η υπολογισμένη μέση λογιστική απόδοση μιας εξεταζόμενης επένδυσης συγκρίνεται με μια ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση η οποία κρίνεται ότι πρέπει να έχει η επιχείρηση από την συγκεκριμένη επένδυση.

Σε περίπτωση που η μέση λογιστική απόδοση προκύπτει υψηλότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση, η επένδυση πρέπει να γίνει δεκτή.

Σε περίπτωση που η μέση λογιστική απόδοση προκύπτει χαμηλότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση, η επένδυση πρέπει να απορριφθεί.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου της μέσης λογιστικής απόδοσης περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η μέθοδος της μέσης λογιστικής απόδοσης είναι απλή στον υπολογισμό της
- ❖ Η μέθοδος της μέσης λογιστικής απόδοσης έχει εύκολη ερμηνεία.

Για τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η μέθοδος αυτή θεωρείται αρκετά δημοφιλής ανάμεσα σε αναλυτές επενδύσεων και διευθυντικών στελεχών των επιχειρήσεων.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου της μέσης λογιστικής απόδοσης περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- ❖ Η μέθοδος της μέσης λογιστικής απόδοσης αγνοεί τελείως τη χρονική αξία του χρήματος, διότι δίνει παρόμοιο βάρος στα καθαρά κέρδη του πρώτου έτους και στα καθαρά κέρδη των επόμενων ετών



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- ❖ Η μέθοδος της μέσης λογιστικής απόδοσης χρησιμοποιεί τα καθαρά λογιστικά κέρδη και όχι τις ΚΤΡ αγνοώντας τις αποσβέσεις ως πηγή ΚΤΡ.[22]

### 3.13 Ανάλυση νεκρού σημείου

Η ανάλυση νεκρού σημείου θεωρείται ένα ιδιαίτερα σημαντική η οποία περιλαμβάνεται στην ανάλυση των πωλήσεων μίας επιχείρησης. Η ανάλυση αυτή, λοιπόν, αφορά την τεχνική εκείνη που εφαρμόζεται για να καθοριστεί η παραγόμενη και πωλούμενη ποσότητα που αντιστοιχεί σε μηδενικό επίπεδο κερδοφορίας προ τόκων και φόρων. Η μέθοδος αυτή έχει να κάνει με τις σχέσεις της σύνθεσης κόστους της επιχείρησης, ως προς το μεταβλητό και σταθερό κόστος, και της παραγόμενης ποσότητας, αλλά και των καθαρών λειτουργικών κερδών. Πιο συγκεκριμένο το νεκρό σημείο ορίζεται ως εκείνο το επίπεδο δραστηριότητας της επιχείρησης, όπως αυτό εκφράζεται σε παραγόμενες μονάδες προϊόντος ή σε συνολική αξία, έτσι ώστε τα σχετικά έσοδα από τις πωλήσεις να ισούνται με το σύνολο των λειτουργικών εξόδων. Ουσιαστικά στο επίπεδο του νεκρού σημείου μια επιχείρηση δεν εμφανίζει ούτε κέρδος ούτε ζημία. Δηλαδή, η μέθοδος αυτή προσδιορίζει το σημείο παραγωγής στο οποίο τα κέρδη προ τόκων και φόρων είναι ίσα με το μηδέν, κάτι που σημαίνει ότι τα έσοδα των πωλήσεων φτάνουν να καλύπτουν μόνο τα λειτουργικά κόστη. Η ανάλυση, αυτή, λοιπόν, έχει ως βάση τη συμπεριφορά του κόστους. Η εξήγηση είναι απλή, εάν λάβει κανείς υπόψη του ότι ένα μέρος του κόστους είναι μεταβλητό, έχοντας αναλογική σχέση ως προς τις πωλήσεις, ενώ το άλλο μέρος είναι σταθερό, τουλάχιστον για ένα σημαντικό μέγεθος πωλήσεων. Η ανάλυση αυτή εφαρμόζεται σε αρκετές περιπτώσεις, μερικές από τις οποίες περιλαμβάνουν τις παρακάτω:

- ❖ Τιμολογιακή πολιτική: πχ για καθορισμό η τιμή πώλησης ενός νέου προϊόντος για να επιτευχθεί ένα επιθυμητό επίπεδο κερδών προ τόκων και φόρων
- ❖ Διαπραγματεύσεις εργασιακών συμβάσεων: πχ ανάλυση επίδρασης μιας αύξηση του μεταβλητού κόστους, έστω από μια πιθανή αύξηση των εργατικών δαπανών, στην ποσότητα παραγωγής του νεκρού σημείου.
- ❖ Σύνθεση κόστους : πχ διερεύνηση αντικατάστασης μεταβλητού κόστους με σταθερό.
- ❖ Αποφάσεις χρηματοδότησης : πχ η αξιολόγηση χρήσης δανειακών ή ιδίων κεφαλαίων, σε σχέση με εάν τα σταθερά κόστη είναι υψηλά ή χαμηλά.

Ο προσδιορισμός του νεκρού σημείου πραγματοποιείται διαχωρίζοντας το συνολικό κόστος παραγωγής σε δύο κομμάτια: (1) το σταθερό μέρος που είναι ανεξάρτητο από το ύψος των πωλήσεων και (2).το μεταβλητό μέρος που εξαρτάται αναλογικά από το ύψος των πωλήσεων.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Ο σχετικός διαχωρισμός σταθερού και μεταβλητού κόστους, πάντως, είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί με ακρίβεια. Έτσι, πριν τον τελικό υπολογισμό του νεκρού σημείου θα πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές. Οι βασικότερες εξ αυτών περιλαμβάνουν τις παρακάτω:

- ❖ Οι τιμές πώλησης των προϊόντων και των συντελεστών παραγωγής παραμένουν σταθερές.
- ❖ Οι παραγωγικές μέθοδοι και η παραγωγική δυναμικότητα της επιχείρησης παραμένουν σταθερές
- ❖ Το επίπεδο των πωλήσεων είναι η μόνη παράμετρος που επηρεάζει το συνολικό κόστος
- ❖ Το συνολικό κόστος και τα έσοδα μπορούν να υπολογιστούν με αξιοπιστία, όπου η μεταξύ τους σχέση θεωρείται γραμμική έστω για ένα συγκεκριμένο διάστημα παραγωγής.
- ❖ Είναι εφικτός ο διαχωρισμός του συνολικού κόστους σε σταθερό και μεταβλητό

Η πραγματική αξία της ανάλυσης του νεκρού σημείου, εντούτοις, αναφέρεται στον προσδιορισμό των αλληλοεπιδράσεων των προσδιοριστικών παραγόντων των κερδών. Η ανάλυση του νεκρού σημείου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις παρακάτω περιπτώσεις:

- ❖ Αξιολόγηση της ικανότητας της διοίκησης της επιχείρησης, συγκρίνοντας και αξιολογώντας το σημείο πωλήσεων που επιτεύχθηκε με το νεκρό σημείο.
- ❖ Λήψη αποτελεσματικών επιχειρηματικών αποφάσεων οι οποίες έχουν να κάνουν με τις τρέχουσες δραστηριότητες και την πολιτική που ακολουθεί η επιχείρηση.
- ❖ Πρόβλεψη του πιθανού, ανά μονάδα, κόστους σε διάφορα επίπεδα παραγωγής.

Εκτός από τις παραπάνω παραδοχές χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και τα παρακάτω στο πλαίσιο της ανάλυσης του νεκρού σημείου:

- ❖ Η επιχείρηση παράγει και διαθέτει ένα μόνο προϊόν
- ❖ Τα σταθερά έξοδα παραμένουν σταθερά σε όλο το εύρος της παραγωγικής δραστηριότητας.
- ❖ Τα μεταβλητά έξοδα μεταβάλλονται αναλογικά με το ύψος των πωλήσεων.

Ο υπολογισμός του νεκρού σημείου πραγματοποιείται με βάση την παρακάτω σχέση που στηρίζεται στην κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης:

	Έσοδα από πωλήσεις
-	(Συνολικό μεταβλητό κόστος + Συνολικό Σταθερό κόστος)
=	Καθαρά λειτουργικά κέρδη

Η σχέση αυτή, λοιπόν, διατυπώνεται ως εξής:

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

$$S - [VC + F] = \text{EBIT} \quad \text{ή} \quad (P * Q) - [(V * Q) + (F)] = \text{EBIT}$$

Όπου:

- ❖ S: πωλήσεις σε χρηματική αξία
- ❖ VC: συνολικό μεταβλητό κόστος
- ❖ F: συνολικό σταθερό κόστος
- ❖ EBIT: κέρδη προ τόκων και φόρων
- ❖ Q: ποσότητα που παράγεται και πωλείται
- ❖ P: τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος
- ❖ V: μεταβλητό κόστος ανά μονάδα προϊόντος

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι η ανάλυση νεκρού σημείου είναι η τεχνική η οποία καθορίζει την ποσότητα παραγόμενων προϊόντων που επιφέρει μηδενικά κέρδη πριν από τόκους και φόρους (δηλαδή EBIT=0)

Οπότε για EBIT=0 θα έχουμε :

$$(P * Q) - [(V * Q) + (F)] = 0 \quad \text{ή}$$

$$Q * (P - V) = F \quad \text{ή}$$

$$Q_B = \frac{F}{P - V} \quad \text{ή} \quad Q_B = \frac{F}{c}$$

Όπου:

- ❖  $Q_B$ : ποσότητα που παράγεται και πωλείται στο νεκρό σημείο
- ❖ c: περιθώριο κέρδους ή συνεισφοράς ανά μονάδα προϊόντος.

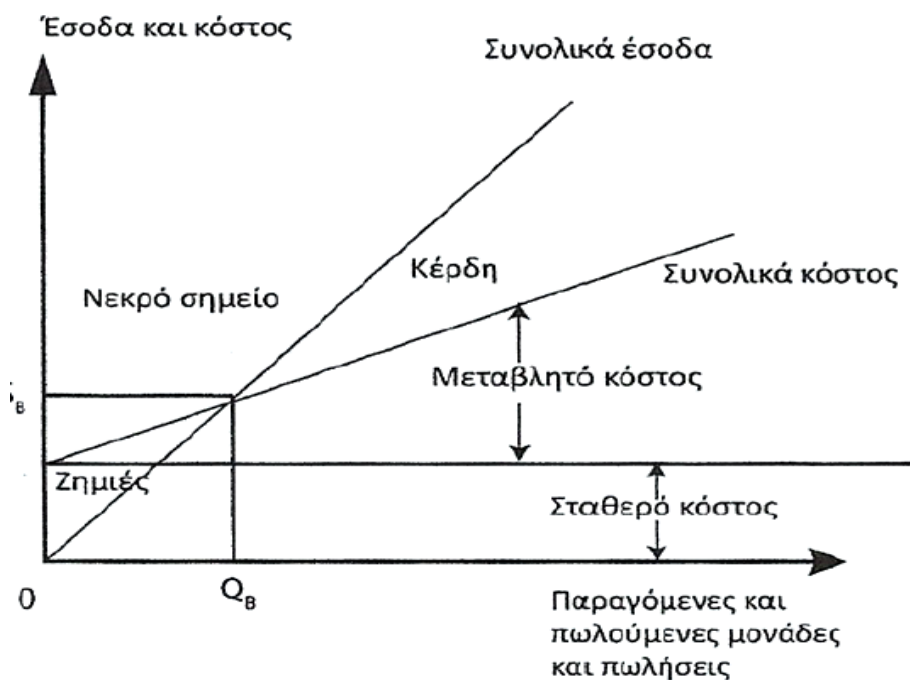
Η εύρεση πωλήσεων του νεκρού σημείου σε αξία πωλήσεων μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω σχέσης:

$$S * \left(1 - \frac{VC}{S}\right) - F = \text{EBIT}$$

Στο νεκρό σημείο θα έχουμε EBIT=0 και οι πωλήσεις  $S_B$  που αντιστοιχούν σε αυτό θα είναι ίσες με :

$$S_B = \frac{F}{CR}$$

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**



Σχήμα 3.2 Γραφική απεικόνιση νεκρού σημείου.[28]

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

**Ανάλυση κινδύνου και βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου ΑΠΕ**

**4.1 Σκοπός κεφαλαίου**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες κινδύνου στις ενεργειακές επενδύσεις καθώς και οι τρόποι βελτιστοποίησης του χαρτοφυλακίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

