



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών  
Παραγωγής και Διοίκησης

---

*Διπλωματική Εργασία*

**Ενσωμάτωση παραγόντων ESG στη διαχείριση επενδύσεων: Μια  
πολυκριτήρια μεθοδολογία**

**ΚΡΑΣΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**

Χανιά, July 2025

*Η παρούσα διπλωματική εργασία  
αφιερώνεται στην οικογένεια μου*

## Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Μιχάλη Δούμπο, για τη συνεχή υποστήριξη και την άμεση ανταπόκριση σε κάθε πρόβλημα που αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, για τις όμορφες στιγμές που μοιραστήκαμε, τις αναμνήσεις που δημιουργήσαμε και τη φιλία που χτίσαμε όλα αυτά τα χρόνια και είμαι βέβαιος ότι, όποιον δρόμο κι αν ακολουθήσει ο καθένας από εμάς στο μέλλον, τα φοιτητικά μας χρόνια θα μας μείνουν για πάντα αξέχαστα. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, η οποία με στήριξε ηθικά και πρακτικά καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περίληψη

Η παρούσα μελέτη εξετάζει την επίδραση της ενσωμάτωσης των κριτηρίων ESG στη διαχείριση επενδυτικών χαρτοφυλακίων κατά τη διάρκεια των περιόδων της πανδημίας COVID-19, του πολέμου Ρωσίας–Ουκρανίας και του πρόσφατου πολέμου μεταξύ Ισραήλ και Παλαιστίνης. Η ανάλυση γίνεται με την χρήση δύο μοντέλων βελτιστοποίησης: Του μοντέλου μέσου-διακύμανσης(M-V) και του μοντέλου απόδοσης-υπό συνθήκη αξίας σε κίνδυνο (M-CVaR). Τα αποτελέσματα αξιολογούνται με τη βοήθεια των δεικτών Sharpe, Treynor και του συντελεστή  $\beta$ . Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι η επίδραση της βαθμολογίας ESG δεν είναι σταθερή, αλλά διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη φύση και το βάθος της κάθε κρίσης. Συγκεκριμένα, σε περιόδους έντονης γεωπολιτικής αστάθειας, τα χαρτοφυλάκια με υψηλές βαθμολογίες ESG εμφανίζουν αυξημένη ανθεκτικότητα και σταθερότητα, ενώ κατά την πανδημία του Covid-19 τα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG απέδωσαν καλύτερα.

Λέξεις κλειδιά: Βαθμολογία ESG, διαχείριση χαρτοφυλακίων, Μέσου-Διακύμανσής , Απόδοσης-υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο, δείκτες αποδοτικότητας

## **Abstract**

This study investigates the impact of integrating ESG criteria into investment portfolio management during three major global crises: the COVID-19 pandemic, the Russia–Ukraine war, and the recent conflict between Israel and Palestine. The analysis employs two portfolio optimization models: the Mean-Variance (M-V) model and the Mean-Conditional Value at Risk (M-CVaR) model. Portfolio performance is evaluated using the Sharpe ratio, the Treynor ratio, and the beta coefficient. The results reveal that the influence of ESG scores on portfolio performance is not uniform but varies significantly depending on the nature and duration of each crisis. Specifically, portfolios with high ESG ratings exhibit greater resilience and stability during periods of heightened geopolitical tension, while during the pandemic, portfolios without ESG constraints performed better.

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....</b>	<b>11</b>
2.1. Ιστορικό πλαίσιο .....	11
2.2. Μεθοδολογίες ενσωμάτωσης παραγόντων ESG στη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων .....	13
2.3. Αποτελεσματικότητα επενδύσεων ESG .....	15
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>17</b>
3.1. Βασικές έννοιες .....	17
3.2. Μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης.....	19
3.3. Μοντέλο Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο .....	20
<b>4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>22</b>
4.1. Δεδομένα .....	22
4.2. Εφαρμογή για τα εντός δείγματος δεδομένα .....	24
4.3. Αξιολόγηση της επίδρασης της βαθμολογίας ESG στα δεδομένα εκτός δείγματος .....	30
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....</b>	<b>40</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>41</b>

## 1. Εισαγωγή

Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών, κοινωνικών και διακυβερνητικών (ESG) κριτηρίων στη διαδικασία διαχείρισης επενδύσεων έχει αποκτήσει σημαντικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, καθώς οι επενδυτές πλέον επιδιώκουν, πέρα από τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου, να αφήσουν και ένα θετικό περιβαλλοντικό, κοινωνικό και διακυβερνητικό αποτύπωμα. Αυτή η τάση αναδεικνύει μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι επενδυτές αξιολογούν τη χρηματοοικονομική επίδοση των εταιρειών. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους οι επενδυτές επιδιώκουν να ενσωματώσουν τα κριτήρια ESG στη διαχείριση των χαρτοφυλακίων τους, καθώς αυτά μπορούν να αποδειχθούν ένας σημαντικός παράγοντας μετριασμού του κινδύνου, αλλά και να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των μακροχρόνιων επενδυτικών στόχων τους. Αρχικά, όσον αφορά τον επενδυτικό κίνδυνο, τα κριτήρια ESG μπορούν να προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες και να οδηγήσουν στη δημιουργία καλά προετοιμασμένων και ανθεκτικών χαρτοφυλακίων, τα οποία είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν σε περιόδους οικονομικής και κοινωνικής αστάθειας. Δεύτερον, μελέτες έχουν δείξει ότι οι εταιρείες με υψηλές επιδόσεις ESG είναι καλύτερες επιλογές για μακροπρόθεσμες επενδύσεις, καθώς οι επενδυτές που τοποθετούν κεφάλαια σε αυτές τις επιχειρήσεις μειώνουν την έκθεσή τους σε νομικούς και άλλους παρεμφερείς κινδύνους, απολαμβάνοντας έτσι τα οφέλη της βελτιωμένης λειτουργικότητας, αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας αυτών των εταιρειών. Τρίτον, πολλοί επενδυτές, ως κοινωνικά υπεύθυνα άτομα που σέβονται και μεριμνούν για την κοινωνία και το περιβάλλον, επιθυμούν να ευθυγραμμίσουν αυτές τους τις αξίες με τις επενδυτικές τους επιλογές, ενσωματώνοντας τα κριτήρια ESG στις επενδυτικές τους στρατηγικές. Τέλος, η πανδημία του COVID-19, ο πόλεμος στην Ουκρανία, καθώς και η πρόσφατη σύγκρουση μεταξύ Ισραήλ και Παλαιστίνης, ανέδειξαν τη σημασία της ενσωμάτωσης αυτών των κριτηρίων στη διαχείριση επενδύσεων. Παρόλα αυτά, το ερώτημα παραμένει: είναι οι επενδύσεις ESG πιο αποδοτικές σε σύγκριση με τις παραδοσιακές επενδύσεις; Οι απαντήσεις ποικίλλουν, καθώς η σχετική βιβλιογραφία και οι εμπειρικές έρευνες παρουσιάζουν αντικρουόμενα ευρήματα. Από τη μία πλευρά, μέρος της βιβλιογραφίας υποστηρίζει ότι οι επενδύσεις ESG έχουν υψηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με τις παραδοσιακές επενδύσεις όπως αναφέρουν οι Chen et al (2001). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν έρευνες που καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι επενδύσεις ESG δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά στην απόδοση συγκριτικά με τις κλασικές επενδύσεις όπως αναφέρουν οι Halbritter & Dorfleitner (2015) και Renneboog et al (2008). Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί ότι οι επενδύσεις ESG αποδίδουν χειρότερα από τις παραδοσιακές. Επιπλέον, η υψηλή βαθμολογία ESG ενός χαρτοφυλακίου δεν συνεπάγεται απαραίτητα με μεγαλύτερη απόδοση και χαμηλότερο κίνδυνο όπως επισημαίνουν και οι Pokou et al (2023). Τέλος, όπως έχουν

παρατηρήσει οι Webley et al (2001), οι επενδυτές που επιλέγουν επενδύσεις ESG θα πρέπει να είναι διατεθειμένοι να αποδεχτούν χαμηλότερες αποδόσεις, προκειμένου να υποστηρίξουν και να προστατεύσουν τις βιώσιμες επενδυτικές τους επιλογές.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG στη διαχείριση επενδύσεων, μέσω της εφαρμογής δύο μεθόδων πολυκριτήριας βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων. Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στη Θεωρία Επιλογής Χαρτοφυλακίου του Markowitz. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, η επιλογή χαρτοφυλακίου αποτελεί ένα δικριτήριο πρόβλημα όπου από τη μία πλευρά, επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της απόδοσης η οποία αποτελεί ένα γραμμικό πρόβλημα, ενώ από την άλλη, επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση του κινδύνου, ο οποίος υπολογίζεται μέσω της διακύμανσης των αποδόσεων και συνιστά ένα τετραγωνικό πρόβλημα. Η λύση του προβλήματος παράγει ένα σύνολο από μη κυριαρχούμενα (non-dominated) χαρτοφυλάκια, δηλαδή χαρτοφυλάκια που δεν μπορούν να βελτιωθούν ταυτόχρονα και στα δύο κριτήρια. Αυτά σχηματίζουν το αποδοτικό μέτωπο (efficient frontier), μια καμπύλη που παρουσιάζει τις βέλτιστες δυνατές επιλογές των επενδυτών και τους βοηθά να επιλέξουν το χαρτοφυλάκιο που ταιριάζει καλύτερα στις προσωπικές τους ανάγκες και στην ανεκτικότητα τους στον κίνδυνο. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η δικριτήρια προσέγγιση του Markowitz θα επεκταθεί σε ένα τρικριτήριο μοντέλο, όπου, εκτός από τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου, θα προστεθεί και ένα τρίτο κριτήριο: η βαθμολογία ESG. Η βαθμολογία ESG θα συνυπολογίζεται στη διαδικασία λήψης επενδυτικών αποφάσεων, διαμορφώνοντας μια πιο σύνθετη και πολυδιάστατη προσέγγιση. Το προτεινόμενο μοντέλο θα παράγει την αποδοτική επιφάνεια (efficient surface), μια τρισδιάστατη επιφάνεια, πάνω στην οποία οι επενδυτές μπορούν να επιλέξουν το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο τους, ανάλογα με τις προτιμήσεις τους ως προς τον κίνδυνο, την απόδοση και την βαθμολογία ESG. Η δεύτερη μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση των επενδυτικών χαρτοφυλακίων και την ενσωμάτωση της βαθμολογία ESG βασίζεται στην υπό συνθήκη αξία σε κίνδυνο (Conditional Value at Risk, CVaR). Η CVaR προτάθηκε από τους Rockafellar και Uryasev (2000), ως ένα εναλλακτικό μετρώ κινδύνου που χρησιμοποιεί μια πιο ρεαλιστική και σύγχρονη μέτρηση του κινδύνου, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τη διάρκεια περιόδων κρίσεων. Σε αντίθεση με το μοντέλο μέσης-διακύμανσης (M-V), το οποίο διατυπώνεται ως ένα πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού λόγω της ύπαρξης της διακύμανσης, το CVaR μοντέλο αποτελεί ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, καθώς η CVaR είναι μια γραμμική συνάρτηση. Στην παρούσα έρευνα, επεκτείνουμε το δικριτήριο μοντέλο Mean-CVaR σε ένα τρικριτήριο μοντέλο Mean-CVaR-ESG, ενσωματώνοντας την βαθμολογία ESG στη διαδικασία βελτιστοποίησης του χαρτοφυλακίου. Όπως και στο τρισδιάστατο μοντέλο M-V-ESG, έτσι και εδώ, το αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης θα είναι μια τρισδιάστατη επιφάνεια, γνωστή ως αποδοτική



επιφάνεια. Πάνω σε αυτή την επιφάνεια, ο επενδυτής θα μπορεί να επιλέξει το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο ανάλογα με τις προτιμήσεις του όσον αφορά την βαθμολογία ESG, τον κίνδυνο και την απόδοση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα δημιουργηθούν δύο τύποι βέλτιστων χαρτοφυλακίων χρησιμοποιώντας της μεθόδους που προαναφέρθηκαν. Ο πρώτος τύπος βέλτιστων χαρτοφυλακίων θα περιλαμβάνει εταιρείες του δείκτη S&P 500 χωρίς να λαμβάνει υπόψη τα κριτήρια ESG, ενώ ο δεύτερος θα ενσωματώνει την βαθμολογία ESG ως πρόσθετο κριτήριο βελτιστοποίησης. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της απόδοσης και της ανθεκτικότητας των χαρτοφυλακίων ESG σε περιόδους κρίσεων, συγκρίνοντάς τα με τα παραδοσιακά χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την επίδοση ESG. Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους κρίσεων. Η πρώτη περίοδος αφορά την περίοδο της πανδημίας του covid-19, η δεύτερη αφορά την περίοδο του πολέμου στην Ουκρανία και η τρίτη αφορά την περίοδο της σύγκρουσης ανάμεσα στο Ισραήλ και στην Παλαιστίνη. Για κάθε μία από αυτές τις περιόδους θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα εντός δείγματος (in-sample) προκειμένου να κατασκευαστούν τα βέλτιστα χαρτοφυλάκια τόσο με όσο και χωρίς την ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG. Στη συνέχεια, μέσω των δεδομένων εκτός δείγματος (out-of-sample), θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα των χαρτοφυλακίων ESG σε σύγκριση με εκείνη των παραδοσιακών χαρτοφυλακίων κατά τις ίδιες περιόδους κρίσης. Η μελέτη στοχεύει να απαντήσει σε καίρια ερωτήματα, όπως το αν τα χαρτοφυλάκια ESG εμφανίζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε περιόδους κρίσεων και αν παρουσιάζουν χαμηλότερο κίνδυνο και καλύτερη προσαρμοστικότητα στις διακυμάνσεις της αγοράς σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χαρτοφυλάκια. Τα ευρήματα της έρευνας αναμένεται να προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες σε επενδυτές, διαχειριστές κεφαλαίων και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, ενισχύοντας την κατανόηση του ρόλου των κριτηρίων ESG στη διαχείριση επενδύσεων. Τέλος, η παρούσα μελέτη φιλοδοξεί να συμβάλει στην υφιστάμενη βιβλιογραφία, εμπλουτίζοντας τη συζήτηση γύρω από την αποδοτικότητα και τη χρησιμότητα των επενδύσεων ESG στο σύγχρονο χρηματοοικονομικό περιβάλλον.

Το κείμενο της εργασίας δομείται ως εξής. Στο κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με το αντικείμενο της μελέτης, προκειμένου να αναδειχθεί το θεωρητικό υπόβαθρο και η υπάρχουσα γνώση γύρω από το θέμα των επενδύσεων ESG και των μοντέλων βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο των μοντέλων μέσου-διακύμανσης (M-V) και CVaR, καθώς και η επέκτασή τους μέσω της ενσωμάτωσης ενός τρίτου κριτηρίου, της βαθμολογία ESG, το οποίο προστίθεται στη διαδικασία λήψης επενδυτικών αποφάσεων. Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η υλοποίηση των μοντέλων και

παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο για τα χαρτοφυλάκια ESG όσο και για εκείνα που δεν λαμβάνουν υπόψη τα κριτήρια ESG. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ελέγχου για κάθε μια από τις τρεις περιόδους κρίσης που προαναφέραμε, με στόχο την αξιολόγηση της απόδοσης και της προσαρμοστικότητας τους σε πραγματικά γεγονότα της αγοράς. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 διατυπώνονται τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης και συνοψίζονται οι κυριότερες διαπιστώσεις συμβάλλοντας έτσι στην καλύτερη κατανόηση του ρόλου των κριτηρίων ESG στη διαχείριση επενδύσεων.

