



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ανάλυση Ευελιξίας σε Έργα Παραγωγής Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ Γ. ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2009





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ανάλυση Ευελιξίας σε Έργα Παραγωγής Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ Γ. ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .....

.....

.....

.....

Αθήνα, Μάρτιος 2009

.....  
ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ Γ. ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ Γ. ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, 2009

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 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 τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η πραγματοποίηση ανάλυσης ευελιξίας σε έργα και επενδύσεις παραγωγής ενέργειας.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και τη δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το Σωτήρη Παπαδέλη, υποψήφιο διδάκτορα, για τη βοήθεια, την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Αθήνα, Μάρτιος 2009

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ Γ. ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία, η οποία βασίζεται στην εκπόνηση μελετών κόστους-οφέλους. Στόχος των μελετών αυτών είναι ο προσδιορισμός και η χρηματική αποτίμηση όλων των πιθανών αποτελεσμάτων, προκειμένου να καθοριστούν το κόστος και τα οφέλη τα έργου.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή και διαχείριση της ενέργειας, καθώς και η συσχέτισή της με περιβαλλοντικά ζητήματα βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Συμπερασματικά, η αξιολόγηση επενδύσεων στον τομέα της παραγωγής ενέργειας είναι καθοριστικής σημασίας.

Η χρηματοοικονομική ανάλυση μιας επένδυσης αποτελεί σημαντικό μέρος της όλης διαδικασίας αξιολόγησης. Το μοντέλο των προεξοφλητικών ταμειακών ροών αποτελεί τον παραδοσιακό τρόπο πραγματοποίησης της χρηματοοικονομικής ανάλυσης. Το βασικό μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η μη αναγνώριση της μελλοντικής ευελιξίας του έργου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας αποτίμησης της ευελιξίας (real options). Η προσέγγιση των real options παρέχει στον επενδυτή την επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής κάθε φορά που διατίθενται καινούριες πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες της επένδυσης και της αγοράς. Η λήψη των αποφάσεων θεωρείται μια δυναμική διαδικασία, στην οποία ο επενδυτής αποφασίζει συναρτήσει του χρόνου και των αλλαγών στο επιχειρηματικό περιβάλλον.

Τέλος, στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή της μεθοδολογίας των real options σε μία ενεργειακή επένδυση στην Πορτογαλία, που αφορά στην επέκταση της εγχώριας παραγωγικής χωρητικότητας και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται κατανοητή η ιδέα της προστιθέμενης αξίας στη συνολική αξία της επένδυσης λόγω των διαφόρων επιλογών που υπάρχουν ή που μπορούν να δημιουργηθούν.

---

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Αξιολόγηση Επενδύσεων, Real Options, Διωνυμικά Δέντρα

## **ABSTRACT**

---

Investment appraisal is a complex process, which is based on the elaboration of cost-benefit analysis. The objective of this analysis is the determination and the fiscal assessment of all possible results, in order to determine the cost and the profits of the project. At the same time, in the past few years, subjects related to the production and management of energy, as well as its correlation with the modern environmental issues, are placed in the centre of interest. Therefore, the evaluation of investments, in the sector of energy production, is of vital importance.

The financial analysis of an investment constitutes an important part of the appraisal process. It relies on the traditional valuation methodology, namely, the discounted cash flow model. This model does not account for managerial flexibility that exists, such that management can alter the course of an investment over time, when certain aspects of the project's uncertainty become known.

The aim of this specific thesis is the presentation of the methodology for flexibility assessment (real options). The real options approach considers multiple decision pathways as a consequence of high uncertainty coupled with management's flexibility in choosing the optimal strategies or options along the way when new information becomes available. Decision-making is considered to be a dynamic process, where management has the flexibility to adapt given a change in the business environment.

Finally, we present the application of real options approach to a power-generating investment in Portugal. Three options for generation expansion are explored and the optimal strategy is defined. More specifically, this example introduces us to the idea of adding significant value to a project by looking at the different optionalities that exist.

---

## **INDEX TERMS**

Investment Appraisal, Real Options, Binomial Lattice Analysis

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. Εισαγωγή</b> .....	10
1.1. Αντικείμενο – Σκοπός Διπλωματικής.....	10
1.2. Δομή .....	11
<b>2. Εκπόνηση Μελετών Κόστους-Οφέλους</b> .....	13
2.1. Έννοια και Σκοπός της Μελέτης Κόστους-Οφέλους .....	13
2.2. Στοιχεία μιας Μελέτης Κόστους-Οφέλους.....	14
2.2.1. Καθορισμός των στόχων και προσδιορισμός του έργου .....	14
2.2.2. Εκτιμήσεις/Παραδοχές εξωτερικού περιβάλλοντος .....	14
2.2.3. Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών λύσεων.....	15
2.2.4. Κριτήριο επιλογής λύσης.....	15
2.2.5. Χρηματοοικονομική ανάλυση.....	17
2.2.6. Οικονομική ανάλυση – Μόνο για δημόσια έργα.....	30
2.3. Ειδικές Απαιτήσεις για Μελέτη Κόστους-Οφέλους Έργων Παραγωγής Ενέργειας.....	32
<b>3. Real Options</b> .....	36
3.1. Χαρακτηριστικά και Κριτική του «Παραδοσιακού» Τρόπου Αξιολόγησης Έργων και Επενδύσεων.....	36
3.2. Τα Real Options ως Μέθοδος Αξιολόγησης Έργων και Επενδύσεων .....	38
3.2.1. Είδη Real Options.....	39
3.2.2. Παράδειγμα αξιολόγησης έργου – Σύγκριση μεθοδολογίας real options και προεξοφλημένων ταμειακών ροών.....	41
3.2.3. Επισκόπηση βιβλιογραφίας.....	42
3.3. Διωνυμικά Δέντρα: Μεθοδολογία Αποτίμησης των Real Options .....	44
3.4. Μεθοδολογία Αξιολόγησης Επενδύσεων .....	49
3.5. Παράδειγμα Εφαρμογής των Real Options .....	53
<b>4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας Αξιολόγησης Επενδύσεων</b> .....	67
4.1. Περιγραφή του συστήματος.....	67
4.2. Διατύπωση και ανάλυση παραγόντων αβεβαιότητας.....	68
4.3. Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	70
4.4. Αποτίμηση ευελιξίας .....	78
<b>5. Συμπεράσματα-Προοπτικές</b> .....	84



5.1. Συμπεράσματα.....	84
5.2. Προοπτικές.....	85
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>87</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1. Εισαγωγή

##### 1.1. Αντικείμενο – Σκοπός Διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον κ. Ι. Ψαρρά, Καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογίας αξιολόγησης έργων και επενδύσεων, βάσει της οποίας η μελλοντική ευελιξία του έργου αποτυπώνεται στην αξία του. Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην προσέγγιση των real options. Η ευελιξία αυτή είναι σημαντική, επειδή υπάρχουν έργα, που εμφανίζουν αρνητική Καθαρά Παρούσα Αξία βάσει της παραδοσιακής ανάλυσης των προεξοφλημένων ταμειακών ροών, αλλά αποδεικνύεται τελικά, ότι έχουν θετική Καθαρά Παρούσα Αξία, όταν συνυπολογίζονται όλα τα real options.

Η ανάλυση με τη μέθοδο των real options είναι πολύ χρήσιμη στην αξιολόγηση έργων που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα στάδια, στο τέλος των οποίων οι επενδυτές θα αποφασίσουν εάν θα συνεχίσουν το έργο ή θα το εγκαταλείψουν. Η ανάπτυξη έργων φυσικών πόρων, που περιλαμβάνουν συνήθως μια σειρά σταδίων, αποτελεί μια σημαντική εφαρμογή. Η ανάλυση με τη μέθοδο των real options δίνει έμφαση στον εντοπισμό όλων των ενδεχομένως πολύτιμων επιλογών, που συνδέονται με ένα έργο. Δίνει, επίσης, στους επενδυτές τη δυνατότητα να αξιολογήσουν αυτές τις επιλογές, ώστε να μπορούν να τις συνυπολογίσουν στη συνολική αξία του έργου. Η μέθοδος είναι χρήσιμη για οποιοδήποτε έργο περιλαμβάνει ευδιάκριτα σημεία απόφασης.

Παράλληλα, ο ενεργειακός τομέας συνιστά πλέον παράγοντα καθοριστικής σημασίας στη λήψη αποφάσεων και στη χάραξη πολιτικών σχετικών με οικονομικά, κοινωνικά και τεχνολογικά ζητήματα. Γι' αυτόν το λόγο, η αξιολόγηση επενδύσεων που αφορούν

στην παραγωγή ενέργειας, κατά τρόπο πλήρη και αξιόπιστο, αποτελεί αναγκαιότητα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, εφαρμόζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης έργων και επενδύσεων σε μία επένδυση επέκτασης της ενεργειακής χωρητικότητας στην Πορτογαλία. Μέσα από αυτή την εφαρμογή, αναλύεται η δυνατότητα που έχει ο επενδυτής να διαχειριστεί τη μελλοντική αβεβαιότητα σε διάφορους παράγοντες της επένδυσης, μέσω της προσέγγισης των real options.

## 1.2. Δομή

Το κύριο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελείται από 5 κεφάλαια, το περιεχόμενο των οποίων παρουσιάζεται στη συνέχεια.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

Πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά το αντικείμενο και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, καθώς και η δομή της.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Εκπόνηση Μελετών Κόστους-Οφέλους

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία εκπόνησης μιας μελέτης κόστους-οφέλους. Περιγράφονται τα απαραίτητα στοιχεία που απαρτίζουν μια μελέτη κόστους-οφέλους και δίνεται έμφαση στην πραγματοποίηση της χρηματοοικονομικής ανάλυσης. Τέλος, παρουσιάζονται και περιγράφονται οι ειδικές απαιτήσεις για μελέτη κόστους-οφέλους έργων παραγωγής ενέργειας.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Real Options

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η προσέγγιση αποτίμησης της ευελιξίας των επενδύσεων (real options). Σε πρώτη φάση, παρουσιάζεται ο «παραδοσιακός» τρόπος αξιολόγησης έργων και επενδύσεων, η τεχνική της προεξόφλησης των ταμειακών ροών, και στη συνέχεια περιγράφονται οι αδυναμίες της μεθόδου αυτής. Σε δεύτερη φάση, γίνεται παρουσίαση των real options, καθώς και μιας μεθοδολογίας αποτίμησής

τους. Τέλος, περιγράφεται μία μεθοδολογία αξιολόγησης επενδύσεων και μέσω ενός παραδείγματος γίνεται πιο εύκολα κατανοητή.

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογή της Μεθοδολογίας Αξιολόγησης Επενδύσεων

Στο κεφάλαιο αυτό, εφαρμόζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία σε μια ενεργειακή επένδυση στην Πορτογαλία, που αφορά στην επέκταση της εγχώριας παραγωγικής χωρητικότητας με σκοπό την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης. Πρώτα, γίνεται η αξιολόγηση της επένδυσης με την τεχνική της προεξόφλησης των ταμειακών ροών. Στη συνέχεια, μέσω της μεθόδου των real options, αποτυπώνεται στην αξία της επένδυσης η δυνατότητα ευελιξίας.

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στο τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και εξετάζονται πιθανές προοπτικές διεύρυνσης της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΚΠΙΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

#### 2. Εκπόνηση Μελετών Κόστους-Οφέλους

##### 2.1. Έννοια και Σκοπός της Μελέτης Κόστους-Οφέλους

Η ΜΚΟ είναι ένα ουσιαστικό εργαλείο με το οποίο εκτιμώνται τα οικονομικά οφέλη των έργων. Κατ'αρχήν, πρέπει να αξιολογηθούν όλες οι συνέπειες: χρηματοοικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές κ.λπ. Στόχος της ΜΚΟ είναι να προσδιοριστούν και να αποτιμηθούν χρηματικά όλες οι πιθανές συνέπειες, προκειμένου να καθοριστούν το κόστος και τα οφέλη του έργου. Κατόπιν, τα αποτελέσματα εξετάζονται συνολικά (καθαρά οφέλη) και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με το εάν το έργο είναι επιθυμητό και αξίζει να υλοποιηθεί. Το κόστος και τα οφέλη πρέπει να αξιολογηθούν συγκριτικά, με την εξέταση της διαφοράς μεταξύ του σεναρίου υλοποίησης του έργου και ενός εναλλακτικού σεναρίου χωρίς το έργο.

Ο αντίκτυπος πρέπει να αξιολογηθεί σε σχέση με προκαθορισμένους στόχους. Αξιολογώντας ένα έργο βάσει μικροοικονομικών δεικτών, η ΜΚΟ μπορεί να αξιολογήσει τη συνοχή και την καταλληλότητά του σε σχέση με συγκεκριμένους μακροοικονομικούς στόχους. Το επίπεδο ανάλυσης που χρησιμοποιείται στην ΜΚΟ πρέπει να καθορίζεται σε σχέση με την κοινωνία στην οποία το έργο έχει σχετικό αντίκτυπο. Κόστος και οφέλη μπορούν να ανακύψουν σε διάφορα γεωγραφικά επίπεδα, συνεπώς πρέπει να αποφασιστεί ποιο κόστος και ποια οφέλη θα ληφθούν υπόψη. Αυτό συνήθως εξαρτάται από το μέγεθος και το αντικείμενο του έργου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ο αντίκτυπος σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και ακόμη και σε κοινοτικό επίπεδο.

Όταν εκτιμάται ο πιθανός αντίκτυπος ενός έργου, οι αναλυτές αντιμετωπίζουν πάντα κάποια αβεβαιότητα. Αυτό πρέπει να ληφθεί δεόντως υπόψη και να αντιμετωπιστεί στην ΜΚΟ. Η εκτίμηση κινδύνου αποτελεί σημαντικό μέρος μιας πλήρους μελέτης, δεδομένου ότι επιτρέπει στον υπεύθυνο για το έργο φορέα να κατανοήσει καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο ο εκτιμώμενος αντίκτυπος ενδέχεται να αλλάξει, εάν ορισμένες

βασικές μεταβλητές του έργου διαφοροποιηθούν από τις αναμενόμενες. Μια εξονυχιστική ανάλυση κινδύνου αποτελεί τη βάση για μια καλή στρατηγική διαχείρισης του εν λόγω κινδύνου, η οποία, με τη σειρά της, ανατροφοδοτεί το σχεδιασμό του έργου.

## 2.2. Στοιχεία μιας Μελέτης Κόστους-Οφέλους

- Καθορισμός των στόχων
- Προσδιορισμός του έργου
- Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών δυνατοτήτων
- Χρηματοοικονομική ανάλυση
- Οικονομική ανάλυση
- Ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας

### 2.2.1. Καθορισμός των στόχων και προσδιορισμός του έργου

Όταν ανακύπτει νέα ανάγκη, είναι σκόπιμο να καθορίζονται πρώτα οι στόχοι της δράσης που απαιτείται για την κάλυψή της. Πρέπει τότε να εξετάζονται και να αξιολογούνται διάφορες εναλλακτικές λύσεις προκειμένου να καθοριστεί ποια λύση μπορεί να συμβάλει καλύτερα στην επίτευξη των στόχων της. Ένα έργο μπορεί να οριστεί ως ένα εγχείρημα που περιλαμβάνει διάφορες εργασίες, δραστηριότητες ή υπηρεσίες οι οποίες έχουν ως σκοπό την εκπλήρωση ενός αδιαίρετου καθήκοντος ακριβούς οικονομικής ή τεχνικής φύσης, που έχει σαφώς προσδιορισμένους στόχους. Το έργο πρέπει λοιπόν να προσδιοριστεί σαφώς ως ανεξάρτητη μονάδα ανάλυσης. Συνεπώς, σε ορισμένες περιπτώσεις, ορισμένα επιμέρους έργα πρέπει να θεωρηθούν ως ένα μεγάλο έργο για τους σκοπούς της ΜΚΟ.

### 2.2.2. Εκτιμήσεις/Παραδοχές εξωτερικού περιβάλλοντος

Ένας σαφής και πλήρης καθορισμός των κοινωνικοοικονομικών στόχων είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό της επίπτωσης του έργου. Εντούτοις, είναι συχνά δύσκολο να προβλεφθούν όλες οι επιπτώσεις ενός δεδομένου έργου. Επίσης, αν επιχειρηθεί να αναλυθούν όλες οι μεταβλητές για ένα έργο, η ανάλυσή τους μπορεί να αποδειχθεί υπερβολικά δαπανηρή. Για το λόγο αυτό προτείνεται να μην λαμβάνονται υπόψη όλες οι έμμεσες και, ενδεχομένως, μακρινές επιπτώσεις ενός έργου (που μπορεί

να είναι πολλές και εξαιρετικά δύσκολο να αναλυθούν και να προσδιοριστούν ποσοτικά), καθώς και η διαδικασία να βασίζεται στην ανάλυση των στοιχείων κόστους και οφέλους των μακροοικονομικών μεταβλητών.

### 2.2.3. Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών λύσεων

Η σκοπιμότητα ενός έργου δεν αφορά αποκλειστικά τα θέματα χρηματοοικονομικής τεχνικής, αλλά επίσης, σε πολλές περιπτώσεις, ζητήματα μάρκετινγκ, διαχείρισης, ανάλυσης της εφαρμογής κλπ. Δεν είναι σπάνιο να υιοθετούνται διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις ενός έργου για την επίτευξη ενός κοινωνικοοικονομικού στόχου. Για την πραγματοποίηση ενός έργου πρέπει να αποδειχθεί ότι η επιλογή του συγκεκριμένου σχεδίου είναι η καλύτερη από όλες τις άλλες εναλλακτικές λύσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα έργο μπορεί να θεωρείται ως έγκυρο από την άποψη της ανάλυσης κόστους-οφέλους, αλλά υποδεέστερο από τις άλλες προβλεπόμενες εναλλακτικές δυνατότητες.

Αναφέρουμε ενδεικτικά τα έργα στον τομέα των μεταφορών για τα οποία είναι δυνατό να προβλεφθούν διαφορετικές διαδικασίες, διαφορετικά χρονοδιαγράμματα κατασκευής ή διαφορετικές τεχνολογίες· η κατασκευή μεγάλων νοσοκομείων σε σχέση με τη μεγάλη διασπορά της προσφοράς υπηρεσιών υγείας· η εγκατάσταση μιας μονάδας σε μια περιφέρεια Α σε σχέση με μια περιφέρεια Β· διαφορετικά έργα αναφορικά με το μέγιστο φορτίο στην παροχή ενέργειας· η αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης αντί για την (ή συμπληρωματικά προς την) κατασκευή μιας νέας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής κλπ.

### 2.2.4. Κριτήριο επιλογής λύσης

Το κριτήριο επιλογής λύσης στην αξιολόγηση έργων μπορεί να είναι η αναμενόμενη μέση τιμή της καθαρής παρούσας αξίας και το προφίλ του κινδύνου. Δείκτες εκτίμησης του προφίλ του κινδύνου αποτελούν το Value at Risk (VaR) και το Conventional Value at Risk (CVaR).

### Value at Risk (VaR) - Conventional Value at Risk (CVar)

Πολλές φορές ο επενδυτής θέλει να γνωρίζει, για λόγους προγραμματισμού, ποιο είναι το χειρότερο σενάριο που μπορεί να συμβεί. Σε πολλές περιπτώσεις, το χειρότερο σενάριο που μπορεί να συμβεί, είναι να χάσει ο επενδυτής ολόκληρη την επένδυσή του. Εντούτοις, αυτό έχει συνήθως εξαιρετικά χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης.

Η έννοια του δείκτη VaR επινοήθηκε για να υπάρξει ένα μέτρο κινδύνου που συνδέει μια σημαντική απώλεια με ένα επίπεδο πιθανότητας, λογικού ύψους για τον θύνοντα, όπως 1% ή 5%. Ένα συναφές μέτρο με το δείκτη VaR είναι ο δείκτης CvaR.

Στην πράξη, θεωρούμε μια πιθανή απώλεια  $L$ , ως το χειρότερο που μπορεί να συμβεί, εάν η πιθανότητα απώλειας του  $L$  ή περισσότερων κατά τη διάρκεια ενός επιλεγμένου χρονικού διαστήματος έχει μία συγκεκριμένη τιμή, όπως 5%. Σε αυτήν την περίπτωση, το  $L$  καλείται “5% Value at Risk (VaR)”. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούμε  $R$  την απόδοση (σε δολάρια) μιας επένδυσης  $I$ , και  $c$  μια ποσότητα που αντιστοιχεί στο  $a$  ποσοστό της κατανομής του  $R$ . Συνεπώς, το  $a$  τοις εκατό VaR ορίζεται ως  $L = I - c$ .

Ο δείκτης VaR χρησιμοποιείται από τις ρυθμιστικές αρχές για να υπολογίσουν τις κύριες απαιτήσεις για τα χρηματοοικονομικά όργανα, και από τους managers ως ένας παράγοντας στη διαχείριση κινδύνου κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Το VaR μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί από τους managers για να αξιολογήσουν την ποιότητα των μοντέλων τους. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα μοντέλο υπαγορεύει ότι υπάρχει μια πιθανότητα 5% το τμήμα των εμπορικών συναλλαγών μιας τράπεζας να χάσει \$1 εκατομμύριο σε ένα χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας, τότε το τμήμα των εμπορικών συναλλαγών θα χάνει κατά μέσο όρο \$1 εκατομμύριο ή περισσότερα στο 5 τοις εκατό των ημερών σε μια τυχαία επιλεγμένη περίοδο. Εάν υπάρξουν πολύ περισσότερες απώλειες, υπονοείται ότι το μοντέλο ορίζει πολύ λιγότερο κίνδυνο για την κατάσταση.

Εάν υπάρξουν πολύ λιγότερες απώλειες, υπονοείται ότι το μοντέλο ορίζει πολύ λιγότερο κίνδυνο. Από αυτήν την άποψη, ο δείκτης VaR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει την εγκυρότητα ενός μοντέλου.



Ο δείκτης VaR έχει υιοθετηθεί ως ένα μέτρο διαχείρισης κινδύνου, εντούτοις οι επικριτές αυτού του μέτρου έχουν επισημάνει μερικές από τις ανεπάρκειές του, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω:

- Ο δείκτης VaR δεν παρέχει καμία πληροφορία για την έκταση των απωλειών που δύνανται να εμφανιστούν πέρα από το επίπεδο κατώτατων ορίων. Υπ' αυτήν την έννοια, είναι ένας πολύ αισιόδοξος δείκτης επειδή δίνει ένα κατώτερο για τις δυνητικές απώλειες στο ποσοστιαίο επίπεδο  $\alpha$ .
- Ο δείκτης VaR του συνδυασμού δύο ή περισσότερων επενδύσεων μπορεί να υπερβεί το άθροισμα των μεμονωμένων VaR της κάθε επένδυσης. Αυτό είναι αντίθετο προς τη βασική αρχή της διαφοροποίησης, η οποία υποστηρίζει ότι ο κίνδυνος μειώνεται όταν αξιολογείται ο συνδυασμός περισσότερων επενδύσεων. Η αποτυχία να επαληθευτεί η αρχή της διαφοροποίησης θεωρείται ως η μέγιστη ανεπάρκεια του δείκτη VaR.

Ένα εναλλακτικό μέτρο κινδύνου που δεν παρουσιάζει αυτές τις ανεπάρκειες είναι ο δείκτης CVaR. Ο δείκτης CVaR είναι η αναμενόμενη αξία των απωλειών πέρα από το κατώτερο επίπεδο. Γενικά, το  $\alpha$ -ποσοστό CVaR είναι η αναμενόμενη αξία των απωλειών που υπερβαίνει το επίπεδο του  $\alpha$ -ποσοστού VaR.