**4.2 Αβεβαιότητα και χρονική αξία του χρήματος**

Η λήψη απόφασης σχετικά με το κατάλληλο κριτήριο επενδυτικών αποφάσεων θα πρέπει να πραγματοποιηθεί, εφόσον έχουν ληφθεί υπόψη ορισμένες σημαντικές παράμετροι. Η πιο αξιοσημείωτη παράμετρος αναφέρεται στη χρονική αξία του χρήματος και την αβεβαιότητα του μέλλοντος. Με άλλα λόγια δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιούμε κριτήρια επενδυτικών αποφάσεων, τα οποία τελικά θα αγνοήσουν τη διάσταση της χρονικής αξίας του χρήματος ή τη σημασία που έχει η έλλειψη ακριβούς πρόγνωσης του γεγονότος. Υφίστανται λόγοι, για τους οποίους δίνουμε μεγαλύτερο βάρος στο παρόν σε σύγκριση με το μέλλον; Η απάντηση είναι καταφατική:

- ❖ Οτιδήποτε εισπράτουμε σήμερα έχει πραγματική αξία, ενώ οτιδήποτε θα εισπράξουμε στο μέλλον έχει υποθετική αξία.
- ❖ Υπάρχει αβεβαιότητα αναφορικά με το μέλλον. Πρωσπαθώντας μέσω της χρήσης υψηλής χρονικής αξίας του χρήματος να ελλατώσουμε τους κινδύνους, οι οποίοι παραμονεύουν στις μελλοντικές εξελίξεις, πάντοτε θα υπάρχει κίνδυνος να μη πραγματοποιηθούν γεγονότα είτε επειδή αυτά δεν θα συμβούν είτε επειδή εμείς δεν θα υπάρχουμε, όταν συμβούν.
- ❖ Όταν εισπράτουμε ένα ευρώ σήμερα, έχουμε τη δυνατότητα πάντα να επιλέξουμε και να πραγματοποιήσουμε εναλλακτικές τοποθετήσεις για την περαιτέρω αξιοποίηση της. Σε αντίθετη περίπτωση, ένα ευρώ στο μέλλον είναι δύσκολα αξιοποιήσιμη σε εναλλακτικές τοποθετήσεις. Βέβαια, με την ανάπτυξη των προθεσμιακών αγορών υπάρχουν παρόμοιες δυνατότητες. Σε κάθε περίπτωση όμως αυτές οι δυνατότητες είναι περιορισμένες.

Τι προσδιορίζει όμως τη μέση χρονική αξία του χρήματος και κατά συνέπεια το ρυθμό επενδύσεων σε μία οικονομία και κοινωνία; Φαίνεται ότι μια κοινωνία που θα πεθάνει αύριο δεν

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

έχει κανένα λόγο να προβεί σε επενδύσεις. Έτσι μια τέτοια κοινωνία θα είχε χρονική αξία χρήματος άπειρη. Η κοινωνία αυτή δεν θα πραγματοποιούσε ποτέ επενδύσεις. Αντίθετα, μια τέτοια κοινωνία δίνει πολύ μεγάλη σημασία στο σήμερα. Για αυτό θα δανειζόταν απείρως από τις μελλοντικές γενιές. Στην ουσία, όταν χρησιμοποιούμε υψηλή χρονική αξία του χρήματος για να κάνουμε προεξοφλήσεις, οδηγούμαστε σε ελαχιστοποίηση των μελλοντικών εισροών. Ουσιαστικά, όσο πιο υψηλός είναι ο προεξοφλητικός συντελεστής και όσο πιο απομακρυσμένες είναι οι χρηματικές εισροές, τόσο μικρότερη επίδραση έχουν στην διαδικασία αξιολόγησης. Από την άλλη μεριά, η χρήση μεγάλων προεξοφλητικών συντελεστών πιθανόν υποκρύπτει συντηρητικότητα αποφάσεων, αφού αποδυναμώνει οτιδήποτε μελλοντικό και αβέβαιο προς όφελος των τωρινών και των βέβαιων. Εάν όμως υπήρχε μια κοινωνία, της οποίας το τραπεζικό σύστημα εφάρμοζε συστηματικά αφύσικα υψηλούς προεξοφλητικούς συντελεστές, τότε η κοινωνία θα οδηγούταν σε αποεπένδυση καθώς οι μελλοντικές ροές θα μηδενίζονταν ή θα μειώνονταν με συνέπεια να μην λαμβάνονταν θετικές επενδυτικές αποφάσεις. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι, εάν πραγματοποιούνταν οι επενδύσεις, δε θα παραγόταν νέος πλούτος. Για αυτό και η χρήση κριτηρίων με ενσωματωμένη χρονική αξία χρήματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και ωριμότητα.[29]

### 4.3 Κατηγορίες κινδύνου στις ΑΠΕ

Οι πιο σημαντικές κατηγορίες κινδύνων, τις οποίες συναντάμε στις ενεργειακές επενδύσεις είναι οι κάτωθι:

- ❖ Ο Κίνδυνος ανάπτυξης του έργου: Η ανάπτυξη του προγράμματος είναι αναμφισβήτητα το πιο επικίνδυνο μέρος της αλυσίδας ενός προγράμματος ανανεώσιμης ενέργειας. Ποικίλοι λόγοι μπορεί να οδηγήσουν στη μη ολοκλήρωση της κατασκευής του έργου όπως για παράδειγμα αποτυχία εξασφάλισης οικοπέδου (π.χ. ένσταση κάποιας αρχαιολογικής υπηρεσίας), αποτυχία λήψης όλων των αδειών, μη επιτυχημένη συμμετοχή σε δημοπρασίες ΑΠΕ, απροσδόκητα εμπόδια ή σφάλματα κατά την οικοδόμηση κλπ. Όσο πιο περίπλοκη η τεχνολογία και μεγαλύτερη η έκταση του έργου, το οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί τόσο υψηλότερος είναι ο κίνδυνος. Για παράδειγμα, οι μικρής κλίμακας φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στις στέγες ολοκληρώνονται μέσα σε λίγες ημέρες με χαμηλό κόστος και ο κίνδυνος για την αποτυχία εγκατάστασης και τη λειτουργία είναι μικρός. Αντίθετα, η ανάπτυξη ενός μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου παίρνει συνήθως πολλά έτη και είναι πολύ δαπανηρή εκθέτοντας τον επενδυτή σε σημαντικό κίνδυνο.
- ❖ Χρηματοοικονομικός κίνδυνος: Κάθε ενδεχόμενη επένδυση στο χώρο της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας εκτίθεται σημαντικά στον

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

χρηματοπιστωτικό κίνδυνο. Ο χρηματοπιστωτικός κίνδυνος έχει άμεση επαφή με το χαρτοφυλάκιο μιας εταιρίας και τη διαχείριση του. Σε αυτό το σημείο αξίζει να διευκρινίσουμε ότι ως χαρτοφυλάκιο εταιρίας ορίζεται το σύνολο των χρεογράφων που έχει στην κατοχή της η εταιρία που προτίθεται να κάνει την επένδυση. Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος, με τη σειρά του, είναι κάτι ιδιαίτερα πολύπλοκο και μπορεί να θεωρηθεί ότι προκύπτει από την αλληλεπίδραση επιμέρους χρηματοοικονομικών κινδύνων, που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Κίνδυνος τιμής: Είναι το ρίσκο, το οποίο έχει σχέση με την αγορά. Κάθε ώρα, όταν ο σταθμός παραγωγής λειτουργεί, η τιμή της κιλοβατώρας στην αγορά μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την προβλεπόμενη, εξαιτίας των διακυμάνσεων παραγωγής και ζήτησης. Ως εκ τούτου, ο παραγωγός δεν μπορεί να είναι σίγουρος για την ακριβή τιμή της κιλοβατώρας. Το γεγονός αυτό επηρεάζει τα έσοδα του παραγωγού τα οποία υπερβαίνουν το Μεταβλητό κόστος και μπορούν επομένως να υπονομεύσουν την ικανότητα του παραγωγού να ανταπεξέλθει στα σταθερά έξοδα της κατασκευής και συντήρησης του σταθμού.
  - Κίνδυνος ρευστότητας: Αφορά πιθανή έλλειψη ρευστότητας και μπορεί να διακριθεί περαιτέρω σε εξειδικευμένο κίνδυνο και σε γενικευμένο κίνδυνο.
  - Πιστωτικός κίνδυνος: Εκφράζει την αδυναμία είσπραξης χρεών από τρίτους, καθώς και τη μεταβλητότητα των επιτοκίων των δανείων ή των συναλλαγματικών ισοτιμιών
- ❖ Κίνδυνος Παραγωγού: Υφίστανται και επιπλέον κίνδυνοι, οι οποίοι αφορούν συγκεκριμένους εμπλεκόμενους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι οι παραγωγοί. Ειδικότερα μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:
- Κίνδυνος τιμής καυσίμου: Η τιμή του καυσίμου στους σταθμούς παραγωγής επιδρά στην παρεχόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται στην αγορά. Αυτό συμβαίνει διότι οι μεταβολές στην τιμή συνδέονται με το μεταβλητό κόστος, κάτι που σημαίνει ότι αλλάζουν οι ώρες λειτουργίας του κάθε σταθμού και μεταβάλλονται τα έσοδα του κάθε παραγωγού. Αυτός ο κίνδυνος δεν υπάρχει άμεσα σε περιπτώσεις επενδύσεων σε τεχνολογίες ΑΠΕ, καθώς δεν καταναλώνουν καύσιμα.
  - Κίνδυνος ποσότητας: Για τις ΑΠΕ ο εν λόγω κίνδυνος αφορά κυρίως τη στοχαστική φύση των διαθέσιμων πηγών ενέργειας (του ανέμου, της ηλιοφάνειας, των υδάτων κλπ.) η οποία μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερες των προσδοκίων ποσότητες παραγωγής ενέργειας.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- Κίνδυνος διαθεσιμότητας: έχει να κάνει με την αβεβαιότητα που έχουν όλοι οι παραγωγοί ακόμα και αν ξέρουν με βεβαιότητα τη ζήτηση για ενέργεια και τη διαθεσιμότητα των πρωτογενών πηγών. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να εκτιμήσουν με πολύ καλή προσέγγιση πόσες και ποιές ώρες θα λειτουργήσουν. Εντούτοις, δεν μπορεί να υπάρχει εγγύηση ότι θα είναι σίγουρα σε θέση να λειτουργήσουν, διότι μπορεί να συμβούν απροσδόκητα προβλήματα ή βλάβες. Έτσι, ο παραγωγός μπορεί να απολέσει κάποιο επίπεδο παραγόμενης ποσότητας και, άρα, να έχει απώλεια εσόδων.
  - Κίνδυνος τεχνολογίας: Η αποδοτικότητα των σταθμών παραγωγής έχει να κάνει με την τεχνολογία παραγωγής της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Άρα, με την πάροδο του χρόνου, οι νέοι σταθμοί που εισέρχονται στο σύστημα θα χρησιμοποιούν περισσότερο εξελιγμένη τεχνολογία, κάτι που συνδέεται με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος. Αυτό θα πρέπει να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά από τις διοικήσεις των παλαιών σταθμών για να επιτύχουν βιωσιμότητα.
  - Κίνδυνος λειτουργίας: περιλαμβάνονται οι κίνδυνοι που έχουν να κάνουν με τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων, δηλαδή με την κατάσταση και αρμονική συνεργασία μεταξύ έμψυχου και άψυχου δυναμικού. Λανθασμένες κρίσεις, όμως, παραλείψεις και ελλιπής συνεννόηση με παράγοντες της αγοράς είναι δυνατό να αρνητικές επιπτώσεις στην εύρυθμη λειτουργία του σταθμού, άρα και στα κέρδη.
  - Κίνδυνος Περιορισμών Μεταφοράς: τέτοιοι κίνδυνοι δημιουργούνται είτε λόγω συμφόρησης είτε λόγω κατάρρευσης του συστήματος. Τέτοιες καταστάσεις είναι δυνατό να δημιουργηθούν από τις προσπάθειες μεταφοράς ισχύος μεγαλύτερης της αντοχή των γραμμών ή ακόμα και από ακραία καιρικά φαινόμενα.
  - Κίνδυνος λόγω σφαλμάτων πρόβλεψης φορτίου: Μακροπρόθεσμες προβλέψεις (από έξι μήνες έως δέκα χρόνια μπροστά) ζήτησης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό επέκτασης του συστήματος και την εγκατάσταση νέων υποδομών. Σημαντικές αστοχίες στις προβλέψεις αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένες επενδυτικές αποφάσεις.
- ❖ Νομικός κίνδυνος: Είναι ο κίνδυνος που λαμβάνει μια εταιρία όταν έχει ένα συμβόλαιο με κάποιον άλλον και δεν γνωρίζει κατά πόσο θα δικαιωθεί νομικά σε περίπτωση παραβίασης του συμβολαίου από την άλλη πλευρά.
  - ❖ Κίνδυνος υγιούς λειτουργίας του ανταγωνισμού: Στις απελευθερωμένες αγορές οι εταιρίες του πρώην μονοπωλίου συχνά, κατά το μεταβατικό στάδιο, έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν την υγιή λειτουργία του ανταγωνισμού. Συγκεκριμένα:



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

- Βασικά στελέχη του διαχειριστή, που ανήκαν στις παλιές μονοπωλιακές εταιρίες, έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν μεροληπτικά σε βάρους του ανταγωνισμού.
- Χρησιμοποίηση μεγάλου αριθμού εργαζομένων που απασχολούν για ικανοποίηση των αιτημάτων τους.[30]

### 4.4 Η αρχή της σύγχρονης θεωρίας του χαρτοφυλακίου

Η αρχή της σύγχρονης θεωρίας χαρτοφυλακίου έγινε με τη δημοσίευση του Harry Markowitz "portfolio selection" στη "journal of finance" το 1952. Ο Markowitz χαρακτηριστικά χωρίζει τη διαδικασία επιλογής χαρτοφυλακίου σε δύο στάδια: το πρώτο στάδιο, αφορά την παρατήρηση και την εμπειρία και ολοκληρώνεται με τις πεποιθήσεις του επενδυτή σχετικά με το μέλλον των επιδόσεων των διαθέσιμων τίτλων. Το δεύτερο στάδιο ξεκινά με τις πεποιθήσεις όσον αφορά τις μελλοντικές επιδόσεις των διαθέσιμων τίτλων και τελειώνει με την επιλογή του χαρτοφυλακίου. Στη δημοσίευση του ασχολείται διεξοδικά με το δεύτερο στάδιο της επιλογής του βέλτιστου χαρτοφυλακίου για τις απαιτήσεις του επενδυτή. Το σημαντικό και καινοτόμο στοιχείο, το οποίο τόνισε ο Markowitz, είναι πως δεν αρκεί ο επενδυτής να κοιτάξει πώς με βάση την αναμενόμενη απόδοση των τίτλων θα δημιουργήσει το χαρτοφυλάκιο με τη μεγαλύτερη απόδοση, αλλά να καταφέρει ταυτόχρονα να ελαχιστοποιήσει και τον κίνδυνο. Ως κίνδυνο, ορίζει τη διακύμανση των τιμών των τίτλων στο παρελθόν. Συνεπώς, ο Markowitz απορρίπτει τη θεωρία που ίσχυε έως τότε με το στόχο του επενδυτή να είναι μόνο η μεγιστοποίηση του κέρδους. Επίσης υπογραμμίζει ότι μέσα από τη διαφοροποίηση σίγουρα προκύπτει ένα πιο ελκυστικό χαρτοφυλάκιο σε σύγκριση με οποιαδήποτε μεμονωμένη μετοχή, χωρίς, όμως, αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι το κάθε χαρτοφυλάκιο, που έχει προκύψει μέσω διαφοροποίησης, είναι όντως ανώτερο από κάθε μεμονωμένη μετοχή. Προφανώς για να αποδώσει η διαφοροποίηση πρέπει να γίνει σωστή επιλογή της σύνθεσης του χαρτοφυλακίου ανάλογα με αντικειμενικά κριτήρια αλλά και με τις διαθέσεις του κάθε επενδυτή για ρίσκο. Κάθε επενδυτής έως το 1952 είχε ως βέλτιστη επιλογή είτε τη μετοχή με τη μεγαλύτερη αναμενόμενη απόδοση, είτε εάν ήταν δύο μετοχές με τη βέλτιστη απόδοση, πίστευε πως κάθε συνδυασμός τους θα δώσει το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Αυτή η θεωρία όμως που βασίζεται στο νόμο των μεγάλων αριθμών καταρρίφθηκε από τον Harry Markowitz, ο οποίος τόνισε ότι το κριτήριο της αναμενόμενης απόδοσης για την επιλογή της καλύτερης επένδυσης, δεν είναι αποκλειστικό. Επίσης είναι μάλλον σπάνιο να υπάρχει χαρτοφυλάκιο που ταυτόχρονα να μεγιστοποιεί την αναμενόμενη απόδοση και να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο. Αυτό που είναι εφικτό και πρέπει να αποτελεί στόχο της ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν εκείνοι οι συνδυασμοί για τους οποίους με δεδομένο επίπεδο απόδοσης δεν

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

υπάρχει άλλος συνδυασμός με μικρότερο κίνδυνο, ή αλλιώς για ελαχιστοποίηση του κινδύνου να μην υπάρξει άλλος συνδυασμός με μεγαλύτερη απόδοση. Επομένως, εισάγει το μοντέλο μέσου διακύμανσης σύμφωνα με το οποίο υπολογίζει τα βέλτιστα χαρτοφυλάκια. Για να είναι κατά το δυνατόν κατανοητή η δημοσίευση του παρουσιάζει ένα πρόβλημα το οποίο επιλύει γραφικά με μόλις τρεις μεταβλητές. Έπειτα την παρουσίαση ορισμένων βασικών στατιστικών μεγεθών ο Markowitz παρουσιάζει το μοντέλο του στο οποίο η αναμενόμενη απόδοση ( $E$ ) και η τυπική απόκλιση ( $V$ ) δίνονται από τους εξής τύπους:

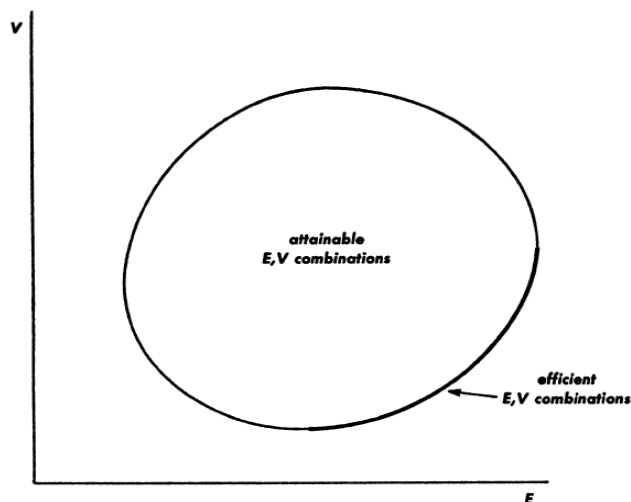
$$E = \sum_{i=1}^N X_i \mu_i$$

$$V = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} X_i X_j$$

Όπου  $X$  τα αντίστοιχα βάρη της κάθε επένδυσης για τα οποία ισχύει  $\sum_{i=1}^n X_i = 1$  και  $\mu$  η αναμενόμενη απόδοση κάθε μετοχής χωριστά.

Έτσι ο επενδυτής για δεδομένα  $\mu, \sigma$  έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ πολλαπλών συνδυασμών  $E, V$ , οι οποίοι απεικονίζονται παρακάτω, μόνο όμως το σκιασμένο σύνορο αποτελεί τις βέλτιστες επιλογές για τον επενδυτή.

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**



**Σχήμα 4.1** Αποδοτικές επιλογές επενδυτή

Ο Markowitz δεν εστίασε περισσότερο στον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται το σύνολο των βέλτιστων χαρτοφυλακίων που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, αλλά συνέχισε με την ανάλυση για το μαθηματικό κομμάτι υπολογισμού με τρία χαρτοφυλάκια. Σε αυτή την περίπτωση ισχύουν τα εξής:

$$1) \sum_{i=1}^3 X_i \mu_i$$

$$2) V = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_i X_j \sigma_{ij}$$

$$3) \sum_{i=1}^3 X_i = 1$$

$$4) X_i \geq 0 \text{ για } i = 1, 2, 3$$

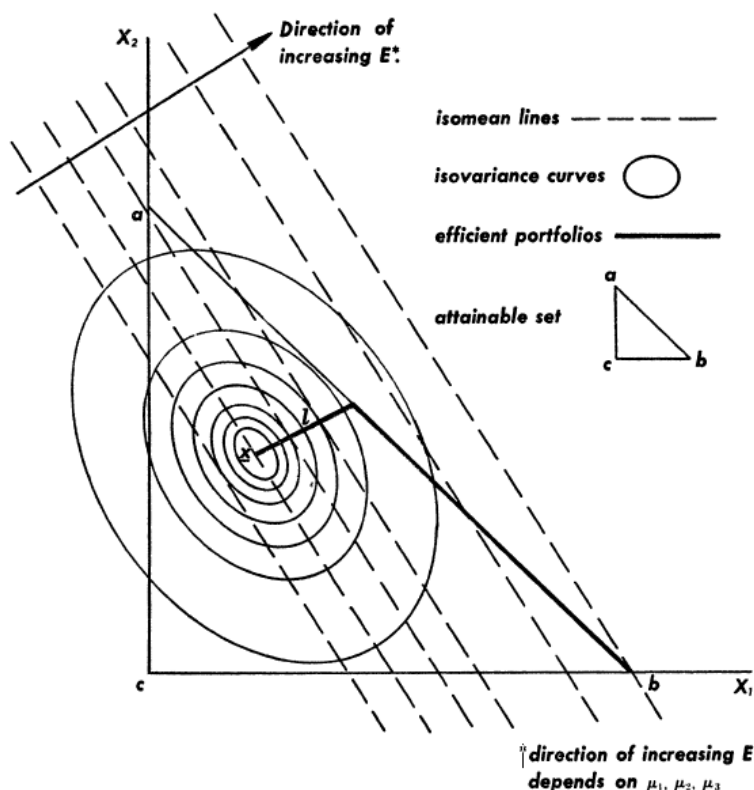
Απο την 3) έχουμε

$$3') X_3 = 1 - X_1 - X_2$$

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

Με την παραπάνω αντικατάσταση προκύπτει ένα σύστημα με τρεις εξισώσεις το οποίο μπορούμε να χειριστούμε εύκολα με απλή γεωμετρία. Έτσι έχουμε:

- α)  $E = E(X_1, X_2)$
- β)  $V = V(X_1, X_2)$
- γ)  $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, 1 - X_1 - X_2 \geq 0$

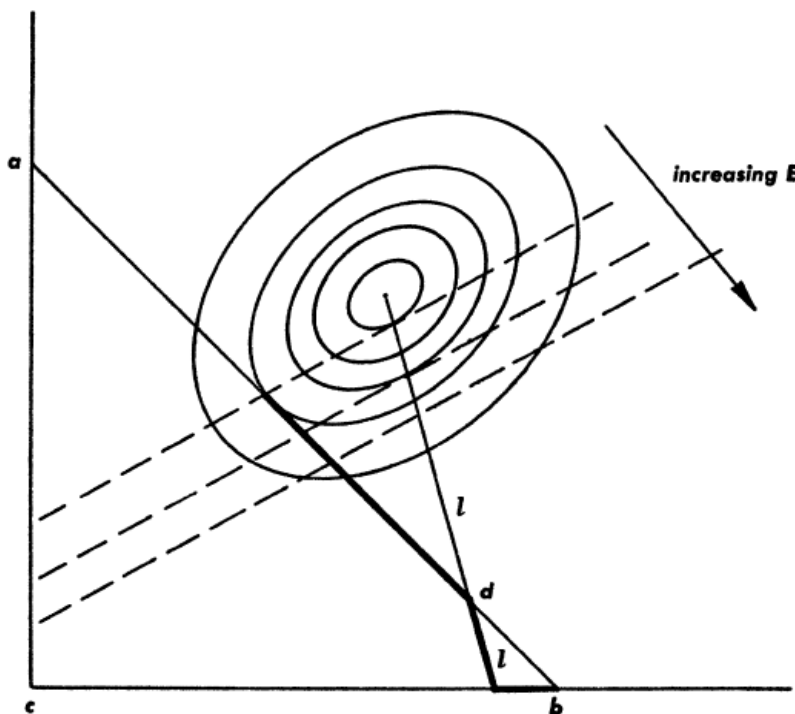


**Σχήμα 4.2** Γραφική επίλυση χαρτοφυλακίου με τρεις εξισώσεις

Η γραφική επίλυση των παραπάνω εξισώσεων απεικονίζεται στο σχήμα 1.2, ενώ τα αποτελέσματά της περιορίζονται στο τρίγωνο abc. Τα σημεία εκτός του τριγώνου έχουν απορριφθεί καθώς δεν ικανοποιούν τις παραπάνω ανισότητες για κάθε X. Φαίνονται επίσης οι ευθείες οι οποίες αποτελούνται από το σύνολο των χαρτοφυλακίων με ίση απόδοση (παράλληλες ευθείες) ή διακύμανση (ελλείψεις). Το κέντρο αυτών των ελλείψεων είναι το X, το