## 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τα τελευταία χρόνια, η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και διακυβερνητικών κριτηρίων (ESG) στις επενδυτικές αποφάσεις έχει καταστεί ένα από τα πλέον σημαντικά ζητήματα στον χώρο της χρηματοοικονομικής επιστήμης. Η σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ των χαρακτηριστικών ESG, των αποδόσεων και του κινδύνου έχει προσελκύσει έντονο ενδιαφέρον από την ακαδημαϊκή κοινότητα, με αποτέλεσμα η σχετική βιβλιογραφία να επεκτείνεται συνεχώς, χωρίς ωστόσο να έχει διαμορφωθεί ακόμη ένα απόλυτα συλλογικό και εδραιωμένο συμπέρασμα.

### 2.1. Ιστορικό πλαίσιο

Πριν εξεταστούν οι ερευνητικές προσεγγίσεις και οι διαφορετικές απόψεις που διατυπώνονται στη βιβλιογραφία, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί συνοπτικά η ιστορική πορεία που οδήγησε στην καθιέρωση των κριτηρίων ESG. Η πρώτη ουσιαστική αναφορά στα κριτήρια ESG εντοπίζεται στην έκθεση “Who Cares Wins – 2005 Conference Report”, όπου θεσμικοί επενδυτές και ρυθμιστικές αρχές υπογράμμισαν τη σημασία της ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών, κοινωνικών και διακυβερνητικών παραμέτρων στη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και στη χρηματοοικονομική ανάλυση. Από το 2005 και έπειτα, τα κριτήρια ESG άρχισαν να αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στην επενδυτική κοινότητα και να εδραιώνονται ως βασικό συστατικό της επενδυτικής διαδικασίας. Στην συνέχεια το 2006, τα Ηνωμένα Έθνη προχώρησαν στην ανάπτυξη των Αρχών για Υπεύθυνες Επενδύσεις (Principles for Responsible Investment – PRI), δημιουργώντας ένα παγκόσμιο δίκτυο επενδυτών που στόχευε στην προώθηση βιώσιμων επενδύσεων, μέσα από τη συστηματική ενσωμάτωση παραγόντων ESG στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τέλος η διεθνής κινητοποίηση ενισχύθηκε ακόμη περισσότερο το 2015, κατά την 21η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC COP21), που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι. Εκεί, 196 κράτη προχώρησαν στην υιοθέτηση της Συμφωνίας του Παρισιού (The Paris Agreement), όπου δεσμεύτηκαν να καταρτίσουν ένα κοινό σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και υπεύθυνο μοντέλο ανάπτυξης.

Με την ολοένα και αυξανόμενη υιοθέτηση των κοινωνικά υπεύθυνων επενδύσεων και των κριτηρίων ESG, η σχετική βιβλιογραφία έχει αυξηθεί δραματικά. Πριν, ωστόσο, προχωρήσει κανείς στην ανασκόπηση της, κρίνεται αναγκαίο να διευκρινιστεί το περιεχόμενο και η σημασία του όρου ESG. Ο όρος αυτός αναφέρεται σε ένα σύνολο κριτηρίων που αποτυπώνουν περιβαλλοντικές, κοινωνικές και διακυβερνητικές παραμέτρους και χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας, της ηθικής λειτουργίας και του κοινωνικού αποτυπώματος μιας επιχείρησης. Πιο συγκεκριμένα, ο περιβαλλοντικός πυλώνας σχετίζεται με τον τρόπο που μια εταιρεία διαχειρίζεται

ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, οι εκπομπές ρύπων, η χρήση φυσικών πόρων, η ενεργειακή αποδοτικότητα και η προστασία της βιοποικιλότητας. Ο κοινωνικός πυλώνας επικεντρώνεται στις σχέσεις της επιχείρησης με τους εργαζομένους, τους πελάτες, τους προμηθευτές και την κοινωνία γενικότερα, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η προστασία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, οι εργασιακές συνθήκες, η ποικιλομορφία, η κοινωνική ένταξη και η υγεία και ασφάλεια στον χώρο εργασίας. Τέλος, ο πυλώνας της εταιρικής διακυβέρνησης αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας και διοίκησης της επιχείρησης, περιλαμβάνοντας ζητήματα όπως η σύσταση και η ανεξαρτησία του Διοικητικού Συμβουλίου, η λογοδοσία, η διαφάνεια, η πολιτική αποδοχών και η καταπολέμηση της διαφθοράς.

Η αξιολόγηση των επιχειρήσεων ως προς τα κριτήρια ESG πραγματοποιείται από εξειδικευμένους οργανισμούς και εταιρείες, οι οποίες αποδίδουν της αντίστοιχες βαθμολογίες (ESG Scores). Μεταξύ των σημαντικότερων οίκων αξιολόγησης συγκαταλέγονται οι MSCI, Dow Jones, Morningstar, Thomson Reuters και η LSEG (London Stock Exchange Group). Δεδομένου ότι κάθε ένας από της προαναφερθέντες οίκους χρησιμοποιεί ένα δικό του τρόπο αξιολογήσεις των παραγόντων ESG, κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα αξιολόγησης της LSEG, η οποία διαρθρώνει κάθε πυλώνα σε επιμέρους θεματικές κατηγορίες, οι οποίες με τη σειρά τους αναλύονται σε εξειδικευμένα ζητήματα που λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των επιχειρήσεων. Προκειμένου να κατανοηθεί πληρέστερα η μεθοδολογία αξιολόγησης που ακολουθεί η LSEG, στον πίνακα 2.1 αποτυπώνονται οι βασικές κατηγορίες και θεματικές ενότητες που συνθέτουν τη βαθμολογία ESG κάθε εταιρείας.

**Πίνακας 2.1.** Παρουσιάζει τις επιμέρους κατηγορίες και τις αντίστοιχες θεματικές ενότητες που λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση της ESG επίδοσης των επιχειρήσεων από την LSEG

Πυλώνες	Κατηγορίες	Θεματική Ενότητα
Περιβάλλον	Εκπομπές	Εκπομπές Απόβλητα Βιοποικιλότητα Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης
	Καινοτομία	Καινοτομία προϊόντων Πράσινα έσοδα, έρευνα & ανάπτυξη (R&D) και κεφαλαιουχικές δαπάνες (CapEx)
	Χρήση πόρων	Νερό Ενέργεια Βιώσιμη συσκευασία Περιβαλλοντική εφοδιαστική αλυσίδα
Κοινωνία	Κοινότητα	Εξίσου σημαντικό για όλους τους κλάδους - εκχωρείται μεσαία βαρύτητα
	Ανθρώπινα δικαιώματα	Ανθρώπινα δικαιώματα
	Ευθύνη προϊόντος	Υπεύθυνο μάρκετινγκ Ποιότητα προϊόντος Ιδιωτικότητα δεδομένων
	Εργατικό δυναμικό	Διαφορετικότητα και ένταξη Ανάπτυξη σταδιοδρομίας και κατάρτιση Συνθήκες εργασίας Υγεία και ασφάλεια
Διακυβέρνηση	Στρατηγική CSR	Στρατηγική CSR Αναφορά ESG και διαφάνεια
	Διοίκηση	Δομή (ανεξαρτησία, ποικιλομορφία, επιτροπές) Αποζημίωση
	Μέτοχοι	Δικαιώματα μετόχων Προστασία από εξαγοράς

## 2.2. Μεθοδολογίες ενσωμάτωσης παραγόντων ESG στη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων

Η θεωρητική προσέγγιση για τον τρόπο ενσωμάτωσης των κριτηρίων ESG στα παραδοσιακά χρηματοοικονομικά μοντέλα βασίζεται κυρίως στην εξέλιξη της θεωρίας χαρτοφυλακίων του Markowitz. Η θεωρία βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων, που αναπτύχθηκε από τον Markowitz, αποτελεί ένα δικριτήριο πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού και επικεντρώνεται στη μεγιστοποίηση των αποδόσεων μέσω της διαφοροποίησης του κινδύνου, χωρίς να λαμβάνει υπόψη παραμέτρους όπως η βιωσιμότητα και η κοινωνική ευθύνη. Ωστόσο, με την όλο ένα και αυξανόμενη σημασία των κριτηρίων ESG στον χρηματοοικονομικό κλάδο, τα υφιστάμενα μοντέλα έχουν επεκταθεί ώστε να ενσωματώνουν τα κριτήρια αυτά. Έτσι, το πρόβλημα της βελτιστοποίησης μετατρέπεται πλέον σε ένα τρικριτήριο πρόβλημα, το οποίο επιδιώκει την ταυτόχρονη μεγιστοποίηση της απόδοσης, την ελαχιστοποίηση του κινδύνου και τη βελτιστοποίηση της επίδοσης του ESG.

Πολλές μελέτες έχουν προτείνει θεωρητικές επεκτάσεις των μοντέλων αυτών. Οι Pokou et al. (2023) εισήγαγαν το υπόδειγμα μέσης απόδοσης - Lower Partial Moment (mean-LPM), το οποίο εστιάζει περισσότερο στον κίνδυνο καθόδου, προσφέροντας έτσι πιο ακριβή αποτίμηση για επενδυτές που ενδιαφέρονται για τις αρνητικές αποκλίσεις από έναν συγκεκριμένο στόχο απόδοσης. Παράλληλα, οι Lundström και Svensson (2014) χρησιμοποίησαν ένα πλαίσιο πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων (MCDM), στο οποίο ενσωματώνουν ταυτόχρονα τις τρεις διαστάσεις: απόδοση, κίνδυνο και ESG. Στο πλαίσιο αυτό, παρουσιάζεται ο δείκτης ESG-to-variability ratio, ως εργαλείο για την πιο στοχευμένη επιλογή των βέλτιστων χαρτοφυλακίων, αποδεικνύοντας ότι η ενσωμάτωση του ESG ενισχύει τη διαδικασία λήψης επενδυτικών αποφάσεων, παρά την αυξημένη υπολογιστική πολυπλοκότητα. Στην ίδια τρισδιάστατη προσέγγιση βασίζουν την ερευνά τους και οι Utz και Steuer (2023) η οποίοι χρησιμοποιήσουν το μοντέλο NC-efficient fronts που έχουν προτείνει η ίδιοι για τον εντοπισμό του βέλτιστου χαρτοφυλακίου πάνω στην αποδοτική επιφάνεια. Μια ακόμη σημαντική συνεισφορά είναι αυτή των Liagkouras et al. (2020), οι οποίοι προτείνουν μια διφασική προσέγγιση, στην οποία αρχικά μειώνεται η διάσταση του επενδυτικού σύμπαντος σε ένα υποσύνολο περιουσιακών στοιχείων που έχουν από ένα συγκεκριμένο επίπεδο ESG και πάνω και, στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται μόνο αυτά τα περιουσιακά στοιχεία του καινούργιου υποσύνολου που δημιουργήθηκε για την κατασκευή των βέλτιστων χαρτοφυλακίων με την παραδοσιακή βελτιστοποίηση του Markowitz. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει τη συγκέντρωση των επενδύσεων σε στοιχεία που πληρούν τα κριτήρια ESG και εξασφαλίζει ότι το χαρτοφυλάκιο έχει βελτιωμένη κοινωνική και περιβαλλοντική ευθύνη χωρίς να μετατρέπει το δικριτήριο πρόβλημα ελαχιστοποίησης του κινδύνου και μεγιστοποίησης της απόδοσης σε ένα τρικριτήριο πρόβλημα. Μια εναλλακτική προσέγγιση παρουσιάζουν οι Varmaz, Fieberg και Poddig (2024), οι οποίοι αναπτύσσουν μια πιο ευέλικτη υπολογιστικά αποδοτική μεθοδολογία, όπου αντί της παραδοσιακής προσέγγισης που απαιτεί εκτίμηση πλήρους πίνακα διακύμανσης, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ένα μοντέλο πολλαπλών δεικτών (multi-index model) το οποίο βασίζεται στην υπόθεση ύπαρξη μοντέλων απόδοσης περιουσιακών στοιχείων όπως CAPM και APT. Η προσέγγιση αυτή είναι ευέλικτη και μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει πολλαπλά χαρακτηριστικά εταιρειών ή παράγοντες κινδύνου πέρα των ESG. Ο Morelli (2023) εισάγει μια προσέγγιση βασισμένη στη βελτιστοποίηση του Conditional Value-at-Risk (CVaR), υπό τον περιορισμό του πυλώνα E από το ESG. Οι εταιρείες κατηγοριοποιούνται βάσει της βαθμολογίας E, και για κάθε ομάδα κατασκευάζεται ένα χαρτοφυλάκιο που ελαχιστοποιεί τον CVaR. Η προσέγγιση αυτή ενισχύεται με τη χρήση της Shapley Value, προκειμένου να αξιολογηθεί η συνεισφορά κάθε στοιχείου στην περιβαλλοντική απόδοση και στον συνολικό κίνδυνο. Τέλος, οι Chen et al. (2021) εφαρμόζουν μια καινοτόμο προσέγγιση για τη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων κοινωνικά υπεύθυνων επενδύσεων (SRI), ενσωματώνοντας τα

κριτήρια ESG. Η μεθοδολογία τους περιλαμβάνει τρία κύρια βήματα: αρχικά, χρησιμοποιούν ανάλυση αποδοτικότητας δεδομένων (DEA) με τετραγωνικούς και κυβικούς όρους για να αξιολογήσουν τις αλληλεπιδράσεις των χαρακτηριστικών ESG. Στη συνέχεια, συνδυάζουν τις βαθμολογίες ESG με χρηματοοικονομικούς δείκτες μέσω διασταυρούμενης ανάλυσης αποδοτικότητας (cross-efficiency analysis) για την επιλογή των καταλληλότερων περιουσιακών στοιχείων. Τέλος, εφαρμόζουν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου για να συνδυάσουν τις αξιολογήσεις ESG με τις χρηματοοικονομικές αποδόσεις, δημιουργώντας μια στρατηγική επένδυσης που εξισορροπεί την κοινωνική υπευθυνότητα με τις χρηματοοικονομικές επιδόσεις.

### **2.3. Αποτελεσματικότητα επενδύσεων ESG**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG στη διαδικασία βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτενούς θεωρητικής ανάλυσης. Ωστόσο, αυτή η ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG δεν περιορίζεται μόνο στην ανάπτυξη θεωρητικών μοντέλων, αλλά και στα πραγματικά αποτελέσματα των βέλτιστων χαρτοφυλακίων λόγω της ενσωμάτωσης των κριτηρίων ESG στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παρακάτω θα, εξεταστούν τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από διάφορες μελέτες που διερευνούν τη σχέση μεταξύ των κριτηρίων ESG και των χρηματοοικονομικών αποδόσεων. Έτσι θα εξεταστεί η θετική, ουδέτερη και αρνητική επίδραση που μπορεί να έχουν τα κριτήρια ESG στη διαφοροποίηση χαρτοφυλακίων.

