



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Ονοματεπώνυμο: Μάρθα Πασσάδη

ΑΜ: 4200098

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Οικονομίδης



ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2025

EΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους εκείνους που με στήριξαν, με καθοδήγησαν και με εμπιστεύτηκαν για να πραγματοποιήσω αυτό το δύσκολο επίτευγμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Οικονομίδη Γιώργο που καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, με υποστήριξε στο μέγιστο και πίστεψε σε μένα.

Επίσης, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω και να αφιερώσω αυτή την εργασία στην οικογένειά μου που πάντα είναι δίπλα μου και με στηρίζει σε οποιαδήποτε προσπάθειά μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία διερευνά τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής πολιτικής στην ευημερία μίας οικονομίας, με έμφαση στον ρόλο της έντασης άνθρακα, των δημόσιων δαπανών για αντιρρυπαντικές πολιτικές και των κοινωνικών προτιμήσεων. Αρχικά, παρουσιάζεται η σχετική βιβλιογραφία μέσω γνωστών μακροοικονομικών υποδειγμάτων που ενσωματώνουν το περιβαλλοντικό στοιχείο, όπως τα DICE και RICE, ενώ αναλύονται θεωρητικές προσεγγίσεις για τη φορολόγηση των ρύπων και τα σχήματα εμπορίας εκπομπών.

Στη συνέχεια, διαμορφώνεται ένα στατικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας που περιλαμβάνει ένα αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό, μία αντιπροσωπευτική επιχείρηση και την κυβέρνηση. Το υπόδειγμα επιτρέπει την ανάλυση της συνολικής ευημερίας υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές και δημοσιονομικές συνθήκες. Μέσω μιας σειράς έξι σεναρίων πολιτικής, εξετάζονται μεταβολές σε κρίσιμες παραμέτρους όπως η ένταση του άνθρακα, οι δημόσιες αντιρρυπαντικές δαπάνες και οι κοινωνικές προτιμήσεις υπέρ της κατανάλωσης ή του φυσικού περιβάλλοντος.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η συνολική ευημερία δεν επηρεάζεται μόνο από τις μεταβολές της περιβαλλοντικής πολιτικής. Σε ορισμένα σενάρια, η ευημερία αυξάνεται ακόμη και με μείωση της κατανάλωσης ή της παραγωγής, όταν ενισχύεται το φυσικό περιβάλλον — αναδεικνύοντας την αξία που προσδίδει η κοινωνία στην ποιότητα ζωής. Σε άλλα σενάρια, επιβαρύνσεις όπως χρήση ρυπογόνων τεχνολογιών ή αύξηση της έντασης άνθρακα μειώνουν την ευημερία, παρά τη σταθερότητα άλλων μεγεθών. Συνολικά, αναδεικνύεται η σημασία ενός ισορροπημένου σχεδιασμού που λαμβάνει υπόψη τόσο τις περιβαλλοντικές όσο και τις κοινωνικοοικονομικές διαστάσεις.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	3
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	7
2.1: Κλιματική Αλλαγή ως παγκόσμια πρόκληση.....	7
2.1.1: Οικονομική Διάσταση.....	8
2.2.2: Πολιτικά Εργαλεία για την Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.....	14
2.2: Δυναμικά Μακροοικονομικά Μοντέλα.....	16
2.2.1: Μοντέλα DICE, RICE.....	20
2.2.2: Υποδείγματα από την σύγχρονη βιβλιογραφία.....	21
2.3: Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στη δημοσιονομική πολιτική.....	23
2.3.1: Φόρος Άνθρακα.....	24
2.3.2: Σύστημα Εμπορίας Ρύπων.....	26
2.3.3: Σύγκριση Φόρων και δικαιωμάτων ρύπων.....	28
Κεφάλαιο 3: Το Υπόδειγμα.....	30
3.1: Το πρόβλημα του αντιπροσωπευτικού νοικοκυριού.....	30
3.2: Το πρόβλημα της αντιπροσωπευτικής επιχείρησης.....	31
3.3: Το πρόβλημα της κυβέρνησης.....	33
3.4: Ανταγωνιστική Ισορροπία.....	33
3.5: Βασική Παραμετροποίηση.....	35
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της σύγχρονης εποχής, επηρεάζοντας την κοινωνία και ολόκληρο τον πλανήτη σε πολλούς τομείς. Συχνά, αντιλαμβανόμαστε την κλιματική αλλαγή που προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ως ένα μελλοντικό φαινόμενο, το οποίο όμως βρίσκεται σε συνεχή και ραγδαία εξέλιξη. Ταυτόχρονα, επηρεάζονται τόσο οι κοινωνίες όσο και οι οικονομίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι συνέπειές της είναι πολυδιάστατες και απαιτούν γρήγορη αντιμετώπιση.

Η ατμόσφαιρα της γης, η οποία συγκεντρώνει αέρια που παγιδεύουν την θερμότητα γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου, παίζουν τεράστιο ρόλο στην διαμόρφωση του κλίματος. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που προέρχονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και την βιομηχανική παραγωγή, αυξάνουν την συγκέντρωση των αερίων και έχουν ως αποτέλεσμα την φυσική ανισορροπία. Έτσι αυξάνεται σταδιακά η θερμοκρασία του πλανήτη και εμφανίζονται φαινόμενα όπως η ξηρασία και οι πλημμύρες. Η ξηρασία με την σειρά της πλήττει της αγροτική παραγωγή και επιβαρύνει την ανθρώπινη υγεία. Οι πλημμύρες προκαλούν φθορές και ζημιές στα οικοσυστήματα, στις υποδομές και ενισχύουν την εξάπλωση ασθενειών. Όλα τα παραπάνω, συμβάλλουν στην εμφάνιση προβλημάτων υγείας, τα οποία με την σειρά τους οδηγούν σε αύξηση της θνησιμότητας, επηρεάζουν τα τρόφιμα και τους εργαζόμενους να ανταπεξέλθουν στις εργασίες τους, με τελικό αποτέλεσμα της μείωση της παραγωγικότητας της οικονομίας.

Όλα τα παραπάνω, κάνουν εμφανές το γεγονός πως η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της δεν περιορίζονται μόνο στο περιβάλλον. Επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία, την εργασία και τελικά ολόκληρη την λειτουργία της οικονομίας. Η κλιματική αλλαγή με αυτόν τον τρόπο γίνεται οικονομικό και κοινωνικό ζήτημα.