Επενδύσεις με υψηλό τον δείκτη CVaR έχουν απαραίτητως υψηλό δείκτη VaR. Ο δείκτης CVaR έχει μεγαλύτερη συνοχή από τον δείκτη VaR. Ο δείκτης CVaR ενός portfolio είναι πάντα μικρότερος ή ίσος με το άθροισμα των επιμέρους CVaR των συμμετεχόντων στο portfolio. Επίσης, ο δείκτης αυτός είναι λιγότερο ευαίσθητος σε αλλαγές στον ορισμό του ποσοστού  $\alpha$ , σε σύγκριση με το δείκτη VaR.

#### 2.2.5. Χρηματοοικονομική ανάλυση

Το αντικείμενο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης είναι να χρησιμοποιηθούν οι προβλέψεις των ταμειακών ροών (cash-flow) του έργου για τον υπολογισμό των δεικτών χρηματοοικονομικής απόδοσης του έργου. Έχει ιδιαίτερη σημασία να γνωρίζουμε σε ποιο βαθμό τα επενδύσιμα στο έργο κεφάλαια θα ανακτηθούν με την πάροδο των ετών, τουλάχιστον εν μέρει.

Ενώ η μελέτη κόστους-οφέλους καλύπτει ένα ευρύτερο πεδίο από τη χρηματοοικονομική απόδοση ενός έργου, η χρηματοοικονομική ανάλυση παρέχει τα περισσότερα δεδομένα για τα εν λόγω στοιχεία κόστους και οφέλους. Η ανάλυση αυτή παρέχει καθοριστικές πληροφορίες για τις εισροές και τις εκροές, για τις τιμές τους και τη συνολική διάρθρωση του προγραμματισμού των εσόδων και των εξόδων.

Η χρηματοοικονομική ανάλυση αποτελείται από ένα σύνολο πινάκων που συγκεντρώνουν τις ταμειακές ροές της επένδυσης, κατανεμημένες ανάμεσα στη συνολική επένδυση, τις λειτουργικές δαπάνες και τα έσοδα, τις πηγές χρηματοδότησης και την ανάλυση της ταμειακής ροής για τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα.

Κατά την πραγματοποίηση της χρηματοοικονομικής ανάλυσης πρέπει να δοθεί η κατάλληλη προσοχή στα ακόλουθα στοιχεία:

- τη χρονική προοπτική
- τον καθορισμό του συνολικού κόστους
- τα έσοδα που παράγονται από το έργο
- την υπολειμματική αξία της επένδυσης
- την προσαρμογή λαμβανομένου υπόψη του πληθωρισμού
- τον έλεγχο της χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας
- την επιλογή του κατάλληλου συντελεστή αναγωγής
- τον καθορισμό των βασικών δεικτών επίδοσης
- τον καθορισμό του ποσοστού συγχρηματοδότησης

Η μέθοδος που πρέπει να χρησιμοποιείται είναι η ανάλυση των προεξοφλημένων ταμειακών ροών (ΠΤΡ). Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου ΠΤΡ:

1. Λαμβάνονται υπόψη μόνον οι ταμειακές ροές, δηλαδή το πραγματικό ποσό χρημάτων που καταβάλλεται ή λαμβάνεται από το έργο. Έτσι, π.χ. τα μη χρηματικά λογιστικά στοιχεία, όπως τα αποθεματικά για αποσβέσεις και για απρόβλεπτες δαπάνες, δεν πρέπει να περιλαμβάνονται στην ανάλυση ΠΤΡ. Οι ταμειακές ροές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το έτος στο οποίο πραγματοποιούνται και κατά τη διάρκεια δεδομένης περιόδου αναφοράς. Όταν η πραγματική οικονομικά χρήσιμη ζωή του έργου υπερβαίνει την καθορισμένη περίοδο αναφοράς, πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη μια υπολειμματική αξία. Στην ιδανική περίπτωση, αυτή πρέπει να υπολογίζεται ως η τρέχουσα αξία των αναμενόμενων καθαρών ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια

των ετών οικονομικής ζωής που υπερβαίνουν την περίοδο αναφοράς (περίοδος πρόβλεψης).

2. Όταν πραγματοποιούνται συγκεντρωτικές πράξεις (π.χ. πρόσθεση ή αφαίρεση) στις ταμειακές ροές διαφόρων ετών, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαχρονική αξία του χρήματος. Ως εκ τούτου, η σημερινή αξία των μελλοντικών ταμειακών ροών υπολογίζεται με τη βοήθεια ενός χρονικά φθίνοντα συντελεστή προεξόφλησης, το ύψος του οποίου είναι συνάρτηση της επιλογής του συντελεστή προεξόφλησης που χρησιμοποιείται στην ανάλυση ΠΤΡ. Όπως προαναφέρθηκε, η ΑΚΟ πραγματοποιείται με την εφαρμογή της μεθόδου συγκριτικού υπολογισμού: το έργο αξιολογείται με βάση τις διαφορές στο κόστος και τα οφέλη μεταξύ του σεναρίου με το έργο και ενός εναλλακτικού σεναρίου χωρίς το έργο. Εντούτοις, όταν το έργο υπάγεται σε μια ήδη υπάρχουσα υποδομή δημιουργίας εσόδων, η εφαρμογή της μεθόδου συγκριτικού υπολογισμού ενδέχεται να είναι δύσκολη ή ακόμη και αδύνατη. Σε μια τέτοια περίπτωση, προτείνεται να χρησιμοποιείται στη χρηματοοικονομική ανάλυση η μέθοδος των υπολειπόμενων παλαιών δαπανών:

- το σενάριο χωρίς το έργο είναι εκείνο χωρίς καμία υποδομή
- το σενάριο με το έργο λαμβάνει υπόψη, αφενός, το επενδυτικό κόστος όχι μόνο του νέου στοιχείου της υποδομής αλλά και της υποδομής που ήδη υπάρχει, υπολογισμένο στην τρέχουσα υπολειμματική αξία του, και, αφετέρου, όλα τα έσοδα που δημιουργούνται από το σύνολο των υποδομών μετά το έργο. Τα λειτουργικά έξοδα και τα έσοδα που προβλέπονται για το σύνολο της υποδομής πρέπει να αντιστοιχούν σε ένα σενάριο αποδοτικής εκμετάλλευσης.

Κατά περίπτωση, η τρέχουσα υπολειμματική αξία της υπάρχουσας υποδομής μπορεί να υπολογιστεί ως η τρέχουσα αξία των πληρωμών για την εξυπηρέτηση του χρέους των τρεχόντων δανείων.

### **Ειδικά για χρηματοοικονομική ανάλυση:**

*Σύγκριση κάθε λύσης με την do-nothing ή την do-minimum λύση για την εύρεση διαφορικού κόστους και οφέλους*

Για κάθε έργο, είναι δυνατό να εξετάζονται τουλάχιστον τρεις εναλλακτικές επιλογές:

- Η επιλογή do nothing (υποθετική εξέλιξη χωρίς έργο και του να μείνουν τα πράγματα ως έχουν)
- Η επιλογή do minimum (υποθετική εξέλιξη αναφοράς με την ελάχιστη δυνατή παρέμβαση)
- Η επιλογή do something (υποθετική εξέλιξη με το εξεταζόμενο έργο ή με μια λογική εναλλακτική λύση, όπως ένα έργο που βασίζεται σε μια εναλλακτική τεχνική ή αντίληψη)

Η επιλογή του do nothing αποτελεί τη συνήθη αναφορά στην ανάλυση ενός έργου, της οποίας ο βασικός στόχος είναι να συγκρίνει τις καταστάσεις με και χωρίς το έργο. Η επιλογή do nothing αποκαλείται επίσης “σενάριο χωρίς το έργο”.

Ο υπολογισμός των δεικτών χρηματοοικονομικής και οικονομικής επίδοσης πρέπει να βασίζεται στη διαφορά ανάμεσα στην εναλλακτική λύση do something και στην επιλογή do nothing ή την επιλογή do minimum.

Παραδείγματος χάρη, για τη σύνδεση δυο περιοχών, η επιλογή do nothing προτείνει τη χρησιμοποίηση της παλαιάς υπηρεσίας πορθμείου, η επιλογή do minimum θα μπορούσε να είναι η ανακαίνιση ή η βελτίωση της υπηρεσίας πορθμείου και το έργο θα μπορούσε να συνίσταται στην κατασκευή μιας γέφυρας.

*Σύγκριση επιλογών βάσει του αναμενόμενου οφέλους και του κινδύνου που τις χαρακτηρίζει*

Η διαδικασία για την εκτίμηση του κινδύνου που χαρακτηρίζει την κάθε επιλογή βασίζεται στα ακόλουθα στοιχεία:

- στην ανάλυση ευαισθησίας, δηλαδή της επίπτωσης την οποία μπορούν να έχουν οι μεταβλητές που καθορίζουν το κόστος και το όφελος στους υπολογισθέντες χρηματοοικονομικούς και οικονομικούς δείκτες
- στη μελέτη της κατανομής πιθανότητας των μεταβλητών, που έχουμε επιλέξει, και τον υπολογισμό της προσδοκώμενης αξίας των δεικτών απόδοσης του έργου

Αφού καθοριστεί η κατανομή των πιθανοτήτων (μπορεί να συναχθεί από διάφορες πηγές) των κρίσιμων μεταβλητών, είναι δυνατόν να υπολογισθεί η κατανομή πιθανότητας της Καθαρής Παρούσας Αξίας του έργου.

Ο χρησιμότερος τρόπος παρουσίασης του αποτελέσματος είναι να εκφράζεται σε όρους κατανομής πιθανοτήτων ή αθροιστικής πιθανότητας της ΚΠΑ εντός του διαστήματος των τιμών που λαμβάνεται με αυτόν τον τρόπο. Η καμπύλη της αθροιστικής πιθανότητας επιτρέπει να αποδοθεί ένας βαθμός κινδύνου στο έργο, παραδείγματος χάρη, ελέγχοντας αν η αθροιστική πιθανότητα είναι ανώτερη ή κατώτερη από μια τιμή αναφοράς που θεωρείται κρίσιμη.

### *Επιλογή βέλτιστης λύσης*

Για την επιλογή της βέλτιστης λύσης σημαντικό στοιχείο είναι ο συμβιβασμός ανάμεσα στα έργα υψηλού κινδύνου με μεγάλο κοινωνικοοικονομικό όφελος, αφενός, και στα έργα χαμηλού κινδύνου με χαμηλό κοινωνικοοικονομικό όφελος. Ορισμένες φορές προτιμάται εκ των προτέρων η ουδετερότητα από τον κίνδυνο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, μπορεί να προτιμάται η απόκλιση από την ουδετερότητα και ένας σχετικά μικρότερος ή μεγαλύτερος κίνδυνος για τον αναμενόμενο συντελεστή απόδοσης: στην περίπτωση αυτή πρέπει να υπάρξει σαφής ορισμός της επιλογής.

### *Παρουσίαση των χρηματοοικονομικών μεγεθών της λύσης που επιλέχθηκε (χωρίς αβεβαιότητα)*

Συγκρίνουμε τις διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις συνυπολογίζοντας την αβεβαιότητα και επιλέγουμε τη βέλτιστη λύση. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τη διαδικασία υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας για τη βέλτιστη λύση χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές για τους διάφορους παράγοντες αβεβαιότητας.

### *Αναζήτηση της βέλτιστης κεφαλαιακής διάρθρωσης για τη χρηματοδότηση του έργου*

Η βέλτιστη κεφαλαιακή διάρθρωση είναι στην ουσία η βέλτιστη αναλογία των ξένων κεφαλαίων (δανείων) και των ιδίων κεφαλαίων που απαιτούνται για την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευαστικής περιόδου η ταμειακή ροή του έργου αναμένεται να είναι αρνητική. Επομένως, στη φάση αυτή του κύκλου ζωής του έργου, η κάλυψη των λειτουργικών απαιτήσεων πραγματοποιείται τόσο από το κεφάλαιο όσο και από τα δάνεια των τραπεζών. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας, η ταμειακή ροή του έργου γίνεται θετική. Η ανάδοχος εταιρεία είναι πλέον σε θέση να καλύψει τις άμεσες υποχρεώσεις της (αρχικό δανειακό κεφάλαιο και τόκους δανείου) από τα έσοδα της. Σε αυτό το στάδιο, η εταιρεία θα πρέπει να είναι σε θέση να διατηρεί λογαριασμό αποθεματικού αλλά παράλληλα θα πρέπει να διασφαλίζει και τα μερίσματα των μετόχων.

#### Ίδια κεφάλαια

Οι επενδυτές ενός έργου θέλουν να χρηματοδοτήσουν με όσο το δυνατό μικρότερο αρχικό κεφάλαιο και όσο το δυνατό πιο μακροπρόθεσμα στον κύκλο ζωής της επένδυσης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον λόγο απαιτήσεις /ίδια κεφάλαια είναι:

1. το οικονομικό αντίκρισμα του έργου
2. ο αποδεκτός βαθμός κινδύνου
3. δεδουλευμένα στην τοπική και διεθνή χρηματοοικονομική αγορά

#### Αναλυτικότερα,

- η πρόβλεψη του χρηματοοικονομικού μοντέλου ενός έργου είναι δυσμενής όταν τα επίπεδα των υποχρεώσεων (χρέη) είναι υψηλά. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να προσδιορίζεται το νεκρό σημείο του έργου (έσοδα = έξοδα). Όταν τα έσοδα που προκύπτουν από τον κύκλο των εργασιών του έργου είναι μεγαλύτερα από τις δαπάνες του, τότε το σχέδιο είναι οικονομικά βιώσιμο και προσελκύει τους επενδυτές.
- ο βαθμός ρίσκου είναι αυτό που ενδιαφέρει τον χρηματοδότη ενός έργου. Οι χρηματοδότες - δανειστές θέλουν να κατοχυρώσουν ότι το έργο έχει κάτι παραπάνω από ικανοποιητικά κέρδη για να μπορεί να αντεπεξέλθει στις υποχρεώσεις του σε πιθανά σενάρια δυσκολιών.
- Σημαντικοί παράγοντες είναι και η Καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης

### Άμεσες υποχρεώσεις

Οι άμεσες υποχρεώσεις μπορούν να χωριστούν σε επιμέρους (δόσεις δανείου ή υποχρεώσεις (facilities)), σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του έργου. Συγκεκριμένα:

1. το δάνειο για να καλυφθεί ο Φ.Π.Α
2. το δάνειο που καλύπτει το σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου
3. το απόθεμα (για πιθανά έκτακτα κόστη)

Τα χαρακτηριστικά του δανείου, όπως τα περιθώρια, η προθεσμία εξόφλησης, αντανακλούν την ικανότητα αποπληρωμής της χρηματοδότησης του έργου και των απαιτήσεων προς τις τράπεζες.

Ένα σημείο αναφοράς που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του περιθωρίου κέρδους της χρηματοδότησης για δημόσιες παραχωρήσεις είναι η χρονική διάρκεια μεταξύ της αποπληρωμής των δανειακών υποχρεώσεων και της λήξης της περιόδου σύμπραξης (tail). Είναι αντιληπτό ότι οι τράπεζες επενδύουν πολύ πιο εύκολα σε έργα παραχώρησης με μεγάλη χρονική διάρκεια γιατί με τον τρόπο αυτό αντισταθμίζουν τον κίνδυνο, που συνδέεται με το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της παραχώρησης τα τυχόν εμπόδια που μπορεί να προκύψουν, εμποδίζουν την ευκαιρία επαναχρηματοδότησης του κεφαλαίου που δεν έχει αποπληρωθεί

Το επιτόκιο βασίζεται σε κάποιο επιτόκιο αναφοράς (Libor ή Euribor) συν κάποιο «άνοιγμα» (spread), με σκοπό να καλυφθεί ο κίνδυνος. Το «άνοιγμα» (spread) εξαρτάται από το είδος του έργου και τη φάση που βρίσκεται. Η χρηματοδότηση συνήθως ξεκινά με κυμαινόμενο επιτόκιο αλλά τις περισσότερες φορές καλύπτεται από συμβόλαια αντιστάθμισης κινδύνου του επιτοκίου, όπως τα swaps, collars ή interest rate options. Αυτές οι συμφωνίες πρέπει να περιλαμβάνονται στο χρηματοοικονομικό μοντέλο ενός έργου.

Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει δυνατότητα ευελιξίας στον τρόπο αποπληρωμής του δανείου, παρότι, αν και είναι φυσικό, τα συμφέροντα των τραπεζών και των επενδυτών συγκρούονται. Ενώ οι επενδυτές επωφελούνται οικονομικά από ένα χρηματοδοτικό

πλάνο που καθυστερεί την αποπληρωμή των υψηλών δόσεων, οι τράπεζες προτιμούν άντ' αυτού να περιορίσουν στην έκθεσή τους όσο το δυνατόν γρηγορότερα.

Προσδιορίζοντας τον αποδεκτό λόγο χρέη /ίδια κεφάλαια μιας επένδυσης

Από την άποψη των χρηματοοικονομικών μοντέλων, το πρόβλημα προσδιορισμού αποδεκτού λόγου χρέη /ίδια κεφάλαια, λειτουργεί κυκλικά. Τα λειτουργικά έσοδα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να πληρωθεί το κόστος της συντήρησης και τα μερίσματα των μετόχων, αλλά δεν είναι γνωστό σε τι ποσά αναλογούν αυτά, αν δεν είναι γνωστό το ύψος των υποχρεώσεων και του εκχωρούμενου κεφαλαίου για το έργο. Απ' την άλλη μεριά το ποσό του δανείου που πραγματικά χρησιμοποιήθηκε, προσδιορίζει τη συνολική ταμειακή ροή που καλύπτει λαμβάνοντας υπόψη την κεφαλαιοποίηση των τόκων και των αμοιβών στο ίδιο το δάνειο κατά την περίοδο κατασκευής.

Συγκρίνοντας τη δυναμικότητα του χρέους (που αντιπροσωπεύεται από τα λειτουργικά έσοδα) και τις απαιτήσεις του χρέους, φαίνεται αν ο λόγος χρέη/ίδια κεφάλαια είναι αποδεκτός.

Κύριο μέλημα ενός συμβούλου είναι να δημιουργήσει μια συμφωνία με μια κεφαλαιακή δομή που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της κατασκευαστικής εταιρείας του έργου αλλά και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης της επένδυσης. Παρόλα αυτά, συνήθως είναι απαραίτητος ένας συμβιβασμός ανάμεσα στις απαιτήσεις του αναδόχου και το επιτόκιο των τραπεζών. Αν δεν συμβεί αυτό, δεν θα είναι εφικτό να βρεθεί το απαραίτητο κεφάλαιο για το συγκεκριμένο σχέδιο – έργο.

Βέλτιστη δομή συμφωνίας για τον ανάδοχο ενός έργου

Πρώτο μέλημα ενός συμβούλου είναι να εξασφαλίσει συμφωνία που θα είναι σύμφωνη με τις εντολές του αναδόχου. Στην ουσία, οι ανάδοχοι περιμένουν την επιστροφή του κεφαλαίου που επένδυσαν, η οποία είναι ανάλογη, τις περισσότερες φορές, με το βαθμό κινδύνου που λήφθηκε για το συγκεκριμένο σχέδιο.

Ο συνήθης τρόπος για τον υπολογισμό της απόδοσης πάνω στο κεφάλαιο είναι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο που κάνει την καθαρή παρούσα αξία ενός σχεδίου θετικής λειτουργικής ταμειακής ροής ίση



με την καθαρή παρούσα αξία αρνητικής ταμειακής ροής του ίδιου σχεδίου. Το πρώτο συμβαίνει στη φάση λειτουργίας και το δεύτερο στη φάση κατασκευής.

Θεωρούμε ότι για τα λειτουργικά κόστη ισχύουν:

- Χρηματοδοτούνται μερικώς με δανειακά κεφάλαια και μερικώς με ίδια κεφάλαια κατά τη φάση κατασκευής
- Κάποιο μερίδιο προορίζεται για να πληρωθεί το χρέος και ένα άλλο μέρος πάει για να πληρωθούν τα μερίσματα των μετόχων κατά τη φάση λειτουργίας.

Έχοντας αυτά υπόψη μπορεί να υπολογιστεί ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA) απ' την πλευρά του αναδόχου και του δανειστή.

Για τους αναδόχους, οι θετικές μελλοντικές ροές εκφράζονται είτε σε μερίσματά και πληρώνονται απ' την ανάδοχη εταιρεία του έργου είτε από τους τόκους και τα κεφάλαια, όταν το επίπεδο χρεών και υποχρεώσεων είναι χαμηλό. Οι αρνητικές ροές δηλώνουν απώλεια ιδίων κεφαλαίων από το έργο.

Ο χαμηλότερος αποδεκτός εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA) για τον ανάδοχο του έργου αντιστοιχεί στο μέσο κόστος κεφαλαίου ή σ' ένα επιτόκιο υψηλότερο από το συμφωνημένο στην αρχή. Κάτω από τις τιμές αυτές δεν υπάρχει ενδιαφέρον από τους δανειστές και το σχέδιο δεν είναι οικονομικά αποδεκτό.

Το κόστος των ιδίων κεφαλαίων της αναδόχου εταιρείας αντανακλά το μέσο κόστος κεφαλαίου για κάθε ανάδοχο. Το ποσό του χρέους αντανακλά την αντίληψη της χρηματοοικονομικής αγοράς για τον κίνδυνο του σχεδίου, όπως επίσης την ένταση του ανταγωνισμού στις χρηματοοικονομικές αγορές.

Βέλτιστη δομή κεφαλαίου για την χρηματοδότηση της επένδυσης

Ένας σύμβουλος ή συμμετέχοντας σε κάποια συμφωνία χρηματοδότησης έργου, κάνει μια αποτίμηση της οικονομικής ευρωστίας του σχεδίου με ποικίλους τρόπους.

Πρώτο βήμα είναι να υπολογίσει την Καθαρή Παρούσα Αξία χρησιμοποιώντας στοιχεία που περιλαμβάνονται στο χρηματοοικονομικό μοντέλο και συλλέχθηκαν από

τον ίδιο. Οι χρηματικές ροές υπολογίζονται μέχρι τη στιγμή της αποτίμησης (δηλ. μέχρι τη στιγμή που ο ανάδοχος ζητάει από την τράπεζα την πρώτη εκταμίευση της επιχορήγησης του σχεδίου), χρησιμοποιώντας το κόστος χρηματοδότησης. Να σημειωθεί ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η ΚΠΑ τόσο χαμηλότερο το κόστος χρηματοδότησης.

Δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (EBA) των χρηματοροών των αμοιβών των δανειστών, των τόκων και της συνεισφοράς /αποπληρωμής του κεφαλαίου.

Η αντίληψη και η επιδεξιότητα ενός συμβούλου φαίνονται στην ικανότητά του να επισημάνει έναν EBA, ο οποίος θα προκαλέσει το ενδιαφέρον των οικονομικών επιτροπών των χρηματοδοτών. Προτείνοντας έναν EBA ο οποίος είναι πολύ χαμηλός, θα προσελκύσει αναδόχους, εμπεριέχει όμως και τον κίνδυνο να ενδιαφερθεί μόνο μια περιορισμένη μερίδα χρηματοδοτών.