Όσον αφορά την θετική επίδραση των κριτηρίων ESG στη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων αξίζει να αναφερθεί η έρευνα των Chen, Liu και Peng (2021), οι οποίοι εφαρμόζουν την ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG στη διαφοροποίηση χαρτοφυλακίων στην αμερικανική βιομηχανική χρηματιστηριακή αγορά κατά την περίοδο 2005 με 2017. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής δείχνουν ότι το προτεινόμενο κοινωνικά υπεύθυνο χαρτοφυλάκιο υπερτερεί έναντι των παραδοσιακών στρατηγικών επενδύσεων, διασφαλίζοντας παράλληλα την διατήρηση της θετικής σχέσης μεταξύ των αποδόσεων και των κοινωνικών αξιών. Επιπλέον, έρευνα των Broadstock et al. (2021) υποστηρίζει ότι οι υψηλές τιμές βαθμολογιών ESG μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο κατά τη διάρκεια χρηματοπιστωτικών κρίσεων καθώς, σύμφωνα με τη μελέτη τους τα χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία με υψηλές τιμές ESG λειτουργούν ως μέσα μείωσης του κινδύνου. Αντίστοιχα, η έρευνα των Engelhardt et al. (2021) καταλήγει στα ίδια συμπεράσματα όσον αφορά τις ευρωπαϊκές μετοχές, καθώς οι εταιρείες με υψηλότερες τιμές ESG έχουν υψηλότερες αποδόσεις και χαμηλότερη μεταβλητότητα κατά τη διάρκεια περιόδων κρίσεων. Όσον αφορά τώρα την ουδέτερη σχέση μεταξύ των επενδύσεων ESG συγκριτικά με της παραδοσιακές επενδύσεις η μελέτη των La Torre et al. (2023) η οποία εξετάζει τη σχέση μεταξύ του ESG Overall Index και των αποδόσεων των μετοχών για εταιρείες του δείκτη Eurostoxx50. Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η τιμές των δεικτών ESG

δεν επηρεάζουν της μελλοντικές αποδόσεις. Όσον αφορά τώρα την αρνητική σχέση μεταξύ των επενδύσεων ESG συγκριτικά με της παραδοσιακές επενδύσεις στην μελέτη των Gasser et al. (2016) στην οποία χρησιμοποιούνται δεδομένα από περισσότερες από 6000 διεθνείς εταιρείες, διαπιστώνεται ότι τα χαρτοφυλάκια με υψηλές επιδόσεις ESG υστερούν σημαντικά σε προσδοκώμενες αποδόσεις σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χαρτοφυλάκια. Τα ευρήματα τεκμηριώνουν την ύπαρξη ενός κόστους ηθικής επένδυσης, υπογραμμίζοντας ότι οι επενδυτές που επιθυμούν να ενσωματώσουν στα χαρτοφυλάκια τους υψηλή βαθμολογία ESG πρέπει να είναι διατιθέμενοι να θυσιάσουν μέρος των αποδόσεων τους.



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί το βασικό υπόδειγμα χαρτοφυλακίου του Markowitz και των Rockafellar & Uryasev, ενώ στη συνέχεια θα αναλυθεί η επέκτασή τους ώστε να ενσωματωθεί ένα τρίτο κριτήριο βελτιστοποίησης: η βαθμολογία ESG. Η ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG στο πρόβλημα βελτιστοποίησης μετατρέπει το κλασικό δισδιάστατο πρόβλημα απόδοσης-κινδύνου σε ένα πολυκριτήριο πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Αν και εκ πρώτης όψεως το εν λόγω ζήτημα φαίνεται να εντάσσεται αποκλειστικά στο πεδίο της οικονομικής επιστήμης, στην πραγματικότητα εμπίπτει στον χώρο των μαθηματικών, και ειδικότερα στον κλάδο της πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων (Multiple-Criteria Decision-Making – MCDM). Τα MCDM μοντέλα αποτελούν κατάλληλα εργαλεία για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπου απαιτείται ταυτόχρονη βελτιστοποίηση περισσότερων του ενός κριτηρίων. Συνεπώς, στην ενότητα που ακολουθούν, θα παρουσιαστούν τα πολυκριτήρια υποδείγματα βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου που υιοθετούνται στην παρούσα εργασία, με στόχο την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG στις υπάρχουσες μεθόδους κατασκευής και διαχείρισης χαρτοφυλακίων.

#### 3.1. Βασικές έννοιες

Πριν την παρουσίαση των μοντέλων πρέπει να γίνει εισαγωγή κάποιων βασικών εννοιών. Στην παρούσα εργασία γίνεται υπόθεση ενός επενδυτικού πλαισίου που αποτελείται από  $n$  περιουσιακά στοιχεία, για καθένα από τα οποία υπάρχουν  $T$  ιστορικά δεδομένα αποδόσεων.

Έτσι η αναμενόμενη απόδοση  $\mu_i$  κάθε περιουσιακού στοιχείου  $i$  υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των ιστορικών αποδόσεων και δίνεται από τη σχέση:

$$\mu_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_{it} \text{ για κάθε } i \in \{1, \dots, n\}$$

Οπού  $r_{it}$  η απόδοση του στοιχείου  $i$  στη χρονική στιγμή  $t$ :

$$r_{it} = \frac{p_{i,t} - p_{i,t-1}}{p_{i,t-1}}$$

με  $p_{i,t}$  την τιμή του περιουσιακού στοιχείου  $i$  την χρονική στιγμή  $t$ . Έτσι η συνολική αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου για ένα διάνυσμα βαρών  $\mathbf{w} = (w_1, w_2, w_3, w_4, \dots, w_n)$  δίνεται από την σχέση:

$$\mu_P = \sum_{i=1}^n \mu_i w_i = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \quad (3.1)$$

Όπου  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)$  αναπαριστά το διάνυσμα των αναμενόμενων αποδόσεων των  $n$  παρουσιαστών στοιχείων.

Η διασπορά του χαρτοφυλακίου δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = \mathbf{w}^\top \Sigma \mathbf{w} \quad (3.2)$$

Όπου  $\Sigma$  είναι ο πίνακας συνδιακυμάνσεων των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων.

Η αξία σε κίνδυνο (Value-at-Risk, VaR) ενός χαρτοφυλακίου αποτελεί έναν στατιστικό δείκτη που μετράει τη μέγιστη αναμενόμενη ζημιά που μπορεί να υποστεί το χαρτοφυλάκιο σε ένα προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα και με ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Έστω  $f(w, \mu)$  είναι η συνάρτηση ζημιάς για το χαρτοφυλάκιο  $\mathbf{w}$  και τις αποδόσεις  $\mu$  των περιουσιακών στοιχείων, το VaR στο επίπεδο εμπιστοσύνης  $\alpha \in (0,1)$  ορίζεται ως:

$$VaR_\alpha(w) = \min \{ \gamma \in R : Pr [f(w, \mu) \leq \gamma] \geq \alpha \} \quad (3.3)$$

Το  $\gamma$  είναι μια τιμή ζημιάς (ή απόδοσης), η οποία λειτουργεί σαν κατώφλι. Είναι το ελάχιστο επίπεδο ζημιάς για το οποίο η πιθανότητα να μην την ξεπεράσουμε είναι τουλάχιστον  $\alpha$ . Δηλαδή, είναι η τιμή του VaR που αναζητούμε.

Η υπό συνθήκη αξία σε κίνδυνο (Conditional Value-at-Risk, CVAR) για ένα χαρτοφυλάκιο  $\mathbf{w}$ , γνωστό και ως αναμενόμενη ζημιά πέραν του VaR (Expected Shortfall), ορίζεται ως:

$$CVAR_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \int_{f(w, \mu) \geq VaR_\alpha(w)} f(w, \mu) p(\mu) d\mu \quad (3.4)$$

Όπου:

- $\alpha$  είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, με  $0 < \alpha < 1$ ,
- $p(\mu)$  είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των αποδόσεων  $\mu$  των  $n$  περιουσιακών στοιχείων.

Τέλος, ορίζεται το διάνυσμα  $\mathbf{ESG} = (ESG_1, \dots, ESG_n)$  που περιέχει την βαθμολογία ESG κάθε περιουσιακό στοιχείο. Έτσι, η συνολική βαθμολογία ESG του χαρτοφυλακίου δίνεται από τον σχέση:

$$ESG_P = \sum_{i=1}^n ESG_i w_i = \mathbf{w}^\top \mathbf{ESG} \quad (3.5)$$

### 3.2. Μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης

Αρχικά θα αρχίσουμε από το κλασικό δικριτήριο μοντέλο βελτιστοποίησης του Markowitz που αποσκοπεί στον προσδιορισμό του διανύσματος των βαρών, του βέλτιστου χαρτοφυλάκιο  $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  που ελαχιστοποιεί την διασπορά του χαρτοφυλακίου και δύνεται από το παρακάτω πρόβλημα.

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} \\ \text{Υπό: } & \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \geq \eta \\ & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \quad (3.6)$$

Όπου  $\eta$  είναι το ελάχιστο επιθυμητό επίπεδο απόδοσης και  $\mathbf{1} = (1, 1, \dots, 1)$  είναι το μοναδιαίο διάνυσμα.

Οι δυο τελευταίοι περιορισμοί αναπαριστούν τον περιορισμό του προϋπολογισμού και το περιορισμό ότι δεν επιτρέπονται ανοικτές πώλησης.

Η λύση του προβλήματος (3.6) παράγει ένα σύνολο από μη κυριαρχούμενα χαρτοφυλάκια (Pareto-optimal), τα οποία σχηματίζουν το αποδοτικό μέτωπο (Efficient Frontier), μια καμπύλη πάνω στην οποία υπάρχουν χαρτοφυλάκια που δεν μπορούν να βελτιωθούν ταυτόχρονα ως προς τα δύο βασικά κριτήρια του Markowitz: την αναμενόμενη απόδοση και την διακύμανση.

Συγκεκριμένα, για δύο χαρτοφυλάκια  $x$  και  $y$ , το χαρτοφυλάκιο  $x$  θεωρείται καλύτερο ή ισοδύναμο του  $y$  αν ισχύουν τα εξής:

$$\mu_P(x) \geq \mu_P(y) \text{ και } \sigma_P^2(x) \leq \sigma_P^2(y)$$

Τα χαρτοφυλάκια που ανήκουν στο αποδοτικό μέτωπο ικανοποιούν αυτές τις συνθήκες με τουλάχιστον μία αυστηρή ανισότητα, και ως εκ τούτου δεν κυριαρχούνται από κανένα άλλο χαρτοφυλάκιο. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλο χαρτοφυλάκιο που να έχει ταυτόχρονα υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερο κίνδυνο πάνω στην καμπύλη.

Ο στόχος της παρούσας ανάλυσης είναι η ενσωμάτωση της μεγιστοποίησης της αναμενόμενης βαθμολογίας ESG του χαρτοφυλακίου στο πρόβλημα (3.6). Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, το πρόβλημα επεκτείνεται ώστε να συμπεριλάβει ένα τρίτο κριτήριο, αυτό της βαθμολογίας ESG, διαμορφώνοντας έτσι ένα τρικριτήριο πρόβλημα με στόχο τη μεγιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης και της επίδοσης ESG του χαρτοφυλακίου, καθώς και την ελαχιστοποίηση της διακύμανσής του. Για τη μετατροπή του πολυκριτηρίου αυτού προβλήματος σε ένα μονοκριτήριο πρόβλημα που να είναι επιλύσιμο με κλασικές μεθόδους βελτιστοποίησης, εφαρμόζεται η μέθοδος

των ε-περιορισμών (ε-constraint method). Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη διατήρηση των τριών αντικρουόμενων στόχων, επιβάλλοντας περιορισμούς στα δύο από αυτά (απόδοση και βαθμολογία ESG), ενώ ο τρίτος (διακύμανση) αποτελεί τον αντικειμενικό στόχο προς ελαχιστοποίηση. Έτσι, το πρόβλημα (3.6) γίνεται:

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} \\ \text{Υπό: } & \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \geq \eta \\ & \mathbf{w}^T \mathbf{ESG} \geq \lambda \\ & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \quad (3.7)$$

Όπου  $\eta$  και  $\lambda$  το ελάχιστο επιθυμητό επίπεδο για την απόδοση και την βαθμολογία ESG αντίστοιχα.

Η λύση του προβλήματος (3.7) οδηγεί σε ένα σύνολο από μη κυριαρχούμενα χαρτοφυλάκια, τα οποία σχηματίζουν την αποδοτική επιφάνεια (efficient surface). Η επιφάνεια αυτή αποτελείται από χαρτοφυλάκια τα οποία δεν μπορούν να βελτιωθούν ταυτόχρονα ως προς και τα τρία κριτήρια: τη μέγιστη αναμενόμενη απόδοση, τη χαμηλότερη διακύμανση, και την υψηλότερη βαθμολογία ESG. Πιο συγκεκριμένα, ένα χαρτοφυλάκιο  $x$  θεωρείται προτιμότερο από ένα χαρτοφυλάκιο  $y$  όταν ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες με τουλάχιστον μία αυστηρή ανισότητα:

$$\mu_P(x) \geq \mu_P(y), \sigma_P^2(x) \leq \sigma_P^2(y) \text{ και } ESG_P(x) \geq ESG_P(y)$$

Αυτό σημαίνει ότι στην αποδοτική επιφάνεια περιλαμβάνονται μόνο τα χαρτοφυλάκια που προσφέρουν βέλτιστο συμβιβασμό μεταξύ απόδοσης, κινδύνου και βιωσιμότητας, σύμφωνα με τα προτιμσιακά κριτήρια του επενδυτή.

### 3.3. Μοντέλο Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο

Οι Rockafellar & Uryasev (2000) δημιούργησαν μια νέα προσέγγιση για την βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων η οποία αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της υπό συνθήκη αξίας σε κίνδυνο (CVaR) ενώ υπολογίζει ταυτόχρονα και το VaR του χαρτοφυλακίου. Το μοντέλο είναι χρήσιμο καθώς κάνει μια καλύτερη αξιολόγηση του επενδυτικού κινδύνου και χρησιμοποιείται από επενδυτικές εταιρείες, αμοιβαία κεφάλαια, ασφαλιστικές, τράπεζες, εταιρείες διαχείρισης κινδύνου, καθώς και κάθε επιχείρηση που αξιολογεί και διαχειρίζεται χρηματοοικονομικούς κινδύνους.