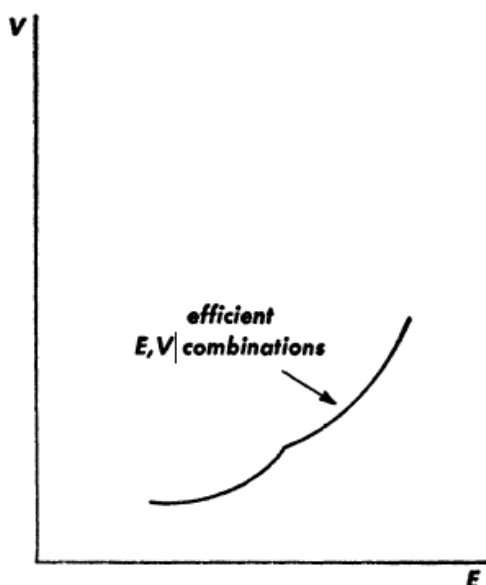
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

σημείο με τη μικρότερη τυπική απόκλιση, ενώ το σημείο μιας ισομέσου ευθείας με το ελάχιστο ρίσκο είναι αυτό που εφάπτεται σε μια έλλειψη ισοδιακύμανσης. Εάν αναπαραστήσουμε όλα αυτά τα σημεία δημιουργείται η ευθεία  $l$  έως το σημείο το οποίο τέμνεται με την καμπύλη  $ab$  όπου και συνεχίζει μέχρι το  $b$ , το σημείο με το μέγιστο δυνατό  $E$ . Έτσι δημιουργείται το σύνορο των πραγματοποιήσιμων βέλτιστων χαρτοφυλακίων  $(E, V)$  όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.3 Γεωμετρικός προσδιορισμός βέλτιστων χαρτοφυλακίων

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"



Σχήμα 4.4 Σύνορο βέλτιστων χαρτοφυλακίων

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε πως παρόλο που στη σύγχρονη θεωρία διαχείρισης χαρτοφυλακίου το αποτελεσματικό μέτωπο αποτελεί πάντα μία κοίλη καμπύλη, η οποία δε μπορεί να έχει κανένα κυρτό τμήμα, στην πρώτη δημοσίευση της θεωρίας από τον ίδιο το Harry Markowitz απεικονίζεται ως κυρτή καμπύλη. Το γεγονός αυτό θα αποσαφηνιστεί αργότερα. Ο Markowitz υπογραμμίζει πως παρόλο που η διαφοροποίηση βοηθάει πάρα πολύ στην εύρεση του βέλτιστου χαρτοφυλακίου αυτό δε σημαίνει πως δεν υπάρχουν χαρτοφυλάκια με μία μόνο μετοχή τα οποία να υπερτερούν των διαφοροποιημένων. Ειδικά στην περίπτωση που μία επιλογή επένδυσης υπερτερεί έναντι όλων των άλλων σε αναμενόμενη απόδοση αλλά και ρίσκο. Η διαφοροποίηση έχει νόημα και φέρνει τα επιθυμητά αποτελέσματα μόνο όταν γίνεται σωστά. Ένα χαρτοφυλάκιο με εξήντα διαφορετικές επενδύσεις δεν είναι αναγκαστικά καλύτερο από ένα με πέντε. Πρέπει η διαφοροποίηση να γίνει σωστά και με επενδύσεις των οποίων τα αποτελέσματα να μη συνδέονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα ένα χαρτοφυλάκιο με δέκα διαφορετικές εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα των κατασκευών δεν αποτελεί ορθό παράδειγμα διαφοροποίησης. Αυτό συμβαίνει καθώς είναι πιθανό εταιρίες από τον ίδιο κλάδο να ακολουθούν κοινή πορεία και να και να έχουν μεγάλο συντελεστή συσχέτισης. Είναι λοιπόν πιθανό σε μία ενδεχόμενη καθοδική πορεία του τομέα των κατασκευών να επηρεαστούν όλες οι εταιρίες στις οποίες έχουμε επιλέξει να επενδύσουμε. Η καλύτερη επιλογή είναι να καλύψουμε πάλι με δέκα επιλογές αρκετούς διαφορετικούς τομείς της οικονομίας μιας και είναι ιδιαίτερα σπάνιο να έχουμε παράλληλα άσχημα αποτελέσματα σε διαφορετικούς τομείς της οικονομίας.

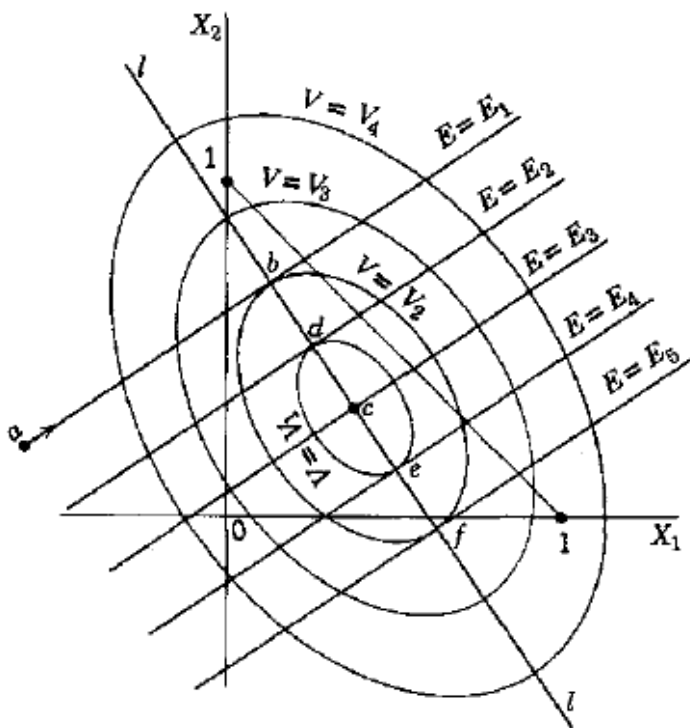
## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο συμβεί τότε ευθύνεται το μέρος του ρίσκου το οποίο δε μπορεί να αποφευχθεί με διαφοροποίηση, όπως η αιφνίδια κατάρρευση της οικονομίας συνολικά (κραχ). Εάν θεωρούσαμε ότι ένα τέτοιο σενάριο είναι πιθανό δε θα είχαμε επενδύσει εξαρχής και θα περιμέναμε την εκδήλωση του κραχ για να το κάνουμε. Τέλος, ο Markowitz πιστεύει ότι η βασική παραδοχή για να πετύχει η ανάλυση μέσου διακύμανσης είναι ο σωστός υπολογισμός της αναμενόμενης απόδοσης και του ρίσκου. Προτείνει τον αρχικό υπολογισμό μέσω στατιστικών αναλύσεων και ύστερα τη διόρθωση των αποτελεσμάτων από ανθρώπους με εμπειρία και διορατικότητα. Μόνο με όσον το δυνατόν, πιο σωστά αρχικά δεδομένα μπορούμε να δημιουργήσουμε τη βέλτιστη επιλογή χαρτοφυλακίου για τον επενδυτή.[31]

### 4.5 Η διαχείριση χαρτοφυλακίου

Ο Harry Markowitz το 1959, προχώρησε τη θεωρία του πάνω στη διαχείριση χαρτοφυλακίου γράφοντας το βιβλίο "Portfolio selection" στο οποίο ανέλυσε τη διαδικασία υπολογισμού του συνόρου στο οποίο βρίσκονται οι βέλτιστες επιλογές χαρτοφυλακίων. Υπολόγισε τη μορφή και τις αναλυτικές εξισώσεις για τις καμπύλες ισομέσου και ισοδιακύμανσης για τρεις και τέσσερις επενδυτικές επιλογές. Απεικονίζοντας στο ίδιο σχήμα και τις δύο αυτές κατηγορίες καμπυλών όπως φαίνεται στο κάτωθι σχήμα εξήγησε πως κάθε ευθεία με σταθερό  $E$  εφάπτεται μόνο με μία καμπύλη ισοδιακύμανσης, ενώ με όλες τις άλλες έχει δύο ή κανένα κοινό σημείο.

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**



**Σχήμα 4.5 Καμπύλες ισομέσου και ισοδιακύμανσης**

Έτσι, για την  $E=E_1$  μόνο το σημείο στο οποίο εφάπτεται με την  $V=V_2$  είναι βέλτιστο, δηλαδή ικανοποιεί τον περιορισμό πως για κάθε σημείο του αποτελεσματικού μετώπου, δεν πρέπει να υπάρχει άλλο με την ίδια αναμενόμενη απόδοση και μικρότερο ρίσκο, ή το αντίστροφο. Ο γεωμετρικός τόπος όλων αυτών των σημείων βρίσκεται στην κρίσιμη ευθεία II. Στη συνέχεια, αναλύεται ο υπολογισμός με τέσσερις μετοχές, ένα περίπλοκο γεωμετρικό πρόβλημα το οποίο ξεπερνάει το σκοπό της παρούσας διπλωματικής. Το βιβλίο “Portfolio Selection” του Markowitz είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ανάπτυξη της σύγχρονης χρηματοοικονομικής θεωρίας, καθώς αναλύει και υποστηρίζει τη θεωρία που ανέπτυξε επτά χρόνια πριν, τεκμηριώνοντας τη μαθηματικά. Θα μπορούσαμε να πούμε πως ο Markowitz κατάφερε να μετατρέψει την οικονομική επιστήμη της εποχής από θεωρητική σε θετική, δίνοντας μαθηματικό υπόβαθρο στη θεωρία του, αναλύοντας τη μεθοδολογία που χρησιμοποίησε γραφικά αλλά και με τη βοήθεια πινάκων.[32]



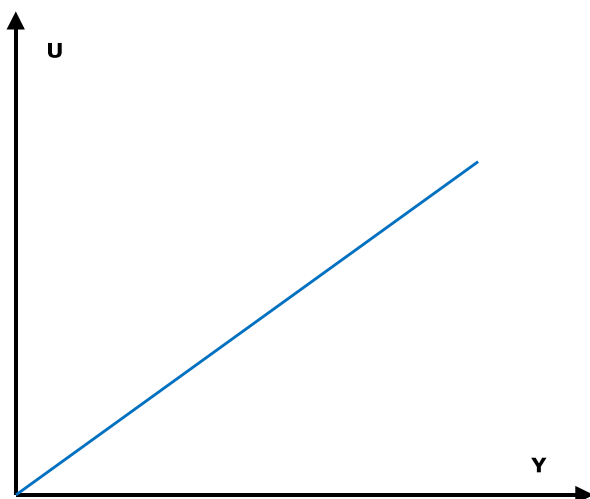
## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 4.6 Εξέλιξη της σύγχρονης χρηματοοικονομικής θεωρίας

Ο βραβευμένος με Νόμπελ οικονομικών James Tobin στο άρθρο του που δημοσιεύτηκε το 1958 "liquidity preference as a behavior towards risk" συνέβαλε στην εξέλιξη της σύγχρονης χρηματοοικονομικής θεωρίας και προσέθεσε ιδιαίτερα καινοτόμα στοιχεία στο μοντέλο του Markowitz. Στο συγκεκριμένο άρθρο του, που δημοσιεύθηκε στο "the review of economic studies", έδωσε έμφαση στη σημασία που έχει για τους επενδυτές η διατήρηση μέρους των κεφαλαίων τους σε μορφή που δεν περιέχει ρίσκο όπως οι καταθέσεις ή τα ομόλογα. Στο εν λόγω άρθρο του, ο Tobin ασχολήθηκε με το λόγο για τον οποίο κάποιος επενδυτής διατηρεί ρευστότητα και σε ποιο ποσοστό του κεφαλαίου του. Σε αντίθεση με το υπόδειγμα του Whalen, το οποίο θεωρεί ότι τα άτομα ζητούν χρήμα για να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν σε απρόβλεπτες συναλλαγές, το υπόδειγμα του Tobin λαμβάνει υπόψη τις αποδόσεις εναλλακτικών περιουσιακών στοιχείων με την παρουσία κινδύνου. Θεωρεί πως το άτομο κάνει τις επιλογές του μεταξύ επενδύσεων με συγκεκριμένη αναμενόμενη απόδοση όπως το ρευστό και εναλλακτικών επιλογών που περιέχουν στοιχεία με αβέβαιες αποδόσεις. Όταν ένας επενδυτής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε χαρτοφυλάκια με διαφορετική αναμενόμενη απόδοση αλλά και κίνδυνο, το κριτήριο για την επιλογή τους είναι η στάση του απέναντι στον κίνδυνο. Υπάρχουν τρεις τύποι επενδυτών:

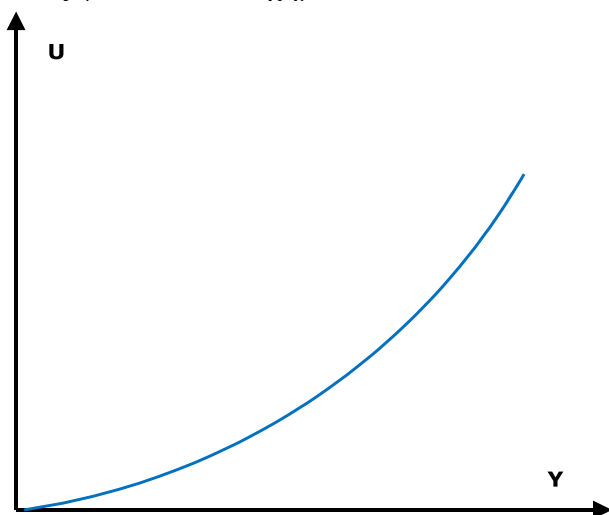
- ❖ Ο *ουδέτερος προς τον κίνδυνο*, όπου είναι κάποιος που διαμορφώνει τα χαρτοφυλάκια χωρίς να λαμβάνει υπόψιν του το ρίσκο των επιλογών του. Στην περίπτωση αυτή, η καμπύλη χρησιμότητας του επενδυτή είναι μία ευθεία γραμμή όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6. Αυτό σημαίνει πως σε κάθε αύξηση της αναμενόμενης απόδοσης, η οριακή χρησιμότητα του επενδυτή παραμένει σταθερή.