Η συσχέτιση της κλιματικής αλλαγής με την οικονομία είναι πλέον αναγκαίο ζήτημα. Οι κυβερνήσεις προκειμένου να είναι έτοιμες για την αντιμετώπιση των συνεπειών της, διαμορφώνουν πολιτικές που στοχεύουν στην μείωση των εκπομπών ρύπων, στην προστασία της οικονομίας και θα προστατεύουν τον πληθυσμό τους. Για να σχεδιαστούν οι κατάλληλες πολιτικές, οι οικονομολόγοι εντάσσουν περιβαλλοντικές παραμέτρους στα οικονομικά μοντέλα καταλήγοντας στις μελλοντικές αποφάσεις.

Η παρούσα εργασία, έχει σκοπό να συμβάλλει στην κατανόηση των παραπάνω προβλημάτων, αναπτύσσοντας ένα θεωρητικό μακροοικονομικό υπόδειγμα που ενσωματώνει περιβαλλοντικές μεταβλητές και πολιτικές. Στόχος είναι η διερεύνηση των επιδράσεων των συγκεκριμένων παρεμβάσεων, όπως είναι οι δημόσιες αντιρρυπαντικές δαπάνες, η ένταση του άνθρακα, οι τεχνολογικές επιλογές και οι κοινωνικές προτιμήσεις, στην ισορροπία της οικονομίας και στο επίπεδο της ευημερίας.

Μεθοδολογικά, η ανάλυση βασίζεται σε ένα στατικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας με ένα αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό, μία αντιπροσωπευτική επιχείρηση και την κυβέρνηση, μέσω του οποίου προσομοιώνονται διαφορετικά σενάρια πολιτικής. Αφετέρου, θα διερευνηθεί πώς επηρεάζεται η συνολική ευημερία υπό διαφορετικές παραδοχές. Μέσω της σύγκρισης των εναλλακτικών σεναρίων με το βασικό σενάριο που θα παρουσιαστεί παρακάτω, αναδεικνύονται κρίσιμες σχέσεις μεταξύ περιβαλλοντικής πολιτικής, παραγωγικής δύναμης και κοινωνικών προτιμήσεων.

Η συμβολή της εργασίας έγκειται στη δυνατότητα που παρέχει για τη θεωρητική αποτίμηση διαφορετικών περιβαλλοντικών και οικονομικών πολιτικών μέσα από ένα απλοποιημένο αλλά εύρωστο αναλυτικό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν επιτρέπουν τη διατύπωση προτάσεων με σαφή πολιτική στόχευση, υπογραμμίζοντας τη σημασία των δημόσιων δαπανών, της φορολογίας και των κοινωνικών προτιμήσεων για τη διαμόρφωση ενός μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης. Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, η εργασία συμβάλλει στη συζήτηση για την πράσινη μετάβαση και τη σύνδεση οικονομικών και περιβαλλοντικών πολιτικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1: ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΩΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΟΚΛΗΣΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία σοβαρή παγκόσμια απειλή και για να περιοριστεί απαιτεί διεθνή δράση. Αναμένεται επίσης σε μεγάλο βαθμό να επηρεάσει σημαντικές πτυχές της ανθρώπινης ζωής όπως η πρόσβαση σε νερό, τη δημόσια υγεία, το φυσικό περιβάλλον και την παραγωγή τροφίμων. Δεκάδες εκατομμύρια άνθρωποι κινδυνεύουν από φαινόμενα όπως η πείνα, η λειψυδρία και ακραία καιρικά φαινόμενα κυρίως σε παραθαλάσσιες περιοχές εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής όπως έχει αναφερθεί προέρχεται κυρίως από την ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτή η αύξηση σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το γνωστό σε όλους φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο ανακαλύφθηκε το 1824 από τον Γάλλο μαθηματικό Ζοζέφ Φουριέ. Θεωρείται πως το φαινόμενο ενισχύεται με το πέρασμα του χρόνου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες είναι υπαίτιες για το $1,1^{\circ}\text{C}$ της θέρμανσης του πλανήτη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Ο πλανήτης Γη θεωρείται βιώσιμος και κατοικήσιμος λόγω της ύπαρξης ορισμένων αερίων που επικρατούν στην ατμόσφαιρα και απορροφούν την ακτινοβολία που εκπέμπεται. Το αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι να διατηρείται μία θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης στους 14°C αντί των -18°C εάν δεν υπήρχε το φαινόμενο.

Σύμφωνα με μελέτες, η θερμοκρασία της Γης σε σχέση με τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, πριν την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, είναι $1,2^{\circ}\text{C}$ υψηλότερη, καθιστώντας την, την υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί τα τελευταία 100.000 χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, η δεκαετία 2010-2020 ήταν η πιο ζεστή, ενώ όπως παρατηρείται κάθε μία από τις τελευταίες δεκαετίες είναι ολόένα και πιο θερμές. Εκθέσεις των Ηνωμένων Εθνών, αναφέρουν πως το όριο των $1,5^{\circ}\text{C}$ για να περιοριστεί η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας είναι κρίσιμο προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και να υπάρξει ένα καθαρότερο περιβάλλον. Όμως, οι πολιτικές οι οποίες εφαρμόζονται από τα κράτη, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι και $3,1^{\circ}\text{C}$ ως το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Πιο συγκεκριμένα, χώρες όπως η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ρωσία εκπέμπουν πολύ περισσότερα αέρια σε σύγκριση με άλλες, και είναι αυτές οι οποίες

ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των παγκόσμιων αερίων το 2023 όταν οι υπόλοιπες ανεπτυγμένες χώρες αποτελούσαν μόνο το 3% αυτών.

Βασικό συστατικό του φαινομένου του θερμοκηπίου αποτελούν τα αέρια του θερμοκηπίου(GHGs) τα οποία σχηματίζουν μία μάζα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και παγιδεύουν ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο θα απελευθερωνόταν στο διάστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Περίπου το 30% της ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται στην Γη απελευθερώνεται ξανά στο διάστημα. Ένα 6% από την ατμόσφαιρα, 20% από τα σύννεφα και 4% από την επιφάνεια του πλανήτη. Το 70% της ηλιακής ενέργειας απορροφάται από την ατμόσφαιρα, το 51% από τους ωκεανούς και την επιφάνεια της Γης και το 3% από τα νέφη.

Τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου που διαπιστώνουν αυξανόμενες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) που χρησιμοποιείται στον τομέα της γεωργίας για την ανάπτυξή της, τους υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) οι οποίοι σχηματίζονται αποκλειστικά από την ανθρώπινη δραστηριότητα και τους υδροφθοράνθρακες (HFCs). Μεγαλύτερης σημασίας είναι το αέριο του διοξειδίου του άνθρακα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του ρύπου είναι πως δεν προκαλεί άμεσες συνέπειες σε τοπικό επίπεδο, αλλά η συσσώρευσή του σε συνδυασμό με άλλα αέρια του θερμοκηπίου θα έχει μόνιμες και επιβλαβείς συνέπειες στην θερμοκρασία και γενικά τις κλιματικές συνθήκες. Οι συνεχείς αυξήσεις του συγκεκριμένου αερίου, που οφείλονται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο), γίνονται ολοένα και μεγαλύτερες και επικίνδυνες τα τελευταία χρόνια. Η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, έχει οδηγήσει στην κλιματική αλλαγή και στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

2.1.1: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Η κλιματική αλλαγή με την σειρά της θεωρείται μία εξωτερικότητα. Μελέτες που σχετίζονται με το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους αναδεικνύουν τις εξωτερικές επιδράσεις και τις αποτυχίες της αγοράς ως κεντρικό ζήτημα του φαινομένου. Είναι γνωστό από την οικονομική επιστήμη, πως η ύπαρξη των εξωτερικοτήτων οδηγούν σε

ισορροπίες που δεν είναι άριστες κατά Pareto και έχουν ως αποτέλεσμα την αποτυχία των αγορών. Η περίπτωση της κλιματικής αλλαγής, πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες αποτυχίες των αγορών που έχει παρατηρηθεί.

Η κλιματική αλλαγή ως εξωτερικότητα περιλαμβάνει ορισμένα θεμελιώδη γνωρίσματα. Πρώτο χαρακτηριστικό είναι η καθολική γεωγραφική επίδραση. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται σε μία συγκεκριμένη περιοχή επηρεάζουν ολόκληρο τον πλανήτη αν και με διαφορετική ένταση ανάλογα με την περιοχή. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνιστούν μια μορφή εξωτερικών επιδράσεων και είναι μία τεράστια αποτυχία της αγοράς. Έτσι, έρχεται το δεύτερο χαρακτηριστικό που είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου ως ένα παγκόσμιο δημόσιο αγαθό καθώς όλες οι χώρες θα επωφεληθούν από μία μείωσή τους, ενώ αντίθετα το κόστος μείωσης των εκπομπών θα έχει αντίκτυπο στις χώρες που εφαρμόζουν τις πολιτικές αυτές. Προκειμένου να διαμορφωθεί η οικονομική πολιτική για την κλιματική αλλαγή ενώ υπάρχουν και εφαρμόζονται κάποιες θεμελιώδεις αρχές, είναι ανάγκη να συννευρεθούν ορισμένοι οικονομικοί παράγοντες όπως οι οικονομικές επιπτώσεις της, η διαχείριση της αβεβαιότητας, πως επηρεάζουν οι επιπτώσεις την οικονομική ανάπτυξη, η τεχνολογία και η μακροχρόνια πορεία της οικονομίας. Ακόμη, η προσπάθεια διαμόρφωσης αποτελεσματικών πολιτικών καθίσταται δύσκολη λόγω της απουσίας μιας υπερεθνικής αρχής και κινήτρων που θα ενθαρρύνουν την ελεύθερη διακίνηση (free riding), όπου ορισμένες χώρες προσπαθούν να αποφύγουν το κόστος των μέτρων που αφορούν την κλιματική αλλαγή. Ένα ακόμα ζήτημα μεγάλης σημασίας που προκύπτει είναι ως προς το πως θα κατανεμηθούν τα οικονομικά βάρη, ζημίες και ωφέλειες, που θα προκύψουν μεταξύ πλούσιων και φτωχών χωρών όσο και των σημερινών και μελλοντικών γενεών, γεγονός που εγκυμονεί ηθικά διλήμματα.

Τα μέτρα οικονομικής πολιτικής που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπως ο φόρος άνθρακα, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την μεταβολή των σχετικών τιμών και του γενικού επιπέδου τιμών. Από αυτό, θα δημιουργηθούν προκλήσεις για τις κεντρικές τράπεζες, οι οποίες θα πρέπει να προσαρμόσουν κατάλληλα την νομισματική τους πολιτική έτσι ώστε να παραμείνουν σταθερά οι τιμές και η παραγωγή. Πιο συγκεκριμένα, η νομισματική πολιτική με την σειρά της θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την συνολική παραγωγή και πως αυτή επηρεάζεται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, τις επιπτώσεις που μπορούν