Το μοντέλο που πρότειναν οι Rockafellar & Uryasev για την ελαχιστοποίηση του CVaR και την μεγιστοποίηση της απόδοσης δίνεται από το παρακάτω πρόβλημα

$$\begin{aligned}
& \min CVaR_\alpha \\
& \text{Υπό: } \mathbf{w}^\top \boldsymbol{\mu} \geq \eta \\
& \quad \mathbf{w}^\top \mathbf{1} = 1 \\
& \quad \mathbf{w} \in [0, 1]
\end{aligned} \tag{3.8}$$

Για να περιγράψει η κατανομή πιθανότητας των αποδόσεων, χρησιμοποιείται ένα πεπερασμένο δείγμα σεναρίων αποδόσεων  $\mu_s$ , με  $s = 1, \dots, S$ . Κάθε  $\mu_s$  είναι ένα διάνυσμα διαστάσεων  $n$ , το οποίο περιλαμβάνει τις αποδόσεις για κάθε ένα από τα  $n$  περιουσιακά στοιχεία, υπό το σενάριο  $S$ . Το σύνολο αυτό των  $S$  σεναρίων σχηματίζει έναν πίνακα σεναρίων διαστάσεων  $S \times n$ .

Στην περίπτωση αυτή, ο υπολογισμός του CVaR για ένα χαρτοφυλάκιο  $\mathbf{w}$ , με συνάρτηση απώλειας  $f(w, \mu) = -\boldsymbol{\mu}_s^\top \mathbf{w}$  και επίπεδο εμπιστοσύνης  $\alpha \in (0,1)$ , γίνεται ως εξής:

$$\min CVaR_\alpha = VaR_\alpha(w) + \frac{1}{(1-\alpha)S} \sum_{s=1}^S \max \{0, -\boldsymbol{\mu}_s^\top \mathbf{w} - VaR_\alpha(w)\}$$

Η λύση του προβλήματος (3.8) όπως και η λύση του προβλήματος (3.6) παράγει ένα σύνολο από μη κυριαρχούμενα χαρτοφυλάκια, τα οποία σχηματίζουν το αποδοτικό μέτωπο.

Προκειμένου να γίνει ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG στο πρόβλημα (3.8), το πρόβλημα επεκτείνεται ώστε να συμπεριλάβει ένα τρίτο κριτήριο, αυτό της βαθμολογίας ESG, διαμορφώνοντας έτσι ένα τρικριτήριο πρόβλημα με στόχο τη μεγιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης και της βαθμολογίας ESG, καθώς και την ελαχιστοποίηση της CVaR. Για τη μετατροπή του πολυκριτηρίου αυτού προβλήματος σε ένα μονοκριτήριο πρόβλημα που να είναι επιλύσιμο με κλασικές μεθόδους βελτιστοποίησης, εφαρμόζεται η μέθοδος των ε-περιορισμών (ε-constraint method). Έτσι το CVaR θα αποτελέσει τον αντικειμενικό στόχο προς ελαχιστοποίηση, ενώ παράλληλα θα επιβληθούν περιορισμοί όσον αφορά τα επιθυμητά επίπεδα τόσο της αναμενόμενης απόδοσης του χαρτοφυλακίου όσο και της βαθμολογίας ESG. Έτσι, το πρόβλημα (3.8) γίνεται:

$$\begin{aligned}
& \min CVaR_\alpha \\
& \text{Υπό: } \mathbf{w}^\top \boldsymbol{\mu} \geq \eta \\
& \quad \mathbf{w}^\top \mathbf{ESG} \geq \lambda \\
& \quad \mathbf{w}^\top \mathbf{1} = 1 \\
& \quad \mathbf{w} \in [0, 1]
\end{aligned} \tag{3.9}$$

Η λύση του προβλήματος (3.9) όπως και η λύση του προβλήματος (3.7) οδηγεί σε ένα σύνολο από μη κυριαρχούμενα χαρτοφυλάκια, τα οποία σχηματίζουν την αποδοτική επιφάνεια.

## 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η εμπειρική εφαρμογή των υποδειγμάτων βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 3, καθώς και η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψε τόσο για τα εντός δείγματος (in-sample) όσο και για τα εκτός δείγματος (out-of-sample) δεδομένα. Τέλος, γίνεται αναλυτική αναφορά στο σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία είναι απαραίτητα για την ερμηνεία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

### 4.1. Δεδομένα

Για την εμπειρική εφαρμογή, εφαρμόστηκαν τα μοντέλα Μέσου-Διακύμανσης και Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο. Τα δύο αυτά μοντέλα υλοποιήθηκαν για τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μια περίοδο έντονης μεταβλητότητας και αβεβαιότητας στις χρηματοπιστωτικές αγορές. Οι τρεις περίοδοι που θα εξεταστούν είναι η περίοδος της πανδημίας του COVID-19, η περίοδος του πολέμου στην Ουκρανία και τέλος, η πρόσφατη σύρραξη μεταξύ Ισραήλ και Παλαιστίνης. Στον πίνακα 4.1 φαίνονται αναλυτικά η χρονικές περίοδοι για καθένα από τα διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Για κάθε περίοδο εφαρμόστηκαν και τα δύο μοντέλα, τόσο χωρίς τη χρήση της βαθμολογίας ESG όσο και με την ενσωμάτωση της, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των επενδύσεων ESG στη δομή ενός χαρτοφυλακίου και στα αποτελέσματά του. Τα δεδομένα των μετοχών προέρχονται από εταιρείες του S&P 500, ενώ τα δεδομένα για την βαθμολογία ESG που χρησιμοποιήθηκαν συλλέχθηκαν από τη βάση δεδομένων LSEG (πρώην Refinitiv).

**Πίνακας 4.1.** Χρονικό εύρος των περιόδων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αποδόσεων στα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων (COVID-19, Ρωσική εισβολή, Σύγκρουση στη Μέση Ανατολή), τα οποία αξιοποιούνται στην παρούσα ανάλυση.

	COVID-19	Ρώσο-Ουκρανικός πόλεμος	Πόλεμος στην Μέση Ανατολή
IN-SAMPLE δεδομένα ESG	2018	2020	2022
OUT-OF-SAMPLE δεδομένα ESG	2019	2021	2023
IN-SAMPLE RETURNS	1/2018 - 12/2019	1/2020 - 12/2021	10/2021 - 9/2023
OUT-OF-SAMPLE RETURNS	1/2020 - 12/2020	1/2022 - 12/2022	10/2023 - 9/2024

Επιπλέον, προκειμένου να σκιαγραφηθεί συνοπτικά η φύση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά για κάθε χρονική περίοδο. Συγκεκριμένα αναφέρονται ο αριθμός των εταιριών ανά περίοδο, οι

μέσες αποδόσεις και οι μέσες τυπικές αποκλίσεις των αποδόσεων των μετοχών των εταιριών καθώς και του δείκτη S&P500 και οι μέσες τιμές των βαθμολογιών ESG, τόσο για τα εντός δείγματος όσο και για τα εκτός δείγματος δεδομένα.

**Πίνακας 4.2.** Παρουσιάζεται αναλυτικά για κάθε χρονική περίοδο ανάλυσης (COVID-19, Ρώσο-Ουκρανική σύγκρουση, σύγκρουση στη Μέση Ανατολή), το πλήθος των διαθέσιμων εταιρειών, καθώς και βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά των δεδομένων.

Περίοδος	Τύπος Δεδομένων	Αριθμός Εταιρειών	Μέση Απόδοση Μετοχών	Μέση Τυπική Απόκλιση Μετοχών	Μέση Απόδοση S&P500	Μέση Τυπική Απόκλιση S&P500	Μέση Βαθμολογία ESG
<b>COVID-19</b>	Εντός δείγματος	326	0,26%	3,81%	0,21%	2,10%	61,27
	Εκτός δείγματος	326	0,51%	6,78%	0,37%	4,36%	63,90
<b>Ρώσο-Ουκρανικός Πόλεμος</b>	Εντός δείγματος	333	0,50%	5,55%	0,42%	3,29%	66,44
	Εκτός δείγματος	333	-0,14%	5,02%	-0,36%	3,20%	68,07
<b>Πόλεμος στη Μέση Ανατολή</b>	Εντός δείγματος	163	0,04%	4,58%	-0,0026%	2,60%	69,23
	Εκτός δείγματος	163	0,43%	3,88%	0,58%	1,79%	68,05

Από τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2, παρατηρούνται τα παρακάτω για κάθε μια από τις τρεις χρονικές περιόδους ανάλυσης. Αρχικά κατά την περίοδο του COVID-19, στα δεδομένα εντός δείγματος παρατηρείται μια θετική μέση απόδοση των μετοχών, η οποία είναι ελαφρώς υψηλότερη από τη μέση απόδοση του δείκτη S&P500. Όσον αφορά τον κίνδυνο, η μέση τυπική απόκλιση των αποδόσεων των μετοχών είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του δείκτη S&P500, κάτι που υποδεικνύει αυξημένο κίνδυνο και μεγαλύτερη μεταβλητότητα των μετοχών. Στα δεδομένα εκτός δείγματος, παρατηρείται αύξηση τόσο της μέσης απόδοσης όσο και της μεταβλητότητας, στοιχεία που αντανακλούν μεγαλύτερη αστάθεια στην αγορά. Τέλος, η μέση βαθμολογία ESG αυξάνεται ελαφρώς από τα δεδομένα εντός δείγματος στα δεδομένα εκτός δείγματος. Αναφορικά με την περίοδο του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου, στα εντός δείγματος δεδομένα καταγράφεται θετική μέση απόδοση των μετοχών, η οποία είναι υψηλότερη από την μέση απόδοση του δείκτη S&P500. Παράλληλα, η μέση τυπική απόκλιση των αποδόσεων των μετοχών είναι μεγαλύτερη από αυτή του δείκτη S&P500. Για τα δεδομένα εκτός δείγματος η μέση απόδοση των μετοχών γίνεται αρνητική και το ίδιο συμβαίνει και με τη μέση απόδοση του δείκτη

S&P500 γεγονός που αντανάκλα τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει η παρατεταμένη γεωπολιτική αστάθεια στις αγορές. Τέλος η μέση βαθμολογία ESG αυξάνεται από τα εντός δείγματος στα εκτός δείγματος δεδομένα. Κλείνοντας, όσον αφορά την περίοδο του πολέμου στη Μέση Ανατολή, παρατηρείται ότι στα εντός δείγματος δεδομένα καταγράφεται πολύ χαμηλή μέση θετική απόδοση των μετοχών, ενώ ο δείκτης S&P500 παρουσιάζει σχεδόν μηδενική απόδοση, αντανάκλωντας με αυτόν τον τρόπο την υψηλή αβεβαιότητα και την στασιμότητα που υπάρχει στις αγορές. Η μέση τυπική απόκλιση των αποδόσεων των μετοχών είναι υψηλή και σχεδόν διπλάσια από αυτή του δείκτη S&P500. Για τα δεδομένα εκτός δείγματος, παρατηρείται σημαντική αύξηση της μέσης απόδοσης και μείωση της μεταβλητότητας, γεγονός που μπορεί να ερμηνευτεί ως μια πιθανή σταθεροποίηση των αγορών. Τέλος όπως και για τις προηγούμενες περιόδους, η μέση βαθμολογία ESG αυξάνεται στα δεδομένα εκτός δείγματος.

#### 4.2. Εφαρμογή για τα εντός δείγματος δεδομένα

Σε αυτήν την υποενότητα παρουσιάζεται πώς μπορεί να προσδιοριστεί στην πράξη το αποδοτικό μέτωπο και η αποδοτική επιφάνεια και των δυο μοντέλων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3 με την επίλυση των αντίστοιχων προβλημάτων. Η μέθοδος που θα παρουσιαστεί είναι κοινή και για τα δυο μοντέλα.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3 προκείμενου να λυθούν τα προβλήματα (3.6) και (3.8) και να προσδιοριστεί το αποδοτικό μέτωπο θα πρέπει να καθοριστούν περιορισμοί για το επιθυμητό επίπεδο της αναμενόμενης απόδοσης  $\eta$  του χαρτοφυλακίου. Έτσι ο προσδιορισμός όλων των μη κυριαρχούμενων χαρτοφυλακίων θα γίνει μέσω κατάλληλης μεταβολής της παραμέτρου  $\eta$ . Για τον σκοπό αυτό θα οριστεί ένα διάστημα τιμών  $[\eta_{min}, \eta_{max}]$  για το  $\eta$ . Το  $\eta_{min}$  αποτελεί την απόδοση του χαρτοφυλακίου ελάχιστου ρίσκου και το  $\eta_{max}$  αποτελεί την απόδοση του χαρτοφυλακίου μέγιστης απόδοσης. Το  $\eta_{min}$  υπολογίζεται από την επίλυση του παρακάτω προβλήματος

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} \\ \text{Υπό:} \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \tag{4.1}$$

Ενώ το  $\eta_{max}$  υπολογίζεται από την επίλυση του παρακάτω προβλήματος

$$\begin{aligned} \max \quad & \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \\ \text{Υπό:} \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \tag{4.2}$$

Έτσι το διάστημα  $[\eta_{min}, \eta_{max}]$  χωρίζεται σε ένα πλήθος ισαπέχουσων τιμών αριθμητικά ίσο με το πλήθος των μη κυριαρχούμενων χαρτοφυλακίων που πρόκειται να εντοπιστούν. Για κάθε μια από



τις διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\eta$  του διαστήματος  $[\eta_{min}, \eta_{max}]$  επιλύονται τα προβλήματα (3.6) και (3.8) και βρίσκονται τα αντίστοιχα μη κυριαρχούμενα χαρτοφυλάκια και ο συνδυασμός αυτός δίνει το αποδοτικό μέτωπο.

Στη συνέχεια για την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG και την επίλυση των προβλημάτων (3.7) και (3.9) προκειμένου να βρεθεί η αποδοτική επιφάνεια θα πρέπει να καθοριστούν περιορισμοί για το επιθυμητό επίπεδο της αναμενόμενης απόδοσης  $\eta$  του χαρτοφυλακίου καθώς και για το επιθυμητό επίπεδο  $\lambda$  της αναμενόμενης βαθμολογίας ESG. Έτσι ο προσδιορισμός όλων των μη κυριαρχούμενων χαρτοφυλακίων της αποδοτικής επιφάνειας θα γίνει μέσω κατάλληλων μεταβολών των παραμέτρων  $\eta$  και  $\lambda$ . Αρχικά θα οριστεί ένα διάστημα  $[\lambda_{min}, \lambda_{max}]$  για το  $\lambda$ . Το  $\lambda_{min}$  αποτελεί την τιμή της βαθμολογίας ESG του χαρτοφυλακίου με την μικρότερη βαθμολογία ESG ενώ το  $\lambda_{max}$  την τιμή της βαθμολογίας ESG του χαρτοφυλακίου με την μεγαλύτερη βαθμολογία ESG. Το  $\lambda_{min}$  δίνεται από την επίλυση του παρακάτω προβλήματος:

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{ESG} \\ \text{Υπό:} \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \tag{4.3}$$

Ενώ το  $\lambda_{max}$  δίνεται από την λύση του παραπάνω προβλήματος αλλά σε μορφή μεγιστοποίησης αντί για ελαχιστοποίησης.