Ένα ικανοποιητικό επίπεδο EBA παρέχει ένα επιπλέον φίλτρο στον σύμβουλο επενδύσεων για τις διαφορετικές τιμές του λόγου  $\frac{\text{υποχρεώσεις σε τρίτους δάνεια χρέη}}{\text{ίδια κεφάλαια}}$  και αφορά το αρχικό σχέδιο. Συγκεκριμένα:

- Αν η προτεινόμενη χρηματοδοτική δομή ικανοποιεί τον ανάδοχο αλλά όχι τους τραπεζίτες, τότε το σχέδιο πρέπει να απορριφθεί
- Αν δεν προκύπτουν ικανοποιητικές τιμές του παραπάνω λόγου τόσο για τους μετόχους όσο και για τις τράπεζες, τότε οι εκτιμήσεις στις χρηματοροές λειτουργίας πρέπει να αναθεωρηθούν. Απαιτείται να προκύψει ισορροπία ανάμεσα στα συμφέροντα αναδόχων – χρηματοδοτών.
- Αν ο παραπάνω λόγος ικανοποιεί και τις δύο πλευρές, τότε το σχέδιο είναι οικονομικά αποδεκτό και η ανάλυση ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό των δεικτών κάλυψης. Αν οι δείκτες αυτοί είναι αποδεκτοί από τους δανειστές, τότε η χρηματοδοτική δομή του επενδυτικού σχεδίου είναι η ορθή.

Αν η διαφορά (EBA – κόστος χρηματοδότησης) από συγκεκριμένη τράπεζα είναι θετική, τότε η πραγμάτωση της αρχικής ιδέας θα είναι εφικτή, αφού ΚΠΑ θετική. Η διαφορά αυτή εξαρτάται από την τράπεζα χρηματοδότησης και τους συμφωνημένους τόκους του χρηματοδοτικού δανείου.

### Κόστος κεφαλαίου

Το κόστος κεφαλαίου είναι η απόδοση που απαιτούν αυτοί που χρηματοδοτούν τις επενδύσεις των επιχειρήσεων (μέτοχοι, αγοραστές ομολογιών, τράπεζες κ.λ.π.). Εναλλακτικά, ως κόστος κεφαλαίου θεωρείται η ελάχιστη απόδοση που θα πρέπει να επιτύχουν οι επενδύσεις μιας εταιρείας για να γίνουν αποδεκτές.

Το κόστος κεφαλαίου είναι σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση των επενδύσεων. Είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο (rate of return), το οποίο χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της Καθαρής παρούσας αξίας του υπό εξέταση έργου. Εναλλακτικά, αν χρησιμοποιείται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA), τότε αυτός συγκρίνεται με το κόστος κεφαλαίου.

### Κόστος ιδίων κεφαλαίων

Αν μια επιχείρηση χρηματοδοτείται μόνο από ίδια κεφάλαια, τότε το κόστος κεφαλαίου είναι ίσο με το κόστος ιδίων κεφαλαίων. Η αποτίμηση του κόστους κεφαλαίου βασίζεται στην μεθοδολογία της αποτίμησης των περιουσιακών στοιχείων. Συνεπώς το κόστος των ιδίων κεφαλαίων θα αποτελέσει για έναν επενδυτή μέτρο σύγκρισης αυτού και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου που προτίθεται να πραγματοποιήσει, καθώς θα αποτελέσει το προεξοφλητικό επιτόκιο που θα χρησιμοποιηθεί από την επιχείρηση για να βρεθεί αν η Καθαρή παρούσα αξία του επενδυτικού σχεδίου είναι θετική ή αρνητική.

### Κόστος ξένων κεφαλαίων

Μια επιχείρηση σπάνια χρηματοδοτείται μόνο από ίδια κεφάλαια. Η κεφαλαιακή διάθρωση της επιχείρησης περιλαμβάνει τόσο ίδιες όσο και ξένες πηγές χρηματοδότησης, οπότε απαιτείται ο υπολογισμός του κόστους κεφαλαίου τόσο των ιδίων όσο και των ξένων.

### Μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital (WACC))

Η υπόθεση του κατάλληλου κόστους ευκαιρίας κεφαλαίου είναι από τις πιο σημαντικές αλλά και δύσκολες εργασίες, ώστε να υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) μιας επένδυσης. Υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις πρέπει να εξεταστεί η δομή

του κεφαλαίου μιας επιχείρησης και της επίδρασής του στο κόστος κεφαλαίου, ώστε να προκύψει το κατάλληλο κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου. Αν θεωρηθεί ότι το κόστος των ιδίων κεφαλαίων είναι  $r_e$  (cost of equity capital) και το κόστος των ξένων κεφαλαίων  $r_d$  (cost of debt) τότε το κόστος κεφαλαίου (WACC – Weighted average cost of capital) είναι ο μέσος σταθμικός των δύο:

$$\text{WACC} = [(1 - g) \times r_e] + [g \times r_d] \quad (2.1)$$

όπου,

$g$  είναι ο βαθμός μόχλευσης μιας επιχείρησης

$r_d$  το κόστος ξένων κεφαλαίων το οποίο ισούται με την απόδοση χωρίς τον κίνδυνο ( $r_f$  - risk free rate) + κόστος κινδύνου.

$r_e$  το κόστος ιδίων κεφαλαίων

Η εύρεση του κόστους κεφαλαίου με την παραπάνω μέθοδο, λόγω των δυσκολιών υπολογισμού της, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα και κατ' επέκταση σε λανθασμένες επιλογές. Ο υπολογισμός του κόστους κεφαλαίου με το συγκεκριμένο τρόπο έχει σχεδιαστεί για περιπτώσεις διαρκούς αυξανόμενης μόχλευσης, όταν ο χρόνος ζωής του σχεδίου είναι πεπερασμένος. Αυτό συμβαίνει γιατί ένας σταθερός λόγος ξένων /ίδια κεφάλαια δεν σημαίνει και σταθερό ποσοστό παρούσας αξίας των λειτουργικών χρηματοροών. Επομένως, ο αρχικός κίνδυνος είναι υπερεκτιμημένος και μεταγενέστεροι πιθανοί κίνδυνοι παραβλέπονται.

Αν μια εταιρεία υποτιμήσει το κόστος κεφαλαίου της, ενδέχεται να επενδύσει σε σχέδια τα οποία δεν θα αποφέρουν την απαραίτητη απόδοση. Επίσης, μια ενδεχόμενη υποτίμηση του κόστους κεφαλαίου μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση των ιδίων κεφαλαίων μιας εταιρείας και αυτό γιατί οι δυσαρεστημένοι επενδυτές θα αποσύρουν τα μερίδιά τους, ώστε να επενδύσουν κάπου αλλού ή θα υπάρξει δυσκολία σε μελλοντική αύξηση του κεφαλαίου. Αντίθετα, αν υπερεκτιμήσει το κόστος κεφαλαίου της, μπορεί να μην επενδύσει σε σχέδια που θα έχουν την προσδοκώμενη απόδοση και έτσι να χάσει ευκαιρίες. Και οι δύο λανθασμένες εκτιμήσεις θα δημιουργήσουν πρόβλημα.

### Κίνδυνος και κόστος κεφαλαίου (Ιδιωτικός και Δημόσιος Τομέας)

Η επιλογή ενός υπερτιμημένου ή υποτιμημένου επιτοκίου προεξόφλησης για την αποτίμηση ενός επενδυτικού σχεδίου επηρεάζει καθοριστικά τα αποτελέσματα της χρηματοοικονομικής ανάλυσής του. Όπως αναλύθηκε και παραπάνω το προεξοφλητικό επιτόκιο αποτελεί το μέγιστο δυνατό ποσοστό απόδοσης της επένδυσης στον φορέα που υλοποιεί την επένδυση εάν οι χρηματικοί πόροι επενδύονταν σε κάποια άλλη μορφή επένδυσης. Τα ερωτήματα, που ενδεχομένως μπορεί να προκύψουν, είναι τα ακόλουθα: το ίδιο προεξοφλητικό επιτόκιο χρησιμοποιείται στις δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις; Αν όχι, που εστιάζεται η διαφορά στην επιλογή;

Οι δημόσιες επενδύσεις έχουν σαν γνώμονα την προώθηση του κοινωνικού συμφέροντος. Με λίγα λόγια, το κράτος επενδύει σε έργα που δίνουν ώθηση τόσο στην οικονομία όσο και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των πολιτών της, όπως για παράδειγμα η υλοποίηση συγκοινωνιακών έργων (κατασκευή μετρό, η Αττική Οδός κ.λ.π). Το κράτος, λοιπόν, μπορεί να υλοποιήσει ακόμα και μια επένδυση που να είναι ζημιογόνα σε οικονομικούς δείκτες αλλά ωφέλιμη για το κοινωνικό σύνολο. Επομένως, προκύπτει ότι η χρήση της αναμενόμενης αξίας ως κριτήριο για τη λήψη μιας απόφασης υπό αβεβαιότητα αγνοεί πλήρως το βαθμό, στον οποίο αυτός που θα λάβει την απόφαση είναι διατεθειμένος να αναλάβει μεγαλύτερο ρίσκο προσδοκώντας μεγαλύτερα ενδεχόμενα κέρδη. Με άλλα λόγια, το κριτήριο αυτό υπονοεί αδιαφορία απέναντι στον κίνδυνο (risk neutrality). Άρα, το επιτόκιο προεξόφλησης που συνήθως επιλέγεται για τις δημόσιες επενδύσεις είναι ίσο με το επιτόκιο που προσφέρει το ομόλογο του δημοσίου (ακίνδυνο επιτόκιο).

Στον αντίποδα των δημόσιων επενδύσεων τώρα, βρίσκονται οι ιδιωτικές επενδύσεις. Συνήθως το προεξοφλητικό επιτόκιο στις ιδιωτικές επενδύσεις λαμβάνεται υψηλότερο σε σχέση με αυτό των δημοσίων και αυτό γιατί όλο το ρίσκο που εμπεριέχεται στην επένδυση το αναλαμβάνουν εξ' ολοκλήρου τα ιδιωτικά κεφάλαια. Η υπερβάλλουσα απόδοση που απαιτείται για μια επένδυση που εμπεριέχει μεγαλύτερο ρίσκο (από μια άλλη χωρίς ρίσκο) λέγεται κόστος κινδύνου (risk premium).

### 2.2.6. Οικονομική ανάλυση – Μόνο για δημόσια έργα

Η λογική στην οποία βασίζεται η οικονομική ανάλυση είναι ότι οι εισροές του έργου πρέπει να αποτιμώνται με βάση το κόστος ευκαιρίας τους και οι εκροές με βάση την προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος ευκαιρίας δεν αντιστοιχεί υποχρεωτικά στο τρέχον χρηματοοικονομικό κόστος. Ομοίως, η προθυμία για πληρωμή δεν προκύπτει πάντα ορθώς από τις τρέχουσες αγοραίες τιμές, οι οποίες μπορεί να είναι στρεβλωμένες ή ακόμη και να μην υπάρχουν. Η οικονομική ανάλυση πραγματοποιείται από την οπτική γωνία της κοινωνίας.

Οι ταμειακές ροές της χρηματοοικονομικής ανάλυσης θεωρούνται το σημείο αφετηρίας της οικονομικής ανάλυσης. Κατά τον καθορισμό των δεικτών οικονομικής απόδοσης απαιτούνται ορισμένες προσαρμογές.

- Δημοσιονομικές διορθώσεις: οι έμμεσοι φόροι (π.χ. ο ΦΠΑ), οι επιδοτήσεις και οι καθαρές μεταβιβάσεις πληρωμών (π.χ. οι πληρωμές κοινωνικής ασφάλισης) πρέπει να αφαιρούνται. Εντούτοις, οι τιμές πρέπει να περιλαμβάνουν τους άμεσους φόρους. Επίσης, εάν συγκεκριμένοι έμμεσοι φόροι/επιδοτήσεις έχουν ως σκοπό να διορθώσουν τις εξωγενείς επιδράσεις, τότε αυτοί πρέπει να συμπεριλαμβάνονται.
- Διορθώσεις των εξωγενών επιδράσεων: ορισμένες συνέπειες του έργου ενδέχεται να επηρεάζουν άλλους οικονομικούς παράγοντες χωρίς αντιστάθμιση. Οι συνέπειες αυτές μπορεί να είναι είτε αρνητικές (μια νέα οδός η οποία αυξάνει τα επίπεδα ρύπανσης) είτε θετικές (μια νέα σιδηροδρομική γραμμή η οποία μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στην αντίστοιχη οδική σύνδεση). Καθώς, εξ ορισμού, οι εξωγενείς επιδράσεις δεν έχουν χρηματική αντιστάθμιση, δεν περιλαμβάνονται στη χρηματοοικονομική ανάλυση και, ως εκ τούτου, πρέπει να εκτιμώνται και να αποτιμώνται.
- Από τις τιμές της αγοράς στις λογιστικές (εικονικές) τιμές: εκτός από τις δημοσιονομικές στρεβλώσεις και τις εξωγενείς επιδράσεις, και άλλοι παράγοντες μπορούν να απομακρύνουν τις τιμές από ένα ανταγωνιστικό (δηλαδή αποδοτικό) επίπεδο ισορροπίας: μονοπωλιακές καταστάσεις, φραγμοί στο εμπόριο, εργατική νομοθεσία, πλημμελής πληροφόρηση κ.λ.π. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι παρατηρούμενες αγοραίες (δηλ. χρηματοοικονομικές) τιμές είναι παραπλανητικές συνεπώς, πρέπει να χρησιμοποιούνται λογιστικές

(εικονικές) τιμές, οι οποίες αντικατοπτρίζουν το κόστος ευκαιρίας των εισροών και την προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για τις εκροές. Οι λογιστικές τιμές υπολογίζονται με την εφαρμογή συντελεστών μετατροπής στις χρηματοοικονομικές τιμές.

Όταν εκτιμηθεί το κόστος και τα οικονομικά οφέλη, εφαρμόζεται η τυποποιημένη μέθοδος ΠΤΡ, αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας κοινωνικός συντελεστής προεξόφλησης.

Οι ακόλουθοι δείκτες οικονομικής απόδοσης μπορούν να καθοριστούν για το έργο:

- Τρέχουσα καθαρή οικονομική αξία (ΤΚΟΑ): πρέπει να είναι μεγαλύτερη του μηδενός προκειμένου να είναι το έργο επιθυμητό από οικονομικής πλευράς.
- Ποσοστό οικονομικής απόδοσης (ΠΟΑ): πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τον κοινωνικό συντελεστή προεξόφλησης.
- Λόγος οφέλους /κόστους (Ο/Κ): πρέπει να είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα.

Το ΠΟΑ και ο λόγος Ο/Κ παρέχουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες επειδή δεν εξαρτώνται από το μέγεθος του έργου. Εντούτοις, οι δείκτες αυτοί ενδέχεται να παρουσιάζουν ορισμένες υπολογιστικές δυσκολίες. Η ΤΚΟΑ είναι περισσότερο αξιόπιστη και θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως ο κύριος δείκτης αναφοράς για την αξιολόγηση των έργων.

Δεν μπορούν πάντα να ποσοτικοποιηθούν και να αποτιμηθούν όλες οι κοινωνικοοικονομικές συνέπειες. Για το λόγο αυτό, εκτός από την εκτίμηση των δεικτών απόδοσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το κόστος και τα οφέλη που δεν είναι εκφρασμένα σε χρηματικά ισοδύναμα, ιδίως σε σχέση με τα ακόλουθα θέματα: (καθαρός) αντίκτυπος στην απασχόληση, περιβαλλοντική προστασία, κοινωνική ισότητα και ισότητα των ευκαιριών.

### 2.3. Ειδικές Απαιτήσεις για Μελέτη Κόστους-Οφέλους Έργων Παραγωγής Ενέργειας

#### *Καθορισμός των στόχων*

- κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από οποιαδήποτε πηγή ενέργειας
- έρευνα για τον εντοπισμό κοιτασμάτων και γεωτρήσεις φυσικού αερίου ή πετρελαιοπηγών
- μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας
- αυξημένη παραγωγή ενέργειας για την κάλυψη αυξανόμενης ζήτησης
- μείωση των εισαγωγών ενέργειας, αντικαθιστώντας αυτές με τοπικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- εκσυγχρονισμός των υφισταμένων εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, π.χ. για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος
- τροποποίηση της σύνθεσης ενεργειακών πηγών, π.χ. αυξάνοντας το μερίδιο του φυσικού αερίου ή των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας

#### *Προσδιορισμός του έργου*

- προσδιορισμός του προορισμού, της έκτασης και της χωροθέτησης της προς εξυπηρέτηση περιοχής (π.χ. η έρευνα και η διάνοιξη ενός νέου συγκροτήματος φρεάτων μπορεί να έχει ως στόχο τον ενεργειακό εφοδιασμό περισσότερων από μίας χωρών, ένας νέος σταθμός υψηλής τάσης μπορεί να εξυπηρετήσει μια ολόκληρη περιφέρεια κλπ.)
- περιγραφή της προβλεπόμενης θέσης του προϊόντος στην αγορά
- προσδιορισμός των σταδίων της επένδυσης (π.χ. για ένα συγκρότημα φρεάτων, η έρευνα για τον εντοπισμό κοιτασμάτων στην περιοχή στόχου, η πρώτη πειραματική γεώτρηση, η εξορυκτική και η εμπορική εκμετάλλευση, το κλείσιμο)
- περιγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών της υποδομής
- αναφορά των βασικών λειτουργικών στοιχείων, όπως: ο τύπος της εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η εγκατεστημένη ισχύς και η



παραγόμενη ενέργεια· η εν δυνάμει ετήσια ικανότητα παραγωγής των συγκροτημάτων φρεάτων

- προσδιορισμός των φυσικών χαρακτηριστικών (π.χ. τις ζώνες που καλύπτονται από τα συγκροτήματα φρεάτων και τη χωροθέτησή τους)
- περιγραφή των κατασκευαστικών τεχνικών, των τεχνολογικών μεθόδων και των μεθόδων μετατροπής για τις εγκαταστάσεις παραγωγής
- περιγραφή της επεξεργασίας των λυμάτων και των καυσαερίων με αναφορά του αριθμού και της θέσης των σημείων παροχέτευσης των λυμάτων και διάθεσης των αποβλήτων
- περιγραφή των σημαντικών τεχνικών στοιχείων, όπως οι υπόγειες κατασκευές, τα φράγματα, οι ειδικές τεχνικές λύσεις για την επεξεργασία των αναρροών, τα αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου, τα συστήματα τηλεπικοινωνιών κλπ.

#### *Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών δυνατοτήτων*

Βασικές πληροφορίες: η ζήτηση ενέργειας, οι εποχικές και μακροπρόθεσμες τάσεις και, όσον αφορά τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αντιπροσωπευτικό διάγραμμα της συνήθους ημερήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην ανάλυση των εναλλακτικών δυνατοτήτων, η σύγκριση πρέπει να λαμβάνει υπόψη διαφορετικές λύσεις στο πλαίσιο της ίδιας υποδομής (π.χ. διαφορετικές τεχνολογίες για την παραγωγή και πειραματική εκμετάλλευση, διαφορετικές τεχνολογίες για την επεξεργασία των αναρροών κλπ.), καθώς και πιθανές ρεαλιστικές λύσεις για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας (π.χ. εφαρμογή μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας μάλλον παρά την κατασκευή ενός νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής).

#### *Χρηματοοικονομική ανάλυση*

Απαιτούνται προβλέψεις για τα ακόλουθα στοιχεία:

- τις δυναμικές των τιμών
- τα σενάρια ανάπτυξης των άλλων τομέων (οι τάσεις στον τομέα της ζήτησης ενέργειας συνδέονται στενά με τις δυναμικές στους άλλους τομείς)

χρονικός ορίζοντας: 30-35 χρόνια

*Άλλα στοιχεία αξιολόγησης*

- αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθεσίες πρέπει να εντάσσεται σε διαδικασία έγκρισης
- αξιολόγηση των έμμεσων οικονομικών στοιχείων του κόστους, όπως αυτά που προέρχονται από τη χρησιμοποίηση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί στην εκτίμηση

*Οικονομική ανάλυση*

Τα βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίζονται είναι τα ακόλουθα:

- η νομισματική αξία των ωφελειών. Οι ωφέλειες πρέπει να προσδιορίζονται ποσοτικά ως έσοδα παραγόμενα από την πώληση ενέργειας (σε κατάλληλες λογιστικές τιμές) και να αξιολογούνται, ενδεχομένως, με την εκτίμηση του ποσού που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο τοπικός πληθυσμός για την ενέργεια, προσδιορίζοντας ποσοτικά τα ποσά που ο χρήστης οφείλει να καταβάλει για την αγορά ενέργειας (π.χ. με την εγκατάσταση και τη χρησιμοποίηση ανεξάρτητων γεννητριών ή με την απευθείας αγορά του καυσίμου στην αγορά)
- η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών εξωτερικών επιδράσεων
- το κόστος των μέτρων που είναι απαραίτητα για την εξουδετέρωση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων στον αέρα, το νερό και το έδαφος
- το κόστος των άλλων αναπόφευκτων αρνητικών εξωτερικών επιδράσεων, όπως η απώλεια γαιών, η καταστροφή τοπίων κλπ.
- ο προσδιορισμός του κόστους ευκαιρίας των διαφόρων συντελεστών παραγωγής. Το οικονομικό κόστος των πρώτων υλών πρέπει να αποτιμάται λαμβανομένης υπόψη της ζημιάς που συνεπάγεται για την κοινωνία ή μη διάθεσή τους σε άλλες πιθανές θετικές χρήσεις τους
- η αξία που αποδίδεται σε μια μικρότερη ή μεγαλύτερη εξωτερική εξάρτηση για τον ενεργειακό εφοδιασμό. Η αξιολόγηση πρέπει να διενεργείται με την εφαρμογή των κατάλληλων λογιστικών τιμών στην εισαγόμενη ενέργεια υποκατάστασης.

*Ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας*

Καθοριστικοί παράγοντες: το υψηλό κόστος της επένδυσης και η μεγάλη διάρκεια του κύκλου του έργου.

Η ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας πρέπει να λαμβάνει υπόψη τουλάχιστον τις ακόλουθες μεταβλητές:

- το κόστος του σταδίου της έρευνας (δηλαδή την έρευνα για τον εντοπισμό νέων κοιτασμάτων ή νέων τεχνολογικών διεργασιών)
- το κόστος του σταδίου υλοποίησης του έργου (δαπάνες εργοταξίου)
- τις δυναμικές της ζήτησης (δηλαδή τις προβλέψεις του ρυθμού αύξησης, της ελαστικότητας της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κλπ.)
- τις δυναμικές των τιμών πώλησης της παραγόμενης ενέργειας (ή των ενεργειακών προϊόντων)
- τις δυναμικές των βασικών εξόδων παραγωγής (καύσιμα, κλπ.)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### REAL OPTIONS

#### 3. Real Options

##### 3.1. Χαρακτηριστικά και Κριτική του «Παραδοσιακού» Τρόπου Αξιολόγησης Έργων και Επενδύσεων

Το μοντέλο των προεξοφλημένων ταμειακών ροών αποτελεί τον παραδοσιακό τρόπο αξιολόγησης έργων και επενδύσεων. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τις δυνατότητες, τους περιορισμούς και τα μειονεκτήματα του μοντέλου αυτού.

Η διαδικασία αξιολόγησης μιας επένδυσης περιλαμβάνει τον υπολογισμό των αναμενόμενων ταμειακών ροών και του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου. Κατά αυτόν τον τρόπο επενδύσεις με τις ίδιες αναμενόμενες ταμειακές ροές θα έχουν την ίδια παρούσα αξία, εφόσον αναφέρονται στην ίδια επιχειρηματική δραστηριότητα και αναλαμβάνονται από την ίδια εταιρεία, ώστε να φέρουν τον ίδιο κίνδυνο.