να προκύψουν από τα μέτρα που θα εφαρμοστούν, τα συστήματα εμπορίας ρύπων και τις πολιτικές προσαρμογής και μετριασμού. Ωστόσο, για να μπορούν να συμβούν όλα τα παραπάνω αλλά και για να επηρεάσει η κλιματική αλλαγή τις πραγματικές οικονομικές μεταβλητές, χρησιμοποιείται η νέο κευνσιανή θεωρία η οποία λειτουργεί σε μη ανταγωνιστικές αγορές και υπάρχει ακαμψία των τιμών. Οι Dixon-Stiglitz (1977), στο μοντέλο τους περιγράφουν μία κατάσταση μονοπωλιακού ανταγωνισμού, ενώ ο Rotemberg έρχεται και μοντελοποιεί την ακαμψία των τιμών όπου η επιχειρήσεις θα υποστούν το κόστος προσαρμογής των τιμών. Γενικά, είναι λογικό πως οι κίνδυνοι που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή αλλά και οι πολιτικές που θα εφαρμοστούν για τον μετριασμό των επιπτώσεών της θα επηρεάσουν τους στόχους και τις δράσεις των κεντρικών τραπεζών. Από την πλευρά του, ο Markus Haavio (2010) διακρίνει δύο κατηγορίες επιδράσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή των πολιτικών για την κλιματική αλλαγή. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις άμεσες επιπτώσεις, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της αύξησης του κόστους των καυσίμων και της ενέργειας λόγω των αυστηρότερων ρυθμίσεων για το περιβάλλον. Η αύξηση αυτή έχει αντίκτυπο στις τιμές των μεταφορών αλλά και στα προϊόντα για τα οποία απαιτείται υψηλής έντασης ενέργεια και γίνονται πιο ακριβά. Όμως, ο Haavio υποστηρίζει πως η νομισματική πολιτική πρέπει να μείνει αμέτοχη σε αυτές τις αυξήσεις, καθώς τα παραπάνω αποτελούν συνέπειες των αποτελεσματικών πολιτικών που θα βοηθήσουν στην σταθερότητα των σχετικών τιμών. Εκτός από τις άμεσες συνέπειες, υπάρχουν και οι έμμεσες που αφορούν το γενικό επίπεδο τιμών. Μία αύξηση στο κόστος της ενέργειας και των καυσίμων θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αγοραστικής δύναμης των καταναλωτών, οι οποίοι με την σειρά τους προκειμένου να επιβιώσουν θα ζητήσουν αύξηση στον μισθό, όπου μία αύξηση στον μισθό θα επιφέρει αύξηση του επιπέδου των τιμών επηρεάζοντας και κλάδους που δεν σχετίζονται με το ενεργειακό κόστος. Η κεντρική τράπεζα επομένως θα παίξει σημαντικό ρόλο στην αποφυγή των πληθωριστικών πιέσεων που θα προκύψουν από τις ανόδους που αναφέρθηκαν. Έτσι, ο Haavio καταλήγει στον σχεδιασμό μιας νομισματικής πολιτικής που θα επιτρέπει την προσαρμογή των τιμών στις άμεσες επιδράσεις αποτρέποντας ταυτόχρονα την αύξηση του πληθωρισμού που θα μπορούσε να αποσταθεροποιήσει την οικονομία.

Παρά το γεγονός ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα, θα έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία. Η αύξηση της

θερμοκρασίας συνοδευόμενη από περιβαλλοντικές μεταβολές θα επηρεάσουν την οικονομική δραστηριότητα, προκαλώντας απώλειες στην παραγωγή. Αυτές ωστόσο οι απώλειες θα επηρεάσουν τομείς οι οποίοι συνδέονται άμεσα με το περιβάλλον και το κλίμα όπως ο τουρισμός και η γεωργία. Πέρα από τις άμεσες οικονομικές συνέπειες, η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει και σε ζημιές μη εμπορεύσιμες, όπως η διατάραξη των οικοσυστημάτων, η απειλή της δημόσιας υγείας και η αυξημένη πίεση στους υδάτινους πόρους. Εάν η παγκόσμια θερμοκρασία αυξηθεί κατά 3°C, θα μπορούσε να συμβάλλει στην μείωση του παγκόσμιου ΑΕΠ κατά 2% (αναφορά σε Farid, 2016).

Σε περίπτωση που δεν υπάρξει ευαισθητοποίηση για άμεση δράση, οι οικονομικές επιπτώσεις και οι κίνδυνοι του φαινομένου θα έχουν ως αποτέλεσμα απώλεια του παγκόσμιου ΑΕΠ τάξεως 5% τόσο τώρα όσο και στο μέλλον. Εάν ληφθούν ευρύτερα ρίσκα και συνέπειες, οι ζημιές μπορεί να φτάσουν και το 20% του παγκοσμίου ΑΕΠ και περισσότερο. Αντίθετα το κόστος για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής το οποίο θα εμφανιστεί από την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου θα μειωθεί στο 1% του του παγκοσμίου ΑΕΠ ετησίως. Οι επενδύσεις που θα πραγματοποιηθούν τα επόμενα 10-20 χρόνια, θα έχουν τεράστιες επιπτώσεις στο κλίμα από το δεύτερο μισό του αιώνα και μετά (αναφορά σε Stern, 2006)

Προκειμένου να κατανοηθούν σε μεγαλύτερο βάθος οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη μακροοικονομία, η μελέτη της Vivid Economics (2013) εστιάζει σε ορισμένες διαστάσεις όπου οι κλιματικές μεταβολές επηρεάζουν την οικονομική δραστηριότητα, καλύπτοντας τόσο τις άμεσες όσο και τις έμμεσες συνέπειές της.

1. Άμεσες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής

Όπως έχει αναφερθεί οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής διαφέρουν ανά τομέα με κάποιους κλάδους να είναι πιο ευάλωτοι στις αλλαγές της. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει και μη εμπορεύσιμες αξίες όπως η βιοποικιλότητα και η πολιτιστική κληρονομιά. Παρά το κύριο χαρακτηριστικό τους ως αξίες πως δηλαδή δεν αποτελούν αντικείμενο αγοροπωλησίας, προκύπτει να έχουν αξία για λοιπούς οικονομικούς παράγοντες.

2. Αλληλεπίδραση μεταξύ τομέων στην οικονομία

Εδώ η μακροοικονομική ανάλυση δεν εξετάζει μόνο τις άμεσες συνέπειες αλλά και τις έμμεσες δευτερογενείς συνέπειες που προκύπτουν από την

αλληλεπίδραση διάφορων τομέων. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές περιλαμβάνουν τις άμεσες επιπτώσεις στον τομέα της γεωργίας που μπορεί να έχει αντίκτυπο στους όρους εμπορίου στις χώρες όπου ο αγροτικός τομέας είναι πρωτοπόρος και αποτελεί την κύρια πηγή εισοδήματος. Οι άμεσες επιπτώσεις στην υγεία, που έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγικότητας, έχουν συνέπειες στο εισόδημα και την αποδοτικότητα των υπόλοιπων κλάδων. Οι τιμές της ενέργειας αλλά και οι κλάδοι που χρησιμοποιούν την ενέργεια ως κύρια πηγή μπορούν να επηρεαστούν από τις μεταβολές που προκύπτουν στην ζήτηση της ψύξης και της θέρμανσης.