Στη συνέχεια για ένα πλήθος  $\chi$  ισαπέχουσων τιμών της παραμέτρου  $\lambda$  μεταξύ των ορίων του διαστήματος  $[\lambda_{min}, \lambda_{max}]$ , επιλύονται τα προβλήματα (4.1) και (4.2), ενσωματώνοντας κάθε φορά την αντίστοιχη τιμή του  $\lambda$  ως επιπλέον περιορισμό στα προβλήματα αυτά. Με αυτόν τον τρόπο, για κάθε διαφορετική τιμή  $\lambda$  προσδιορίζεται το αντίστοιχο διάστημα  $[\eta_{min}, \eta_{max}]$ , το οποίο στην συνέχεια διαιρείται σε ισαπέχουσες τιμές, αριθμητικά ίσες με το πλήθος των μη κυριαρχούμενων χαρτοφυλακίων που πρόκειται να εντοπιστούν. Συνεπώς, τα προβλήματα (4.1) και (4.2) μετασχηματίζονται αντίστοιχα στις παρακάτω μορφές, στις οποίες η παράμετρος  $\lambda$  λειτουργεί ως πρόσθετος περιορισμός.

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} \\ \text{Υπό:} \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{ESG} \geq \lambda \\ & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \tag{4.4}$$

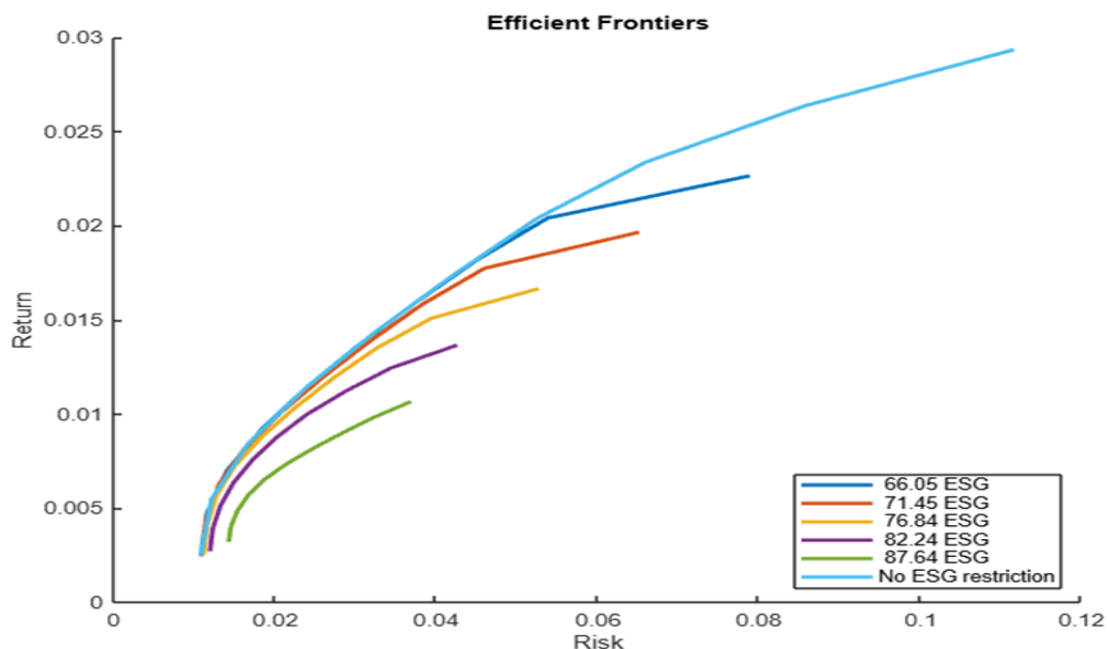
$$\begin{aligned} \max \quad & \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \\ \text{Υπό:} \quad & \mathbf{w}^T \mathbf{ESG} \geq \lambda \\ & \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1 \\ & \mathbf{w} \in [0, 1] \end{aligned} \tag{4.5}$$

Συνεπώς, για κάθε διαφορετικό ζεύγος τιμών  $(\lambda, \eta)$ , λύνονται τα προβλήματα (3.7) και (3.9) και βρίσκεται το αντίστοιχο μη κυριαρχούμενο χαρτοφυλάκιο. Ο συνδυασμός όλων αυτών των μη κυριαρχούμενων λύσεων συγκροτεί την αποδοτική επιφάνεια του αντίστοιχου πολυκριτήριου μοντέλου.

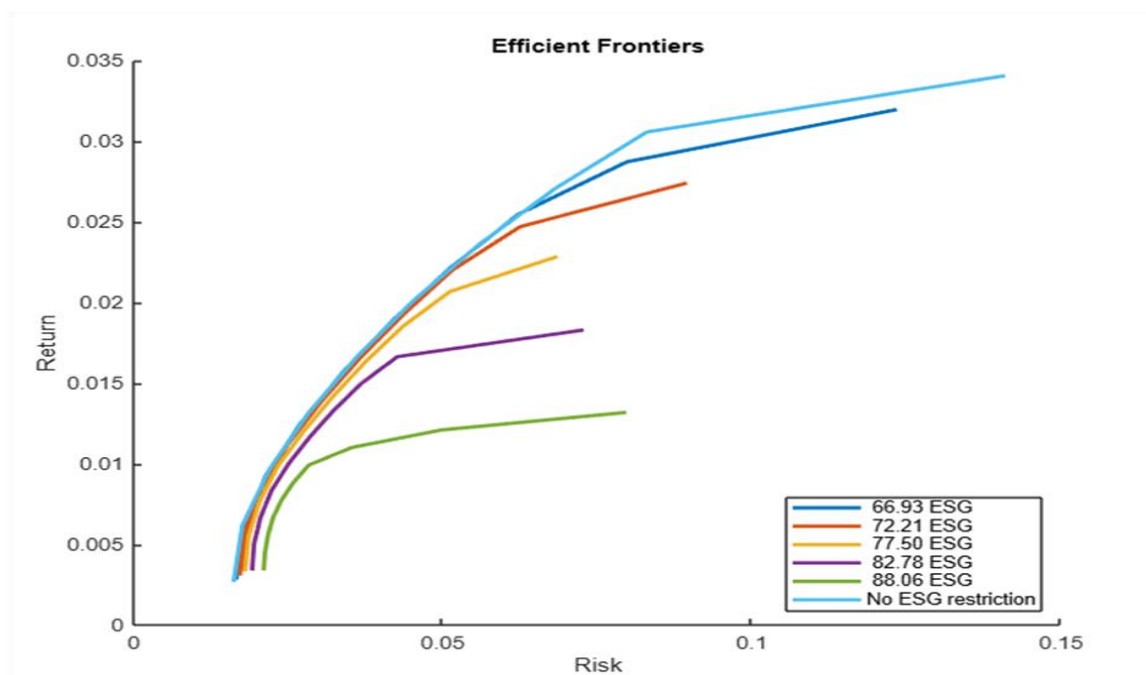
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν το αποδοτικό μέτωπο για διαφορετικά ζεύγη τιμών των παραμέτρων  $(\lambda, \eta)$ , καθώς και το αποδοτικό μέτωπο των χαρτοφυλακίων που δεν ενσωματώνουν το επιπλέον κριτήριο της βαθμολογίας ESG. Οι αναπαραστάσεις αυτές παρουσιάζονται για καθένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων που αναφέρθηκαν προηγουμένως δηλαδή, για τις περιόδους που σχετίζονται με την πανδημία COVID-19, τον πόλεμο στην Ουκρανία και τη σύγκρουση μεταξύ Ισραήλ και Παλαιστίνης και για καθένα από τα δύο εξεταζόμενα μοντέλα βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου, το μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης και το μοντέλο Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο.

#### Μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης

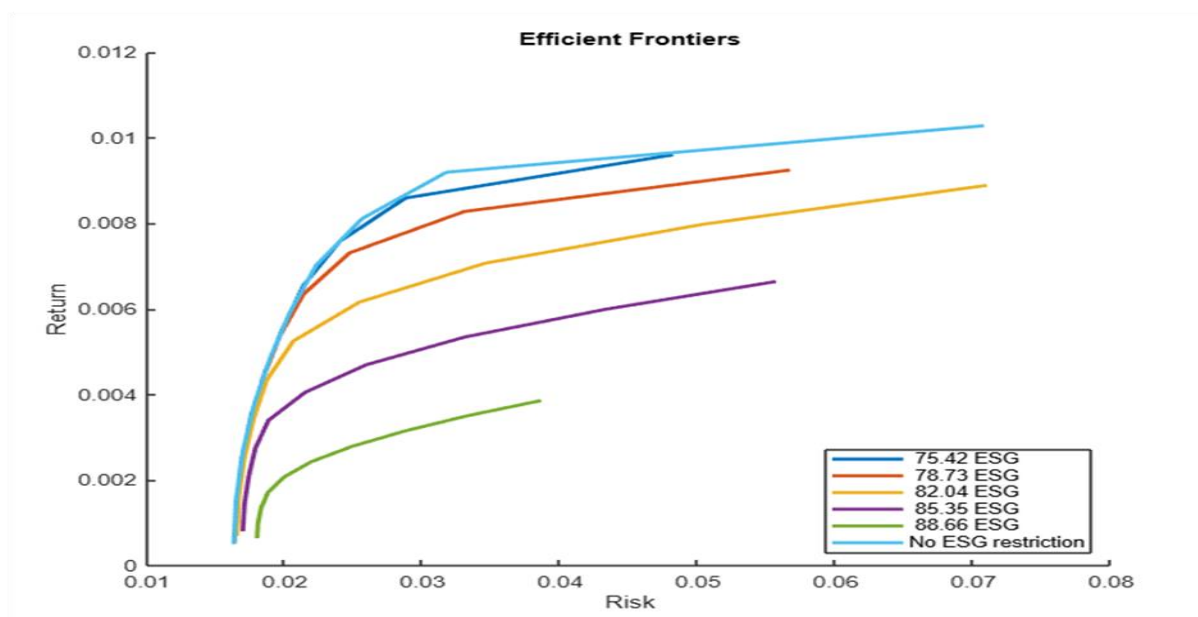
Οι εικόνες 4.1, 4.2, 4.3 απεικονίζουν τα αποδοτικά μέτωπα για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και το αποδοτικό μέτωπο του χαρτοφυλακίου χωρίς ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο των τριών διαφορετικών δεδομένων που μελετώνται στη εργασία, με το μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης.



**Εικόνα 4.1.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων του COVID-19.



**Εικόνα 4.2.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου.



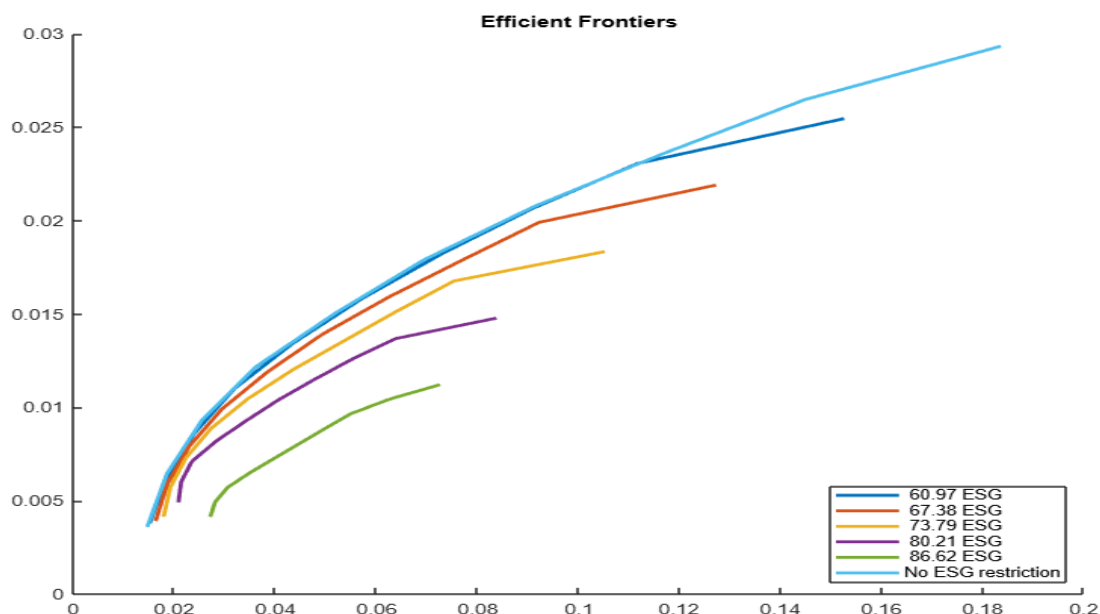
**Εικόνα 4.3.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων του πολέμου στην Μέση Ανατολή.

Στην εικόνα 4.1 παρατηρείται ότι η καμπύλη "No ESG restriction", η οποία αναφέρεται στην αποδοτική καμπύλη των χαρτοφυλακίων που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, βρίσκεται υψηλότερα συγκριτικά με τις καμπύλες που ενσωματώνουν την βαθμολογίες ESG. Συγκεκριμένα, καθώς αυξάνεται η βαθμολογία ESG, οι αποδοτικές καμπύλες μετατοπίζονται προς τα κάτω και αριστερά, γεγονός που υποδηλώνει ότι όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG τόσο μειώνεται η

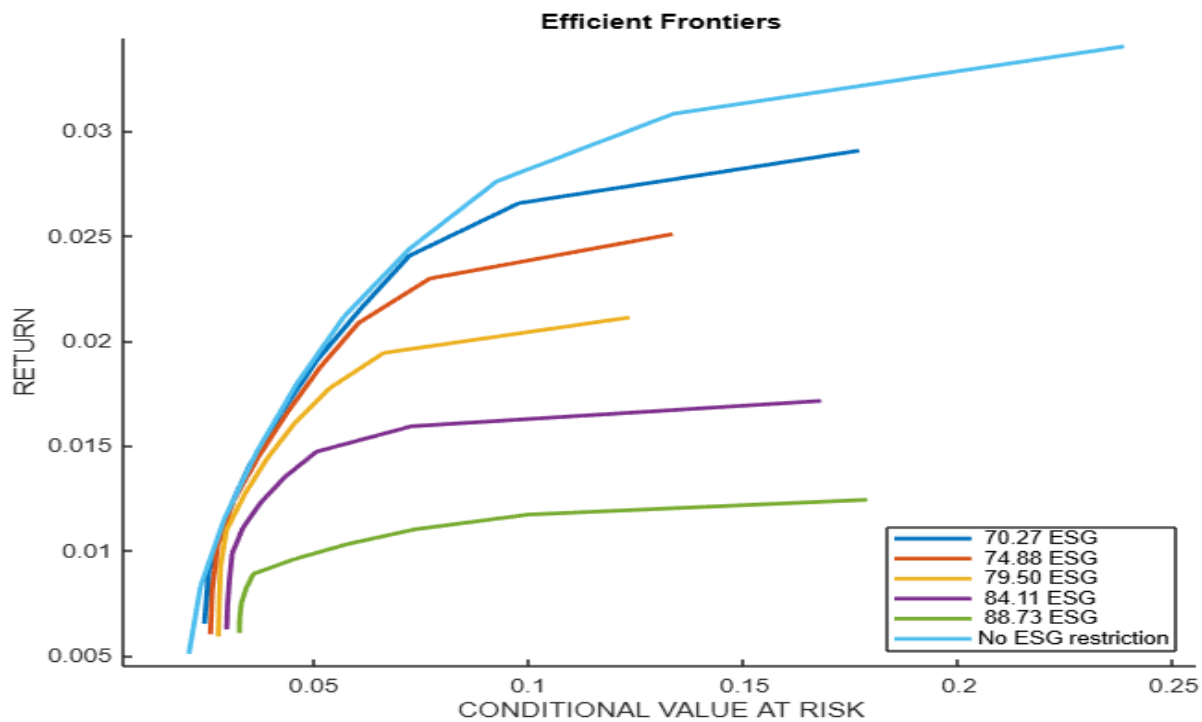
απόδοση αλλά και ο αντίστοιχος κίνδυνος που έχουν τα χαρτοφυλάκια πάνω στις καμπύλες αυτές. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι, κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, τα χαρτοφυλάκια με λιγότερο αυστηρά κριτήρια ESG αποδίδουν υψηλότερες αναμενόμενες αποδόσεις για δεδομένο επίπεδο κινδύνου. Επιπλέον στην εικόνα 4.2 διαπιστώνεται παρόμοια συμπεριφορά, καθώς η αποδοτική καμπύλη χωρίς περιορισμούς ESG παραμένει υψηλότερα σε σχέση με εκείνες που εφαρμόζουν τις βαθμολογίες ESG. Ωστόσο, σε αντίθεση με την Εικόνα 4.1, παρατηρείται ότι ενώ αρχικά η αύξηση της βαθμολογίας ESG μετατοπίζει τις αποδοτικές καμπύλες προς τα κάτω και αριστερά, από ένα σημείο και έπειτα συγκεκριμένα όταν οι βαθμολογίες ESG υπερβαίνουν το 77,5 οι αποδοτικές καμπύλες μετατοπίζονται προς τα δεξιά, υποδηλώνοντας χαμηλότερες αποδόσεις για μεγαλύτερα επίπεδα κινδύνου. Τέλος, στην εικόνα 4.3, ενώ η καμπύλη "No ESG restriction" εξακολουθεί να βρίσκεται υψηλότερα σε σχέση με τις υπόλοιπες, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, παρουσιάζονται αυξομειώσεις στις αποδόσεις σε σχέση με τον κίνδυνο. Συγκεκριμένα, για βαθμολογία ESG ίση με 82,04, παρατηρούνται χαμηλότερες αποδόσεις για μεγάλο επίπεδο κινδύνου σε σύγκριση με άλλες τιμές της βαθμολογίας ESG.