Το παραδοσιακό μοντέλο των προεξοφλημένων ταμειακών ροών δε λαμβάνει υπόψη κάποια από τα πραγματικά χαρακτηριστικά του αγαθού ή τη δυνατότητα επένδυσης. Οι παραδοσιακές μεθοδολογίες παίρνουν σα δεδομένο ότι η επένδυση αποτελεί μία “όλα ή τίποτα” στρατηγική και θεωρούν ότι δεν υπάρχει ευελιξία στη διαχείριση μιας επένδυσης, ώστε όταν κάποιες από τις παραμέτρους αβεβαιότητας του έργου γίνουν γνωστές, η διοίκηση να μπορεί να αλλάξει την πορεία της επένδυσης.

Το μοντέλο των Π.Τ.Ρ. αποτελεί ένα ντετερμινιστικό μοντέλο, το οποίο υποθέτει ότι όλα τα μελλοντικά εισοδήματα είναι δεδομένα και σταθερά. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μη λαμβάνονται υπόψη οι οποιεσδήποτε αλλαγές συνθηκών, οι οποίες θα μπορούσαν να αλλάξουν την αξία του έργου. Συμπερασματικά, το μοντέλο των Π.Τ.Ρ. δεν αναγνωρίζει την αξία της ευελιξίας κι έτσι υποεκτιμάται η αξία του έργου.

Με την παραδοσιακή μέθοδο του υπολογισμού των Π.Τ.Ρ. μπορεί να προκύψουν αρκετά προβλήματα, όπως η υποεκτίμηση ενός αγαθού που –υπό τις παρούσες συνθήκες- παράγει μικρές ή καθόλου Τ.Ρ., η ασταθής φύση του προεξοφλητικού επιτοκίου του μέσου σταθμικού κόστους κεφαλαίου κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, η εκτίμηση της οικονομικής ζώης ενός αγαθού, η πρόβλεψη λαθών στη μελλοντική δημιουργία Τ.Ρ. και τα ανεπαρκή δεδομένα για τα πιθανά τελικά αποτελέσματα.

Σημαντικό επίσης πρόβλημα στο μοντέλο των Π.Τ.Ρ. παρουσιάζεται κατά τον υπολογισμό της Κ.Π.Α. Πιο συγκεκριμένα, η Κ.Π.Α. ισούται με την παρούσα αξία των μελλοντικών καθαρών ταμειακών ροών (κέρδη) μείον την παρούσα αξία του κόστους επένδυσης. Το λάθος εντοπίζεται όταν οι δύο αυτοί παράγοντες ανάγονται στο παρόν με το ίδιο προσαρμοσμένο στον κίνδυνο προεξοφλητικό επιτόκιο, ενώ θα έπρεπε μόνο τα κέρδη να ανάγονται με αυτό το επιτόκιο και το κόστος με ένα επανεπενδυτικό επιτόκιο, παρόμοιο με το απαλλαγμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο. Οι ταμειακές ροές που εμπεριέχουν τους κινδύνους της αγοράς πρέπει να ανάγονται με ένα προσαρμοσμένο στον κίνδυνο της αγοράς επιτόκιο, σε αντίθεση με τις ταμειακές ροές που εμπεριέχουν ιδιωτικούς κινδύνους και πρέπει να ανάγονται με ένα απαλλαγμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο. Συμπερασματικά, τα κέρδη και τα κόστη πρέπει να ανάγονται με διαφορετικά επιτόκια, αφού υπόκεινται σε διαφορετικούς κινδύνους.

Βραχυπρόθεσμα, το μοντέλο των Π.Τ.Ρ. δύναται να προβλέψει με σχετική ακρίβεια τη μελλοντική έκβαση της επένδυσης. Μακροπρόθεσμα, εντούτοις, απαιτούνται πιο προχωρημένες και αναλυτικές μέθοδοι, όπως τα *real options*, η προσομοίωση Monte Carlo και η βελτιστοποίηση portfolio. Στα μοντέλα αυτά, καθώς ο χρονικός ορίζοντας μεγαλώνει και οι απροσδιόριστοι παράγοντες αυξάνονται, η διοίκηση κερδίζει αξία δημιουργώντας και ασκώντας στρατηγικά δικαιώματα.

Κατά συνέπεια, η θεωρητική θεμελίωση ενός τρόπου αποτίμησης αυτών των δυνατοτήτων είναι επιτακτική. Δύο από τις μεθοδολογίες που έχουν προταθεί είναι αυτές της προσομοίωσης (Hertz, 1964), και της ανάλυσης με δέντρα αποφάσεων (Magee, 1964). Ωστόσο και οι δύο αυτές προσέγγισης αντιμετωπίζουν τη δυσκολία υπολογισμού του κατάλληλα προσαρμοσμένου ως προς τον κίνδυνο επιτοκίου. Παρόλο που ο υπολογισμός τους είναι εφικτός για περιπτώσεις που οι επιχειρηματικές αποφάσεις είναι στατικές μέσω της μεθοδολογίας αποτίμησης περιουσιακών

στοιχείων (CAPM), όταν επιχειρούμε να συμπεριλάβουμε στην αξιολόγηση την ευελιξία ως προς αυτές τις αποφάσεις αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα ότι οι ροές γίνονται ασύμμετρες και πρέπει να προεξοφληθούν με διαφορετικά επιτόκια. Το γεγονός αυτό καθιστά αυτές τις μεθοδολογίες υπερβολικά περίπλοκες και στην πράξη ανεφάρμοστες.

### 3.2. Τα Real Options ως Μέθοδος Αξιολόγησης Έργων και Επενδύσεων

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για την προσέγγιση τέτοιων προβλημάτων βασίζεται στην ακόλουθη διαπίστωση. Οι δυνατότητες που γεννιούνται από τη δυναμική θεώρηση των επιχειρηματικών αποφάσεων έχουν τη μορφή δικαιωμάτων που κατέχει η εταιρεία, τα οποία δεν έχει την υποχρέωση να τα ασκήσει παρά μόνο όταν την συμφέρει να το κάνει. Με το πέρασμα του χρόνου τα στελέχη λαμβάνουν ανώτερη πληροφόρηση για την εξέλιξη των μελλοντικών ταμειακών ροών και η αβεβαιότητα μειώνεται. Σε ένα περιβάλλον που οι επιχειρηματικές αποφάσεις είναι δυναμικές, το γεγονός αυτό αυξάνει την ευελιξία των αρχικών επιχειρηματικών αποφάσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι τελευταίες μπορούν να αλλάξουν σε κάποια μελλοντική στιγμή ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Για παράδειγμα, η διοίκηση μπορεί να επιλέξει να αναβάλλει μία επένδυση, να την επεκτείνει, να την εγκαταλείψει ή ακόμα και να την μεταλλάξει ριζικά. Όλες αυτές οι δυνατότητες είναι δικαιώματα της εταιρεία και θα έχουν θετική αξία, καθώς εξαρτώνται από αυτήν αν θα τα εξασκήσει. Συνεπώς, η αξία τους πρέπει να προστεθεί στην καθαρά παρούσα αξία του επενδυτικού έργου υπό την στατική θεώρηση, ώστε να βρεθεί η πραγματική αξία του υπό τη δυναμική θεώρηση.

$$\text{ΚΠΑ έργου} = \text{Στατική ΚΠΑ} + \text{Αξία Δικαιωμάτων} \quad (3.1)$$

Τα δικαιώματα αυτά ονομάζονται πραγματικά δικαιώματα (real options), επειδή οι υποκείμενες αξίες που προσπαθούν να μοντελοποιήσουν είναι πραγματικές επιχειρηματικές αποφάσεις. Τα είδη των πραγματικών δικαιωμάτων και οι αρχές αποτίμησής τους αναφέρεται στη συνέχεια.

### 3.2.1. Είδη Real Options

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πιο συχνά τα ακόλουθα είδη πραγματικών δικαιωμάτων. Ωστόσο, τονίζεται ότι η αρίθμηση δεν είναι εξαντλητική και ότι υπάρχουν πολλές και εξειδικευμένες, τις περισσότερες φορές, περιπτώσεις. Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις αναφέρονται παρακάτω:

1. Δικαίωμα διακοπής λειτουργίας: Ουσιαστικά είναι ένα αμερικάνικο δικαίωμα αγοράς ενός προϊόντος (call option). Το δικαίωμα αυτό δίνει το δικαίωμα στον κάτοχο να αγοράσει το προϊόν σε μία συγκεκριμένη τιμή. Αυτός θα το ασκήσει μόνο στην περίπτωση που η τιμή του προϊόντος στην αγορά είναι υψηλότερη από την τιμή άσκησης του δικαιώματος. Επιπλέον, επειδή είναι αμερικάνικο δικαίωμα, μπορεί να το ασκήσει οποιαδήποτε στιγμή μέχρι τη λήξη του. Στην περίπτωση αυτού του είδους πραγματικού δικαιώματος, η τιμή άσκησης είναι τα σταθερά κόστη του επενδυτικού σχεδίου στην περίπτωση διακοπής λειτουργίας (συν οποιαδήποτε άλλα κόστη, όπως κόστος ευκαιρίας από απώλεια πελατείας). Ο κάτοχος (ο επιχειρηματίας που έχει αναλάβει το επενδυτικό σχέδιο) θα το ασκήσει στην περίπτωση που τα κόστη μείον τα οφέλη από τη λειτουργία του σχεδίου είναι μεγαλύτερα από τα κόστη διακοπής της λειτουργίας. Η απόδοση που θα λάβει εξαρτάται από το αν θα το εξασκήσει ή όχι, και θα είναι:

$$\max\{(\text{Κόστη Λειτουργίας}-\text{Οφέλη Λειτουργίας})-\text{Κόστος Διακοπής},0\} \quad (3.2)$$

Αυτήν την απόδοση πρέπει να αποτιμήσουμε για να βρούμε την αξία του δικαιώματος.

Τέτοια δικαιώματα παρατηρούνται πολύ συχνά σε εταιρείες εντάσεως κεφαλαίου, όπως αεροπορικές και σιδηροδρομικές εταιρείες, σε εταιρείες παροχής επενδυτικών υπηρεσιών, και σε περιπτώσεις εισαγωγής ενός νέο προϊόντος σε αναπτυσσόμενες, μη ώριμες αγορές.

2. Δικαίωμα επέκτασης της δυναμικότητας: Όπως στην προηγούμενη περίπτωση, το συγκεκριμένο δικαίωμα είναι ένα αμερικάνικο δικαίωμα αγοράς. Η τιμή άσκησης είναι το κόστος δημιουργίας της προστιθέμενης δυναμικότητας. Ο κάτοχος το ασκεί στην περίπτωση που τα οφέλη από την παραπάνω δυναμικότητα υπερβαίνουν το

κόστος κατασκευής της. Ομοίως με πριν, η απόδοσή του δύνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\max(\text{Οφέλη Επέκτασης}-\text{Κόστος Επέκτασης},0) \quad (3.3)$$

Πραγματικά δικαιώματα αυτού του είδους είναι σημαντικά σε εταιρείες που εκμεταλλεύονται φυσικούς πόρους, όπως λιγνίτη ή φυσικό αέριο, στο σχεδιασμό βιομηχανικών μονάδων, σε περιπτώσεις που η ζήτησης είναι εποχιακή.

3. Δικαίωμα αναβολής της επενδυτικής απόφασης: Είναι ένα αμερικανικό δικαίωμα αγοράς επί της αξίας του επενδυτικού σχεδίου.

Το δικαίωμα αυτό έχει μεγάλη εφαρμογή σε περιπτώσεις εκμετάλλευσης φυσικών πόρων και σε εταιρείες real estate.

4. Δικαίωμα επένδυσης σε στάδια: Το συγκεκριμένο πραγματικό δικαίωμα δίνει δυνατότητα υπολογισμού της αξίας ενός επενδυτικού έργου σε στάδια, έτσι ώστε ο κάτοχος του σε κάθε στάδιο το ασκεί μόνο αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, αλλιώς η επένδυση δεν προχωράει στο επόμενο στάδιο και εγκαταλείπεται.

Το δικαίωμα αυτό έχει εφαρμογή σε περιπτώσεις μεγάλων ερευνητικών έργων (R&D), όπως συμβαίνει στις φαρμακοβιομηχανίες, και σε περιπτώσεις επενδυτικών έργων εντάσεως κεφαλαίου, όπως μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

5. Δικαίωμα παράτασης της ζωής ενός περιουσιακού στοιχείου: Είναι ένα ευρωπαϊκό δικαίωμα αγοράς επί της μελλοντικής αξίας του περιουσιακού στοιχείου. Η παράταση της ζωής του γίνεται με πληρωμή ενός ποσού, το οποίο είναι η τιμή άσκησης του δικαιώματος. Είναι ευρωπαϊκό και όχι αμερικάνικο, γιατί ο κάτοχος μπορεί να το ασκήσει μόνο στο τέλος της ζωής του περιουσιακού στοιχείου.

6. Πολλαπλά πραγματικά δικαιώματα που αλληλεπιδρούν: Πολλές φορές στην αξιολόγηση ενός επενδυτικού έργου πρέπει να συμπεριληφθούν περισσότερα από ένα πραγματικά δικαιώματα. Η συνήθης πρακτική είναι να υπολογίζεται η αξία του καθενός ξεχωριστά και στο τέλος να λαμβάνεται υπόψη το άθροισμά τους. Ωστόσο, το δικαιώματα αυτά μπορεί να αλληλεπιδρούν και η συνολική του αξία να μην είναι



απλά το άθροισμα των επιμέρους αξιών. Συνεπώς, χρειάζεται ειδική μεθοδολογία για την αντιμετώπιση τέτοιων περιπτώσεων.

### 3.2.2. Παράδειγμα αξιολόγησης έργου – Σύγκριση μεθοδολογίας real options και προεξοφλημένων ταμειακών ροών

Το παράδειγμα που παραθέτουμε αφορά μία πολύ απλή περίπτωση πραγματικού δικαιώματος αναβολής της επενδυτικής απόφασης. Η διαδικασία υπολογισμού της αξίας του είναι αρκετή απλή σε σχέση με την πραγματικότητα, όπου η αβεβαιότητα αποτυπώνεται με πιο σύνθετες διαδικασίες. Σκοπός του παραδείγματος είναι να συμβάλλει στην κατανόηση της χρησιμότητας των πραγματικών δικαιωμάτων.

Υποθέτουμε επένδυση σε εργοστάσιο αξίας €1600εκ. σήμερα, η οποία θα αποδώσει στο μέλλον €300 εκ. με πιθανότητα 0.5 και €100εκ. με πιθανότητα 0.5. Η αβεβαιότητα παύει να υπάρχει μετά τη πρώτη περίοδο, οπότε και ξέρουμε με πιθανότητα 1 αν θα λάβουμε €300εκ. ή €100εκ. στο μέλλον. Η εταιρεία έχει δύο επιλογές, είτε να επενδύσει σήμερα είτε να περιμένει ένα χρόνο και να επενδύσει μόνο στην ευνοϊκή περίπτωση (στην άλλη η επένδυση δεν συμφέρει). Υποθέτουμε προεξοφλητικό επιτόκιο 10%.

Η κλασική μέθοδος υπολογισμού της καθαρής παρούσας αξίας του επενδυτικού έργου θα βασιζόταν στην προεξόφληση των αναμενόμενων ταμειακών ροών αγνοώντας το γεγονός ότι μπορούμε να αναβάλουμε την επένδυση για ένα χρόνο. Η καθαρή παρούσα αξία του έργου θα ήταν:

$$\text{ΚΠΑ} = -1600 + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{0.5 \cdot 300 + 0.5 \cdot 100}{1.1^t} = 400 \quad (3.4)$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την καθαρά παρούσα αξία στην περίπτωση που η επενδυτική απόφαση αναβάλλεται για την περίοδο  $t=1$ , οπότε λαμβάνεται μόνο η περίπτωση που βρεθούμε στην ευνοϊκή κατάσταση. Η τελευταία θα συμβεί με πιθανότητα 0.5. Οπότε η καθαρή παρούσα αξία θα είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = 0.5 \left[ -\frac{1600}{1.1} + \frac{1}{1.1} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{300}{1.1^i} \right] \approx 636 \quad (3.5)$$

Παρατηρούμε ότι αναβάλλοντας την επενδυτική απόφαση για ένα χρόνο η αναμενόμενη καθαρά παρούσα αξία του έργου αυξάνεται. Η διαφορά αυτή είναι, ακριβώς, η αξία του πραγματικού δικαιώματος που έχει η εταιρεία να αναβάλλει την επένδυση. Αν δεν είχε αυτή τη δυνατότητα, η καθαρά παρούσα αξία θα ήταν €400εκ. Το δικαίωμα αυτό αυξάνει την αξία αυτή κατά €236εκ.

### 3.2.3. Επισκόπηση βιβλιογραφίας

Στο τομέα των μεγάλων επενδυτικών έργων στον ενεργειακό τομέα οι κυριότερες ερευνητικές μελέτες είναι οι ακόλουθες:

#### *Teisberg (1994)*

Η συγκεκριμένη μελέτη ακολουθεί την προσέγγιση των πραγματικών δικαιώματα στην αξιολόγηση επενδυτικών έργων στον ενεργειακό τομέα και εξετάζει παράγοντες όπως ο εναπομένον χρόνος για την ολοκλήρωση της επένδυσης, το μη αναστρέψιμο της επένδυσης, κόστη τα οποία δεν είχαν ληφθεί εξ αρχής υπόψη, και κυρίως η αβεβαιότητα ως προς το ρυθμιστικό περιβάλλον που θα λειτουργήσει η εταιρεία.

Η ανάλυση γίνεται βάση ενός δυναμικού μοντέλου, το οποίο λαμβάνει υπόψη τους ακόλουθους τέσσερις σημαντικούς παράγοντες σε επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα:

1. Το ρυθμιστικό περιβάλλον λειτουργίας της εταιρείας
2. Το γεγονός ότι οι επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα δεν είναι άπειρα διαιρέσιμες, αλλά πρέπει τις περισσότερες περιπτώσεις να γίνουν ως ένα σύνολο
3. Το μεγάλο διάστημα περάτωσης της επένδυσης
4. Τα πολλαπλά στάδια ολοκλήρωσης της επένδυσης

Οι επενδυτικές δαπάνες και αποφάσεις γίνονται σταδιακά καθιστώντας τη χρησιμοποίηση δυναμικού μοντέλου απαραίτητη. Το υπόδειγμα χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πραγματικών δικαιωμάτων για τον καθορισμό της αγοραίας αξίας ενός έργου που θα ολοκληρωθεί σε χρόνο  $t$ . Η αξία αυτή είναι συνάρτηση της αγοραίας αξίας ενός ήδη ολοκληρωμένου έργου και του ρυθμιστικού περιβάλλοντος. Η

αβεβαιότητα προέρχεται τόσο από τη μελλοντική ζήτηση όσο και από το μελλοντικό ρυθμιστικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, η αξία δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$dV_t = (\mu - \delta(V_t))V_t dt + \sigma V_t dZ_t,$$

όπου  $\mu$  είναι η αναμενόμενη από την αγορά απόδοση και  $\delta(V_t)$  η μείωση της απόδοσης λόγω του ρυθμιστικού περιβάλλοντος τη δεδομένη στιγμή  $t$ . Η αβεβαιότητα αποτυπώνεται από τον όρο  $dZ_t$  που είναι το διαφορικό μιας διαδικασίας Wiener. Το ρυθμιστικό περιβάλλον αφορά τρεις κατηγορίες, τη επιχορήγηση ή μη του κόστους όταν ολοκληρωθεί η επένδυση, την πρόωρη εγκατάλειψη του έργου, και τα κόστη χρηματοδότησης. Για όλες αυτές τις μεταβλητές καθορίζονται συννοριακές συνθήκες, οι οποίες μαζί με άλλες χρησιμοποιούνται για τη λύση της διαφορικής εξίσωσης που θα προκύψει με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα και η λύση της θα μας δώσει την αξία του δικαιώματος να επενδύσουμε, καθώς και το επίπεδο της αξίας ενός ολοκληρωμένου έργου πάνω από το οποίο πρέπει να επενδύσουμε, το επίπεδο κάτω από το οποίο πρέπει να εγκαταλείψουμε το έργο, και το εύρος στο οποίο πρέπει να περιμένουμε.

#### *Herbelot (1992)*

Στη διδακτορική του διατριβή εξετάζει το ζήτημα του νομοθετικού περιορισμού της εκπομπής καυσαερίων και την επιλογή της εταιρείας μεταξύ της προσκόμισης δικαιωμάτων εκπομπής από τις αγορές παραγώγων και της εγκατάστασης συσκευών μείωσης των εκπομπών. Το συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυσή του για την αμερικανική αγορά και νομοθεσία είναι ότι γενικά συμφέρει η αγορά παραγώγων από την αγορά εξοπλισμού, ωστόσο αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εκάστοτε ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και τρόπου προσδιορισμού της τιμής. Ωστόσο, η ευελιξία στην επιλογή αυξάνει εντυπωσιακά την παρούσα αξία της επένδυσης λόγω των συγκεκριμένων πραγματικών δικαιωμάτων. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι διαφορετική από αυτήν που αναλύθηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα, ο Herbelot αποτιμά τα εν λόγω πραγματικά δικαιώματα με τη χρήση δέντρων αποφάσεων. Η προσέγγιση αυτή όπως και η προηγούμενη βασίζεται στην αρχή της ουδέτερης ως προς τον κίνδυνο αποτίμησης και στην υπόθεση ότι οι αγορές είναι πλήρεις. Η διαφορά έγκειται στο ότι δεν απαιτεί τη λύση στοχαστικής διαφορικής εξίσωσης, οπότε είναι λιγότερο γενική, κάτι που δεν επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα, καθώς

και η συγκεκριμένη διαφορική εξίσωση δεν έχει αναλυτική λύση και θα έπρεπε να λυθεί αριθμητικά.

*Mason & Baldwin (1988)*

Εξετάζουν τις κρατικές επιχορηγήσεις σε μεγάλα επενδυτικά έργα στον ενεργειακό τομέα και τις αναλύουν ως πραγματικά δικαιώματα πώλησης (put options), τα οποία αυξάνουν την αξία του επενδυτικού έργου με βάση την κλασική μέθοδο αποτίμησης.

### **3.3. Διωνυμικά Δέντρα: Μεθοδολογία Αποτίμησης των Real Options**

Κατά τη διαδικασία εύρεσης της ΚΠΑ ενός έργου, σκοπός είναι να ενσωματωθούν σε αυτή οι ανεξάρτητες τιμές των real options. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να υπολογίσουμε την αξία όλων των επιλογών που έχει η διοίκηση σε κάθε κατάσταση και σε κάθε στάδιο στη διάρκεια ζωής του έργου. Τα διωνυμικά δέντρα παρέχουν ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορούμε να συσχετίσουμε τις τιμές αυτών των επιλογών ή δικαιωμάτων.

Τα διωνυμικά δέντρα αποτελούν ένα μοντέλο αποτίμησης της αξίας των real options. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, κατά τη διαδικασία υπολογισμού της αξίας του έργου/ επένδυσης, η αξία μπορεί να λάβει μία από δύο πιθανές τιμές σε κάθε χρονική περίοδο.

Τα διωνυμικά δέντρα απαντούν σε τρία βασικά ερωτήματα, που ανακύπτουν κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου:

1. Σε ποιο σημείο της διαδικασίας αποφάσεων βρισκόμαστε;
2. Ποια δικαιώματα πρέπει να ασκήσουμε;
3. Ποιο είναι το επόμενο επίπεδο στο οποίο μπορεί να μας οδηγήσει η τύχη;

Με τα διωνυμικά δέντρα μπορούμε να εξετάσουμε την πιθανότητα άσκησης του δικαιώματος πριν την ημερομηνία λήξης του.