3. Ο παράγοντας χρόνος

Η κλιματική αλλαγή θεωρείται μία δυναμική διαδικασία, δηλαδή οι επιπτώσεις της μπορούν να συμβούν οποτεδήποτε. Η δυναμική αυτή απαιτεί την χρήση δυναμικών μακροοικονομικών μοντέλων όπως τα DICE και RICE (αναφορά σε W.D.Nordhaus, 1992,1996), τα οποία ενσωματώνουν τις μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής πολιτικής και των περιβαλλοντικών μεταβολών. Επίσης, η χρονική διάσταση έχει σημαντικό ρόλο για τον σχεδιασμό πολιτικών, καθώς οι αποφάσεις που θα παρθούν μπορεί να έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στο περιβάλλον και την οικονομία.

4. Οικονομική Ανάπτυξη

Ο ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή βραχυχρόνια και μακροχρόνια. Βραχυχρόνιες επιπτώσεις συνιστούν οι φυσικές καταστροφές οι οποίες θα τείνουν να μειώσουν την παραγωγή και συνάμα η μη σταθερότητα των τιμών της ενέργειας και των πρώτων υλών θα επηρεάσουν την αγορά. Μακροχρόνια, η παραγωγικότητα της εργασίας μπορεί να μειωθεί από την ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας και τις ακραίες καιρικές συνθήκες. Η αβεβαιότητα θα επηρεάσει την τις επενδυτικές αποφάσεις οδηγώντας σε χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης. Για να παραμείνει η ανάπτυξη σταθερή και μεγαλύτερη οι κυβερνήσεις μπορούν να πάρουν πρωτοβουλίες για την χρήση πράσινων επενδύσεων και να προσαρμοστούν μέσω της καινοτομίας, νέων τεχνολογιών και βιώσιμων πολιτικών.

5. Χωρική Διάσταση

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν είναι ίδιες για όλες τις περιοχές, καθώς επηρεάζονται ανάλογα με την γεωγραφική θέση, το κλίμα και την οικονομία τους. Για να διατυπωθεί μακροοικονομικά η συγκεκριμένη διάσταση γίνεται χρήση των ολοκληρωμένων μοντέλων αξιολόγησης (Integrated Assessment Models- IAMs) όπως το RICE (W.D.Nordhaus, 1996) που λαμβάνουν υπόψη αυτές τις διαφορές, επιτρέποντας μία ακριβή εκτίμηση των οικονομικών συνεπειών ανά περιοχή.

6. Διασυννοριακές Επιπτώσεις

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μεταφέρονται και σε όλες τις χώρες μέσω του εμπορίου, των χρηματοοικονομικών ροών και της μετανάστευσης. Η αύξηση της τιμής της ενέργειας και γενικότερα βασικών προϊόντων επηρεάζουν τις εισαγωγές και τις εξαγωγές, δημιουργώντας ανισορροπίες. Οι φυσικές καταστροφές θα επηρεάσουν τις διεθνείς αγορές αυξάνοντας το επενδυτικό ρίσκο και οι άμεσες ξένες επενδύσεις θα αλλάζουν καθώς οι επενδυτές θα αναζητούν χώρες με καλύτερο κλίμα.

7. Αβεβαιότητα

Η κλιματική αλλαγή χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα του συστήματος και της οικονομίας. Σχετίζεται με τις κλιματικές μεταβολές αλλά και με το πώς αυτές θα επηρεάσουν διάφορους οικονομικούς τομείς και κλάδους κάνοντας έτσι τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των πολιτικών πιο απαιτητικούς.

8. Ακραία καιρικά φαινόμενα

Κатаιγίδες, τυφώνες, πυρκαγιές και ξηρασία είναι από τα σοβαρότερα ακραία καιρικά φαινόμενα που μπορεί να προκαλέσουν τεράστιες καταστροφές με πολλές οικονομικές επιπτώσεις. Βραχυχρόνια, θα αυξηθούν οι δημόσιες δαπάνες για βοήθεια και για αποκατάσταση των ζημιών. Μακροχρόνια, οι οικονομίες θα προσαρμόζονται και θα έχουν νέες ευκαιρίες για επενδύσεις σε πιο ανθεκτικά έργα και καλύτερες τεχνολογίες προκειμένου να επιτευχθεί οικονομική ανάπτυξη.

9. Ευπάθεια και Προσαρμογή

Εξαρτώνται από την δομή, την ανθεκτικότητα και την ικανότητα προσαρμογής έτσι ώστε οι επιχειρήσεις να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής. Η προσαρμογή δίνει την ευκαιρία για καινοτομία και περαιτέρω οικονομική ανάπτυξη.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η σχέση μεταξύ της οικονομικής συμπεριφοράς σήμερα με τις συνέπειες που θα προκύψουν από την κλιματική αλλαγή αύριο είναι αιτιώδης και κυκλική. Αρχικά, οι ανθρώπινες και οικονομικές δραστηριότητες μέσα από την κατανάλωση ενέργειας, μεταφορών και παραγωγής, οδηγούν στην παραγωγή εκπομπών με αποτέλεσμα να συγκεντρώνονται υψηλά επίπεδα αερίων στην ατμόσφαιρα όπως αυτό του CO₂. Στην συνέχεια, η υψηλή συσσώρευση του αερίου συμβάλλει στην γρηγορότερη επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής. Οι επιπτώσεις που προκύπτουν έχουν αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον και στα οικοσυστήματα και οι ζημιές που προκαλούνται επηρεάζουν τελικά τις οικονομίες, είτε από τις φυσικές καταστροφές είτε από την μείωση της παραγωγικότητας. Όσο αφορά την πολιτική, μία μείωση των εκπομπών αναφέρεται στις πολιτικές μετριασμού που έχουν ως στόχο την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Από την άλλη, οι πολιτικές προσαρμογής στοχεύουν στην αντιμετώπιση των ήδη υπαρχόντων επιπτώσεων ή αυτών που αναμένεται να εμφανιστούν. Έτσι, περιγράφεται η αμφίδρομη σχέση οικονομίας και κλιματικής αλλαγής.

2.1.2: ΠΟΛΙΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μπορούν να αξιοποιηθούν δύο βασικές πολιτικές. Από την μία είναι τα μέτρα μετριασμού που έχουν στόχο τον περιορισμό την κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου και από την άλλη τα μέτρα προσαρμογής που προσπαθούν να διαχειριστούν τις επιπτώσεις που προκύπτουν από το φαινόμενο αυτό.