#### Μοντέλο Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο

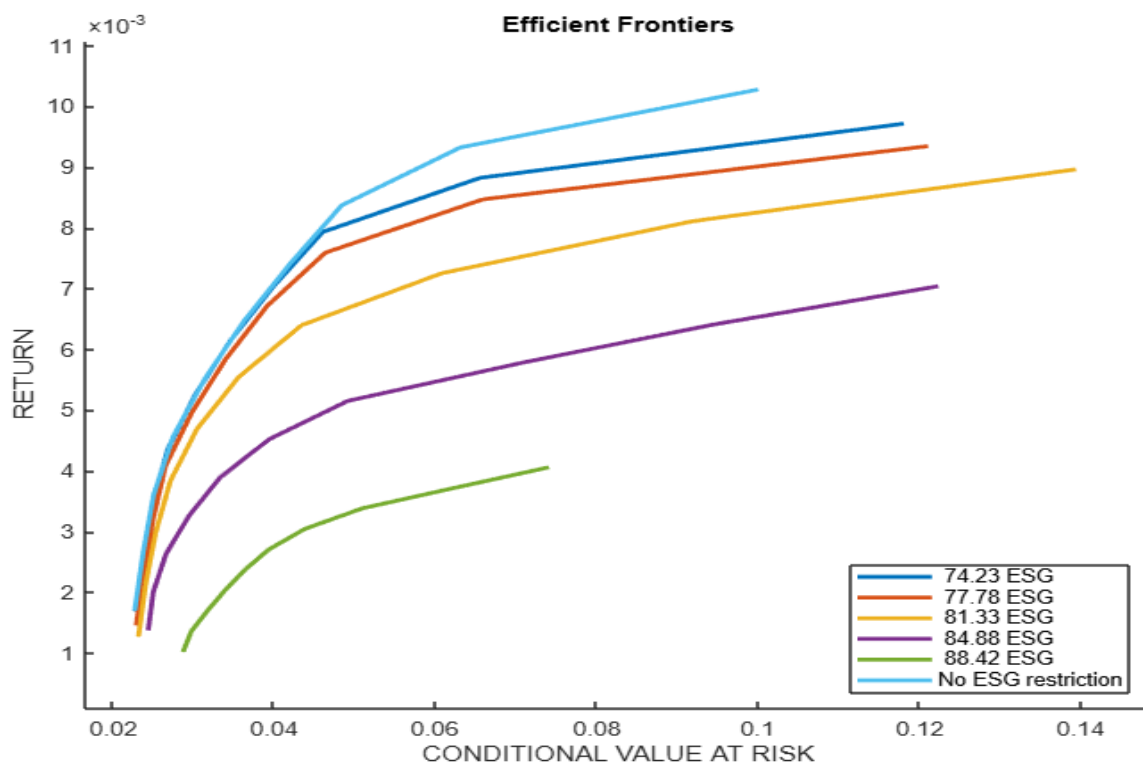
Οι εικόνες 4.4, 4.5, 4.6 απεικονίζουν τα αποδοτικά μέτωπα για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και το αποδοτικό μέτωπο του χαρτοφυλακίου χωρίς ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο των τριών διαφορετικών δεδομένων που μελετιούνται στη εργασία, με μοντέλο το M-CVAR.



**Εικόνα 4.4.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων του COVID-19.



**Εικόνα 4.5.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου.



**Εικόνα 4.6.** Απεικόνιση των αποδοτικών μετώπων για διάφορες τιμές του  $\lambda$ , καθώς και του αποδοτικού μετώπου του χαρτοφυλακίου χωρίς την ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG, για το σύνολο δεδομένων του πολέμου μεταξύ Ισραήλ και πλαστίνης.

Στην Εικόνα 4.4 παρατηρούνται τα ίδια συμπεράσματα με την Εικόνα 4.1, ενώ στην Εικόνα 4.5 καταγράφονται αντίστοιχα συμπεράσματα με την Εικόνα 4.2. Στην Εικόνα 4.6 αξίζει να σημειωθεί ότι, αν και η καμπύλη "No ESG restriction" βρίσκεται υψηλότερα σε σχέση με τις υπόλοιπες καμπύλες που ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, παρατηρείται ότι καθώς αυξάνεται η βαθμολογία ESG έως την τιμή 81.33, οι αποδοτικές καμπύλες μετατοπίζονται προς τα κάτω και δεξιά. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα χαρτοφυλάκια που βρίσκονται πάνω σε αυτές τις καμπύλες αναλαμβάνουν ολοένα και περισσότερο κίνδυνο για μικρότερη απόδοση. Αντίθετα, για τιμές της βαθμολογίας ESG άνω των 81.33, παρατηρείται ότι οι αποδοτικές καμπύλες μετακινούνται προς τα κάτω και αριστερά, γεγονός που φανερώνει ότι τα χαρτοφυλάκια που ανήκουν σε αυτές τις καμπύλες εμφανίζουν χαμηλότερη αναμενόμενη απόδοση, αλλά ταυτόχρονα αναλαμβάνουν και μικρότερο κίνδυνο.

#### **4.3. Αξιολόγηση της επίδρασης της βαθμολογίας ESG στα δεδομένα εκτός δείγματος**

Η παρούσα υποενότητα εξετάζει την επίδραση της ενσωμάτωσης της βαθμολογίας ESG στην απόδοση των χαρτοφυλακίων για τα δεδομένα εκτός δείγματος, στο πλαίσιο των δύο μοντέλων βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου που εφαρμόστηκαν. Η ανάλυση πραγματοποιείται για τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Για κάθε μοντέλο και για κάθε σύνολο δεδομένων, υπολογίζονται οι ακόλουθοι δείκτες αξιολόγησης: ο συντελεστής  $\beta$ , ο δείκτης του Treynor (με σημείο αναφοράς τον δείκτη S&P 500), και ο δείκτης του Sharpe. Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται για δέκα διαφορετικά χαρτοφυλάκια που έχουν προκύψει από την ανάλυση εντός δείγματος βάσει διαφορετικών τιμών της παραμέτρου  $\lambda$  και ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, καθώς και για τα αντίστοιχα δέκα χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία αυτή. Η σύγκριση των τιμών των δεικτών αυτών επιτρέπει την αποτίμηση και την αξιολόγηση της προστιθέμενης αξίας που προσφέρει η ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG στη διαχείριση του κινδύνου και της απόδοσης των χαρτοφυλακίων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες ανά μοντέλο και χρονική περίοδο, διευκολύνοντας την κατανόηση της επίδρασης του ESG στα δεδομένα εκτός δείγματος.

## Μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης

**Πίνακας 4.3.** Τιμές του δείκτη Sharpe για κάθε ένα από τα δέκα χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που προέκυψαν από διαφορετικές τιμές της βαθμολογίας ESG. Η παρουσίαση γίνεται ξεχωριστά για καθένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων.

Sharpe ratio για δεδομένα του COVID-19						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	66.05	71.45	76.84	82.24	87.64
1	0.0664	0.0664	0.0628	0.0500	0.0313	0.0222
2	0.0867	0.0785	0.0693	0.0552	0.0383	0.0387
3	0.1441	0.1052	0.0821	0.0645	0.0581	0.0615
4	0.2126	0.1607	0.1269	0.1031	0.0877	0.0905
5	0.2573	0.2129	0.1721	0.1403	0.1163	0.1344
6	0.2910	0.2436	0.2062	0.1761	0.1513	0.1798
7	0.3086	0.2688	0.2395	0.2114	0.2020	0.2216
8	0.3259	0.2891	0.2701	0.2615	0.2612	0.2589
9	0.3317	0.3139	0.3148	0.3087	0.2975	0.2913
10	0.3269	0.3332	0.3335	0.3298	0.3188	0.2962
Sharpe ratio για δεδομένα του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	66.93	72.21	77.50	82.78	88.06
1	-0.0962	-0.0721	-0.0531	-0.0130	0.0089	0.0122
2	-0.0798	-0.0785	-0.0635	-0.0431	-0.0249	-0.0069
3	-0.0931	-0.0907	-0.0911	-0.0772	-0.0520	-0.0212
4	-0.0963	-0.0943	-0.0935	-0.0830	-0.0644	-0.0343
5	-0.1063	-0.0959	-0.0826	-0.0726	-0.0675	-0.0418
6	-0.1110	-0.1045	-0.0751	-0.0652	-0.0640	-0.0440
7	-0.0979	-0.1014	-0.0752	-0.0579	-0.0587	-0.0387
8	-0.0935	-0.0915	-0.0775	-0.0531	-0.0361	-0.0414
9	-0.1175	-0.1016	-0.0667	-0.0379	-0.0052	-0.0321
10	-0.0264	-0.0295	-0.0368	-0.0436	-0.0467	-0.0831
Sharpe ratio για δεδομένα του πολέμου στην Μέση Ανατολή						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	75.42	78.73	82.04	85.35	88.66
1	0.3028	0.3028	0.2925	0.2659	0.2451	0.2449
2	0.3168	0.3123	0.3066	0.2649	0.2535	0.2399
3	0.3103	0.3114	0.2898	0.2595	0.2587	0.2295
4	0.2910	0.2957	0.2709	0.2477	0.2522	0.2206
5	0.2660	0.2721	0.2519	0.2305	0.2371	0.2159
6	0.2310	0.2435	0.2228	0.2085	0.2014	0.2055
7	0.2248	0.2119	0.1681	0.1280	0.1369	0.2015
8	0.2213	0.1754	0.1197	-0.0141	0.0409	0.1522
9	0.2186	0.1273	0.0089	-0.1276	-0.0692	0.0838
10	-0.1359	0.0242	-0.0933	-0.1734	-0.1327	0.0498

**Πίνακας 4.4.** Τιμές του δείκτη Treynor για κάθε ένα από τα δέκα χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που προέκυψαν από διαφορετικές τιμές της βαθμολογία ESG. Η παρουσίαση γίνεται ξεχωριστά για καθένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων.

<b>Treynor ratio για δεδομένα του COVID-19</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>66.05</b>	<b>71.45</b>	<b>76.84</b>	<b>82.24</b>	<b>87.64</b>
1	0.0031	0.0031	0.0029	0.0023	0.0014	0.0010
2	0.0040	0.0036	0.0032	0.0025	0.0018	0.0018
3	0.0066	0.0048	0.0038	0.0030	0.0027	0.0029
4	0.0100	0.0074	0.0058	0.0048	0.0041	0.0044
5	0.0127	0.0101	0.0080	0.0065	0.0055	0.0066
6	0.0150	0.0119	0.0098	0.0083	0.0072	0.0089
7	0.0169	0.0136	0.0118	0.0103	0.0098	0.0114
8	0.0188	0.0154	0.0140	0.0132	0.0133	0.0139
9	0.0204	0.0176	0.0172	0.0166	0.0161	0.0166
10	0.0217	0.0208	0.0203	0.0196	0.0189	0.0180
<b>Treynor ratio για δεδομένα του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>66.93</b>	<b>72.21</b>	<b>77.50</b>	<b>82.78</b>	<b>88.06</b>
1	-0.0040	-0.0029	-0.0021	-0.0005	0.0003	0.0005
2	-0.0029	-0.0028	-0.0023	-0.0016	-0.0009	-0.0003
3	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0027	-0.0018	-0.0008
4	-0.0034	-0.0033	-0.0032	-0.0029	-0.0022	-0.0012
5	-0.0038	-0.0034	-0.0029	-0.0025	-0.0023	-0.0015
6	-0.0040	-0.0038	-0.0027	-0.0023	-0.0022	-0.0015
7	-0.0037	-0.0038	-0.0027	-0.0021	-0.0021	-0.0014
8	-0.0037	-0.0035	-0.0029	-0.0019	-0.0013	-0.0014
9	-0.0050	-0.0044	-0.0027	-0.0015	-0.0002	-0.0012
10	-0.0017	-0.0018	-0.0020	-0.0022	-0.0024	-0.0038
<b>Treynor ratio για δεδομένα του πολέμου στην Μέση Ανατολή</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>75.42</b>	<b>78.73</b>	<b>82.04</b>	<b>85.35</b>	<b>88.66</b>
1	0.0117	0.0117	0.0115	0.0106	0.0102	0.0113
2	0.0108	0.0108	0.0105	0.0092	0.0092	0.0106
3	0.0093	0.0095	0.0089	0.0078	0.0084	0.0097
4	0.0077	0.0080	0.0074	0.0068	0.0076	0.0089
5	0.0067	0.0069	0.0064	0.0060	0.0070	0.0076
6	0.0057	0.0061	0.0056	0.0057	0.0064	0.0064
7	0.0058	0.0053	0.0044	0.0042	0.0045	0.0056
8	0.0058	0.0049	0.0035	-0.0006	0.0012	0.0041
9	0.0056	0.0041	0.0004	-0.0086	-0.0027	0.0023
10	-0.0119	0.0018	-0.0078	-0.0188	-0.0072	0.0013



**Πίνακας 4.5.** Τιμές του συντελεστή  $\beta$  για τα δέκα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που ενσωματώνουν διαφορετικές τιμές βαθμολογίας ESG. Η παρουσίαση πραγματοποιείται διακριτά για κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων ανάλυσης.