Στην προσέγγιση με διωνυμικά δέντρα υποθέτουμε ότι οι απαλλαγμένες από τον κίνδυνο ταμειακές ροές μπορούν να ακολουθήσουν δύο μονοπάτια. Οι ταμειακές ροές δύνανται, δηλαδή, είτε να αυξηθούν πολλαπλασιαζόμενες κατά ένα παράγοντα  $f_u$  με

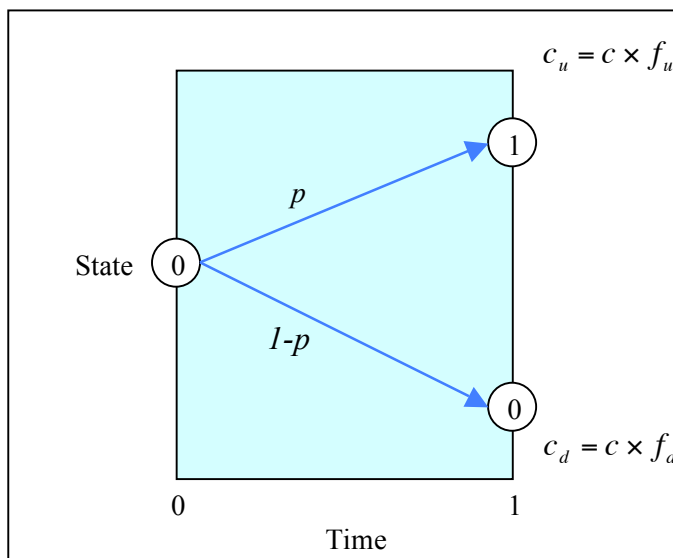
πιθανότητα  $p$ , είτε να μειωθούν πολλαπλασιαζόμενες κατά ένα παράγοντα  $f_d$  με πιθανότητα  $(1-p)$ .

Οι αξίες που προκύπτουν φαίνονται παρακάτω:

$$\begin{aligned} c_u &= c \times f_u \\ c_d &= c \times f_d, \end{aligned} \tag{3.6}$$

όπου  $c$ , η απαλλαγμένη από τον κίνδυνο ταμειακή ροή, η οποία προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε την αναμενόμενη ταμειακή ροή με έναν προσαρμοσμένο στον

$$\text{κίνδυνο παράγοντα } F = \frac{(1 + \text{riskfreerate})}{(1 + \text{discountrate})}^t \tag{3.7}$$



Σχήμα 3.3.α: Διωνυμικό δέντρο ενός βήματος

Υποθέτουμε ότι οι αναμενόμενες ταμειακές ροές ακολουθούν τυχαίο περίπατο (και πιο συγκεκριμένα ότι οι φυσικοί λογάριθμοι των αναμενόμενων ταμειακών ροών ακολουθούν τυχαίο περίπατο). Επίσης, υπολογίζουμε από ιστορικά στοιχεία τη διασπορά κι έτσι οι παράγοντες απόκλισης δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$\begin{aligned} f_u &= e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \\ f_d &= \frac{1}{f_u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \end{aligned} \tag{3.8}$$

Παρατηρούμε ότι αλλάζοντας το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  ή την αβεβαιότητα (η οποία αντιπροσωπεύεται από την τυπική απόκλιση  $\sigma$ ), μεταβάλλεται η απόκλιση που παρουσιάζουν οι κλάδοι του δέντρου.

Η αναμενόμενη ουδέτερη ως προς τον κίνδυνο ταμειακή ροή προκύπτει από το σταθμισμένο μέσο όρο των πιθανοτήτων των δύο κλάδων:

$$c_I = p \times c_u + (1 - p) \times c_d \quad (3.9)$$

όπου:

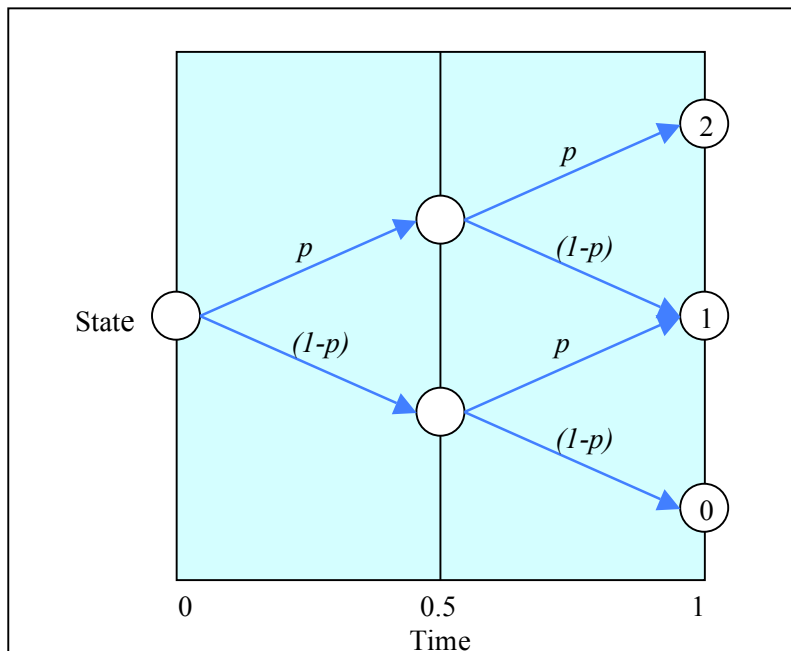
$$p = \frac{1 - f_d}{f_u - f_d} \quad (3.10)$$

Η έκφραση αυτή για την πιθανότητα  $p$  δεν ενσωματώνει το απελευθερωμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο, επειδή χρησιμοποιούμε το δέντρο για να αναπαραστήσουμε την αβεβαιότητα και όχι άμεσα την αξία του έργου. Οι πιθανότητες που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι προσαρμοσμένες στον κίνδυνο, διότι σχετίζονται μόνο με τις ουδέτερες ως προς τον κίνδυνο ταμειακές ροές και όχι με τις αρχικές μη προσαρμοσμένες ταμειακές ροές.

Στην πραγματικότητα, μια ταμειακή ροή μπορεί να έχει πολλές πιθανές τιμές λόγω της αβεβαιότητας που τη διακρίνει, οπότε για να αποτυπωθεί χρειάζεται ένα δέντρο με περισσότερους κλάδους. Αυτό επιτυγχάνεται εάν χωρίσουμε το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  σε μικρότερα χρονικά διαστήματα (βήματα). Ένα δέντρο με  $N$  βήματα έχει  $N+1$  κλάδους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός  $N$ , τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια που επιτυγχάνουμε.

Επομένως, για να αποτυπώσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την αβεβαιότητα και τις επιλογές του έργου, χρησιμοποιούμε δέντρα με πολλαπλά βήματα, τα οποία είναι ένωση δέντρων ενός βήματος. Οι παράγοντες απόκλισης και οι πιθανότητες του δέντρου πολλαπλών βημάτων είναι πολλαπλάσια των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του δέντρου ενός βήματος.

Με την κατασκευή ενός διωνυμικού δέντρου δύο βημάτων οδηγούμαστε σε 3 πιθανές καταστάσεις, τις 0, 1, 2, όπως φαίνεται και στο σχήμα:



Σχήμα 3.3.β: Διωνυμικό δέντρο δύο βημάτων

Στην κατάσταση 2 οδηγεί μόνο ένα μονοπάτι, το οποίο απαιτεί δύο βήματα ανόδου. Συνεπώς, ο συνδυασμένος παράγοντας διασποράς υπολογίζεται ως εξής:

$$f_{2,2} = f_u \cdot f_u = f_u^2 \quad (3.11)$$

Το κάθε βήμα μέχρι την κατάσταση 2 έχει πιθανότητα εμφάνισης  $p$ , επομένως η συνολική πιθανότητα εμφάνισης της κατάστασης 2 υπολογίζεται ως εξής:

$$p_{2,2} = p \cdot p = p^2 \quad (3.12)$$

Η κατώτατη κατάσταση 0 είναι παρόμοια, απλώς απαιτεί δύο βήματα καθόδου κι έτσι έχουμε:

$$f_{2,0} = f_d \cdot f_d = f_d^2 \quad (3.13)$$

$$p_{2,0} = (1-p) \cdot (1-p) = (1-p)^2 \quad (3.14)$$

Αντίθετα, υπάρχουν δύο μονοπάτια που οδηγούν στην κατάσταση 1. Το πρώτο αποτελείται από ένα βήμα ανόδου και στη συνέχεια ένα βήμα καθόδου και το δεύτερο αποτελείται από ένα βήμα καθόδου ακολουθούμενο από ένα βήμα ανόδου.

Ο συνδυασμένος παράγοντας απόκλισης είναι ανεξάρτητος του μονοπατιού που ακολουθούμε και υπολογίζεται ως εξής:

$$f_{2,1} = f_u \cdot f_d = f_d \cdot f_u \quad (3.15)$$

Εντούτοις, οι πιθανότητες παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά. Πρέπει να προσθέσουμε τις συνδυασμένες πιθανότητες για κάθε ένα από τα δύο μονοπάτια, που οδηγούν στην ίδια κατάσταση:

$$p_{2,1} = p \cdot (1 - p) + (1 - p) \cdot p = 2p(1 - p) \quad (3.16)$$

Η διαδικασία για την εύρεση των παραγόντων απόκλισης και των αντίστοιχων πιθανοτήτων για το δέντρο n-βημάτων είναι αντίστοιχη με αυτή για το δέντρο δύο-βημάτων.

Για το n-βήμα του διωνυμικού δέντρου, ο παράγοντας απόκλισης δίνεται από τον τύπο:

$$f_{i,j} = f_u^j \cdot f_d^{i-j}, \quad (3.17)$$

όπου j η σχετική κατάσταση στο βήμα i.

Το σημείο, στο οποίο το δέντρο χωρίζεται σε δύο περαιτέρω κλάδους, ονομάζεται κόμβος. Ο κόμβος (i,j) αντιπροσωπεύει την κατάσταση j στο βήμα i. Η ουδέτερη ως προς τον κίνδυνο αναμενόμενη ταμειακή ροή για το βήμα i είναι η  $c_i$ , η οποία όταν δεν υπάρχει περιορισμός δυναμικότητας (capacity) του έργου υπολογίζεται από τον τύπο:

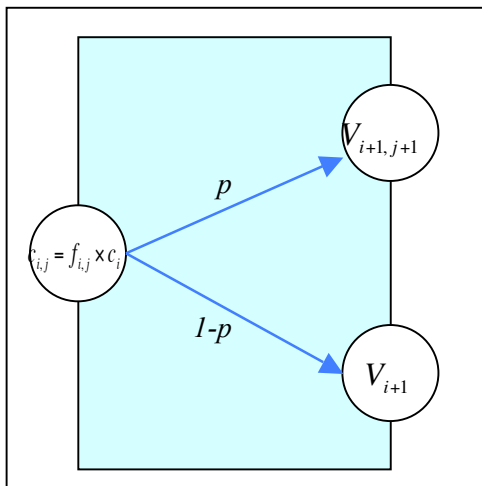
$$c_{ij} = f_{i,j} \cdot c_j = f_u^j \cdot f_d^{i-j} \cdot c_j \quad (3.18)$$



Πραγματοποιούμε τους υπολογισμούς από δεξιά προς τα αριστερά στο δέντρο. Η παρούσα αξία προκύπτει αν κάνουμε αναγωγή της ουδέτερης ως προς τον κίνδυνο ρίζας του δέντρου στο απελευθερωμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο:

$$PV = \frac{E(c)}{1 + R_f} \quad (3.19)$$

Σε κάθε βήμα έχουμε την ευκαιρία να συμπεριλάβουμε τις αξίες των real options.



Σχήμα 3.3.γ: Κόμβος  $i,j$

### 3.4. Μεθοδολογία Αξιολόγησης Επενδύσεων

Στην παράγραφο αυτή θα περιγραφούν τα γενικά βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ένας υπεύθυνος έργου για να αξιολογήσει το κατά πόσο αξίζει να πραγματοποιηθεί μια επένδυση, είτε ακολουθώντας τον αρχικό σχεδιασμό του είτε τα εναλλακτικά σενάρια που ενδεχομένως προκύψουν. Τα βήματα είναι τα ακόλουθα:

#### Βήμα 1<sup>ο</sup>: Προσδιορισμός εναλλακτικών παραμετροποιήσεων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι παράμετροι που μπορεί να επηρεάσουν ένα σύστημα είναι πολλοί. Σε μια επένδυση στόχος είναι η βιωσιμότητάς της, τόσο στο παρόν όσο και μελλοντικά. Για το λόγο αυτό θα πρέπει, προτού υλοποιηθεί η οποιαδήποτε επένδυση, να έχει γίνει ανάλυση του υπό κατασκευή έργου και να έχουν προκύψει εναλλακτικά σενάρια σε διάφορες φάσεις του έργου.

**Βήμα 2<sup>ο</sup>:** Προσδιορισμός αναμενόμενης (μέσης) αξίας των χρηματορροών κάθε παραμετροποίησης χωρίς την αποτίμηση της ευελιξίας

Έστω ότι ένα έργο έχει οικονομική διάρκεια ζωής  $n$  έτη και δημιουργεί μέσες καθαρές χρηματορροές  $\bar{C}_t$ ,  $t = 1, 2, \dots, n$ .

Τότε η μέση αξία του Έργου στη χρονική στιγμή  $t=0$  (παρούσα στιγμή) είναι:

$$\bar{V}_0 = \sum_{t=1}^n \frac{\bar{C}_t}{(1+r_d)^t} \quad (3.20)$$

όπου  $r_d$  το επιτόκιο προεξόφλησης.

Γενικότερα, η μέση αξία του Έργου σε μια οποιαδήποτε χρονική στιγμή  $t$  είναι:

$$\bar{V}_t = \sum_{i=t}^n \frac{\bar{C}_i}{(1+r_d)^{i-t}} \quad (3.21)$$

Στην πραγματικότητα, η μέση αξία του Έργου μειώνεται σε κάθε περίοδο, ώστε στο τέλος της οικονομικής ζωής του η αξία του να είναι μηδενική ή ίση με την υπολειμματική του αξία, οπότε και η σχέση (2) γίνεται:

$$\bar{V}_t = \sum_{i=t}^n \frac{\bar{C}_i}{(1+r_d)^{i-t}} + \frac{SalvageValue}{(1+r_d)^{n-t}} \quad (3.22)$$

Επιπλέον, υπολογίζεται ο λόγος των μέσων καθαρών χρηματορροών  $\bar{C}_t$  του Έργου προς τη μέση αξία του  $\bar{V}_t$ :

$$\delta_t = \frac{\bar{C}_t}{\bar{V}_t}, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (3.23)$$

**Βήμα 3<sup>ο</sup>:** Στοχαστική μοντελοποίηση

Η υπόθεση της Γεωμετρικής Κίνησης Brown

Γίνεται η παραδοχή πως η ποσοστιαία μεταβολή της αξίας του Έργου  $\frac{dV}{V}$  χωρίς την αξιοποίηση της ευελιξίας έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. *Ιδιότητα Markov:* Η παρούσα αξία του Έργου είναι η μόνη πληροφορία που χρειάζεται, ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη πρόγνωση για την εξέλιξη της αξίας του στο μέλλον.
2. *Ανεξαρτησία μεταβολών:* Η κατανομή πιθανοτήτων για την τιμή της ποσοστιαίας μεταβολής μέσα σε ένα χρονικό διάστημα είναι ανεξάρτητη από την αντίστοιχη κατανομή σε οποιοδήποτε άλλο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα.
3. *Κανονικότητα μεταβολών:* Η κατανομή πιθανοτήτων για την τιμή της ποσοστιαίας μεταβολής μέσα σε ένα οποιοδήποτε χρονικό διάστημα είναι Κανονική, με διασπορά που αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος αυτού.

Οι τρεις παραπάνω συνθήκες ισοδυναμούν με τη σχέση:

$$\frac{dV}{V} = r_d \cdot dt + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{dt} \quad (3.24)$$

όπου  $\varepsilon \sim N(0,1)$ .

Ωστόσο  $\frac{dV}{V} = d \ln V$ , οπότε η σχέση (3.24) ισοδυναμεί με την παραδοχή πως η

απόδοση του Έργου σε συνεχή χρόνο  $\ln\left(\frac{V_{t+1}}{V_t}\right)$  ακολουθεί Κανονική κατανομή με

μέση τιμή  $\mu = r_d - \frac{1}{2} \cdot \sigma^2$  και διασπορά ίση με  $\sigma = VAR\left\{\ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right)\right\}$ .

**Βήμα 4<sup>ο</sup>:** Η δημιουργία του διωνυμικού δέντρου

Αν  $V_{t,j}$  η αξία του Έργου **χωρίς ευελιξία** στη χρονική περίοδο  $t$  και στην κατάσταση  $j$ , τότε οι άνω και κάτω τιμές της αξίας προκύπτουν σε σχέση με τις τιμές της προηγούμενης περιόδου σύμφωνα με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\begin{cases} V_{t,j} = V_{t-1,j} \cdot (1 - \delta_t) \cdot u \\ V_{t,j+1} = V_{t-1,j} \cdot (1 - \delta_t) \cdot d \end{cases} \quad (3.25)$$

$$\text{όπου } u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad \text{και} \quad d = \frac{1}{u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (3.26)$$

Οι σχέσεις (3.25) παράγουν το διωνυμικό δέντρο που αποτυπώνει την εξέλιξη της αξίας του Έργου μέσα στο χρόνο. Από τις τιμές  $V_{t,j}$  μπορούμε να περάσουμε στις τιμές των χρηματορροών στη χρονική περίοδο  $t$  και στην κατάσταση  $j$  μέσω της σχέσης:

$$C_{t,j} = \delta_t \cdot V_{t,j} \quad (3.27)$$

**Βήμα 5<sup>ο</sup>:** Ο προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής για την αξιοποίηση της ευελιξίας και της θεωρητικής αξίας της ευελιξίας

Ο προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής γίνεται με την ανάλυση του δέντρου από το τέλος προς την αρχή του. Σε κάθε κόμβο του δέντρου υπάρχουν δύο αμοιβαία αποκλειόμενες επιλογές: να αξιοποιηθεί ή να διατηρηθεί ανοικτό το δικαίωμα που παρέχει η ευελιξία, η οποία είναι ενσωματωμένη στο έργο. Συνακόλουθα, η αξία του Έργου σε κάθε κόμβο είναι η **μεγαλύτερη** εκ των παρακάτω δύο:

- 1) Αξία του Έργου όταν το δικαίωμα διατηρείται ανοικτό:

$$V_{t,j} = C_{t,j} + \frac{p \cdot V_{t+1,j} + (1-p) \cdot V_{t+1,j+1}}{1 + r_f \cdot \Delta t} \quad (3.28)$$

$$\text{όπου } p = \frac{1 + r_f \cdot \Delta t - d}{u - d} \quad (3.29)$$

και  $r_f$  το επιτόκιο προεξόφλησης για μία επένδυση χωρίς κίνδυνο και διάρκεια ίση με τη διάρκεια της οικονομικής ζωής του υπό εξέταση Έργου (*risk-free rate*).

2) Αξία του Έργου όταν αξιοποιείται το δικαίωμα.

### 3.5. Παράδειγμα Εφαρμογής των Real Options

Στο παρακάτω παράδειγμα παρουσιάζεται η σταδιακή ανάπτυξη ενός έργου που άπτεται της άδειας ερευνών και εκμετάλλευσης πετρελαίου στη Βόρεια Θάλασσα. Το συγκεκριμένο παράδειγμα δείχνει, επίσης, το συσχετισμό των τιμών των μελλοντικών συμβολαίων του αργού πετρελαίου και της μελλοντικής αξίας της παραγωγής πετρελαίου (η οποία εξαρτάται από τα αποτελέσματα της γεώτρησης) στη δεδομένη πετρελαιοφόρο περιοχή. Η μέθοδος των real options, που εφαρμόζεται στο παράδειγμα αυτό, προσαρμόζεται πολύ εύκολα σε οποιοδήποτε τύπο έργου περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια απόφασης.

#### *Περιγραφή του έργου*

Το έργο στην πετρελαιοφόρο περιοχή έχει τέσσερα στάδια που εμφανίζονται με την παρακάτω σειρά: (1) στάδιο γεωλογικής μελέτης, (2) στάδιο διερεύνησης, (3) στάδιο αξιολόγησης, και (4) στάδιο παραγωγής. Στην πρώτη φάση, οι χορηγοί πραγματοποιούν τις γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες, όπως η εδαφολογική δοκιμή, για να διαπιστώσουν εάν σημαντικά αποθέματα πετρελαίου υπάρχουν στην περιοχή και να προσδιορίσουν τα πιθανά σημεία που αυτά βρίσκονται μέσα στην ευρύτερη περιοχή. Εάν τα αποτελέσματα δικαιολογούν δοκιμαστικές γεωτρήσεις, θα λάβουν άδεια διερεύνησης.

Εάν τα αποτελέσματα που λάβουν από τις δοκιμαστικές γεωτρήσεις δείξουν ότι υπάρχουν εμπορικές ποσότητες αποθεμάτων υδρογονανθράκων μέσα στα πλαίσια της εκχώρησης δικαιωμάτων ερευνών και εκμετάλλευσης πετρελαίου, οι χορηγοί πρέπει να αποφασίσουν εάν θα προχωρήσουν στην αξιολόγηση της γεώτρησης.

Η γεώτρηση αυτή θα τους επιτρέψει να προσδιορίσουν τις ποσότητες αποθεμάτων και να αξιολογήσουν εάν αυτές είναι επαρκείς, καθώς και εάν είναι σε θέση που δικαιολογεί εμπορική ανάπτυξη.

Για ακόμη μία φορά, οι χορηγοί χρησιμοποιούν τις πληροφορίες από τη γεώτρηση για να αποφασίσουν εάν θα προχωρήσουν στην εκχώρηση των δικαιωμάτων. Η αξιολόγηση της γεώτρησης θα πρέπει να μειώσει ουσιαστικά την αβεβαιότητα για την ποσότητα των αποθεμάτων. Εάν υποδειχθούν εμπορικές ποσότητες, οι χορηγοί θα ζητήσουν άδεια παραγωγής, ώστε η πετρελαιοφόρος περιοχή να μπει σε διαδικασία παραγωγής. Θα καθορίσουν το σχεδιάγραμμα παραγωγής για τη 'χρήσιμη' ζωή της περιοχής, τις -προς γεώτρηση- πετρελαιοπηγές και την κατασκευή εγκαταστάσεων αποθήκευσης, μεταφοράς και φόρτωσης. Οι χορηγοί θα πρέπει να αποφασίσουν το ποσό της επένδυσης βασιζόμενοι σε μια εκτίμηση της ποσότητας των αποθεμάτων καθώς επίσης και στις πεποιθήσεις τους σχετικά με τις μελλοντικές τιμές του πετρελαίου.

Μια μη αναπτυχθείσα πετρελαιοφόρος περιοχή μπορεί να θεωρηθεί call option πάνω στην αξία μιας πετρελαιοφόρου περιοχής. Το κόστος άσκησης είναι η παρούσα αξία του κεφαλαίου επένδυσης για τις πετρελαιοπηγές και τις εγκαταστάσεις παραγωγής.

Το χρονικό διάστημα μέχρι την ημερομηνία λήξης του δικαιώματος είναι η παρερχόμενη περίοδος μέχρι να ληφθεί η απόφαση για το εάν η περιοχή θα μπει σε διαδικασία παραγωγής. Στην αξιολόγηση του έργου, είναι αποδοτικότερο να αντιμετωπιστεί το call option ως ακολουθία τριών options που αντιστοιχούν στις αποφάσεις έναρξης δοκιμαστικών γεωτρήσεων, έναρξης αξιολόγησης των γεωτρήσεων και στην έναρξη της παραγωγής.