- **Πολιτική Μετριασμού (Mitigation)**

Είναι εμφανές πως οι πολιτικές που στοχεύουν στην μείωση των εκπομπών θα αντικατοπτρίζουν τους πολιτικούς περιορισμούς και τις ιδιαιτερότητες που διατρέχουν την κάθε χώρα (αναφορά σε Farid, 2016). Οι πιο γνωστές πολιτικές περιλαμβάνουν τους φόρους άνθρακα, τις άδειες εκπομπών και τις επιδοτήσεις, τις επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη και τις νέες πράσινες τεχνολογίες. Οι φόροι άνθρακα και τα συστήματα εμπορίας σε σχέση με τα υπόλοιπα μέτρα, φαίνεται να διαθέτουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα. Είναι

αποτελεσματικές απέναντι στο περιβάλλον. Η τιμολόγηση του άνθρακα θα αυξήσει τις τιμές των ορυκτών καυσίμων, οδηγώντας σε μία παραγωγική κατανομή επιλογών για την μείωση των εκπομπών. Τέτοιες επιλογές είναι η αντικατάσταση του άνθρακα με φυσικό αέριο το οποίο ρυπαίνει πολύ λιγότερο, η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η μείωση της ενεργειακής ζήτησης με τον περιορισμό των προϊόντων που χρησιμοποιούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Τα μέτρα αυτά επίσης αποφέρουν σημαντικά έσοδα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση άλλων φόρων που είναι επιβλαβείς στην οικονομία. Αντίθετα, οι κανονιστικές πολιτικές (πράσινες τεχνολογίες, ανανεώσιμες πηγές) δεν παράγουν φορολογικά έσοδα.

Προκειμένου οι πολιτικές αυτές να θεωρηθούν αποτελεσματικές θα πρέπει να υπάρχει σταθερότητα των τιμών, να αξιοποιούνται στο δυνατό μέγιστο οι δημοσιονομικές ευκαιρίες που προκύπτουν και να υπάρχει ευρεία κάλυψη των εκπομπών. Τα συστήματα εμπορίας ρύπων παρουσιάζουν αδυναμίες στην λειτουργία τους. Για παράδειγμα, δίνουν βάση κυρίως στις μεγάλες βιομηχανικές πηγές αδιαφορώντας για τις μικρές (αυτοκίνητα, κτήρια) και έτσι δεν καλύπτεται το σύνολο των εκπομπών. Προκειμένου να λειτουργήσουν αποδοτικά, χρειάζονται μηχανισμούς σταθεροποίησης των τιμών, όπως τα ανώτατα και τα κατώτατα όρια, για να υπάρξει η κατάλληλη πρόβλεψη στις τιμές των εκπομπών και να γίνονται επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να μετριαστεί και από την διεθνή συνεργασία παρά το γεγονός ότι αποτελεί μεγάλη πρόκληση. Αυτό συμβαίνει γιατί οι χώρες αδυνατούν να λάβουν μεμονωμένα μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αφού επωμίζονται το κόστος μόνες τους, ενώ τα οφέλη είναι παγκόσμια και τα απολαμβάνουν όλοι. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως το πρόβλημα της ελεύθερης πρόσβασης χωρίς συνεισφορά (free riding). Γνωστό παράδειγμα μπορεί να θεωρηθεί το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997), το οποίο έθεσε τους στόχους μείωσης εκπομπών για κάθε χώρα ξεχωριστά μέχρι και το 2008, με έτος βάσης το 1990. Ωστόσο, δεν ήταν επιτυχής η προσπάθεια. Το 2015 υιοθετήθηκε η Συμφωνία του Παρισιού όπου η συμμετοχή θα ήταν πολύ μεγαλύτερη. Βασικός στόχος της Συμφωνίας είναι να παραμείνει σταθερή η αύξηση της μέσης

θερμοκρασίας παγκοσμίως κάτω των 2°C με πρόσθετη προσπάθεια να διατηρηθεί εντός του 1,5°C.

- Πολιτική Προσαρμογής (Adaptation)

Οι πολιτικές προσαρμογής θεωρούνται συμπληρωματικές των πολιτικών μετριασμού και σε μεγάλο βαθμό εξυπηρετούν εθνικά συμφέροντα. Δεν είναι πλέον δυνατό να εξαφανιστεί η κλιματική αλλαγή που θα συντελεστεί τις επόμενες δύο ή τρεις δεκαετίες, είναι όμως ανάγκη να προστατευτούν οι κοινωνίες και οι οικονομίες. Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν μέτρα αποτελεσματικότερου σχεδιασμού και επενδύσεις όπως η ενίσχυση και η κατασκευή υποδομών αλλά και καλύτερης πληροφόρησης όπως η ενεργοποίηση συστημάτων προειδοποίησης και η ασφάλιση κινδύνου. Ακόμη, παρέχει προστασία και σε περιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων αλλά σε περιορισμένο βαθμό. Η προσαρμογή θα κοστίζει δισεκατομμύρια δολάρια ετήσια μόνο στις αναπτυσσόμενες χώρες και θα περιορίζει ακόμη περισσότερο τους ήδη υπάρχοντες περιορισμένους πόρους. Επομένως, είναι αναγκαίο να η κλιματική διάσταση να ενσωματωθεί στις πολιτικές ανάπτυξης, ενώ οι πλούσιες χώρες να τηρήσουν τις δεσμεύσεις τους για την ενίσχυση της αναπτυξιακής βοήθειας.

2.2: ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΑΚΡΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερες δημοσιονομικές και νομισματικές αρχές παγκοσμίως υιοθετούν τις προσεγγίσεις που προέρχονται από τη σύγχρονη δυναμική μακροοικονομική θεωρία. Η σύγχρονη μακροοικονομική θεωρία ξεκινάει από το γεγονός ότι οι οικονομικοί κύκλοι, τα επίπεδα ανάπτυξης και οι πολιτικές πρέπει να θεωρούνται ως μία ενιαία ανάλυση της οικονομίας δηλαδή να μην αναλύονται ξεχωριστά καθώς είναι φαινόμενα αλληλένδετα. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται τεχνητά μοντέλα-οικονομίες, όπου οι οικονομολόγοι δημιουργούν απλά αλλά λειτουργικά μοντέλα που προσομοιώνουν την πραγματική οικονομία για να κατανοήσουν πως αυτή λειτουργεί μακροχρόνια. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των μοντέλων είναι ότι τα οικονομικά αποτελέσματα καθορίζονται κυρίως από τις δυναμικές αποφάσεις των οικονομικών παραγόντων όπως νοικοκυριά, επιχειρήσεις και

κράτος λαμβάνοντας υπόψη το μέλλον. Στην συνέχεια, όπως υποστηρίζει και ο Robert Lucas (1976), οι οικονομικές πολιτικές πρέπει να αναλύονται λαμβάνοντας υπόψη ότι οι οικονομικοί παράγοντες προσαρμόζουν την συμπεριφορά τους ανάλογα με τις προσδοκίες τους για το μέλλον- τις γνωστές σε όλους ορθολογικές προτιμήσεις. Τα μοντέλα πρέπει επίσης να βασίζονται στην ιδέα της γενικής ισορροπίας, όπου όλες οι αγορές αλληλεπιδρούν και ισορροπούν μεταξύ τους.