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**



**Σχήμα 4.6** Καμπύλη χρησιμότητας επενδυτή ουδέτερου προς τον κίνδυνο

- ❖ Ο δεύτερος τύπος επενδυτή είναι ο *ρισοκίνδυνος*, ο οποίος προβλέπει πως οι προοπτικές κερδοφορίας είναι υψηλότερες σε σχέση με την αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου. Σε αυτόν τον τύπο επενδυτή η οριακή χρησιμότητα αυξάνει συνεχώς όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7.

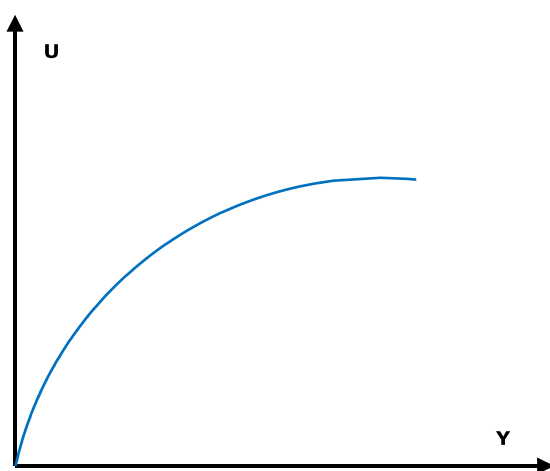


**Σχήμα 4.7** Καμπύλη χρησιμότητας ρισοκίνδυνου επενδυτή

- ❖ Τέλος υπάρχει ο *συντηρητικός επενδυτής* που πιστεύει πως οι προοπτικές κερδοφορίας είναι χαμηλότερες σε σχέση με την αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου. Στην οικονομική θεωρία, ο τύπος αυτός του επενδυτή θεωρείται ως πιο αντιπροσωπευτικός

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

και χρησιμοποιείται ως πρότυπο για τις οικονομικές μελέτες. Στον τύπο αυτό επενδυτή η οριακή χρησιμότητα αυξάνεται με φθίνοντα ρυθμό(Σχήμα 4.8).



**Σχήμα 4.8** Καμπύλη χρησιμότητας συντηρητικού επενδυτή

Η καμπύλη χρησιμότητας του συντηρητικού επενδυτή δίνεται από τον τύπο

$$U = \alpha Y - \beta Y^2$$

Όπου  $\alpha, \beta$  σταθεροί αριθμοί

Η αναμενόμενη χρησιμότητα που θα αποκομίσει ο επενδυτής, περιγράφεται από τον τύπο:

$$E(U) = \alpha E(Y) - \beta E(Y^2)$$

Καθώς ο επενδυτής λαμβάνει υπόψη του μόνο την αναμενόμενη απόδοση και τον κίνδυνο, μπορούμε να σχεδιάσουμε τις καμπύλες αδιαφορίας του επενδυτή. Αφού η  $E(U)$  αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη καμπύλη χρησιμότητας, έχουμε  $E(U)=C$ , δηλαδή σταθερή. Επιπροσθέτως, η αναμενόμενη απόδοση είναι τυχαία μεταβλητή με μέσο  $\bar{Y}$  και διακύμανση  $\sigma^2$ . Από την τελευταία σχέση έχουμε:

$$EY^2 = \sigma^2 + \bar{Y}^2$$

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

και αν αντικαταστήσουμε στην παραπάνω προκύπτει:

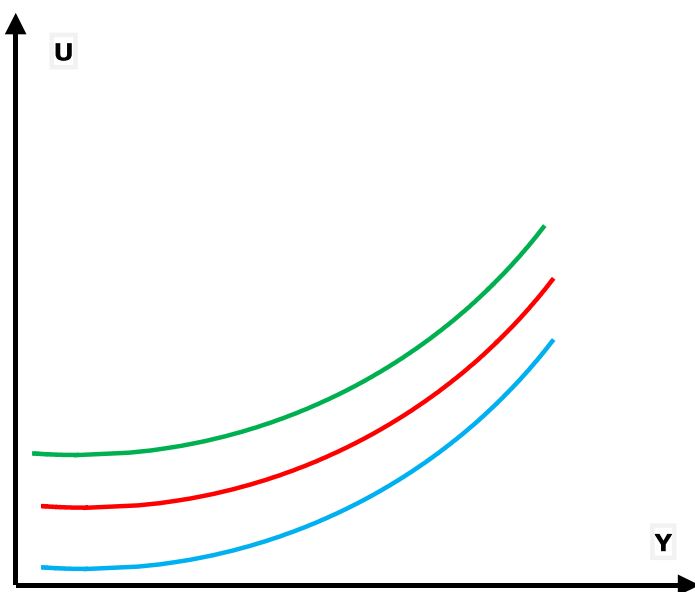
$$C = \alpha \bar{Y} - \beta(\sigma^2 + \bar{Y}^2)$$

Η ως άνω σχέση, δείχνει την καμπύλη αδιαφορίας του επενδυτή σε σύγκριση με την αναμενόμενη απόδοση  $E(Y)$  και τον κίνδυνο  $\sigma$ . Παρουσιάζει την αντιστάθμιση των μεταβολών των  $E(Y)$  και  $\sigma$ , ώστε η χρησιμότητα να παραμένει σταθερή. Επίσης, για την κλίση της καμπύλης αδιαφορίας ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\frac{\partial^2 \bar{Y}}{\partial \sigma^2} = \frac{2\beta}{\alpha - 2\beta \bar{Y}} > 0$$

Επομένως, συμπεραίνουμε πως είναι θετική και η δεύτερη παράγωγος.

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως οι καμπύλες αδιαφορίας του συντηρητικού επενδυτή έχουν τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9 Καμπύλες αδιαφορίας συντηρητικού επενδυτή

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

Εν συνεχεία ο Tobin εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο ο επενδυτής διαμορφώνει τις επιλογές του, πόσα από τα χρήματα που κατέχει κρατά υπό τη μορφή μετρητών και πόσα επενδύει. Έστω ότι ο συνολικός πλούτος που κατέχει το άτομο είναι  $W$  και αποτελείται μόνο από ομόλογα  $B$  και μετρητά  $M$ . Ισχύει δηλαδή:

$$W = B + M$$

Διαιρώντας με  $W$  έχω:

$$\frac{W}{W} = \frac{B}{W} + \frac{M}{W} \quad \text{ή}$$

$$1 = \beta + \alpha$$

Όπου  $\beta$  το ποσοστό του πλούτου που επενδύει σε ομόλογα και  $\alpha$  το ποσοστό των μετρητών. Το ποσό  $\beta$  που έχει επενδυθεί σε ομόλογα, αποφέρει μία απόδοση για τον επενδυτή:

$$Y = \beta(r + g)$$

Όπου  $r$  η απόδοση του ομολόγου από το κουπόνι και  $g$  η απόδοση του κεφαλαίου του ομολόγου. Αν θεωρήσουμε, ότι η αναμενόμενη απόδοση του κεφαλαίου ενός ομολόγου είναι ίση με το μηδέν ( $E(g)=0$ ), τότε η αναμενόμενη απόδοση των ομολόγων είναι:

$$E(Y) = \beta E(r) \Rightarrow E(Y) = \beta r$$

Επειδή όμως ο επενδυτής, λαμβάνει υπόψιν του και τον κίνδυνο που συνοδεύει τις επιλογές του, πρέπει να εκτιμήσουμε και αυτό το στοιχείο. Η διακύμανση της απόδοσης του χαρτοφυλακίου είναι:

$$\text{var}(Y) = \beta^2 (\text{var}(r) + \text{var}(g)) \Rightarrow$$

$$\text{var}(Y) = \beta^2 \text{var}(g) \Rightarrow$$

$$\sqrt{\text{var}(Y)} = \sqrt{\beta^2 \text{var}(g)} \Rightarrow$$

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

$$\sigma_Y = \beta \sigma_g$$

Όπου  $\sigma_Y$  είναι ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου και  $\sigma_g$  είναι ο κίνδυνος της απόδοσης των κεφαλαίων. Παρατηρείται ότι ο συνολικός κίνδυνος αυξάνει, όταν αυξάνει ο κίνδυνος της απόδοσης των κεφαλαίων. Επομένως, όσο μεγαλύτερο μέρος τοποθετείται σε ομόλογα, τόσο υψηλότερο το ρίσκο. Επειδή  $0 \leq \beta \leq 1$  συνεπάγεται πως  $0 \leq \sigma_Y \leq \sigma_g$

.Αντικαθιστώντας το  $\beta$  στην παραπάνω σχέση έχω

$$E(Y) = \frac{\sigma_Y}{\sigma_g} r$$

Η παραπάνω σχέση δείχνει, ότι η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου εξαρτάται από το επιτόκιο των ομολόγων και τον κίνδυνο που συνοδεύει την απόδοση του κεφαλαίου. Στο σχήμα 4.10 φαίνεται η διαδικασία επιλογής του ποσοστού των χρημάτων της επένδυσης. Στον οριζόντιο άξονα του σχήματος παρουσιάζεται ο κίνδυνος που χαρακτηρίζει την απόδοση του χαρτοφυλακίου  $\sigma_Y$ . Το πάνω μέρος του σχήματος παρουσιάζει στον κάθετο άξονα την αναμενόμενη απόδοση  $E(Y)$ . Στο τεταρτημόριο αυτό διέρχονται και οι καμπύλες αδιαφορίας του επενδυτή. Το κάτω μέρος του σχήματος παρουσιάζει στον κάθετο άξονα το ποσοστό των περιουσιακών στοιχείων που επενδύονται σε ομόλογα, δηλαδή το  $\beta$ . Όταν δεν επενδύονται περιουσιακά στοιχεία σε ομόλογα,  $\beta=0$ , και ο κίνδυνος που συνοδεύει την επιλογή χαρτοφυλακίου είναι μηδενικός. Αντιθέτως, όταν επενδύονται όλα τα περιουσιακά στοιχεία σε ομόλογα ( $\beta=1$ ), ο κίνδυνος είναι μέγιστος και ισχύει  $\sigma_Y=\sigma_g$ . Στο τεταρτημόριο αυτό, η ευθεία  $OE$  δίνει τους συνδυασμούς των περιουσιακών στοιχείων επενδεδυμένων σε ομόλογα  $\beta$  και του κινδύνου  $\sigma_Y$  όταν αυτός συνδέεται με ένα συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο απόδοσης  $g$ , και είναι στο συγκεκριμένο σχήμα  $\sigma(g_1)$ . Έστω ότι το χαρτοφυλάκιο αυτό έχει απόδοση από το επιτόκιο  $Y_1(r_1)$ . Η ευθεία του άνω τεταρτημορίου  $OY_1(r_1)$  δίνει τους συνδυασμούς αναμενόμενων αποδόσεων  $E(Y)$  και κινδύνου  $\sigma_g$  για το επιτόκιο  $r_1$ . Σημειώνεται ότι όσο υψηλότερο το επιτόκιο, η κλίση της ευθείας αυξάνεται. Το σημείο τομής της καμπύλης  $OY_1(r_1)$  με την καμπύλη αδιαφορίας  $I$ , το  $A$  δηλαδή, δίνει το σημείο που ο επενδυτής βελτιστοποιεί τις επιλογές του μεταξύ αναμενόμενης απόδοσης και ρίσκου. Στο σημείο αυτό τα περιουσιακά στοιχεία που επενδύονται σε ομόλογα είναι  $\beta_1$ . Αν υποθεθεί ότι ένα άλλο χαρτοφυλάκιο του ίδιου κινδύνου συνοδεύεται από υψηλότερη απόδοση επιτοκίων  $Y_2(r_2)$ , τότε η  $OY_2(r_2)$  είναι η νέα ευθεία αποδόσεων και ο επενδυτής κάνει τις επιλογές του στο σημείο που τέμνει την καμπύλη