Υπάρχουν τέσσερα στάδια στην ανάπτυξη της περιοχής, τρία από τα οποία μπορούν να αναλυθούν ως call options. Υπάρχει, επιπλέον, μια τέταρτη επιλογή (option), η οποία ενσωματώνεται μέσα στην αξία της πετρελαιοφόρου περιοχής. Η διοίκηση έχει το δικαίωμα να εγκαταλείψει το έργο οποτεδήποτε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής. Οι τέσσερις επιλογές (options) είναι:

1. Γεώτρηση φρεατίων διερεύνησης: Με βάση τα αποτελέσματα των γεωλογικών μελετών, η διοίκηση αποφασίζει είτε να κάνει αίτηση για άδεια διερεύνησης και να αρχίσει τις δοκιμαστικές γεωτρήσεις, είτε να εγκαταλείψει το έργο.
  2. Αξιολόγηση γεώτρησης φρεατίων: Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών γεωτρήσεων, η διοίκηση αποφασίζει, είτε να επενδύσει σε φρεάτια για να εντοπίσει τα αποθέματα και να καθορίσει εάν υπάρχουν εμπορικές ποσότητες αποθεμάτων, είτε να εγκαταλείψει την εκχώρηση δικαιωμάτων.
  3. Είσοδος της περιοχής σε διαδικασία παραγωγής: Με βάση τα αποτελέσματα της γεώτρησης αξιολόγησης, η διοίκηση αποφασίζει είτε να κατασκευάσει την κατάλληλη υποδομή και να αρχίσει την παραγωγή, είτε να εγκαταλείψει την εκχώρηση δικαιωμάτων.
  4. Πρόωρη εγκατάλειψη του έργου: Οι χορηγοί θα αναλάβουν τις διάφορες δαπάνες εγκατάλειψης στο τέλος του έργου προκειμένου να αποσυναρμολογηθούν οι μονάδες παραγωγής και να επιστραφεί η περιοχή στη φυσική της κατάσταση, όπως απαιτείται από το νόμο.
- Η διοίκηση έχει την επιλογή/ δικαίωμα να διακόψει το έργο νωρίτερα, εάν η αξία της άμεσης εγκατάλειψης υπερβαίνει την αξία της συνέχισης της παραγωγής και εγκατάλειψης του έργου αργότερα.

#### *Παράγοντες αβεβαιότητας*

Οι χορηγοί του έργου αντιμετωπίζουν δύο σημαντικούς παράγοντες οικονομικής αβεβαιότητας: την ποσότητα αποθεμάτων και τη μελλοντική τιμή του πετρελαίου. Η δοκιμαστική γεώτρηση και η αξιολόγηση της γεώτρησης μειώνουν (αλλά δεν εξαλείφουν) την αβεβαιότητα των αποθεμάτων. Η αβεβαιότητα τιμής είναι, επίσης, πολύ σημαντική, επειδή οι χορηγοί δεν θα είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν εμπορικά την περιοχή, εάν οι τιμές που αναμένουν να λάβουν από την παραγωγή της περιοχής είναι πάρα πολύ χαμηλές.

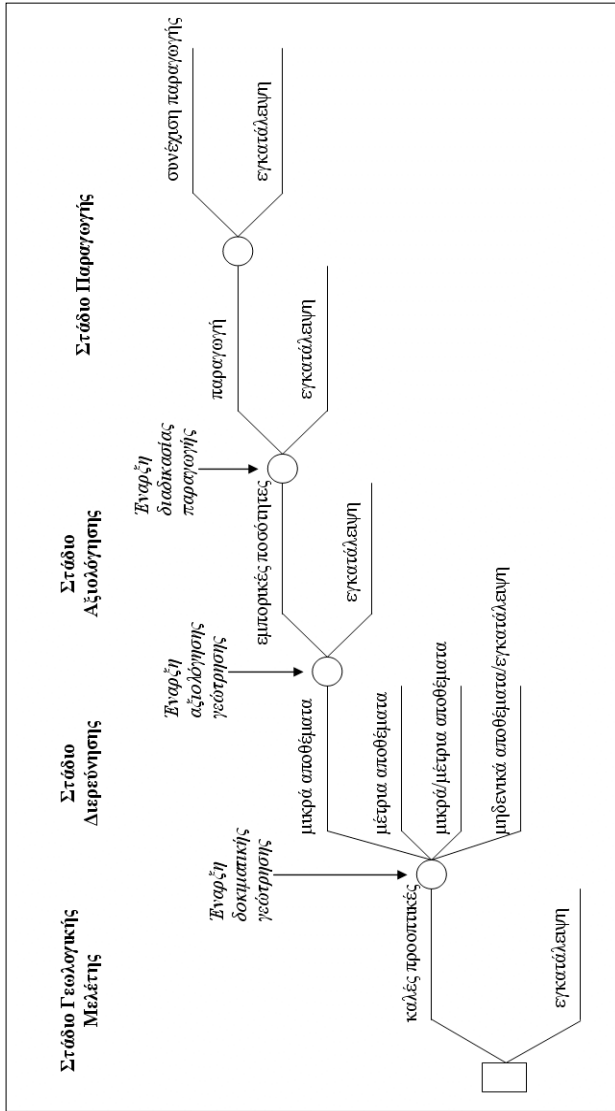
Η διαθεσιμότητα των futures αργού πετρελαίου μελλοντικά επιτρέπει στους χορηγούς να αξιολογήσουν τον κίνδυνο στην τιμή του πετρελαίου, καθώς επίσης και να προστατευτούν από αυτόν τον κίνδυνο με την πώληση futures και forwards συμβολαίων αργού πετρελαίου.

Το παράδειγμα της πετρελαιοφόρου περιοχής επεξηγεί πώς η αβεβαιότητα στην ποσότητα των αποθεμάτων και στη μελλοντική πορεία των τιμών του πετρελαίου ενσωματώνεται διεξοδικά για τον υπολογισμό της αξίας του έργου. Η πετρελαιοφόρος περιοχή αποτιμάται για τις διάφορες τιμές του πετρελαίου για να γίνει κατανοητό πώς η αβεβαιότητα στις τιμές του πετρελαίου επηρεάζει την αξία του option του έργου.

#### *Αξιολόγηση του έργου*

Στο σχήμα 3.5.α παρουσιάζονται τα στάδια εξέλιξης του έργου. Το στάδιο παραγωγής αποτελεί την έναρξη και προχωρώντας από το τέλος προς την αρχή, στην απόφαση παραγωγής, μετά στην απόφαση της αξιολόγησης της γεώτρησης, μετά στην απόφαση της δοκιμαστικής γεώτρησης, και τέλος στην προκαταρκτική απόφαση αξιολόγησης των αποθεμάτων. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από το προηγούμενο βήμα στην ανάλυση για να καθορίσει την καλύτερη απόφαση. Δουλεύοντας από το τέλος προς την αρχή χρονικά και εξετάζοντας πάντα όλα τα πιθανά επερχόμενα γεγονότα, η αβεβαιότητα σχετικά με τα μελλοντικά γεγονότα (σε αυτήν την περίπτωση, τις μελλοντικές τιμές του πετρελαίου και τις ποσότητες αποθεμάτων) συνυπολογίζεται σε κάθε σημείο/ κόμβο απόφασης.





Σχήμα 3.5.α: Στάδια εξέλιξης του έργου

*Μοντελοποίηση των μελλοντικών τιμών του πετρελαίου*

Η προσέγγιση με διωνυμικά δέντρα χρησιμοποιείται για να δείξει τις πιθανές μετακινήσεις των μελλοντικών τιμών του πετρελαίου στο πέρασμα του χρόνου. Η τιμή του πετρελαίου μπορεί να λάβει μία εκ των δύο πιθανών τιμών σε κάθε κόμβο, είτε να αυξηθεί, είτε να μειωθεί. Η ύπαρξη μόνο δύο πιθανών πορειών μπορεί να φανεί αδικαιολόγητα περιοριστική. Καθιστώντας το χρονικό βήμα μικρότερο, αυξάνεται ο αριθμός των κλάδων και βελτιώνεται η ακρίβεια των τιμών που υπολογίζονται από το διωνυμικό δέντρο. Εντούτοις, μειώνοντας τη διάρκεια του χρονικού βήματος αυξάνεται ο αριθμός των υπολογισμών.

Η αστάθεια της τιμής του πετρελαίου καθορίζει πόσο γρήγορα εξαπλώνονται οι κλάδοι του διωνυμικού δέντρου. Μεγαλύτερη αστάθεια οδηγεί σε μεγαλύτερη διασπορά των μελλοντικών τιμών του πετρελαίου

Για τους ακόλουθους υπολογισμούς γίνεται η υπόθεση ότι η τυπική απόκλιση των τιμών του πετρελαίου είναι  $\sigma = 0.25$ .

Οι παράγοντες απόκλισης δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$\begin{aligned} u &= e^{\sigma} \\ d &= 1/u \end{aligned} \tag{3.30}$$

Η τιμή του πετρελαίου της επόμενης περιόδου υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό αυτών των παραγόντων επί της τιμής του πετρελαίου αυτής της περιόδου ( $S_t$ ):

$$\begin{aligned} S_{t+1}^+ &= uS_t \\ S_{t+1}^- &= dS_t \end{aligned} \tag{3.31}$$

Η πιθανότητα αύξησης της τιμής του πετρελαίου ( $p$ ) είναι:

$$p = \frac{e^{r-\delta} \cdot S_t - S_{t+1}^-}{S_{t+1}^+ - S_{t+1}^-} \tag{3.32}$$

και η πιθανότητα μείωσης της τιμής του πετρελαίου είναι  $(1-p)$ . Η παράμετρος  $p$  είναι το απαλλαγμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο και  $\delta$  είναι το convenience yield του πετρελαίου. Η φυσική απογραφή του πετρελαίου αντί μιας μελλοντικής σύμβασης έχει

τόσο κέρδη, όσο και κόστη, τα οποία μετριοούνται από την παράμετρο  $\delta$ , που μπορεί να είναι είτε θετική, είτε αρνητική.

Η κατάλληλη απόδοση μπορεί να υπολογιστεί από τις τιμές των μελλοντικών συμβολαίων, τα οποία εμπορευματοποιούνται στην αγορά μελλοντικών αυτή την περίοδο από την εξίσωση:

$$\delta_t = (1 + r_t) - (F_t / S_t)^{\frac{1}{T-t}} \quad (3.33)$$

όπου  $F_t$  είναι η τρέχουσα τιμή του συμβολαίου μελλοντικών,  $T-t$  είναι ο χρόνος ωρίμανσης του συμβολαίου μελλοντικών και οι υπόλοιπες τρεις μεταβλητές έχουν οριστεί προηγουμένως.

Πραγματοποιούμε διωνυμική προσέγγιση χρονικής διάρκειας 30 ετών για την προσέγγιση της μελλοντικής τιμής του αργού πετρελαίου Brent, με την υπόθεση ότι  $S_0 = \$50$ ,  $\sigma = 0.25$ ,  $\rho = .05$  και  $\delta = .05$ . Οι τιμές, που προκύπτουν, για τις παραμέτρους είναι  $u = 1.28$ ,  $d = 0.78$  και  $p = 0.44$ .

Ένα από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της διωνυμικής προσέγγισης είναι ότι το δέντρο που προκύπτει είναι επανασυνδυαστικό, δηλαδή, ότι μία αύξηση ακολουθούμενη από μια μείωση της τιμής σε δύο χρονικές περιόδους οδηγεί στο ίδιο αποτέλεσμα με μία μείωση ακολουθούμενη από μία αύξηση της τιμής

#### *Προσδιορισμός των αποθεμάτων και της ποσότητάς τους*

Η γεωλογική χαρτογράφηση της δομής του εδάφους και οι ηλεκτρονικές μετρήσεις θα υποδείξουν την πιθανή ύπαρξη αποθεμάτων. Αυτή η έρευνα θα επιτρέψει, επίσης, στους γεωλόγους να προσδιορίσουν τις καλύτερες θέσεις για να πραγματοποιήσουν τις δοκιμαστικές γεωτρήσεις, εάν τα πιθανά αποθέματα είναι επαρκή. Βάσει της γεώτρησης θα υπάρξουν μια ή περισσότερες αναμενόμενες καμπύλες. Οι τρεις από αυτές τις καμπύλες αντιπροσωπεύουν τρεις διαφορετικούς βαθμούς αβεβαιότητας για την ποσότητα των αποθεμάτων και αντιστοιχούν σε τρεις δυνατούς τύπους της περιοχής: (1) μια σχετικά ορισμένη αλλά μικρή ποσότητα αποθεμάτων, (2) μια χαμηλή πιθανότητα ύπαρξης πολύ μεγάλων ποσοτήτων αποθεμάτων, αλλά και μια

υψηλή πιθανότητα μηδενικής ύπαρξης αποθεμάτων και (3) μια μέτρια πιθανότητα ύπαρξης αποθεμάτων και μια χαμηλή πιθανότητα να είναι είτε πολύ μεγάλη, είτε μηδενική η ποσότητα των αποθεμάτων.

Το κόστος ανάπτυξης της περιοχής μικρών αποθεμάτων θα ήταν \$150 εκατομμύρια, ενώ το κόστος του κάθε ένα από τους άλλους δύο τύπους περιοχών θα ήταν \$175 εκατομμύρια.

*Παρούσα αξία της περιοχής (αν αγνοήσουμε την επιλογή της εγκατάλειψης)*

Μέχρι να ξεκινήσει το στάδιο παραγωγής, η αβεβαιότητα σχετικά με την ποσότητα των αποθεμάτων θα έχει προσδιοριστεί. Η αξία μιας παραγωγικής περιοχής εξαρτάται από την ποσότητα αποθεμάτων, που έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν. Οι χορηγοί θα σχεδιάσουν ένα συγκεκριμένο σχέδιο παραγωγής βασισμένο στην αποδεδειγμένη ποσότητα αποθεμάτων. Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει τα ετήσια ποσά παραγωγής κατά τη διάρκεια της παραγωγικής ζωής της περιοχής, η οποία είναι 25 έτη.

Θεωρώντας δεδομένη την ποσότητα των αποθεμάτων, η μόνη εναπομείνουσα πηγή αβεβαιότητας είναι η τιμή του πετρελαίου, η οποία θεωρούμε ότι ακολουθεί διωνυμική κατανομή. Η διωνυμική προσέγγιση της τιμής του πετρελαίου σε συνδυασμό με το σχέδιο παραγωγής χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των λειτουργικών ταμειακών ροών σε κάθε κόμβο του διωνυμικού δέντρου της τιμής του πετρελαίου.

Τα αποθέματα της περιοχής αξιολογούνται δουλεύοντας προς τα πίσω στο δυαδικό δέντρο προσέγγισης τιμής του πετρελαίου με βήμα ενός έτους. Ξεκινώντας από το τελευταίο έτος (έτος 25 ή έτος 30 ανάλογα με τη ζωή των αποθεμάτων) και προχωρώντας προς τα πίσω μέχρι το έτος  $t=5$ , στην αρχή του πρώτου έτους της παραγωγικής περιόδου. Οι ταμειακές ροές υπολογίζονται σε κάθε κόμβο.

Σε κάθε έναν από τους κόμβους στο τελευταίο έτος, η αξία της περιοχής ( $V$ ) ισούται με την παρούσα αξία (από την αρχή του έτους) της καθαρής λειτουργικής ταμειακής ροής του τελευταίου έτους στον κόμβο:

$$V_L = \frac{CF_t}{1+r} \quad (3.34)$$

Προχωρώντας προς τα πίσω κατά ένα έτος, η αξία της περιοχής ισούται με το άθροισμα της παρούσας αξίας της καθαρής λειτουργικής ταμειακής ροής του τρέχοντος έτους και της αναμενόμενης παρούσας αξίας της περιοχής ένα έτος αργότερα:

$$V_t = \frac{CF_t + pV_{t+1}^+ + (1-p)V_{t+1}^-}{1+r} \quad (3.35)$$

Η καθαρή λειτουργική ταμειακή ροή και οι πιθανές τιμές του επόμενου έτους μπορούν να αναγούν στο απαλλαγμένο από τον κίνδυνο επιτόκιο, διότι όλη η αβεβαιότητα στην τιμή του πετρελαίου έχει ενσωματωθεί στη διασπορά των τιμών του πετρελαίου στο δυωνυμικό δένδρο και η αβεβαιότητα σχετικά με την ποσότητα των αποθεμάτων δεν είναι συστηματική. Αν ανάγονταν σε ένα προσαρμοσμένο στον κίνδυνο επιτόκιο, θα υπολογιζόταν ο κίνδυνος δυο φορές.

*Παρούσα αξία της περιοχής (αν λάβουμε υπόψιν την επιλογή της πρόωρης εγκατάλειψης)*

Η διοίκηση καλείται να αποσυναρμολογήσει την πλατφόρμα γεωτρήσεων και τις εγκαταστάσεις παραγωγής και να αποκαταστήσει το περιβάλλον στο τέλος της παραγωγικής ζωής της περιοχής με κόστος A (\$25 εκατομμύρια στο συγκεκριμένο παράδειγμα). Οι χορηγοί του έργου έχουν την επιλογή να σταματήσουν την παραγωγή νωρίτερα, εάν οι εναπομείνουσες καθαρές λειτουργικές ταμειακές ροές είναι ανεπαρκείς. Αυτή η επιλογή έχει μεγάλη αξία, επειδή οι τιμές του πετρελαίου ή και τα επίπεδα παραγωγής μπορεί να μειωθούν και έτσι η συνέχιση της παραγωγής να καταστεί ασύμφορη.

Όταν η περιοχή κλείσει μετά από το τέλος του τελευταίου έτους, η αξία της περιοχής εκείνη τη στιγμή, συμπεριλαμβανομένου του κόστους εγκατάλειψης,  $V_{L+1}^*$ , είναι:

$$V_{L+1}^* = -A \quad (3.36)$$

Για να ληφθεί υπόψιν η επιλογή της πρόωρης εγκατάλειψης, οι χορηγοί του έργου συγκρίνουν την αξία άμεσης εγκατάλειψης ( $-A$ ) και την αξία του να περιμένουν ένα έτος για να επανεξετάσουν την απόφασή τους και επιλέγουν τη μεγαλύτερη από τις δύο τιμές:

$$V_t^* = \max\{-A, V_t\} = \max\left\{-A, \frac{CF_t + pV_{t+1}^+ + (1-p)V_{t+1}^-}{1+r}\right\} \quad (3.37)$$

Όταν η μεγαλύτερη από τις δύο τιμές είναι η  $(-A)$ , η καθαρή λειτουργική ταμειακή ροή είναι πάρα πολύ μικρή (ή αρνητική) για να δικαιολογήσει την αναβολή της εγκατάλειψης της περιοχής και η περιοχή κλείνει.

Οι εξισώσεις (3.36) και (3.37) χρησιμοποιούνται καθώς προχωράμε προς τα πίσω στο διωνυμικό δέντρο για τον υπολογισμό της αξίας της περιοχής, η οποία εξαρτάται από την ποσότητα αποθεμάτων, που έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει.

#### *Αξία της επιλογής ανάπτυξης της περιοχής*

Όπως έχει αναφερθεί, μια μη αναπτυχθείσα πετρελαιοφόρος περιοχή μπορεί να αντιμετωπισθεί ως call option. Η ολοκληρωμένη περιοχή (συμπεριλαμβανομένης της επιλογής εγκατάλειψης) είναι το υποκείμενο αγαθό, η αξία της περιοχής είναι η τιμή του υποκείμενου αγαθού και το κόστος κεφαλαίου (παρούσα αξία) είναι η τιμή άσκησης. Οι χορηγοί θα ασκήσουν το δικαίωμα και θα αρχίσουν την ανάπτυξη της περιοχής, μόνο εάν το να αναλάβουν το κόστος κεφαλαίου είναι κερδοφόρο:

$$NPV(develop) = \max\{V^* - (1-a)K, 0\} \quad (3.38)$$

όπου  $(1-a)$  το  $K$  είναι το μέρος του κόστους κεφαλαίου που οι χορηγοί επενδύουν. Εάν  $V^* > (1-a)K$ , οι χορηγοί μπορούν να ξεκινήσουν επικερδώς την ανάπτυξη και να πετύχουν την εγγενή αξία του δικαιώματος (αξία από την άμεση άσκηση),  $V^* - (1-a)K$ .

Εντούτοις, εάν  $V^* < (1-a)K$ , οι χορηγοί του έργου δεν θα επενδύσουν, και η καθαρή παρούσα αξία είναι μηδέν. Λόγω του υψηλού κόστους κεφαλαίου, είναι πολύ σημαντικό να εξεταστεί η αξία του option του έργου

### Επιλογή του χρόνου

Υπάρχει, επίσης, το δικαίωμα επιλογής του χρόνου. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα έργο είναι ασύμφορο να ξεκινήσει αμέσως, αλλά η επιλογή να καθυστερήσει είναι αρκετά πολύτιμη, ώστε η συνολική αξία του έργου να είναι θετική. Σε αυτή την περίπτωση, οι χορηγοί πρέπει να αναβάλουν το έργο και όχι να το απορρίψουν.

Οι χορηγοί του έργου πρέπει να αποφασίσουν πότε θα ασκήσουν το πολύτιμο δικαίωμα επιλογής χρόνου. Ακόμα κι αν η άμεση άσκηση του call option δεν είναι κερδοφόρα, μπορεί η άσκησή του στο μέλλον να είναι κερδοφόρα, ανάλογα με την τιμή του πετρελαίου. Η αξία του έργου συμπεριλαμβανομένης της επιλογής του χρόνου είναι:

$$NPV(develop)^* = \max\left\{V^* - (1-a)K, \frac{pNPV(develop)^+ + (1-p)NPV(develop)^-}{1+r}, 0\right\}$$

(3.39)

όπου ο πρώτος όρος μέσα στις παρενθέσεις είναι η εγγενής αξία του δικαιώματος και ο δεύτερος όρος είναι η αξία της καθυστέρησης της άσκησης του δικαιώματος για ένα έτος. Εάν καμία από αυτές τις τιμές δεν είναι θετική, τότε η αξία του έργου θα είναι μηδενική, επειδή οι χορηγοί θα εγκαταλείψουν το έργο.

Η διωνυμική προσέγγιση της τιμής του πετρελαίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογηθεί αυτό το δικαίωμα. Παραδείγματος χάριν, υποθέτουμε ότι οι χορηγοί θέλουν να εξετάσουν το ενδεχόμενο καθυστέρησης της ανάπτυξης για τρία έτη. Επεκτείνουμε, τότε, το διωνυμικό δέντρο για τρία ακόμα έτη. Χρησιμοποιούμε το εκτεταμένο δυαδικό δέντρο καθυστερώντας την έναρξη (και το τέλος) της παραγωγής για ένα, δύο, ή τρία έτη. Υπολογίζουμε το  $V^*$  υποθέτοντας ότι η έναρξη του έργου καθυστερεί για τρία έτη. Κατόπιν, εργαζόμαστε από το τέλος προς την αρχή για κάθε έτος εφαρμόζοντας την εξίσωση (3.38) για να υπολογίσουμε την  $NPV(develop)^*$  από την αρχή της περιόδου ανάπτυξης. Η διαφορά μεταξύ της  $NPV(develop)^*$  και της  $NPV(develop)$  μετρά την αξία του δικαιώματος επιλογής του χρόνου.