Οι πρώτοι που ανέδειξαν την δυναμική αυτής της προσέγγισης ήταν οι Kydland και Prescott (1982) καθώς και οι Long και Plosser (1983). Τα μοντέλα που ανέπτυξαν, γνωστά ως μη νομισματικά μοντέλα πραγματικού επιχειρηματικού κύκλου (Real Business Cycle- RBC), διαφοροποιούνται από τα παραδοσιακά Κευνσιανά μακροοικονομικά μοντέλα, τα οποία βασίζονται σε εμπειρικές συμπεριφορικές σχέσεις. Αντίθετα, τα RBC μοντέλα στηρίζονται σε μακροοικονομικές αρχές, την βέλτιστη συμπεριφορά των οικονομικών παραγόντων και ένα γενικό ισοζύγιο της οικονομίας. Η βασική τους υπόθεση είναι ότι οι διακυμάνσεις της οικονομικής δραστηριότητας οφείλονται κυρίως σε τεχνολογικές διαταραχές και αλλαγές. Τα μοντέλα αυτά δεν έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογής στην νομισματική πολιτική και χρησιμοποιούνται περισσότερο στον δημοσιονομικό τομέα.

Ενώ οι πρώτες μελέτες RBC επικεντρώνονται κυρίως στις τεχνολογικές διαταραχές, τα σύγχρονα μακροοικονομικά υποδείγματα ενσωματώνουν ατέλειες των αγορών, αποτυχίες πολιτικής και διάφορους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την οικονομία. Αυτά είναι γνωστά ως τα δυναμικά στοχαστικά υποδείγματα γενικής ισορροπίας (Dynamic Stochastic General Equilibrium- DSGE) που έχουν πλέον καθιερωθεί ως το κύριο πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύσσονται και αξιολογούνται οι σύγχρονες μακροοικονομικές θεωρίες και πολιτικές (αναφορά σε Cooley & Prescott (1995), King & Rebelo (1999), Rebelo (2005), Kydland (2006), McGrattan (2006)). Αυτά τα μοντέλα διαθέτουν τρία διακριτά χαρακτηριστικά που συνυπάρχουν ταυτόχρονα: τη δυναμική τους φύση, την προσέγγιση γενικής ισορροπίας και την ενσωμάτωση διάφορων διαταραχών, είτε τεχνολογικών είτε πολιτικών. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, ένα DSGE μοντέλο έχει την δυνατότητα να αναλύει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών τομέων της οικονομίας, να προσδιορίζει τις πηγές των οικονομικών διακυμάνσεων, να εξετάζει τις επιπτώσεις διαρθρωτικών αλλαγών και να αξιολογεί τις συνέπειες πολιτικών παρεμβάσεων. Λόγω αυτών των

δυνατοτήτων, τα μοντέλα αυτά έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των κεντρικών τραπεζών και των δημοσιονομικών αρχών. Συγκεκριμένα, το βασικό DSGE μοντέλο χρησιμοποιείται για την ανάλυση των επιπτώσεων διαφόρων διαταραχών, όπως οι αλλαγές στις αποφάσεις σημαντικών οικονομικών παικτών- των νοικοκυριών, των επιχειρήσεων και του κράτους. Τα τελευταία 20 χρόνια, η διαμόρφωση και η εκτίμηση των DSGE μοντέλων έχουν εξελιχθεί σημαντικά (αναφορά σε Fernández-Villaverde (2010,2015)). Πολλά από τα σύγχρονα DSGE μοντέλα συνδυάζουν την θεωρία του πραγματικού οικονομικού κύκλου (RBC) με στοιχεία του νεοκενσιανού πλαισίου.

Όπως είναι γνωστό, η κλιματική αλλαγή σχετίζεται με την οικονομία σε μεγάλο βαθμό όπως επίσης και με πολλές διαφορετικές επιστήμες όπως οι κλιματολογικές επιστήμες και η θεωρία παιγνίων. Διάφορα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί με το πέρασμα του χρόνου, τα οποία έχουν ως στόχο την ανάλυση των παραγόντων που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή και την υποστήριξη της διαμόρφωσης πολιτικών. Σύμφωνα με τον Nikas (2018), όταν η κλιματική αλλαγή αναδείχθηκε ως μείζον ζήτημα τη δεκαετία του 1970, δεν υπήρχαν εργαλεία ικανά να προσφέρουν μια συνολική κατανόηση του φαινομένου ή να ενισχύσουν την ανάλυση των πιθανών πολιτικών παρεμβάσεων. Οι οικονομολόγοι με την σειρά τους άρχισαν να προσαρμόζουν τις αναλύσεις ενέργειας και οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο, ώστε να εκτιμήσουν τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του άνθρακα (GHGs), που με την σειρά τους ευθύνονται για την επιδείνωση του κλίματος, να διερευνήσουν στρατηγικές μείωσής τους και να εντάξουν βασικά χαρακτηριστικά του κλιματικού συστήματος στα μοντέλα τους. Στο πλαίσιο **λοιπόν** της προσπάθειας να συνδεθεί η κλιματική αλλαγή με την οικονομία και κυρίως για την ανάλυση του ρόλου της οικονομικής πολιτικής στην αντιμετώπιση του φαινομένου, αναπτύχθηκαν παγκόσμια μοντέλα που συνδυάζουν οικονομικές και κλιματικές παραμέτρους, γνωστά και ως ολοκληρωμένα μοντέλα αξιολόγησης (Integrated Assessment Models- IAMs)(αναφορά σε Hope&Helm (2005), Fussel (2009)).