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

πώλησης του περιουσιακού στοιχείου μηδενικού κινδύνου. Μπορούν, επίσης, να λάβουν μια πιο συντηρητική θέση, πωλώντας μέρος του βέλτιστου χαρτοφυλακίου και αγοράζοντας το περιουσιακό στοιχείο μηδενικού κινδύνου. Όσα χαρτοφυλάκια, προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο βρίσκονται σε αυτό που ορίσαμε ως «Γραμμή Αγοράς Κεφαλαίου», επιτρέποντας στους επενδυτές να λάβουν μια βέλτιστη θέση ανάλογα με την αποστροφή κινδύνου που χαρακτηρίζονται. Όπως αναφέρει και ο Tobin, η τελική διαμόρφωση των χαρτοφυλακίων αυτών αποτελείται από δύο στάδια: (1) αρχικά οι επενδυτές πρέπει να επιλέξουν τα περιουσιακά στοιχεία που αποτελούν το λεγόμενο βέλτιστο χαρτοφυλάκιο, το οποίο αποτελεί το λεγόμενο "επικίνδυνο" μέρος των χαρτοφυλακίων. (2) σε δεύτερο στάδιο, ανάλογα και με τον βαθμό αποστροφής προς τον κίνδυνο που διακρίνει τον κάθε επενδυτή, πρέπει να αποφασιστεί ο βαθμός μόχλευσης των χαρτοφυλακίων με βάση την αγορά ή ανοικτή πώληση του περιουσιακού στοιχείου μηδενικού κινδύνου. Ο Tobin, μάλιστα, υποστηρίζει ότι το «βέλτιστο χαρτοφυλάκιο» είναι το ίδιο για κάθε επενδυτή, ανεξάρτητα από τον βαθμό αποστροφής κινδύνου που τον χαρακτηρίζει, ενώ οι δύο διαδικασίες, επιλογής των βέλτιστων χαρτοφυλακίου και, δηλαδή της επιλογής των βαθμών μόχλευσης, είναι τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους όπου η μία δεν επηρεάζει την άλλη. Όλο το παραπάνω αποτελεί το γνωστό και ως "θεώρημα διαχωρισμού" του Tobin (Tobin's separation theorem).[33]

### 4.7 Αποδοτικό σύνορο- Χαρτοφυλάκιο που αποτελείται από δύο χρεόγραφα

Έστω ένα χαρτοφυλάκιο ( $r_p$ ) από  $N$  περιουσιακά στοιχεία ( $r_i$ ) με ποσοστά συμμετοχής ( $w_i$ ) το καθένα. Υποθέτοντας πως οι αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων ακολουθούν την κανονική κατανομή, το κάθε περιουσιακό στοιχείο έχει μια αναμενόμενη απόδοση του ( $E(r_i)$ ) και μια διακύμανση του ( $\sigma_i^2$ ) ή τυπική απόκλιση ( $\sigma_i$ ). Έτσι, η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου αποτελεί από το σταθμισμένο μέσο όρο των επιμέρους αναμενόμενων αποδόσεων του κάθε περιουσιακού στοιχείου:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N w_i * E(r_i)$$

Εν συνεχεία, ορίζεται ως ( $\sigma_{ij}$ ) η συνδιακύμανση μεταξύ των περιουσιακών στοιχείων  $i$  και  $j$  και ως συντελεστή συσχέτισης ( $\rho_{ij}$ ) μεταξύ των αποδόσεων των χρεογράφων  $i$  και  $j$  το λόγο:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i * \sigma_j} \quad (\rho_{ij} = 1 \text{ για } i = j).$$



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Τότε η διακύμανση του χαρτοφυλακίου είναι:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i * w_j * \sigma_i * \sigma_j * \rho_{ij}$$

Και η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2}$$

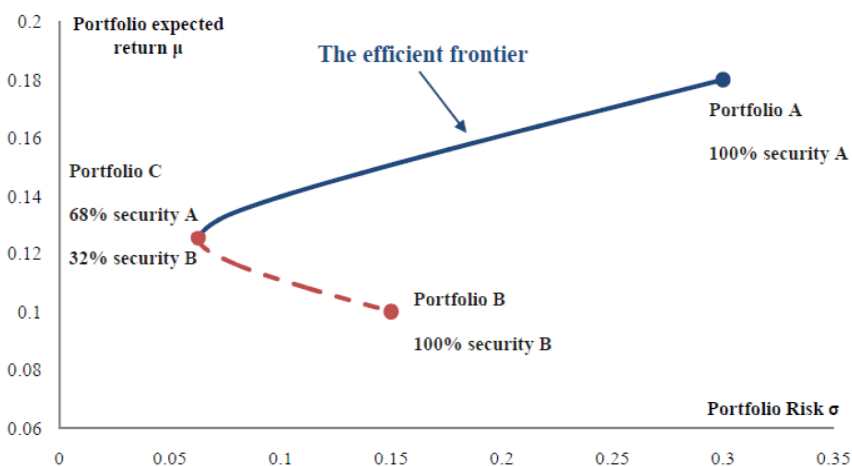
Στο πλαίσιο της θεωρίας χαρτοφυλακίου, πρέπει να επιλυθούν τα παρακάτω προβλήματα βελτιστοποίησης: Για δεδομένο  $\sigma_p$  το  $\max E(r_p)$  ή για δεδομένο  $E(r_p)$   $\min(\sigma_p)$  υπό τους περιορισμούς:  $\sum w_i = 1$  και  $w_i \geq 0$  για  $i=1 \dots N$

Έστω ένα χαρτοφυλάκιο με δύο χρεόγραφα A και B. Τότε οι παραπάνω εξισώσεις έχουν ως εξής

$$E(r_p) = w_A * E(r_A) + w_B * E(r_B)$$

$$\sigma_p^2 = w_A^2 * \sigma_A^2 + w_B^2 * \sigma_B^2 + 2 * w_A * w_B * \sigma_A * \sigma_B * \rho_{AB}$$

Με βάση τυχαίες τιμές για τις μεταβλητές  $E(r_A)$ ,  $E(r_B)$ ,  $\sigma_A$ ,  $\sigma_B$  και  $\rho_{AB}$ , προκύπτει η παρακάτω καμπύλη από τις επιλύσεις των προβλημάτων βελτιστοποίησης:



Σχήμα 4.11 - Φαινόμενο χαρτοφυλακίου – Αναμενόμενη απόδοση και κίνδυνος για ένα χαρτοφυλάκιο δύο χρεογράφων

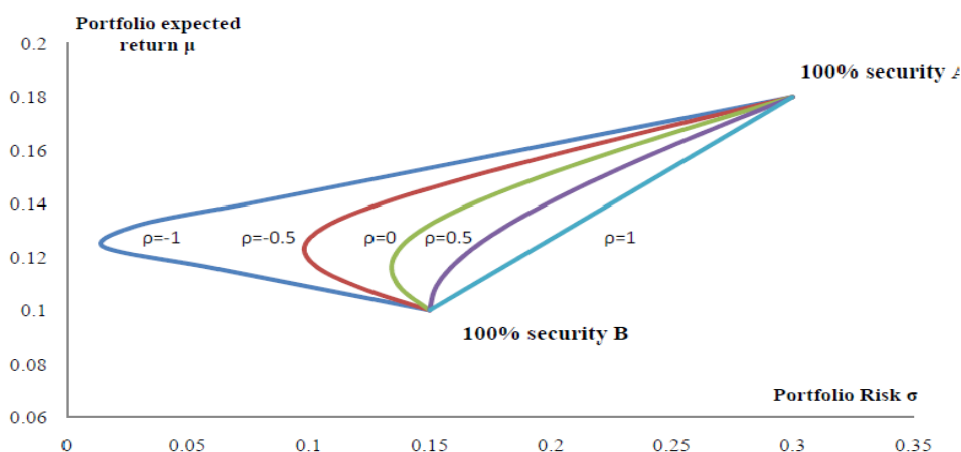
## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Το σχήμα 4.11, απεικονίζει το φαινόμενο του χαρτοφυλακίου (portfolio effect) για την περίπτωση δύο περιουσιακών στοιχείων: Το A που είναι πιο επικίνδυνο από το B. Το χαρτοφυλάκιο που αποτελείται αποκλειστικά από το A έχει αναμενόμενη απόδοση 18% και τυπική απόκλιση 30%, ενώ το χαρτοφυλάκιο που αποτελείται αποκλειστικά από B έχει αναμενόμενη απόδοση 10% και τυπική απόκλιση 15%.

Έχοντας ως αρχή ένα χαρτοφυλάκιο μόνο από B και προσθέτοντας ποσότητες του A, παρατηρείται ότι ο συνολικός κίνδυνος του χαρτοφυλακίου (τυπική απόκλιση) μειώνεται μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί στο χαρτοφυλάκιο ελάχιστης διακύμανσης στο σημείο, C. Βάσει της λογικής ρίσκου-απόδοσης, δεν έχει κανένα νόημα να έχει κάποιος ένα χαρτοφυλάκιο μόνο από το B, διότι υπάρχουν συνδυασμοί των A και B με καλύτερα αποτελέσματα. Με την ίδια λογική, δεν έχει νόημα διακράτηση οποιοδήποτε συνδυασμού κάτω από το χαρτοφυλάκιο C, διότι για κάθε επίπεδο κινδύνου, δεν υπάρχει χαρτοφυλάκιο με μεγαλύτερη απόδοση (μπλε γραμμή).

Επενδύοντας στα δύο επικίνδυνα περιουσιακά στοιχεία A και B, δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ένα μοναδικό βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Αυτό που είναι εφικτό είναι η επιλογή ενός εύρους βέλτιστων χαρτοφυλακίων στο πλαίσιο ενός αποδοτικού συνόρου, μεγιστοποιώντας την αναμενόμενη απόδοση για δεδομένη τυπική απόκλιση, ανάλογα και με τις προτιμήσεις και το επίπεδο αποστροφής κινδύνου του κάθε επενδυτή. Επενδυτές που παρουσιάζουν υψηλή αποστροφή κινδύνου, θα έχουν προτίμηση σε περισσότερο συντηρητικούς συνδυασμούς χαρτοφυλακίων, όπως για παράδειγμα το χαρτοφυλάκιο C. Αντίθετα επενδυτές με χαμηλότερη αποστροφή στον κίνδυνο θα έχουν προτίμηση σε συνδυασμούς κοντά στο σημείο A. Χαρτοφυλάκια που βρίσκονται κάτω από το αποδοτικό σύνορο δεν είναι βέλτιστα, διότι για οποιοδήποτε τέτοιο χαρτοφυλάκιο υπάρχει κάποιο καλύτερο που βρίσκεται πάνω στο αποδοτικό σύνορο το οποίο είτε θα υψηλότερη απόδοση για δεδομένο επίπεδο κινδύνου, είτε υψηλότερο κίνδυνο για δεδομένο επίπεδο αναμενόμενης απόδοσης. Τα χαρτοφυλάκια που βρίσκονται πάνω στο αποδοτικό σύνορο τείνουν να έχουν υψηλότερο βαθμό διαφοροποίησης σε σχέση με τα υπόλοιπα. Στην περίπτωση του παραπάνω σχήματος, το αποδοτικό σύνορο αποτελείται από το κομμάτι της καμπύλης μεταξύ των σημείων C και A. Τα βέλτιστα χαρτοφυλάκια, χαρακτηρίζονται από μια υψηλή διαφοροποίηση σε περίπτωση που οι αναμενόμενες αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων δεν έχουν υψηλό βαθμό συσχέτισης. Στην περίπτωση που ο συντελεστής συσχέτισης ( $\rho_{ij}$ ) λαμβάνει αρκετά υψηλές θετικές τιμές κοντά στη μονάδα, τότε η διαφοροποίηση των βέλτιστων χαρτοφυλακίων είναι χαμηλή. Στην περίπτωση που ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει χαμηλές τιμές κοντά στο μηδέν ή ακόμα και στο -1, τότε η διαφοροποίηση είναι πολύ πιο έντονη όπως φαίνεται στο σχήμα 4.12.