*Αξία του δικαιώματος γεώτρησης φρεατίων προς αξιολόγηση*

Οι χορηγοί αξιολογούν τα αποθέματα της περιοχής σε δύο φάσεις, πρώτα κατά τη διάρκεια της φάσης διερεύνησης και έπειτα πάλι κατά τη διάρκεια της φάσης αξιολόγησης. Η αξία της γεώτρησης προς αξιολόγηση μπορεί να αποτιμηθεί μόνο μετά από την ανεύρεση αποθεμάτων. Οι δοκιμαστικές γεωτρήσεις δείχνουν αρχικά εάν υπάρχουν οποιαδήποτε αποθέματα ή τίποτα. Οι περαιτέρω δοκιμαστικές γεωτρήσεις δείχνουν τον τύπο της περιοχής.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για γεωτρήσεις μισθώνεται συνήθως σε καθημερινά επιτόκια και οι εξειδικευμένοι εργολάβοι γεωτρήσεων μισθώνονται για να εκτελέσουν την αξιολόγηση της γεώτρησης. Η γεώτρηση προς αξιολόγηση πρέπει να εγγυάται ότι το κόστος των \$15 εκατομμυρίων που έχει θα αποσβεστεί.

Υπολογίζουμε την αναμενόμενη παρούσα αξία των αποθεμάτων πετρελαίου από τον ακόλουθο τύπο:

$$PV(\text{appraise}) = \frac{\sum NPV(\text{develop})_Q^* \cdot \text{Prob}(Q)}{(1+r)^{T-t}} \quad (3.40)$$

όπου  $PV(\text{appraise})$ , η αναμενόμενη παρούσα αξία της περιοχής,  $NPV(\text{develop})^*$ , η καθαρή παρούσα αξία της περιοχής συναρτήσει του τύπου της περιοχής και των  $Q$  αποθεμάτων που θα εντοπιστούν και  $\text{Prob}(Q)$ , η πιθανότητα να εντοπιστούν  $Q$  αποθέματα. Υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση  $(T-t)=$ δύο ετών μεταξύ της έναρξης της γεώτρησης φρεατίων προς αξιολόγηση και της έναρξης της ανάπτυξης του έργου στην περιοχή.

Η καθαρή παρούσα αξία του δικαιώματος αξιολόγησης είναι:

$$\begin{aligned} NPV(\text{appraise}) &= \max \{ PV(\text{appraise}) - (1-\alpha)K(\text{appraise}), 0 \} \\ &= PV(\text{appraise}) - (1-\alpha)K(\text{appraise}) \end{aligned} \quad (3.41)$$

Οι χορηγοί θα προχωρήσουν στη γεώτρηση φρεατίων προς αξιολόγηση, αν η  $NPV(\text{appraise}) > 0$ .



*Αξία του δικαιώματος γεώτρησης φρεατίων προς διερεύνηση*

Οι χορηγοί πρέπει να αποφασίσουν εάν θα προχωρήσουν στη γεώτρηση δοκιμαστικών φρεατίων. Η απόφαση αυτή στηρίζεται στην πιθανότητα εύρεσης αποθεμάτων πετρελαίου και στην αξία των αποθεμάτων εάν εντοπιστεί πετρέλαιο. Υποθέτουμε, ότι η διοίκηση εκτιμάει ότι στο τέλος της φάσης διερεύνησης, η πιθανότητα εντοπισμού μικρών αποθεμάτων είναι 50%, μέτριων αποθεμάτων 25%, θεωρητικών αποθεμάτων 5% και μηδενικών αποθεμάτων 20%.

Η διοίκηση μπορεί να υπολογίσει την NPV(appraise) για κάθε τύπο περιοχής με τη διαδικασία που περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα.

Η αναμενόμενη παρούσα αξία της επένδυσης σε ένα διερευνητικό φρεάτιο είναι ίση με το άθροισμα των πιθανοτήτων ανεύρεσης κοιτάσματος πετρελαίου πολλαπλασιασμένες με τις αντίστοιχες τιμές της περιοχής, εάν το πετρέλαιο, που εντοπιστεί, αναχθεί στην αρχή της περιόδου διερεύνησης:

$$PV(\text{explore}) = \frac{\sum NPV(\text{appraise})_{\text{type}} \cdot \text{Prob}(\text{type})}{(1+r)^{T-t}} \quad (3.42)$$

όπου Prob(type), η πιθανότητα του τύπου της περιοχής.

Υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση  $(T-t)=$  δύο ετών μεταξύ της έναρξης της γεώτρησης διερεύνησης και της έναρξης της γεώτρησης αξιολόγησης. Οι χορηγοί θα πρέπει να πληρώσουν  $(1-\alpha)$  του κόστους διερεύνησης,  $(1-\alpha)K(\text{explore})$ , εάν αποφασίσουν να συνεχίσουν με τη δοκιμαστική γεώτρηση. Η καθαρή παρούσα αξία του δικαιώματος γεώτρησης φρεατίων προς διερεύνηση είναι:

$$\begin{aligned} NPV(\text{explore}) &= \max \{ PV(\text{explore}) - (1-\alpha)K(\text{explore}), 0 \} \\ &= PV(\text{explore}) - (1-0.5)K(\text{explore}) \end{aligned} \quad (3.43)$$

Οι χορηγοί θα προχωρήσουν στη γεώτρηση φρεατίων προς διερεύνηση, αν η  $NPV(\text{explore}) > 0$ .

*Καθαρή παρούσα αξία του έργου*

Οι χορηγοί πρέπει να ξοδέψουν \$5 εκατομμύρια στη γεωλογική έρευνα, προτού να αποφασίσουν εάν θα αναλάβουν τις δοκιμαστικές γεωτρήσεις. Η κρατική επιχείρηση πετρελαίου θα καλύψει τις μισές από αυτές τις δαπάνες, εάν οι χορηγοί αποφασίσουν να προχωρήσουν το έργο. Η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι:

$$NPV = \frac{NPV(\text{explore})}{1+r} - 2.5 \quad (3.44)$$

Αυτός ο υπολογισμός απεικονίζει τον ένα χρόνο που θα πάρει για να ολοκληρωθεί η γεωλογική φάση του έργου. Οι χορηγοί πρέπει να αναλάβουν τη γεωλογική έρευνα, εάν  $NPV > 0$ . Εάν  $NPV < 0$ , θα πρέπει να απορρίψουν την ευκαιρία, πιθανώς προς όφελος μιας πιο ελπιδοφόρας προοπτικής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

#### 4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας Αξιολόγησης Επενδύσεων

##### 4.1. Περιγραφή του συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε μία ενεργειακή επένδυση στην Πορτογαλία, που αφορά στην επέκταση της εγχώριας παραγωγικής χωρητικότητας με σκοπό την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, η ζήτηση αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα 25 χρόνια λόγω του αυξανόμενου ρυθμού ανάπτυξης και προτείνονται τα παρακάτω τρία εναλλακτικά σχέδια επέκτασης της παραγωγής:

- Κατασκευή μιας μεγάλης εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο
- Κατασκευή μιας μικρότερης, σε πρώτη φάση, εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και, στη συνέχεια, μιας δεύτερης μικρότερης εγκατάστασης, με δυνατότητα ευελιξίας στο μέγεθός της
- Κατασκευή μιας μικρότερης, σε πρώτη φάση, εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και, στη συνέχεια, μιας δεύτερης μικρότερης εγκατάστασης, η οποία θα είναι μίξη συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και αιολικής παραγωγής, με δυνατότητα ευελιξίας στο μέγεθός της

Η Πορτογαλία, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα πρέπει να θέσει την ενεργειακή της πολιτική εντός του ευρύτερου ευρωπαϊκού πλαισίου, το οποίο έχει στόχο την αειφόρο ανάπτυξη, την ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια στον εφοδιασμό. Η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία βασίζεται σε συνδυασμένο κύκλο που λειτουργεί με φυσικό αέριο και σε αιολική παραγωγή, δύναται να καλύψει την επιθυμία για αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας και την ανάγκη για συμμόρφωση με τους περιορισμούς του Πρωτόκολλου του Kyoto.

Παρότι η Πορτογαλία και η Ισπανία πρόσφατα δημιούργησαν μια ενιαία απελευθερωμένη αγορά φυσικού αερίου, στην ανάλυσή μας θα ασχοληθούμε με την εγχώρια ζήτηση για δύο λόγους. Πρώτον, έχουμε πιο εύκολα πρόσβαση στα ιστορικά δεδομένα μίας μόνο χώρας και δεύτερον, η απελευθερωμένη Ιβηρική ενεργειακή αγορά υπάρχει τα τελευταία δύο χρόνια, με αποτέλεσμα το ιστορικό δείγμα τιμών να είναι πολύ μικρό.

**Στόχος** είναι ο σχεδιασμός ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα τροφοδοτεί επαρκώς τους καταναλωτές κατά τρόπο αξιόπιστο και με χαμηλό κόστος. Για το σχεδιασμό του τελικού συστήματος παραγωγής, πρέπει να καθορίσουμε δύο παράγοντες, το μέγεθος της κάθε ενεργειακής εγκατάστασης και τη συνεισφορά του κάθε τρόπου παραγωγής ενέργειας στο τελικό μείγμα. Το ποσό παραγωγής σχετίζεται με το κόστος παραγωγής, που βασίζεται στο κόστος των καυσίμων και στον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας, που στη συγκεκριμένη ανάλυση, όμως, θα αγνοήσουμε, είναι επιλογή της περιοχής για τις παραγωγικές εγκαταστάσεις. Η Πορτογαλία εισάγει φυσικό αέριο μέσω δύο αγωγών και υπάρχει η σκέψη για κατασκευή επιπρόσθετων αγωγών, καθώς και φυσικό αέριο σε υγρή μορφή μέσω ενός λιμανιού στη Sines. Αν λαμβάναμε υπόψη τις δαπάνες για τη μεταφορά των καυσίμων, η επιλογή της περιοχής θα είχε κριτική σημασία για τον καθορισμό του λειτουργικού κόστους της εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, διαφορετικές περιοχές για κατασκευή αιολικού πάρκου συνεπάγονται πολύ μεγάλο εύρος αιολικής δυναμικότητας. Αυτό σε συνδυασμό με τις δαπάνες για μεταφορά δημιουργούν ένα σύνθετο σχεδιαστικό πλαίσιο για την αιολική ανάπτυξη.

Η μοντελοποίηση της αξιοπιστίας του συστήματος δε θα πραγματοποιηθεί στη συγκεκριμένη ανάλυση.

#### **4.2. Διατύπωση και ανάλυση παραγόντων αβεβαιότητας**

Οι παράγοντες αβεβαιότητας που επηρεάζουν την αξιολόγηση της επένδυσης παρουσιάζονται παρακάτω:

- ✓ Κόστος φυσικού αερίου και το σχετικό κόστος του φυσικού αερίου σε υγρή μορφή

Το κόστος του φυσικού αερίου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Επηρεάζεται από την ανακάλυψη καινούριων αποθεμάτων, βελτιωμένη τεχνολογία, φυσικές καταστροφές, γεωγραφικά-πολιτικά γεγονότα, όπως πόλεμοι, τρομοκρατικές επιθέσεις, που δύνανται να περιορίσουν ή να διακόψουν την προσφορά.

- ✓ Νομοθετικό πλαίσιο (το σχετικό με το πρωτόκολλο του Kyoto και την εμπορία δικαιωμάτων αερίων στα πλαίσια της E.E.)

Η Πορτογαλία θα μπορούσε να πετύχει τους στόχους της για μείωση των αέριων ρύπων μέσω του ενεργειακού τομέα ή να αναζητήσει τη μείωση αυτή σε άλλο τομέα. Η αστάθεια στην τιμή των εκπομπών αερίων καθώς και η δυνητική αξία από Προγράμματα από Κοινού (ΠΚ) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για το σχεδιασμό μιας ενεργειακής επένδυσης.

- ✓ Αλλαγές στην αγορά ενέργειας (απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ενοποίηση με την Ισπανική αγορά)

- ✓ Τεχνολογικές εξελίξεις στην παραγωγή μέσω φυσικού αερίου, ανέμου κ.λ.π.

Ο εφοδιασμός σε πετρέλαιο είναι ευμετάβλητος σε διαταράξεις και η υδροηλεκτρική παραγωγή είναι ασταθής.

Με την παρακάτω ανάλυση θα προσπαθήσουμε να καθορίσουμε τη βέλτιστη στρατηγική για να χειριστούμε τους παράγοντες αβεβαιότητας και να προσδιορίσουμε την αξία της ευελιξίας αυτών των μεταβλητών στο μέλλον.

Οι παράγοντες αβεβαιότητας, με τους οποίους θα ασχοληθούμε, παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

### 1. Τιμή φυσικού αερίου

Σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα, που παραχώρησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη μηνιαία τιμή του φυσικού αερίου (για το χρονικό διάστημα από τον Ιανουάριο του 1992 μέχρι το Φεβρουάριο του 2006), η τιμή παρουσιάζει εκθετική αύξηση με ρυθμό ανάπτυξης  $r=0.0043$ /μήνα.

Η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0.67.

Η εξίσωση που συνδέει την τιμή του φυσικού αερίου με τον αντίστοιχο μήνα, θεωρώντας για  $x=1$  τον Ιανουάριο του 1992 είναι:

$$y = 2.0834 \cdot e^{0.0043x} \quad (4.1)$$

## 2. Ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια

Η ζήτηση στην Πορτογαλία αναμένεται να αυξηθεί αλλά υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα για το ρυθμό ανάπτυξης. Από ιστορικά στοιχεία για το χρονικό διάστημα από το 1960 μέχρι το 2000, θεωρούμε ότι η μέση τιμή της ζήτησης αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση:

$$y = 0.8578 \cdot x - 2.216 \quad (4.2)$$

## 3. Τιμή εκπομπών αερίων

Η Ε.Ε. πρόσφατα εφάρμοσε το πρόγραμμα εμπορίας εκπομπών αερίων, το οποίο επιτρέπει την εμπορία μιας άδειας εκπομπής αερίων. Θα υποθέσουμε ότι ο φορέας που κάνει αυτόν τον σχεδιασμό ενεργειακής παραγωγής δεν κατέχει στην παρούσα κατάσταση τις άδειες εκπομπών και πρέπει να τις αγοράσει. Η αγορά εμπορίας εκπομπών υφίσταται για μικρό χρονικό διάστημα και παρουσιάζει μεγάλη αστάθεια, προσθέτοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντική αβεβαιότητα σε μελλοντικούς σχεδιασμούς.

Στην ανάλυσή μας θεωρούμε την τιμή των εκπομπών αερίων σταθερή και ίση με 0.027US\$/kgC.

### 4.3. Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας των εναλλακτικών σχεδίων παραγωγής με την παραδοσιακή μέθοδο των προεξοφλημένων ταμειακών ροών, χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές των παραγόντων.

Η Διεθνής Ενεργειακή Υπηρεσία (International Energy Agency) μάς παρέχει στοιχεία για τα κόστη κεφαλαίου και τα λειτουργικά κόστη από πρόσφατα κατασκευασμένες εγκαταστάσεις συνδυασμένου κύκλου που λειτουργούν με φυσικό αέριο. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά το αρχικό κόστος κεφαλαίου ανά χωρητικότητα συναρτήσσει της χωρητικότητας δίνεται από την εξίσωση:

$$CapitalCost.per.capacity(US\$/kWe) = 1500 \cdot C^{-0.15}, \quad (4.3)$$

όπου  $C$ , η χωρητικότητα σε MWe.

Τα λειτουργικά κόστη και τα κόστη συντήρησης υπολογίζονται συναρτήσει της χωρητικότητας σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$O \& M\_Costs(US\$/kWe) = 290 \cdot C^{-0.34} \quad (4.4)$$

όπου  $C$ , η χωρητικότητα σε MWe.

Η Διεθνής Ενεργειακή Υπηρεσία (International Energy Agency) μάς παρέχει στοιχεία για τα κόστη κεφαλαίου και τα λειτουργικά κόστη από πρόσφατα κατασκευασμένες εγκαταστάσεις αιολικής παραγωγής. Θεωρούμε ότι τα κόστη αυτά έχουν σταθερή τιμή και ίση με το μέσο όρο των στοιχείων αυτών, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$capital\_cost = 1300 \frac{US\$}{kWe}$$

$$annual\_O \& M\_cost = 23 \frac{US\$}{kWe}$$

### Υποθέσεις:

Η ενεργειακή επένδυση έχει χρονικό ορίζοντα 25 ετών, με σκοπό την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης, μεγιστοποιώντας την ίδια στιγμή το κέρδος.

Στην ανάλυσή μας αγνοούμε την αντικατάσταση των μηχανημάτων που θέτονται εκτός λειτουργίας και υποθέτουμε ότι η διάρκεια ζωής τους είναι μεγαλύτερη από το χρονικό ορίζοντα του έργου.

Πίνακας 4.3.A: Τεχνικές και οικονομικές παράμετροι της επένδυσης

<b>Τεχνικές και Οικονομικές Παράμετροι</b>		
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας	\$/kWh	0.16
Τιμή εκπομπών αερίων	US\$/kgC	0.027
Θερμική απόδοση	BTU/KWh	7000
Περιεκτικότητα σε εκπομπόμενο άνθρακα	kgC/mmBTU	12.5
<b>Κόστος κεφαλαίου</b>		
Εγκατάσταση φυσικού αερίου μεγέθους 3000 MWe	million \$	1354
Εγκατάσταση φυσικού αερίου μεγέθους 1500 MWe	million \$	751
Εγκατάσταση φυσικού αερίου (για κάθε πρόσθεση 500 MWe)	million \$	250
Εγκατάσταση αιολικής παραγωγής	million \$/MWe	1300
<b>Λειτουργικά κόστη και κόστη συντήρησης</b>		
Εγκατάσταση φυσικού αερίου	million \$/έτος/500MWe	12
Εγκατάσταση αιολικής παραγωγής	million \$/έτος/500MWe	11.5

Υπολογίζουμε την τιμή του φυσικού αερίου για κάθε μήνα σύμφωνα με την εξίσωση (2) και στη συνέχεια βρίσκουμε το μέσο όρο κάθε έτους. Με αυτό τον τρόπο βρίσκουμε τη μέση τιμή της τιμής του φυσικού αερίου για κάθε έτος.

Η χωρητικότητα της εγκατάστασης είναι ένα μέτρο της συνολικής ισχύος εξόδου της εγκατάστασης, που η εγκατάσταση είναι ικανή να αποδώσει σε κάθε στιγμή και μετράται σε MW.

Η θερμική απόδοση είναι ένα μέτρο αποδοτικότητας της ενεργειακής εγκατάστασης σχετικά με τη μετατροπή πρώτης ύλης σε χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Το κόστος καυσίμων υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\text{κόστος καυσίμων} = \text{τιμή φυσικού αερίου} \times \text{θερμική απόδοση} \times \text{ισχύς εξόδου εγκατάστασης}$$

(4.5)



Υπολογίζουμε τα ετήσια έσοδα από τη σχέση:

$$\text{έσοδα} = \text{ετήσια παραγωγή} \times \text{τιμή ηλεκτρικής ενέργειας} \quad (4.6)$$

Η ετήσια ταμειακή ροή υπολογίζεται ως εξής:

$\text{ταμειακή ροή} = \text{έσοδα} - (\text{αρχικό κεφάλαιο} + \text{κόστη λειτουργίας \& διατήρησης} + \text{κόστος καυσίμων} + \text{κόστος εκπομπών αερίων})$
---

(4.7)

Οι ταμειακές ροές ανάγονται με ένα επιτόκιο προεξόφλησης ίσο με 10%, το οποίο χρησιμοποιείται στην Πορτογαλία για έργα ενεργειακής παραγωγής.

Τέλος, θεωρούμε την υπολειμματική αξία του έργου μηδενική.

### *1<sup>ος</sup> Σχεδιασμός*

Για το πρώτο σενάριο, το οποίο αφορά στην κατασκευή μιας μεγάλης εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο, η καθαρά παρούσα αξία υπολογίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 4.3.B: Υπολογισμός ΚΠΑ για το 1<sup>ο</sup> σχέδιο

Έτος	2005	2006	2016	2017	2018	2029	2030
<b>Ζήτηση(TWh/yr)</b>		0.90	9.50	10.36	11.22	20.68	21.54
<b>Τιμή Ηλ.ενέργειας (\$/KWh)</b>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
<b>Τιμή Φυσ.αερίου (\$/MBTU)</b>	4.19	4.41	7.39	7.78	8.20	14.46	15.22
<b>Τιμή αερ.εκπομπών (\$/kgC)</b>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
<b>Σύστημα</b>							
Χωρητικότητα (MWe)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Χωρητικ. Παραγωγής (TWh/yr)		22.34	22.34	22.34	22.34	22.34	22.34
Παραγωγή (TWh/yr)		0.90	9.50	10.36	11.22	20.68	21.54
<b>Ταμειακές Ροές</b>							
Κόστος επένδυσης (mil\$/yr)	1354						
O&M κόστη (mil\$/yr)		72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Κόστος καυσίμων (mil\$/yr)		27.80	491.6	564.4	643.7	2092.97	2295.45
Κόστος εκπομπών(mil\$/yr)		2.13	22.44	24.48	26.51	48.86	50.89
Έσοδα (mil\$/yr)		144.00	1520	1657.6	1795	3308.8	3446.40
Ταμειακές ροές (mil\$/yr) CF <sub>t</sub>		42.07	933.96	996.63	1052.97	1094.98	1028.06
Επιτόκιο προεξόφλησης	1.00	1.10	2.85	3.14	3.45	9.85	10.83
<b>Καθαρά Παρούσα Αξία (mil\$)</b>	4397.6						
Αξία του έργου V <sub>t</sub>	5751.6	6326.8	9289.8	9191.49	9014.34	2029.58	1028.06
δ <sub>t</sub>		0.01	0.10	0.11	0.12	0.54	1.00

2<sup>ος</sup> Σχεδιασμός

Για το δεύτερο σενάριο, το οποίο αφορά στην κατασκευή μιας μικρότερης, σε πρώτη φάση, εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και, στη συνέχεια, μιας δεύτερης μικρότερης εγκατάστασης, με δυνατότητα ευελιξίας στο μέγεθός της, θεωρούμε ότι το 2017 θα κατασκευάσουμε μία εγκατάσταση μεγέθους 1500 MW ή 2000 MW.

Η καθαρά παρούσα αξία για την πρόσθεση μιας εγκατάστασης 1500 MW υπολογίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 4.3.Γ: Υπολογισμός ΚΠΑ για το 2<sup>ο</sup> σχέδιο

Έτος	2005	2006	2016	2017	2018	2029	2030
<b>Ζήτηση(TWh/yr)</b>		0.9	9.5	10.36	11.22	20.68	21.54
<b>Τιμή Ηλ. Ενέργειας (\$/KWh)</b>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
<b>Τιμή Φυσ.αερίου (\$/MBTU)</b>	4.19	4.41	7.39	7.78	8.20	14.46	15.22
<b>Τιμή αέρ.εκπομπών (\$/kgC)</b>	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
<b>Σύστημα</b>							
Χωρητικότητα (MWe)	1500	1500	1500	1500	3000	3000	3000
Χωρητικότητα Παραγωγής (TWh/yr)	0	11.169	11.169	11.169	22.338	22.338	22.338
Παραγωγή (TWh/yr)		0.9	9.5	10.36	11.22	20.68	21.54
<b>Ταμειακές Ροές</b>							
Κόστος επένδυσης (mil\$/yr)	751			751			
O&M Κόστη (mil\$/yr)		36	36	36	72	72	72
Κόστος καυσίμων (mil\$/yr)		27.80	491.60	564.49	643.72	2092.97	2295.45
Κόστος εκπομπών (mil\$/yr)		2.12	22.44	24.47	26.50	48.85	50.88
Έσοδα (mil\$/yr)		144	1520	1657.6	1795.2	3308.8	3446.4
Ταμειακές ροές (mil\$/yr) CF <sub>t</sub>		78.07	969.96	281.63	1052.97	1094.98	1028.06
Επιτόκιο προεξόφλησης	100%	1.1	2.85	3.14	3.45	9.85	10.83
<b>Καθαρά Παρούσα Αξία (mil\$)</b>	5006.6						
Αξία του έργου V <sub>t</sub>	5757.6	6333.41	8675.86	8476.49	9014.34	2029.58	1028.06
δ <sub>t</sub>		0.01	0.11	0.03	0.11	0.53	1

Με την αντίστοιχη διαδικασία υπολογίζουμε ότι η Καθαρά Παρούσα Αξία για την πρόσθεση 2000 MW είναι ίση με 4905.29 mil\$.