<b>Συντέλεσης <math>\beta</math> για δεδομένα του COVID-19</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>66,05</b>	<b>71,45</b>	<b>76,84</b>	<b>82,24</b>	<b>87,64</b>
<b>1</b>	0,9983	0,9983	0,9842	1,0057	1,0951	1,2123
<b>2</b>	1,1456	1,1749	1,1188	1,1376	1,1669	1,1874
<b>3</b>	1,2025	1,1157	1,1884	1,2020	1,2091	1,2009
<b>4</b>	1,2670	1,2225	1,2144	1,2359	1,2475	1,2307
<b>5</b>	1,3441	1,2652	1,2689	1,2863	1,2833	1,2282
<b>6</b>	1,4467	1,3353	1,3276	1,3142	1,2793	1,2090
<b>7</b>	1,5180	1,4123	1,3575	1,3083	1,2684	1,1897
<b>8</b>	1,6574	1,4357	1,3389	1,2962	1,2411	1,1703
<b>9</b>	1,8793	1,4918	1,3960	1,3235	1,2510	1,1503
<b>10</b>	2,1113	1,7829	1,6359	1,4889	1,3419	1,1949
<b>Συντέλεσης <math>\beta</math> για δεδομένα του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>66,93</b>	<b>72,21</b>	<b>77,5</b>	<b>82,78</b>	<b>88,06</b>
<b>1</b>	0,6664	0,6553	0,652	0,6766	0,6961	0,6739
<b>2</b>	0,862	0,8166	0,7833	0,7596	0,7593	0,7061
<b>3</b>	1,0404	1,0181	0,9442	0,8771	0,8172	0,7426
<b>4</b>	1,2202	1,1951	1,1131	1,0052	0,8794	0,7809
<b>5</b>	1,3333	1,3039	1,2043	1,0961	0,9702	0,8352
<b>6</b>	1,4554	1,4133	1,2965	1,1828	1,0561	0,9078
<b>7</b>	1,5225	1,5003	1,401	1,2615	1,1254	0,9756
<b>8</b>	1,5294	1,5411	1,4758	1,3495	1,1772	1,1729
<b>9</b>	1,5764	1,4629	1,3666	1,3372	1,2874	1,2656
<b>10</b>	1,4651	1,4327	1,3623	1,2919	1,2215	1,2425
<b>Συντέλεσης <math>\beta</math> για δεδομένα του πολέμου στην Μέση Ανατολή</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>75,42</b>	<b>78,73</b>	<b>82,04</b>	<b>85,35</b>	<b>88,66</b>
<b>1</b>	0,3572	0,3572	0,3564	0,3698	0,3721	0,3479
<b>2</b>	0,3946	0,3929	0,3954	0,4136	0,4123	0,3643
<b>3</b>	0,4534	0,4434	0,4508	0,4619	0,446	0,3836
<b>4</b>	0,531	0,5148	0,5136	0,5096	0,481	0,4006
<b>5</b>	0,6077	0,5864	0,578	0,5663	0,513	0,4357
<b>6</b>	0,6918	0,6631	0,6393	0,6295	0,5234	0,4808
<b>7</b>	0,7697	0,7413	0,6947	0,6446	0,5855	0,5439
<b>8</b>	0,8569	0,7423	0,7549	0,5474	0,723	0,6157
<b>9</b>	0,9959	0,6973	0,5264	0,4708	0,6685	0,6957
<b>10</b>	0,3463	0,4784	0,4465	0,4146	0,6139	0,8785

Η συγκριτική ανάλυση των δεικτών Sharpe, Treynor και του συντελεστή  $\beta$  για τις τρεις περιόδους κρίσης, όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 4.3, 4.4 και 4.5, αναδεικνύει ουσιαστικές τάσεις ως προς την επίδραση της βαθμολογίας ESG στην απόδοση και τον κίνδυνο των χαρτοφυλακίων. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, παρατηρείται ότι τα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές Sharpe σε σύγκριση με εκείνα που ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG. Αυτό υποδηλώνει ότι, στην εν λόγω περίοδο, τα μη ESG χαρτοφυλάκια πέτυχαν καλύτερη αναλογία απόδοσης ως προς τη μεταβλητότητα. Αντίστοιχα, ο δείκτης Treynor είναι επίσης ελαφρώς υψηλότερος για τα χαρτοφυλάκια χωρίς ESG, γεγονός που δηλώνει βελτιωμένη απόδοση ανά μονάδα συστηματικού κινδύνου. Ωστόσο, το σημαντικότερο εύρημα είναι ότι όλες οι τιμές του Treynor είναι θετικές. Ο συντελεστής  $\beta$ , τέλος, διατηρείται πάνω από τη μονάδα σε όλα τα χαρτοφυλάκια, δείγμα υψηλής ευαισθησίας στις κινήσεις της αγοράς. Ωστόσο, παρατηρείται φθίνουσα τάση όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, κάτι που μπορεί να ερμηνευθεί ως ένδειξη μειωμένου συστηματικού κινδύνου μέσω της αυστηρότερης ενσωμάτωσης των παραμέτρων ESG. Κατά την περίοδο του Ρώσο -Ουκρανικού πολέμου, όλοι οι τιμές του δείκτη Sharpe είναι αρνητικές, ανεξαρτήτως της ενσωμάτωσης των βαθμολογιών ESG. Παρ' όλα αυτά, παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, οι τιμές του Sharpe βελτιώνονται, κάτι που μπορεί να ερμηνευθεί ως σταθεροποιητική επίδραση της στρατηγικής ESG σε περιβάλλον υψηλής αβεβαιότητας. Ο δείκτης Treynor είναι επίσης αρνητικός για όλα τα χαρτοφυλάκια, εμφανίζει λιγότερο αρνητικές τιμές στα χαρτοφυλάκια με υψηλό ESG, υποδηλώνοντας μικρότερη έκθεση σε συστηματικό κίνδυνο. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ενδεικτικό της ανθεκτικότητας που ενδέχεται να προσδίδει η στρατηγική ESG σε συνθήκες κρίσης. Ο συντελεστής  $\beta$ , και πάλι, μειώνεται όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, εδραιώνοντας την υπόθεση ότι η ενσωμάτωση των ESG συνδέεται με χαμηλότερη συστηματική μεταβλητότητα. Κατά την περίοδο της κρίσης στη Μέση Ανατολή, οι τάσεις προσομοιάζουν εκείνες της πανδημίας COVID-19. Τα χαρτοφυλάκια χωρίς ESG εμφανίζουν υψηλότερες τιμές Sharpe και Treynor, υποδεικνύοντας καλύτερη επίδοση ανά μονάδα κινδύνου και ο συντελεστής  $\beta$  εμφανίζει και εδώ φθίνουσα πορεία με την αύξηση της βαθμολογίας ESG. Τέλος μπορεί να ειπωθεί ότι η ενσωμάτωση παραμέτρων ESG δεν επιδρά γραμμικά και ομοιόμορφα στην απόδοση και τον κίνδυνο. Σε περιόδους όπως η πανδημία και η κρίση στη Μέση Ανατολή, τα χαρτοφυλάκια χωρίς ESG παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση ανά μονάδα κινδύνου. Ωστόσο, σε γεωπολιτικές κρίσεις όπως ο Ρώσο-Ουκρανικός πόλεμος, η στρατηγική ESG φαίνεται να συμβάλλει θετικά στην απορρόφηση κινδύνων και στη σταθερότητα των αποδόσεων. Επιπλέον, η πτωτική τάση του συντελεστή  $\beta$  υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση των βαθμολογιών ESG συμβάλλει στη μείωση της έκθεσης τους συστηματικού κινδύνου, κάτι που ενισχύει τον ρόλο των ESG ως εργαλείου διαχείρισης κινδύνου.

## Μοντέλο Απόδοσης-Υπό συνθήκης αξίας σε κίνδυνο

**Πίνακας 4.6.** Τιμές του δείκτη Sharpe για κάθε ένα από τα δέκα χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που προέκυψαν από διαφορετικές τιμές της βαθμολογίας ESG. Η παρουσίαση γίνεται ξεχωριστά για καθένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων.

Sharpe ratio για δεδομένα του COVID-19						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	60,97	67,38	73,79	80,21	86,62
1	0,0985	0,1047	0,0989	0,0769	0,0404	0,0188
2	0,1350	0,1374	0,0892	0,1084	0,0763	0,0303
3	0,1947	0,1725	0,1476	0,1173	0,0819	0,0687
4	0,2376	0,2181	0,1796	0,1392	0,1473	0,1123
5	0,2628	0,2486	0,2101	0,1700	0,2005	0,1564
6	0,2887	0,2682	0,2600	0,2445	0,2287	0,1883
7	0,3052	0,2912	0,2951	0,2585	0,2481	0,2152
8	0,3196	0,3094	0,3135	0,3016	0,2792	0,2751
9	0,3261	0,3177	0,3213	0,3255	0,3253	0,2905
10	0,3238	0,3279	0,3304	0,3294	0,3210	0,2987
Sharpe ratio για δεδομένα του Russian invasion						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	70,27	74,88	79,5	84,11	88,73
1	0,0045	0,049	0,0644	0,0810	0,0940	0,0948
2	0,0022	0,0314	0,0584	0,0748	0,0718	0,0821
3	-0,0094	-0,0013	0,0382	0,0653	0,0443	0,0662
4	0,0253	0,0213	0,0331	0,0545	0,036	0,0471
5	-0,0486	0,0054	0,0455	0,0371	0,0100	0,0098
6	-0,082	-0,0594	-0,0180	0,0072	-0,0105	-0,0376
7	-0,0647	-0,0677	-0,0424	-0,0213	-0,0222	-0,0533
8	-0,0774	-0,0642	-0,0419	-0,0175	-0,0239	-0,0710
9	-0,1354	-0,0283	-0,0137	-0,0024	0,0112	-0,0729
10	-0,0262	-0,0337	-0,0401	-0,0449	-0,0462	-0,0955
Sharpe ratio για δεδομένα του Mid-East Conflict						
Βαθμολογία ESG	Χωρίς ESG	74,23	77,78	81,33	84,88	88,42
1	0,1114	0,1008	0,1080	0,1504	0,2032	0,2509
2	0,1089	0,1150	0,0937	0,1444	0,1851	0,2732
3	0,1160	0,1335	0,1068	0,1425	0,1745	0,2391
4	0,1457	0,1375	0,1104	0,1375	0,2197	0,2422
5	0,1186	0,0882	0,0685	0,0856	0,2057	0,2936
6	0,1602	0,1283	0,0573	0,1260	0,1839	0,2631
7	0,1328	0,1257	0,0983	0,0959	0,1139	0,2173
8	0,1659	0,0758	0,0509	0,0054	-0,0034	0,1593
9	0,0594	0,0962	0,0482	-0,1085	-0,0945	0,0972
10	-0,1346	0,0575	-0,0614	-0,1583	-0,1448	0,0314

**Πίνακας 4.7.** Τιμές του δείκτη Treynor για κάθε ένα από τα δέκα χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που προέκυψαν από διαφορετικές τιμές της βαθμολογίας ESG. Η παρουσίαση γίνεται ξεχωριστά για καθένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων.

<b>Treynor ratio για δεδομένα του COVID-19</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>60,97</b>	<b>67,38</b>	<b>73,79</b>	<b>80,21</b>	<b>86,62</b>
1	0,0048	0,0052	0,0049	0,0038	0,0020	0,0009
2	0,0065	0,0067	0,0043	0,0053	0,0037	0,0015
3	0,0093	0,0082	0,007	0,0056	0,0040	0,0033
4	0,0118	0,0106	0,0086	0,0066	0,0071	0,0055
5	0,0133	0,0123	0,0101	0,0082	0,0097	0,0078
6	0,0152	0,0137	0,0131	0,0121	0,0113	0,0096
7	0,0169	0,0154	0,0153	0,0131	0,0125	0,0112
8	0,0190	0,0171	0,0170	0,0159	0,0145	0,0150
9	0,0205	0,0187	0,0183	0,0181	0,0179	0,0167
10	0,0217	0,0212	0,0207	0,0200	0,0192	0,0182
<b>Treynor ratio για δεδομένα του Russian invasion</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>70,27</b>	<b>74,88</b>	<b>79,5</b>	<b>84,11</b>	<b>88,73</b>
1	0,0002	0,0020	0,0026	0,0032	0,0037	0,0036
2	0,0001	0,0012	0,0022	0,0029	0,0028	0,0030
3	-0,0004	0,0000	0,0014	0,0024	0,0016	0,0024
4	0,0010	0,0008	0,0012	0,0019	0,0013	0,0017
5	-0,0018	0,0002	0,0017	0,0013	0,0004	0,0004
6	-0,0031	-0,0022	-0,0007	0,0003	-0,0004	-0,0013
7	-0,0026	-0,0026	-0,0016	-0,0008	-0,0008	-0,0018
8	-0,0033	-0,0026	-0,0016	-0,0007	-0,0009	-0,0025
9	-0,0059	-0,0012	-0,0006	-0,0001	0,0005	-0,0027
10	-0,0017	-0,0019	-0,0021	-0,0023	-0,0025	-0,0042
<b>Treynor ratio για δεδομένα του Mid-East Conflict</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>74,23</b>	<b>77,78</b>	<b>81,33</b>	<b>84,88</b>	<b>88,42</b>
1	0,0035	0,0032	0,0037	0,0057	0,0088	0,0106
2	0,0035	0,0035	0,0032	0,0057	0,0071	0,0101
3	0,0033	0,0041	0,0035	0,0047	0,0067	0,0087
4	0,0037	0,0036	0,0031	0,0050	0,0086	0,0081
5	0,0032	0,0023	0,0019	0,0030	0,0097	0,0087
6	0,0049	0,0037	0,0016	0,0041	0,0074	0,0071
7	0,0046	0,0042	0,0029	0,0034	0,0034	0,0053
8	0,0056	0,0022	0,0015	0,0003	-0,0001	0,0038
9	0,0020	0,0030	0,0023	-0,0074	-0,0042	0,0024
10	-0,0119	0,0042	-0,0049	-0,0163	-0,0091	0,0008

**Πίνακας 4.8.** Τιμές του συντελεστή  $\beta$  για τα δέκα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG, καθώς και για τα δέκα αντίστοιχα χαρτοφυλάκια που ενσωματώνουν διαφορετικές τιμές της βαθμολογίας ESG. Η παρουσίαση πραγματοποιείται διακριτά για κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων ανάλυσης.