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**



**Σχήμα 4.12 Φαινόμενο χαρτοφυλακίου – Αναμενόμενη απόδοση και κίνδυνος για ένα χαρτοφυλάκιο δύο χρεογράφων, για διαφορετικές τιμές του συντελεστή συσχέτισης**

#### 4.8 Θεωρία Χαρτοφυλακίου και Ενεργειακός Τομέας

Η εφαρμογή της θεωρίας χαρτοφυλακίου στον ενεργειακό τομέα προϋποθέτει τις παρακάτω παραδοχές :

- ❖ Οι διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (πχ. φωτοβολταϊκά, αιολικά πάρκα, εργοστάσια με καύσιμο άνθρακα, εργοστάσια με καύσιμο φυσικό αέριο, πυρηνικά εργοστάσια), θεωρείται ότι αποτελούν τα περιουσιακά στοιχεία ή αλλιώς τις επενδύσεις ενός χαρτοφυλακίου.
- ❖ Αντί της αναμενόμενης απόδοσης χαρτοφυλακίου, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το αναμενόμενο κόστος  $E(C)$ , όπου ως κόστος της κάθε μονάδας παραγωγής, θεωρείται το άθροισμα του επενδυτικού κόστους, του κόστους των ορυκτών καυσίμων, του κόστους συντήρησης και λειτουργίας, όπως επίσης και του κόστους εκπομπής CO<sub>2</sub>.
- ❖ Τα ποσοστά συμμετοχής του χαρτοφυλακίου ισούνται με το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσα από την εκάστοτε τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνεπώς, το πρόβλημα βελτιστοποίησης έχει ως εξής:

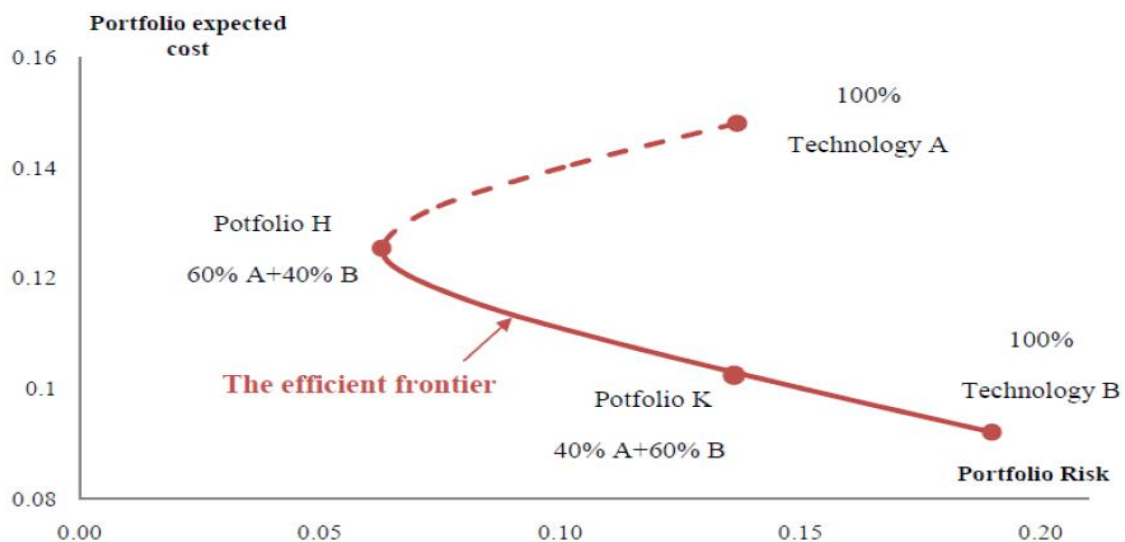
Για δεδομένο  $\sigma_p$   $\min E(C)$  ή Για δεδομένο  $E(C)$   $\min \sigma_p$

υπό τους περιορισμούς :

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \text{ και } w_i \geq 0 \text{ για } i = 1 \dots N$$

Σκοπός του παραπάνω προβλήματος βελτιστοποίησης είναι να προσδιοριστούν οι συντελεστές  $w_i$ , όπως και στην κλασική θεωρία χαρτοφυλακίου. Απλώς, σε μια τέτοια περίπτωση, όπου ελαχιστοποιείται το κόστος η μορφή του αποδοτικού συνόρου απεικονίζεται στο σχήμα 4.13.



**Σχήμα 4.13 - Φαινόμενο χαρτοφυλακίου – Αναμενόμενο κόστος και κίνδυνος για χαρτοφυλάκιο δύο χρεογράφων.**

Έτσι, εφαρμόζοντας τη θεωρία χαρτοφυλακίου, προκύπτουν βέλτιστα χαρτοφυλάκια ηλεκτροπαραγωγής τα οποία εκθέτουν την κοινωνία και το περιβάλλον σε ένα ελάχιστο επίπεδο κινδύνου το οποίο απαιτείται για να επιτευχθεί ένα δεδομένο επίπεδο οικονομικού κόστους και περιβαλλοντικών στόχων.[34]



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

#### Αξιολόγηση επενδυτικού έργου ΣΗΘΥΑ

##### 5.1 Σκοπός κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται το σενάριο μίας επένδυσης ΣΥΘΗΑ με μηχανή 500KW φυσικού αερίου με τροφοδότηση ζεστού-κρύου νερού σε θερμοκήπια 5 στρεμμάτων με την τεχνική της υδροπονίας. Ακόμα θα εξεταστεί το βέλτιστο σενάριο αξιοποίησης χαρτοφυλακίου ΑΠΕ ανάμεσα από επιλογές όπως το παραπάνω και από ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 500KW, ένα μικρό υδροηλεκτρικό 2,9 MW και 1 πάρκο ανεμογεννητριών 13,8 MW.

##### 5.2 Εξεταζόμενο σενάριο

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε το σενάριο μίας επένδυσης ΣΥΘΗΑ με μηχανή 500KW φυσικού αερίου με τροφοδότηση ζεστού-κρύου νερού σε θερμοκήπια 5 στρεμμάτων με την τεχνική της υδροπονίας. Αρχικά στοιχεία για το έργο δίδονται στο παρακάτω πίνακα για το έτος 2020.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Χρηματοοικονομικές υποθέσεις	
Αρχικό κόστος επένδυσης	1.200.000 ευρώ
Κόστος μηχανής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	600.000 ευρώ
Κόστος σύνδεσης ΔΕΔΔΗΕ Μέσης τάσης	50.000 ευρώ
Κόστος σύνδεσης Φυσικού αερίου	60.000 ευρώ
Κόστος κατασκευής θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων	400.000 ευρώ
Κόστος αγοράς στρεμμάτων γης (10 στρέμματα)	60.000 ευρώ
Λοιπά έξοδα	30.000 ευρώ
Επιχορήγηση κατασκευής θερμοκηπίου 50% (Αναπτυξιακό νόμο)	200.000 ευρώ
Ιδία κεφάλαια	610.000 ευρώ
Δάνειο	390.000 ευρώ
Τόκος	4%
Χρόνος εξόφλησης δανείου	10 έτη
Ελάχιστη απόδοση επένδυσης	10%
Δεδομένα	
Παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια σε (kWh)	3.600.000
Έσοδα ανά στρέμμα	43.000
Κύκλος ζωής	20 έτη
Feed in Tariff (€/kWh)	0,133
Φορολογικός συντελεστής	24%
Αποσβέσεις	14 έτη

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Δεδομένα	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ΕΣΟΔΑ						
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥ (KWp)	500	500	500	500	500	500
ΠΑΡΑΓΩΓΗ (KWh)		3600000	3600000	3600000	3600000	3600000
FEED-IN TARIFF (€/kWh)	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
ΕΣΟΔΑ ΣΥΘΗΑ		438900	438900	438900	438900	438900
ΕΣΟΔΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ		215000	215000	215000	215000	215000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ</b>		<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>
ΕΞΟΔΑ (Μ.Ο)						
ΚΟΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (Μ.Ο)		60000	60000	60000	60000	60000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (Μ.Ο)		33000	33000	33000	33000	33000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΘΥΑ (Μ.Ο)		300000	300000	300000	300000	300000
<b>ΤΕΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ</b>		<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>
ΔΑΝΕΙΑ						
ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ		390000	357516	323733	288598	252058
ΤΟΚΟΙ		15600	14301	12949	11544	10082
ΚΥΡΙΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ		32484	33783	35135	36540	38002
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ</b>		<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ		71428	71428	71428	71428	71428
Κέρδη προ φόρων(Εσοδα- (Εξοδα+Δανειακές πληρωμες+Αποσβεσεις)		141388	141388	141388	141388	141388
ΦΟΡΟΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (24%)		33933	33933	33933	33933	33933
Κέρδη μετά φόρων		107455	107455	107455	107455	107455

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Δεδομένα	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>ΕΣΟΔΑ</b>						
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥ (KWp)	500	500	500	500	500	500
ΠΑΡΑΓΩΓΗ (KWh)	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000
FEED-IN TARIFF (€/kWh)	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
ΕΣΟΔΑ ΣΥΘΗΑ	438900	438900	438900	438900	438900	438900
ΕΣΟΔΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	215000	215000	215000	215000	215000	215000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>
<b>ΕΞΟΔΑ (Μ.Ο)</b>						
ΚΟΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (Μ.Ο)	60000	60000	60000	60000	60000	60000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (Μ.Ο)	33000	33000	33000	33000	33000	33000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΘΥΑ (Μ.Ο)	300000	300000	300000	300000	300000	300000
<b>ΤΕΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>
<b>ΔΑΝΕΙΑ</b>						
ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	214056	174534	133432	90685	46228	
ΤΟΚΟΙ	8562	6981	5337	3627	1849	
ΚΥΡΙΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ	39521,76	41102,63	42747	44457	46235	
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	<b>48084</b>	
<b>ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ</b>	<b>71428</b>	<b>71428</b>	<b>71428</b>	<b>71428</b>	<b>71428</b>	<b>71428</b>
Κέρδη προ φόρων(Εσοδα-(Εξοδα+Δανειακες πληρωμες+Αποσβεσεις)	141388	141388	141388	141388	141388	189472
ΦΟΡΟΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (24%)	33933	33933	33933	33933	33933	45473
Κέρδη μετά φόρων	107455	107455	107455	107455	107455	143999



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Δεδομένα	2032	2033	2034	2035	2036	2037
<b>ΕΣΟΔΑ</b>						
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥ (KWp)	500	500	500	500	500	500
ΠΑΡΑΓΩΓΗ (KWh)	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000
FEED-IN TARIF (€/kWh)	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
ΕΣΟΔΑ ΣΥΘΗΑ	438900	438900	438900	438900	438900	438900
ΕΣΟΔΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	215000	215000	215000	215000	215000	215000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>
<b>ΕΞΟΔΑ (Μ.Ο)</b>						
ΚΟΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (Μ.Ο)	60000	60000	60000	60000	60000	60000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (Μ.Ο)	33000	33000	33000	33000	33000	33000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΘΥΑ (Μ.Ο)	300000	300000	300000	300000	300000	300000
<b>ΤΕΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>
<b>ΔΑΝΕΙΑ</b>						
ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ						
ΤΟΚΟΙ						
ΚΥΡΙΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ						
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ</b>						
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	71428	71428	71428			
Κέρδη προ φόρων(Εσοδα-(Εξοδα+Δανειακες πληρωμες+Αποσβεσεις)	189472	189472	189472	260900	260900	260900
ΦΟΡΟΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (24%)	45473	45473	45473	62616	62616	62616
Κέρδη μετά φόρων	143999	143999	143999	198284	198284	198284

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Δεδομένα	2038	2039	2040	ΣΥΝΟΛΟ 2021-2040
<b>ΕΣΟΔΑ</b>				
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥ (KWp)	500	500	500	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ (KWh)	3600000	3600000	3600000	
FEED-IN TARIF (€/kWh)	0,133	0,133	0,133	
ΕΣΟΔΑ ΣΥΘΗΑ	438900	438900	438900	8.778.800
ΕΣΟΔΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	215000	215000	215000	4.300.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>653900</b>	<b>13.078.800</b>
<b>ΕΞΟΔΑ (Μ.Ο)</b>				
ΚΟΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (Μ.Ο)	60000	60000	60000	1.200.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (Μ.Ο)	33000	33000	33000	660.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΘΥΑ (Μ.Ο)	300000	300000	300000	6.000.000
<b>ΤΕΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>393000</b>	<b>7.860.000</b>
<b>ΔΑΝΕΙΑ</b>				
ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ				
ΤΟΚΟΙ				
ΚΥΡΙΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ				
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ</b>				
<b>ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ</b>				
Κέρδη προ φόρων(Εσοδα-(Εξοδα+Δανειακες πληρωμες+Αποσβεσεις)	260900	260900	260900	3.737.168
ΦΟΡΟΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (24%)	62616	62616	62616	896.918
Κέρδη μετά φόρων	198284	198284	198284	2.840.250

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και χρησιμοποιώντας τις 5 πιο διαδεδομένες μεθόδους αξιολόγησης επενδυτικών έργων θα εξετάσουμε εάν η παραπάνω επενδυτική πρόταση είναι βιώσιμη και πληροί τις προϋποθέσεις της επένδυσης.

Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της μέσης απόδοσης, η οποία μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\text{Μέσα ετήσια καθαρά κέρδη} = [ (107.455 \text{ €} * 10 \text{ χρόνια}) + (143.999 \text{ €} * 4 \text{ χρόνια}) + (198.284 \text{ €} * 6 \text{ χρόνια}) ] / 20 \text{ χρόνια} = 142.012 \text{ €}$$

$$\text{Αρχική επένδυση} = 1.000.000 \text{ €}$$

$$\text{Μέση απόδοση} = (142012/1.000.000) = 0,1 \text{ ή } 10\%$$

Η μέση απόδοση της επενδυτικής πρότασης (10%) είναι ίδια με την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση (10%) και επομένως η πρόταση θα πρέπει να γίνει αποδεκτή.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της περιόδου επανείσπραξης το αρχικό ποσό της επένδυσης θα έχει ανακτηθεί στα πρώτα εννέα έτη  $(107.455 \text{ €} * 9 \text{ χρόνια}) = 967.095 \text{ €}$  από τα 1.000.000 € τα οποία θα έχει επενδύσει. Τα υπόλοιπα  $(1.000.000 \text{ €} - 967.095 \text{ €}) = 32905 \text{ €}$  θα ανακτηθούν σε τμήμα του δέκατου έτους το οποίο θα είναι ίσο με  $(32905 \text{ €} / 107.455 \text{ €} \text{ ετήσια έσοδα της δέκατης χρονιάς}) = 0,3 \text{ έτη}$ . Το 0,3 έτη αντιστοιχεί σε  $(0,3 * 52 \text{ εβδομάδες}) = 15,6 \text{ εβδομάδες}$  ή  $(0,3 * 365 \text{ ημέρες}) = 110 \text{ ημέρες}$ . Άρα η αρχική επένδυση θα ανακτηθεί μετά από 9 έτη και 15,6 εβδομάδες, δηλαδή η περίοδος επανείσπραξης είναι  $PP=9,3 \text{ έτη}$ .

Η τρίτη μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι της καθαρής παρούσας αξίας.

Εφόσον το προεξοφλητικό επιτόκιο του προγράμματος της επένδυσης είναι 10% η καθαρή παρούσα αξία είναι ίση με:

$$\begin{aligned} NPV = & [-1.000.000] + [107.455/(1+0,10)] + [107.455/(1+0,10)^2] + [107.455/(1+0,10)^3] + \\ & [107.455/(1+0,10)^4] + [107.455/(1+0,10)^5] + [107.455/(1+0,10)^6] + [107.455/(1+0,10)^7] + \\ & [107.455/(1+0,10)^8] + [107.455/(1+0,10)^9] + [107.455/(1+0,10)^{10}] + [143.999/(1+0,10)^{11}] + \\ & [143.999/(1+0,10)^{12}] + [143.999/(1+0,10)^{13}] + [143.999/(1+0,10)^{14}] + [198.284/(1+0,10)^{15}] + \\ & [198.284/(1+0,10)^{16}] + [198.284/(1+0,10)^{17}] + [198.284/(1+0,10)^{18}] + [198.284/(1+0,10)^{19}] + \\ & [198.284/(1+0,10)^{20}] = 689.830 \end{aligned}$$

Επειδή η καθαρή παρούσα αξία του προγράμματος είναι θετική ( $NPV=689.830 > 0$ ), το επενδυτικό πρόγραμμα θα πρέπει να γίνει αποδεκτό.

Η τέταρτη μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η μέθοδος του δείκτη αποδοτικότητας όπου εάν το προεξοφλητικό επιτόκιο του προγράμματος της επένδυσης είναι 10% τότε ο δείκτης αποδοτικότητας είναι ίσος με:

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

$$PI = \{ [107.455/(1+0,10)] + [107.455/(1+0,10)^2] + [107.455/(1+0,10)^3] + [107.455/(1+0,10)^4] + [107.455/(1+0,10)^5] + [107.455/(1+0,10)^6] + [107.455/(1+0,10)^7] + [107.455/(1+0,10)^8] + [107.455/(1+0,10)^9] + [107.455/(1+0,10)^{10}] + [143.999/(1+0,10)^{11}] + [143.999/(1+0,10)^{12}] + [143.999/(1+0,10)^{13}] + [143.999/(1+0,10)^{14}] + [198.284/(1+0,10)^{15}] + [198.284/(1+0,10)^{16}] + [198.284/(1+0,10)^{17}] + [198.284/(1+0,10)^{18}] + [198.284/(1+0,10)^{19}] + [198.284/(1+0,10)^{20}] \} / 1.000.000 \approx 1,7$$

Επειδή ο δείκτης αποδοτικότητας είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα ( $1,7 > 1$ ), το επενδυτικό πρόγραμμα θα πρέπει να γίνει αποδεκτό.

Η πέμπτη και τελευταία μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης είναι ίσος με:

$$PV = (1000000 / (\text{ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΚΕΡΔΩΝ ΤΩΝ 20 ΕΤΩΝ}))$$

$$PV = (1000000 / 142012) \approx 7$$

Πηγαίνοντας στο πίνακα παρούσας αξίας σειράς πληρωμών και κοιτάζοντας κατά μήκος της γραμμής που αντιστοιχεί στην εικοστή περίοδο βρίσκουμε την τιμή κοντά στο 7. Η τιμή αυτή βρίσκεται στην στήλη που αντιστοιχεί σε επιτόκιο 13%. Άρα ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης του προγράμματος είναι 13% όπου είναι μεγαλύτερος από το 10% που έχουμε βάλει ως όριο ώστε η επένδυση μας να γίνει αποδεκτή.

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"

### 5.3 Σύγκριση διαφορετικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

ΚΑΘΕ ΕΤΟΣ	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ	ΣΥΘΗΑ	ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	Μικρό υδροηλεκτρικό
	500KW	500KW	13.800 KW	2.893 KW
Κύκλος ζωής 20 έτη				
Κόστος επένδυσης	250000	1000000	5970000	3656116
Feed in tariff	0,068	0,133	0,06	0,075
Παραγωγή στο χρόνο σε (kWh)	850000	3600000	48355200	21108768
Κόστος συντήρησης ετησίως	15000	393000	377000	205810
Έσοδα ετησίως	57800	653900	2901312	1583157
Έσοδα μείον έξοδα συντήρησης	42800	260900	2524312	1377347
Έσοδα / KW	85,6	521,8	182,9	476,1
ΦΟΡΟΣ 24%	10272	62616	605834,88	330563,28
<b>ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ ΜΕΤΑ ΦΟΡΩΝ</b>	<b>32528</b>	<b>198284</b>	<b>1918477</b>	<b>1046784</b>
<b>ΜΕΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗ</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΜΕ ΑΠΟΔΟΣΗ 10%	27212	689830	10379781	5264858
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ	6,2 έτη	5 έτη	3 έτη	3,1 έτη
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης	7,69	5,04	3,11	3,49
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης πινακα	11%	19%	30%	28%
Δείκτης αποδοτικότητας	0,109	0,690	1,739	1,440

### 5.4 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τέσσερις διαφορετικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρατηρούμε ότι με βάση την απόδοση που ζητάμε το 10% και τα τέσσερα επενδυτικά σενάρια είναι αποδεκτά. Βέβαια με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα την καλύτερη απόδοση την έχουν οι ανεμογεννήτριες και τα μικρά υδροηλεκτρικά. Το κόστος επένδυσης όμως είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με το ΣΥΘΗΑ ή τα φωτοβολταϊκά, όπου το ΣΥΘΗΑ έχει την καλύτερη απόδοση σήμερα.



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

**Βιβλιογραφία**

- 1: Αδαμαντίδου Ε.(2001) Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας εκδόσεις Αντ. Ν. Σάκκουλας
- 2: Λιάπης Δ. (2018) Ηλεκτρική ενέργεια και δίκαιο των συμβάσεων Π.Ν.Σάκκουλας
- 3: Barouti, M and Hoang D.V. (2011) Electricity as a commodity, ESSEC Transaction Publication
- 4: Unger G. (2002) Hedging strategy and electricity contract engineering PHD Dissertation Swiss Federal institute of technology Zurich
- 5: Βωβός Ν. & Γιαννακόπουλος Γ. (2013) Έλεγχος και ευστάθεια συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Ζήτη.
- 6: Λεκατσάς Ε. (2000) Οικονομική ανάλυση Ηλεκτρικών συστημάτων εκδόσεις ΤΕΕ
- 7: ΑΔΜΗΕ (2014) Εγχειρίδιο αγοράς έκδοση 3.1 ΑΔΜΗΕ
- 8: ΛΑΓΗΕ (2016) Εγχειρίδιο Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής ενέργειας έκδοση 2.2 ΛΓΗΕ
- 9: ΚΑΠΕ & ΥΠΕΚΑ (2014) Εθνικό σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης έκδοση ΚΑΠΕ-ΥΠΕΚΑ
- 10: ΥΠΕΚΑ (2019). Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα. Αθήνα:ΥΠΕΚΑ
- 11: ΥΠΕΚΑ (2012). Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός: Οδικός χάρτης για το 2050. Αθήνα:ΥΠΕΚΑ
- 12: IRENA (2018b) Renewable Energy policies in a time of transition Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency
- 13: Rickerson W. ,Laurent C., Jacobs D., Dietrich C. & Hanley C. (2012). Feed in tariffs as a policy instrument for promoting renewable energies and green economies in developing countries Nairobi, Kenya : United Nations Environment Programme
- 14: Buckman G. (2011). The effectiveness of renewable portfolio standard banding and carveouts in supporting high-cost types of renewable electricity Energy Policy

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

15: Rabbe B.G. & Borick C. (2014). The decline of public Support for state climate change policies 2008-2013: a report from the National Surveys on Energy and Environment. Issues in Energy and Environmental Policy.

16: Azuela G-E, Barroso L.A (2011). Design and performance of policy instruments to promote the development of renewable energy: Emerging experience in selected Developing countries. Washington D.C The world bank.

17: Kilinc-Ata (2016) The evaluation of renewable energy policies across EU countries and US states : An econometric approach. Energy for Sustainable Development

18: Sarzynski A. Larrieu J. & Shrimali G. (2012).The impact of state financial incentives on market deployment of solar technology. Energy policy

19: Marques A., Fuinhas J & Manso J. & Manso J.(2010) Motivations driving renewable energy in European countries : A panel data approach. Energy policy

20: Δρυδακής Ν. (2012). Πανεπιστημιακές σημειώσεις Μαθήματος Οικονομικά για μη Οικονομολόγους. Πάτρα: Τμήμα Οικονομικών επιστημών πανεπιστημίου Πατρών

21:Πετράκης Π.Ε.(2005),ΠΜΣ Εφαρμοσμένη Λογιστική και Ελεγκτική Αποτίμηση κινδύνου και επενδύσεων Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών

22: Ηρειώτης Ν. & Βασιλείου Δ. (2008).Χρηματοοικονομική Διοίκηση, Θεωρία και Πρακτική εκδόσεις Rosili

23: Κούγιας Γ. & Γεωργίου Α. (2004) Χρηματο-οικονομικά Μαθηματικά εκδόσεις Πολιτεία.

24: Brealey R.A ,Myers S.C & Allen F (2013) Αρχές Χρηματοοικονομικής των επιχειρήσεων εκδόσεις Utopia.

25: Short W., Packey DJ & Holt T. (1995) A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. Colorado: National Renewable Energy Laboratory (NREL).

26:Παπαθανασίου Σ.(2012) Πανεπιστημιακές σημειώσεις Οικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ Αθήνα: ΕΜΠ.

27: Θωμαδάκης Σ. & Κατσαμποξάκης Ι. .(2007),ΠΜΣ Εφαρμοσμένη Λογιστική και Ελεγκτική Χρηματοοικονομική ανάλυση επιχειρήσεων Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών.



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**"Διαχείριση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων"**

28: Μπάλιος Δ, Ηρειώτης Ν., Βασιλείου Δ. , Αρχές χρηματοοικονομικής λογιστικής-Χρηματοοικονομική ανάλυση και λήψη αποφάσεων εκδόσεις Rosili

29: Πετράκης Π.Ε.(2005), ΠΜΣ Εφαρμοσμένη Λογιστική και Ελεγκτική Αποτίμηση κινδύνου και επενδύσεων Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών

30: Michelez A. , Rossi N., Blazquez R., Martin J.M., Mera E., Christensen D, Peineke C., Graf K., Lyon D. & Stevens G (2011) .Risk quantification and risk management in renewable energy projects Paris:IEA

31: Markowitz H.M. (1952) Portfolio Selection. The Journal of Finance, vol.7 pp 77-91

32: Markowitz H.M. (1959) Portfolio Selection efficient diversification of investments Wiley

33: Tobin J. (1958) Liquidity Preference as a Behavior Towards Risks

34: Beltran H. (2008) Modern Portfolio Theory applied to electricity generation planning, Ingeniero, National Autonomous University of Mexico.