### 3<sup>ος</sup> Σχεδιασμός

Για το τρίτο σενάριο, το οποίο αφορά στην κατασκευή μιας μικρότερης, σε πρώτη φάση, εγκατάστασης συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και, στη συνέχεια, μιας δεύτερης μικρότερης εγκατάστασης, η οποία θα είναι μίξη συνδυασμένου κύκλου που λειτουργεί με φυσικό αέριο και αιολικής παραγωγής, με

δυνατότητα ευελιξίας στο μέγεθός της, θεωρούμε ότι το 2017 θα κατασκευάσουμε μία εγκατάσταση, με συνεισφορά φυσικού αερίου 500-2000 MW και συνεισφορά αιολικής παραγωγής 0-2000 MW.

Σχετικά με το εναλλακτικό σχέδιο αυτό, θεωρούμε ότι είναι υποχρεωτικό το 30% της συνολικής ζήτησης να καλύπτεται από αιολική παραγωγή και το υπόλοιπο 70% της ζήτησης από φυσικό αέριο. Η θεώρηση αυτή γίνεται διότι η Πορτογαλία επιθυμεί να πετύχει τους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε., δηλαδή να καταλαμβάνουν οι ανανεώσιμες τεχνολογίες ενέργειας το 22,1% του συνόλου της αγοράς μέχρι το 2010.

Στον πίνακα παρακάτω, φαίνεται ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας για επέκταση 500MW, προερχόμενη από φυσικό αέριο και επέκταση 1000 MW, προερχόμενη από αιολική παραγωγή:

Πίνακας 4.3.Δ: Υπολογισμός ΚΠΑ για το 3<sup>ο</sup> σχέδιο

Έτος	2005	2006	2016	2017	2018	2029	2030
<b>Ζήτηση (TWh/yr)</b>		0.9	9.5	10.36	11.22	20.68	21.54
<b>Τιμή Ηλ. Ενέργειας (\$/KWh)</b>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
<b>Τιμή Φυσ. Αερίου (\$/MBTU)</b>	4.19	4.41	7.39	7.78	8.20	14.46	15.22
<b>Τιμή αέριων εκπομπών (\$/kgC)</b>	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
<b>Σύστημα</b>							
Χωρητικότητα φ.α (MWe)	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000
Χωρητικότητα αιολ. Παρ. (MWe)					1000	1000	1000
Χωρητικότητα Παραγωγής φ.α. (TWh/yr)	0	11.169	11.169	11.169	14.892	14.892	14.892
Χωρητικότητα Παραγωγής α.π. (TWh/yr)		0	0	0	4.38	4.38	4.38
Συνολική Χωρητικότητα παραγωγής (TWh/yr)		11.169	11.169	11.169	19.272	19.272	19.272
Παραγωγή (TWh/yr)		0.9	9.5	10.36	11.22	19.272	19.272
Παραγωγή από φυσικό αέριο (TWh/yr)					7.854	14.892	14.892
Παραγωγή από αιολική παραγωγή (TWh/yr)					3.366	4.38	4.38
<b>Ταμειακές Ροές</b>							
Κόστος Επένδυσης (mil\$/yr)	751			1550			
O&M Κόστη (mil\$/yr)		36	36	36	71	71	71
Κόστος Καυσίμων(mil\$/yr)		27.80	491.60	564.49	450.61	1507.18	1586.99
Κόστος εκπομπών (mil\$/yr)		2.13	22.44	24.48	18.56	35.18	35.18
Έσοδα (mil\$/yr)		144	1520	1657.6	1795.2	3083.52	3083.52
Ταμειακές ροές (mil\$/yr) CF <sub>t</sub>		78.07	969.96	-517.37	1255.04	1470.16	1390.35
Επιτόκιο Προεξόφλησης	1	1.10	2.85	3.14	3.45	9.85	10.83
<b>Καθαρά Παρούσα Αξία (mil\$)</b>	5451.45						
Αξία του έργου V <sub>t</sub>	6202.45	6822.69	9944.94	9872.48	11428.83	2734.11	1390.35
δt		0.01	0.10	-0.05	0.11	0.54	1

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ΚΠΑ για διάφορες συστάσεις του μείγματος φυσικού αερίου-αιολικής ενέργειας:

*Πίνακας 4.3.Ε: Υπολογισμός ΚΠΑ για διαφορετική σύσταση του ενεργειακού μείγματος*

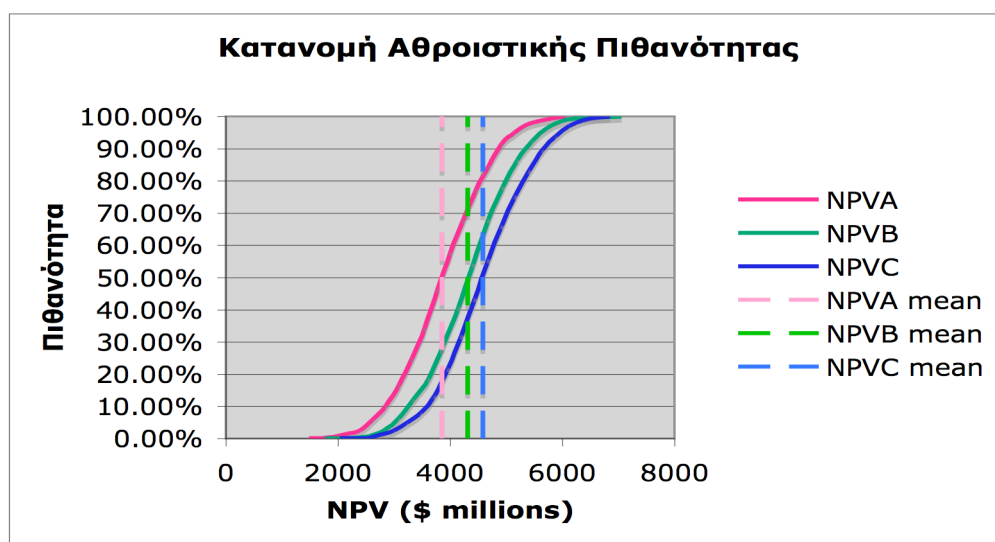
<b>Χωρητικότητα Φυσικού Αερίου (MW)</b>	<b>Χωρητικότητα Αιολικής Παραγωγής (MW)</b>	<b>Καθαρά Παρούσα Αξία (mil \$)</b>
500	1500	5,346.04
500	2000	5,863.90
1000	1000	5,367.15
1000	1500	5,240.10
1000	2000	5,006.96
1500	0	5,006.96
1500	1000	5,260.33

#### **4.4. Αποτίμηση ευελιξίας**

Στην ενότητα αυτή θα αποτιμήσουμε την αξία ενός call option επέκτασης της αρχικής εγκατάστασης των 1500 MW κατά 1500 MW, το οποίο εφαρμόζεται για τα σενάρια 2 και 3. Θα συγκρίνουμε το σενάριο χωρίς ευελιξία, όπου θα κατασκευαστεί στην αρχή της ζωής του έργου μια εγκατάσταση 1500 MW, με το σενάριο στο οποίο ενσωματώνεται η ευελιξία, όπου δηλαδή έχουμε την επιλογή επέκτασης της αρχικής εγκατάστασης, όταν συμφέρει.

Αρχικά, βρίσκουμε τη διασπορά  $\sigma$  της αξίας του έργου με σκοπό τη δημιουργία του διωνυμικού δέντρου, το οποίο αποτυπώνει την εξέλιξη της πορείας του έργου μέσα στο χρόνο για το σενάριο χωρίς ευελιξία. Σε παρόμοια έργα χρησιμοποιούμε ιστορικά δεδομένα για τον καθορισμό της διασποράς. Ο τρόπος αυτός είναι εφαρμόσιμος όταν η διασπορά είναι μικρή. Στην αντίθετη περίπτωση, όπως και στη δική μας, όπου η διασπορά της τιμής του φυσικού αερίου και της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη, δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για την αξία του έργου. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε Monte Carlo προσομοίωση.

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιούμε Monte Carlo προσομοίωση για την Καθαρά Παρούσα Αξία του έργου, μεταβάλλοντας την τιμή του φυσικού αερίου και τη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, δημιουργούμε την κατανομή αθροιστικής πιθανότητας για την Καθαρά Παρούσα Αξία του κάθε εναλλακτικού σεναρίου, όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 4.4.α: Κατανομή αθροιστικής πιθανότητας για την ΚΠΑ του κάθε σχεδίου

Από την παραπάνω κατανομή, βρίσκουμε το εύρος της Καθαρής Παρούσας Αξίας που αντιστοιχεί σε ποσοστό 80% για κάθε σχέδιο, όπως φαίνεται παρακάτω:

1<sup>ο</sup> Σχέδιο: 2846.27-4849.57

2<sup>ο</sup> Σχέδιο: 3250.29-5329.74

3<sup>ο</sup> Σχέδιο: 3563.79-5665.51

Το επόμενο βήμα είναι να προσδιορίσουμε τα στοχαστικά χαρακτηριστικά της γεωμετρικής κίνησης Brown, ώστε να συμπίπτουν, στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, με αυτά της προσομοίωσης. Μετά από πολλές δοκιμές καταλήγουμε σε διασπορά (της αξίας του έργου) ίση με  $\sigma=0.10$ .

Στο σχήμα αποτυπώνεται η προσπάθεια ταύτισης των στοχαστικών χαρακτηριστικών της προσομοίωσης και της μέσης τιμής της γεωμετρικής κίνησης Brown:





Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης στρατηγικής για την αξιοποίηση της ευελιξίας και της θεωρητικής αξίας της ευελιξίας, γίνεται ανάλυση του δέντρου από το τέλος προς την αρχή του. Σε κάθε κόμβο του δέντρου υπάρχουν δύο αμοιβαία αποκλειόμενες επιλογές: να αξιοποιηθεί ή να διατηρηθεί ανοικτό το δικαίωμα που παρέχει η ευελιξία, η οποία είναι ενσωματωμένη στο έργο. Συνακόλουθα, η αξία του Έργου σε κάθε κόμβο είναι η μεγαλύτερη εκ των παρακάτω δύο:

3) Αξία του Έργου όταν το δικαίωμα διατηρείται ανοικτό:

$$V_{t,j} = C_{t,j} + \frac{p \cdot V_{t+1,j} + (1-p) \cdot V_{t+1,j+1}}{1 + r_f \cdot \Delta t}$$

όπου  $p = \frac{1 + r_f \cdot \Delta t - d}{u - d}$  και  $r_f$  το επιτόκιο προεξόφλησης για μία επένδυση χωρίς κίνδυνο και διάρκεια ίση με τη διάρκεια της οικονομικής ζωής του υπό εξέταση Έργου (*risk-free rate*).

4) Αξία του Έργου όταν αξιοποιείται το δικαίωμα.

Το διωνυμικό δέντρο που δημιουργείται φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 4.4.Z: Διωνυμική κατανομή της αναμενόμενης αξίας του έργου με ευελιξία

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4892.7	5564.3	6124.5	6751.7	7449.6	8222.6	9076.4	10017.1	11051.7	12187.3	13431.4	14791.7	16275.5	17889.3	19637.8	21522.8	23541.1	25680	27911.3	30178.2	32370.3	34267.1	35398.1	34622.3	28445.8
	4419.7	4878.3	5391.9	5963.2	6596.1	7295.2	8065.4	8912.4	9842.1	10860.8	11974.5	13189.3	14510.5	15942.1	17485.5	19137.8	20889	22715.9	24571.9	26366.6	27919.6	28945.6	28210.4	23153.5
		3858.1	4278.6	4746.3	5264.5	5836.8	6467.4	7160.9	7922.1	8756.1	9667.9	10662.6	11744.3	12916.3	14179.9	15532.8	16966.5	18462.2	19981.8	21451.2	22727.2	23480.8	22960.7	18820.5
			3367	3750	4174.3	4642.8	5159.1	5726.9	6350.1	7032.9	7779.5	8593.8	9479.4	10439	11473.6	12581.2	13755.1	14979.6	16223.8	17426.8	18467.8	19088.5	18662.7	15273
				2934.3	3281.6	3665.3	4088	4552.8	5083.1	5622.1	6233.4	6900.1	7625.2	8410.8	9257.8	10164.7	11125.8	12128.3	13147	14131.9	14994.2	15492.4	15143.8	12368.5
					2550.8	2864.9	3211	3591.6	4009.4	4467.1	4967.5	5513.3	6107	6750.2	7443.7	8186.2	8973	9793.9	10627.9	11434.3	12132.1	12548.2	12262.7	9990.5
						2209.6	2493	2804.6	3146.6	3521.4	3931.1	4378	4864	5390.7	5958.4	6566.3	7210.6	7882.6	8565.4	9225.7	9797	10137.6	9903.9	8043.6
							1905.1	2160.3	2440.3	2747.1	3082.5	3448.4	3846.4	4277.6	4742.4	5240.1	5767.6	6317.8	6876.8	7417.4	7885.1	8164	7972.7	6486.7
								1632.7	1862	2113.2	2387.8	2687.4	3013.2	3366.2	3746.8	4154.3	4586.1	5036.6	5494.3	5936.9	6319.8	6548.2	6391.5	5310.9
									1388.5	1594.2	1819	2064.3	2331	2620.1	2931.7	3265.3	3618.8	3987.7	4362.4	4724.8	5038.3	5225.2	5097	4348.2
										1169.2	1353.3	1554.2	1772.5	2009.2	2264.3	2537.4	2826.9	3128.9	3435.7	3732.4	3989.1	4142.1	4037.1	3580
											972.1	1136.5	1315.3	1509	1717.9	1941.5	2178.5	2425.8	2676.9	2919.8	3130	3255.3	3169.4	2914.7
												794.5	940.9	1099.5	1270.5	1453.6	1647.7	1850.1	2055.7	2254.6	2426.7	2529.3	2458.9	2386.3
													650.3	764.3	894.3	1054.2	1213	1378.8	1547.2	1710	1850.8	1934.9	1877.2	1953.8
															588.5	650.3	727.1	802.9	882.9	964.3	1044.3	1118.5	1185	1309.6
																532.5	588.5	650.3	718.7	794.3	869	942.4	1012.2	1072.2
																	481.8	532.5	588.5	650.3	718.7	794.3	877.9	970.2
																		435.9	481.8	532.5	588.5	650.3	718.7	877.9
																			394.5	435.9	481.8	532.5	588.5	650.3
																				356.9	394.5	435.9	481.8	532.5
																					323	356.9	394.5	435.9
																						292.2	323	356.9
																							264.4	292.2
																								239.2
																								216.5

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται το διωνυμικό δέντρο που δημιουργούμε για τον υπολογισμό της αξίας του έργου έχοντας ενσωματώσει την αξία του δικαιώματος για επέκταση της αρχικής εγκατάστασης κατά 1500 MW.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι η αξία του έργου με την αξιοποίηση της ευελιξίας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αξία χωρίς ευελιξία.

Η αξία του δικαιώματος επέκτασης της αρχικής εγκατάστασης κατά 1500MW είναι:

$$ΚΠΑ_{\text{με ευελιξία}} - ΚΠΑ_{\text{χωρίς ευελιξία}} = 4892.7 - 2386.3 = 2506.4 \text{ mil}\$$$

Αυτό σημαίνει ότι ο επενδυτής είναι διατεθειμένος να πληρώσει μέχρι και 2506.4 mil\$ για να διατηρήσει την ευελιξία επέκτασης της χωρητικότητας της εγκατάστασης.

Στον παρακάτω πίνακα διαφαίνεται πότε συμφέρει τον επενδυτή να ασκήσει το δικαίωμα επέκτασης:



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

#### 5. Συμπεράσματα-Προοπτικές

##### 5.1. Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αφορούν είτε σε γενικές παρατηρήσεις αναφορικά με την προτεινόμενη μεθοδολογία, είτε σε σχόλια εστιασμένα στη συγκεκριμένη εφαρμογή που πραγματοποιήσαμε στην επένδυση στην Πορτογαλία.

Όσον αφορά στην εκπόνηση μελετών κόστους-οφέλους, αναφέρουμε ότι πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας και κινδύνου για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει πάντα τα επενδυτικά έργα. Η ανάλυση ευαισθησίας στοχεύει στον προσδιορισμό των κρίσιμων μεταβλητών του έργου, ώστε να μπορεί να προβλεφθεί πώς η ΚΠΑ θα κυμανθεί σε σχέση με αυτές τις κρίσιμες παραμέτρους. Η ανάλυση του κινδύνου έχει ως αντικείμενο την αξιολόγηση του αντίκτυπου δεδομένων ποσοστιαίων αλλαγών μιας μεταβλητής στους δείκτες απόδοσης του έργου, βασιζόμενη στην πιθανότητα εμφάνισης της αλλαγής αυτής.

Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου είναι σημαντικά, στις μελέτες ΑΚΟ η ανάλυση κινδύνου εμφανίζεται στο τελικό στάδιο της αξιολόγησης ενός επενδυτικού σχεδίου. Στο στάδιο αυτό τα εξαγώγιμα αποτελέσματα απλά παραθέτονται και δεν χρησιμοποιούνται προς όφελος του επενδυτικού σχεδιασμού. Αντίθετα, αν η ανάλυση κινδύνου ενός επενδυτικού προγράμματος πραγματοποιηθεί σε αρχικό στάδιο θα μπορούσε να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο αντιστάθμισης του κινδύνου που υπεισέρχεται στην επένδυση, δηλαδή με βάση τα αποτελέσματα θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί ο αρχικός σχεδιασμός του επενδυτικού πλάνου.

Όσον αφορά στην προσέγγιση των real options, συμπεραίνουμε ότι είναι πολύ χρήσιμη στην αξιολόγηση έργων που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα στάδια,

στο τέλος των οποίων οι χορηγοί θα αποφασίσουν εάν θα συνεχίσουν το έργο ή θα το εγκαταλείψουν. Η ανάπτυξη έργων φυσικών πόρων, που περιλαμβάνουν συνήθως μια σειρά σταδίων, αποτελεί μια σημαντική εφαρμογή.

Η ευελιξία αυτή είναι σημαντική, επειδή υπάρχουν έργα, που εμφανίζουν αρνητική ΚΠΑ βάσει της παραδοσιακής ανάλυσης των ΠΤΡ, αλλά αποδεικνύεται τελικά, ότι έχουν θετική ΚΠΑ, όταν υπολογίζονται όλα τα real options. Η ανάλυση με τη μέθοδο των real options δίνει έμφαση στον εντοπισμό όλων των ενδεχομένως πολύτιμων επιλογών, που συνδέονται με ένα έργο. Δίνει, επίσης, στους χορηγούς τη δυνατότητα να αξιολογήσουν αυτές τις επιλογές, ώστε να μπορούν να τις συνυπολογίσουν στη συνολική αξία του έργου. Η μέθοδος είναι χρήσιμη για οποιοδήποτε έργο περιλαμβάνει ευδιάκριτα σημεία απόφασης. Είναι, ακόμα, ιδιαίτερα χρήσιμη για μεγάλα έργα, όπου οι χορηγοί θα επιθυμούσαν να αναβάλλουν την επένδυση μεγάλων ποσών, μέχρι να βεβαιωθούν ότι θα τα αποσβέσουν.

Τέλος, όσον αφορά την εφαρμογή της προσέγγισης των real options σε έργα παραγωγής ενέργειας, παρατηρούμε ότι είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Αυτό συμβαίνει διότι οι αγορές που σχετίζονται με τον τομέα της ενέργειας (π.χ. αγορά φυσικού αερίου, πετρελαίου) είναι οργανωμένες και παρέχουν στους επενδυτές αρκετά εργαλεία (π.χ. συμβόλαια futures και forwards πάνω στις τιμές). Αντίθετα, σε επενδυτικά έργα που πραγματοποιούνται σε άλλους τομείς, όπου δεν υπάρχουν οργανωμένες αγορές, δεν είναι τόσο συνηθισμένη η αξιολόγηση επενδύσεων με αποτίμηση της μελλοντικής ευελιξίας.

## 5.2. Προοπτικές

Οι προοπτικές περαιτέρω έρευνας και εφαρμογών που προέκυψαν κατά τη διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

**Πραγματοποίηση της ανάλυση κινδύνου ενός επενδυτικού προγράμματος σε αρχικό στάδιο** θα μπορούσε να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο αντιστάθμισης του κινδύνου που υπεισέρχεται στην επένδυση, δηλαδή με βάση τα αποτελέσματα θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί ο αρχικός σχεδιασμός του επενδυτικού πλάνου. Η προσέγγιση των real options μπορεί να συμβάλλει σε αυτή την προοπτική, καθώς

παρέχει στον επενδυτή το δικαίωμα λήψης καλύτερης πληροφόρησης. Απότοκο αυτού είναι ότι μειώνεται η αβεβαιότητα και κατά συνέπεια ο κίνδυνος.

**Εκτεταμένη έρευνα σε εργαλεία (software) εφαρμογής της προσέγγισης των real options** θα συνέβαλλε στη διάδοση του μοντέλου. Είναι γεγονός ότι η προσέγγιση αυτή δε χρησιμοποιείται ευρέως διότι δεν είναι μαθηματικά εύκολη. Αυτό συμβαίνει επειδή συνήθως οι επενδύσεις περιλαμβάνουν ένα σύνολο options, τα οποία μπορεί να είναι αμοιβαίως αποκλειόμενα μεταξύ τους, και συνεπώς οι μαθηματικοί υπολογισμοί είναι αρκετά περίπλοκοι. Ένα προηγμένο εργαλείο software θα μπορούσε να διευκολύνει τους χρήστες στην ενασχόλησή τους με τους σύνθετους υπολογισμούς.

**Βιβλιογραφία**

- [1] A. Eydeland and K. Wolyniec, “Energy and Power Risk Management”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003
- [2] J. C. Hull, “Options, Futures and other Derivatives”, Pearson International Edition, 2006
- [3] P. Ponce de Leon Barido, “The Potential of Nuclear Power in Portugal: Determining If and When to Include Nuclear Power in Portugal’s Energy Supply Portfolio”, Engineering System Analysis for Design, December 2006
- [4] V. J. Karplus, “The Value of Flexibility in New Power Plant Construction for Municipal Shanghai, P.R. China”, December 2007
- [5] JP. Connolly, “Electricity Generation Choices: Combined Cycle Gas and Wind in Portugal”, Application Portfolio, November 2006
- [6] K. A. Frazier, “Power Plant Development Options in Abu Dhabi”, Application Portfolio, December 2007
- [7] Marion A. Brach, “Real Options in Practice”
- [8] Pedro Manuel Cortesy Godinho, “Monte Carlo Estimation of Project Volatility for Real Options Analysis”, Grupo de Estudos Monetarios e Financeiros (GEMF)
- [9] Tatsuyuki Ariizum, “Evaluation of Large Scale Industrial Development Using Real Options Analysis” , A Case Study

- [10] Han T. J. Smit, “Strategic Investment: Real Options and Games”, Lenos Trigeorgis
- [11] Ian Alexander–Antonio Estache–Adele Olivert, “A few things transport regulators should know about risk and the cost of capital”
- [12] Μ. Ξανθάκης, Χ. Αλεξιάκης, «Χρηματοοικονομική Ανάλυση Επιχειρήσεων»
- [13] Κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη μεθοδολογία για τη διενέργεια ανάλυσης κόστους οφέλους