<b>Συντελεστής <math>\beta</math> για δεδομένα του COVID-19</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>60,97</b>	<b>67,38</b>	<b>73,79</b>	<b>80,21</b>	<b>86,62</b>
1	1,0949	1,101	1,0602	1,1004	1,2853	1,4123
2	1,1162	1,1932	1,2665	1,0434	1,248	1,2012
3	1,1814	1,1639	1,1812	1,2696	1,2993	1,0993
4	1,3976	1,3088	1,3295	1,3479	1,3044	1,0791
5	1,5875	1,5184	1,4896	1,4668	1,3122	1,0793
6	1,6831	1,6129	1,538	1,4621	1,3608	1,1393
7	1,6965	1,6748	1,5486	1,473	1,3414	1,2073
8	1,7333	1,6812	1,5564	1,4473	1,3236	1,1509
9	1,8989	1,7062	1,558	1,4352	1,3034	1,1877
10	2,1113	1,9212	1,7466	1,5719	1,3972	1,2226
<b>Συντελεστής <math>\beta</math> για δεδομένα του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>70,27</b>	<b>74,88</b>	<b>79,5</b>	<b>84,11</b>	<b>88,73</b>
1	0,7284	0,7162	0,6915	0,7218	0,7816	0,8564
2	0,826	0,8603	0,7978	0,819	0,8242	0,903
3	1,0942	1,0928	0,9404	0,9092	0,8782	0,9381
4	1,1695	1,1522	1,103	1,0249	0,971	0,9578
5	1,243	1,2064	1,1407	1,0915	1,044	0,9525
6	1,3394	1,2865	1,2389	1,189	1,1421	1,0425
7	1,4072	1,3464	1,272	1,2616	1,1763	1,1971
8	1,4505	1,3769	1,325	1,2623	1,2623	1,339
9	1,5594	1,3751	1,3043	1,2922	1,232	1,2987
10	1,4651	1,3882	1,3267	1,2652	1,2037	1,2637
<b>Συντελεστής <math>\beta</math> για δεδομένα του πολέμου στην Μέση Ανατολή</b>						
<b>Βαθμολογία ESG</b>	<b>Χωρίς ESG</b>	<b>74,23</b>	<b>77,78</b>	<b>81,33</b>	<b>84,88</b>	<b>88,42</b>
1	0,5069	0,4928	0,4528	0,4124	0,3746	0,4031
2	0,5003	0,5115	0,4486	0,4086	0,4309	0,4194
3	0,5892	0,5224	0,4664	0,4664	0,4365	0,4226
4	0,6259	0,6119	0,5733	0,4515	0,3981	0,44
5	0,6932	0,6974	0,6569	0,5636	0,3631	0,4762
6	0,6712	0,6445	0,635	0,5832	0,5084	0,5764
7	0,6474	0,6371	0,7478	0,6635	0,7348	0,7697
8	0,834	0,8464	0,8611	0,5251	0,6818	0,9044
9	0,6742	0,7432	0,5116	0,4532	0,6288	0,8879
10	0,3463	0,4861	0,4557	0,4215	0,5758	0,8595

Η συγκριτική ανάλυση των δεικτών Sharpe, Treynor και του συντελεστή  $\beta$  για τις τρεις περιόδους κρίσης, όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 4.6, 4.7 και 4.8, αναδεικνύει ουσιώδεις τάσεις ως προς την επίδραση της βαθμολογίας ESG στην απόδοση και τον κίνδυνο των χαρτοφυλακίων. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, παρατηρείται ότι τα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές του δείκτη Sharpe σε σύγκριση με εκείνα που ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG. Αυτό υποδηλώνει ότι, στην εν λόγω περίοδο, τα μη ESG χαρτοφυλάκια πέτυχαν καλύτερη αναλογία απόδοσης ως προς τη μεταβλητότητα. Αντίστοιχα, ο δείκτης Treynor είναι επίσης ελαφρώς υψηλότερος για τα χαρτοφυλάκια χωρίς ESG, γεγονός που δηλώνει βελτιωμένη απόδοση ανά μονάδα συστηματικού κινδύνου. Ωστόσο, το σημαντικότερο εύρημα είναι ότι όλες οι τιμές του Treynor είναι θετικές. Τέλος, ο συντελεστής  $\beta$  διατηρείται πάνω από τη μονάδα σε όλα τα χαρτοφυλάκια, δείγμα υψηλής ευαισθησίας στις κινήσεις της αγοράς. Ωστόσο, παρατηρείται φθίνουσα τάση όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, κάτι που μπορεί να ερμηνευθεί ως ένδειξη μειωμένου συστηματικού κινδύνου μέσω της αυστηρότερης ενσωμάτωσης των παραμέτρων ESG. Κατά την περίοδο του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου, παρατηρούνται ορισμένες τιμές του δείκτη Sharpe να είναι αρνητικές. Παρ' όλα αυτά, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η βαθμολογία ESG, οι τιμές του Sharpe βελτιώνονται, κάτι που μπορεί να ερμηνευθεί ως σταθεροποιητική επίδραση της στρατηγικής ESG σε περιβάλλον υψηλής αβεβαιότητας. Ο δείκτης Treynor έχει επίσης ορισμένες αρνητικές τιμές και παρατηρείται ότι οι τιμές του αυξάνονται όσο αυξάνεται και η βαθμολογία ESG. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ενδεικτικό της ανθεκτικότητας που ενδέχεται να προσδίδει η στρατηγική ESG σε συνθήκες κρίσης. Ο συντελεστής  $\beta$ , όπως και στην προηγούμενη περίοδο, μειώνεται με την αύξηση της ESG βαθμολογίας, επιβεβαιώνοντας τη συσχέτιση ESG και μειωμένου συστηματικού κινδύνου. Κατά την περίοδο της κρίσης στη Μέση Ανατολή, τα αποτελέσματα προσομοιάζουν εκείνα του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου. Τα χαρτοφυλάκια που ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG εμφανίζουν υψηλότερες τιμές των δεικτών Sharpe και Treynor, υποδεικνύοντας καλύτερη απόδοση ανά μονάδα κινδύνου και ο συντελεστής  $\beta$  εμφανίζει και εδώ φθίνουσα πορεία με την αύξηση της βαθμολογίας ESG.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την παραπάνω συγκριτική ανάλυση των δεικτών που προκύπτουν από την εφαρμογή τόσο του μοντέλου μέσου-διακύμανσης όσο και του μοντέλου απόδοσης-υπό συνθήκη αξίας σε κίνδυνο, μπορεί να παρατηρηθεί ότι δεν μπορεί να βγει ένα καθολικό ή γενικευμένο συμπέρασμα για όλες τις περιόδους που εξετάζονται στη συγκεκριμένη εργασία για την επίδραση της βαθμολογίας ESG στη διαχείριση χαρτοφυλακίων. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η επίδραση των παραγόντων ESG εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος της κρίσης, το χρονικό της βάθος και τη μέθοδο μέτρησης και βελτιστοποίησης του κινδύνου που χρησιμοποιείται. Ειδικότερα, παρατηρείται ότι η θετική συμβολή των υψηλών βαθμολογιών ESG

είναι πιο έντονη σε περιόδους γεωπολιτικής αστάθειας, όπως ο πόλεμος στην Ουκρανία και η κρίση στη Μέση Ανατολή. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας ευθυγραμμίζονται με εκείνα των Gasser et al. (2016), οι οποίοι αφενός τεκμηριώνουν ότι τα χαρτοφυλάκια με υψηλή βαθμολογία ESG υπολείπονται σε αναμενόμενες αποδόσεις συγκριτικά με τα παραδοσιακά χαρτοφυλάκια που δεν ενσωματώνουν την βαθμολογία αυτή και αφετέρου αναδεικνύουν την ύπαρξη ενός "κόστους ηθικής επένδυσης", τονίζοντας ότι οι επενδυτές που επιλέγουν στρατηγικές με υψηλές βαθμολογίες ESG πρέπει να είναι διατεθειμένοι να θυσιάσουν ένα μέρος των αποδόσεων τους. Επιπλέον, τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν και με τις διαπιστώσεις των Broadstock et al. (2021), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι σε περιόδους κρίσεων οι επενδύσεις με ESG παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές επενδύσεις, αποδεικνύοντας έτσι την ανθεκτικότητα και τη σταθεροποιητική λειτουργία που μπορεί να προσφέρει η ενσωμάτωση της βαθμολογίας ESG στις επενδυτικές στρατηγικές. Τέλος, τα ευρήματα που αφορούν τον συντελεστή  $\beta$  ενισχύονται από τη μελέτη των Giese et. al. (2019), σύμφωνα με την οποία εταιρείες με υψηλότερες βαθμολογίες ESG παρουσιάζουν μειωμένη έκθεση στον συστηματικό κίνδυνο γεγονός που αντανακλά σε χαμηλότερες τιμές του συντελεστή  $\beta$ .

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η επίδραση της ενσωμάτωσης των κριτηρίων ESG στη διαχείριση χαρτοφυλακίων κατά τη διάρκεια τριών περιόδων κρίσεων: της πανδημίας του COVID-19, του πολέμου Ρωσίας-Ουκρανίας και της πρόσφατης κρίσης στη Μέση Ανατολή. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δυο μοντέλων βελτιστοποίησης: του μοντέλου μέσου-διακυμάνσεις και του μοντέλου απόδοση-υπό συνθήκη αξίας σε κίνδυνο. Τα χαρτοφυλάκια που προέκυψαν από τις δυο αυτές μεθόδους αξιολογήθηκαν με βάση τον δείκτη Sharpe, Treynor και τον συντελεστή  $\beta$ . Τα αποτελέσματα της μελέτης αποτυπώνουν ότι δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί ένα ενιαίο και καθολικό συμπέρασμα για την επίδραση των κριτηρίων ESG στη διαχείριση κινδύνου και στην απόδοση των επενδύσεων. Αντιθέτως, η επίδραση των παραγόντων ESG εμφανίζεται να διαφοροποιείται ανάλογα με τη φύση και το χρονικό βάθος της εκάστοτε κρίσης. Συγκεκριμένα σε περιόδους έντονης γεωπολιτικής αστάθειας όπως ο πόλεμος στην Ουκρανία και η κρίση στη Μέση Ανατολή τα χαρτοφυλάκια που ενσωματώνουν την βαθμολογία ESG εμφανίζουν αυξημένη ανθεκτικότητα με υψηλότερες αποδόσεις επιβεβαιώνοντας τον σταθεροποιητικό ρόλο που μπορεί να παίξουν οι βαθμολογίες ESG στη διαχείριση χαρτοφυλακίων, από την άλλη πλευρά κατά την περίοδο της πανδημίας του COVID-19 τα χαρτοφυλάκια χωρίς περιορισμούς ESG απέδωσαν υψηλότερα από αυτά που ενσωμάτωσαν τους περιορισμούς αυτούς. Συνολικά τα ευρήματα της παρούσας μελέτης καταδεικνύουν το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα των επενδύσεων ESG εξαρτάται από πολλούς παράγοντες τόσο από τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά όσο και από τη στρατηγική διαχείριση κινδύνου που υιοθετείται. Η ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG μπορεί να αποτελέσει εργαλείο ενίσχυσης της σταθερότητάς και περιορισμού της έκθεσης στον συστηματικό κίνδυνο χωρίς να προσφέρει απαραίτητα υψηλότερες αποδόσεις στον επενδυτή.



## Βιβλιογραφία

- Broadstock, D. C., Chan, K., Cheng, L. T. W., & Wang, X., 2021. *The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China*. Finance Research Letters, 38, σ. 10. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101716>
- Chen, L., Zhang, L., Huang, J., Xiao, H., & Zhou, Z., 2021. *Social responsibility portfolio optimization incorporating ESG criteria*. Journal of Management Science and Engineering, 6(1), σ. 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.02.005>
- Engelhardt, N., Ekkenga, J., & Posch, P., 2021. *ESG Ratings and Stock Performance during the COVID-19 Crisis*. Sustainability, 13(13), σ. 15. <https://doi.org/10.3390/su13137133>
- Gasser, S. M., Rammerstorfer, M., & Weinmayer, K., 2017. *Markowitz revisited: Social portfolio engineering*. European Journal of Operational Research, 258(3), σ. 1181–1190. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.043>
- Giese, G., Lee, L. E., Melas, D., Nagy, Z., & Nishikawa, L., 2019. *Foundations of ESG Investing: how ESG affects equity valuation, risk, and performance*. Journal of Portfolio Management, 45(5), σ. 69–83. <https://doi.org/10.3905/jpm.2019.45.5.069>
- Global Compact (UN)., 2005. *Who Cares Wins 2005 – Investing for Long-Term Value*. Διαθέσιμο στο: [https://www.scribd.com/fullscreen/16876744?access\\_key=key-mfg3d0usaiuaob4taki](https://www.scribd.com/fullscreen/16876744?access_key=key-mfg3d0usaiuaob4taki)
- Halbritter, G., & Dorfleitner, G., 2015. *The wages of social responsibility — where are they? A critical review of ESG investing*. Review of Financial Economics, 26(1), σ. 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2015.03.004>
- La Torre, M., Mango, F., Cafaro, A., & Leo, S., 2020. *Does the ESG Index Affect Stock Return? Evidence from the Eurostoxx50*. Sustainability, 12(16), σ. 12. <https://doi.org/10.3390/su12166387>
- Liagkouras, K., Metaxiotis, K., & Tsihrintzis, G., 2020. *Incorporating environmental and social considerations into the portfolio optimization process*. Annals of Operations Research, 316(2), σ. 1493–1518. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03554-3>
- LSEG Data and Analytics, 2024. *Environmental, Social and Governance scores from LSEG*, σ. 32. [https://www.lseg.com/content/dam/data-analytics/en\\_us/documents/methodology/lseg-esg-scores-methodology.pdf](https://www.lseg.com/content/dam/data-analytics/en_us/documents/methodology/lseg-esg-scores-methodology.pdf)
- Lundström, E., & Svensson, C., 2014. *Including ESG concerns in the portfolio selection process: An MCDM approach*. B.Sc. thesis, Royal Institute of Technology, Sweden, σ. 27 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:725585/FULLTEXT01.pdf>
- Markowitz, H., 1952. *Portfolio Selection*. Journal of Finance, 7(1), σ. 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Morelli, G., 2023. *Responsible investing and portfolio selection: a shapley - CVaR approach*. Annals of Operations Research, 342(3), σ. 1991–2019. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05144-x>
- Pokou, F., Sadefo Kamdem, J., & Benhmad, F., 2023. *Empirical Performance of an ESG Assets Portfolio from US Market*. Computational Economics, 64(3), σ. 70. <https://doi.org/10.1007/s10614-023-10491-3>
- Renneboog, L., Ter Horst, J., & Zhang, C., 2008. *Socially responsible investments: Institutional aspects, performance, and investor behavior*. Journal of Banking and Finance, 32(9), σ. 1723–1742. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2007.12.039>
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S., 2000. *Optimization of conditional value-at-risk*. Journal of Risk, 2(3), σ. 21–41. <https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038>
- Utz, S., Wimmer, M., Hirschberger, M., & Steuer, R. E., 2014. *Tri-criterion inverse portfolio optimization with application to socially responsible mutual funds*. European Journal of Operational Research, 234(2), σ. 491–498. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.07.024>
- Varmaz, A., Fieberg, C., & Poddig, T., 2024. *Portfolio optimization for sustainable investments*. Annals of Operations Research, 341(2–3), σ. 1151–1176. <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06189-w>

Webley, P., Lewis, A., & Mackenzie, C., 2001. *Commitment among ethical investors: An experimental approach*. Journal of Economic Psychology, 22(1), σ. 27–42. [https://doi.org/10.1016/S0167-4870\(00\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0167-4870(00)00035-0)