Γενικότερα, υπάρχει μια ποικιλομορφία των μοντέλων που συνδέουν την οικονομία με το κλιματική αλλαγή τα οποία είτε χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και υποθέσεις είτε απαντούν σε διαφορετικά ερωτήματα. Ανάλογα με τον τρόπο που είναι διαμορφωμένη η οικονομία και τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνονται οι παράγοντες κλίμα, ενέργεια, επιπτώσεις, μπορούν να εντοπιστούν έξι βασικές δομές των μοντέλων. Μία από τις βασικές κατηγορίες είναι τα

ολοκληρωμένα μοντέλα βέλτιστης ανάπτυξης IAMs. Κύριος σκοπός αυτών των μοντέλων είναι να καθοριστεί η πολιτική στην κλιματική αλλαγή η οποία θα μεγιστοποιήσει την ευημερία κατά την πάροδο του χρόνου. Χαρακτηρίζονται από το ότι συμπεριλαμβάνουν πολλούς παράγοντες του κλίματος που περιγράφουν την αλληλεπίδραση και την συσχέτισή του με την οικονομία με έναν απλό και συνοπτικό τρόπο. Μία άλλη κατηγορία είναι τα Υπολογιστικά Μοντέλα Γενικής Ισορροπίας (Computable General Equilibrium- CGE) τα οποία περιγράφουν την οικονομία με έναν πιο λεπτομερή και πολυδιάστατο τρόπο, περιλαμβάνοντας διάφορους σημαντικούς τομείς. Δεν εστιάζουν στις βέλτιστες πολιτικές, όπως τα μοντέλα βέλτιστης ανάπτυξης, αλλά στις επιπτώσεις των πολιτικών αυτών στην κοινωνία, το περιβάλλον και την οικονομία. Παρόλα αυτά είναι αρκετά σύνθετα. Επικεντρώνονται στην ανάλυση περιφερειακών χαρακτηριστικών και στις τεχνολογίες που σχετίζονται με την ενέργεια. Τα μερικά μοντέλα που εφαρμόζονται σε μη ενεργειακούς τομείς, με την σειρά τους, αναλύουν την σχέση μεταξύ ενός συγκεκριμένου τομέα της οικονομίας και επιπτώσεων του περιβάλλοντος. Συχνά συσχετίζονται με τα μοντέλα CGE. Ακόμη, τα μοντέλα ενεργειακών συστημάτων που είναι και μοντέλα μερικής ισορροπίας, πέρα από την ανάλυσή τους για την τεχνολογία της ενέργειας, αναλύουν και το κόστος της. Χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν το ελάχιστο κόστος των λιγότερο δαπανηρών μεθόδων για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ή άλλων κλιματικών πολιτικών. Συνδυάζονται με μακροοικονομικά μοντέλα ή και τα μοντέλα CGE. Τα μακροοικονομικά μοντέλα όπως τα μοντέλα CGE, αξιολογούν τις ενεργειακές τεχνολογίες. Ένα από τα βασικότερα στοιχεία που το κάνει να διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα μοντέλα είναι πως οι παραγωγοί και οι καταναλωτές δεν συμπεριφέρονται βέλτιστα αλλά και οι αγορές δεν ισορροπούν αυτόματα. Από την άλλη, χρησιμοποιούν καλά προσδιορισμένες οικονομικές παραμέτρους και σχέσεις για να δείξουν την δυναμικότητα της οικονομίας. Τέλος, επικρατούν και κάποια μοντέλα IAMs τα οποία δεν ανήκουν σε κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες καθώς υπάρχουν κάποια στοιχεία που τα διαφοροποιούν. Έχουν απώτερο σκοπό να αναδείξουν την οικονομία με μια πιο απλή μορφή ή να χρησιμοποιήσουν σενάρια εξωγενούς ανάπτυξης. Χαρακτηριστικό μοντέλο είναι το PAGE2002 (αναφορά στην έκθεση Stern (2007)).

2.2.1: MONTELA DICE/RICE

Σημαντικά έργα, μελέτες και αναφορές στο πλαίσιο των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής γίνονται από τον Αμερικανό οικονομολόγο, βραβευμένο με Νόμπελ, William D. Nordhaus (1940) ο οποίος είναι γνωστός για το έργο του να δείξει την σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και της οικονομίας. Την δεκαετία του 1990, ο Nordhaus δημιουργεί τα δυναμικά μακροοικονομικά μοντέλα DICE και RICE (αναφορά σε Nordhaus (1977), Nordhaus&Boyer (2000)). Η κύρια διαφορά αυτών των μοντέλων έγκειται στο γεγονός πως το μοντέλο RICE είναι μια πιο απλοϊκή μορφή του DICE και επικεντρώνεται σε μία μόνο περιφέρεια σε αντίθεση με το DICE που είναι σε πολλές και αντιμετωπίζει το κλίμα και την οικονομία ως ένα ενιαίο σύστημα. Και τα δύο παραπάνω μοντέλα αλλάζουν και εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Αξίζει να αναφερθεί πως το μοντέλο RICE λαμβάνει υπόψη τις διαφορές μεταξύ των περιοχών, όπως διαφορετικούς ρυθμούς ανάπτυξης, πολιτικές μετριασμού και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Το μοντέλο DICE με την σειρά του συγχέεται με την θεωρία της κλασσικής οικονομικής ανάπτυξης ενσωματώνοντας και την κλιματική αλλαγή. Επί της ουσίας είναι μια νέα εκδοχή του μοντέλου ανάπτυξης Solow, όπου πλέον η παραγωγή εξαρτάται από το κεφάλαιο, την εργασία και τον νέο παράγοντα ενέργεια. Χρησιμοποιώντας τις αρχές από το υπόδειγμα Ramsey (1928), το οποίο ασχολείται με την συσσώρευση του κεφαλαίου και την οικονομική ανάπτυξη, το μοντέλο DICE εισάγει έναν νέο παράγοντα, τις επενδύσεις, οι οποίες θα βοηθήσουν στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHGs) και στο να βρεθούν πολιτικές μετριασμού για την συρρίκνωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Ο οικονομικός τομέας με την σειρά του, δημιουργεί εκπομπές CO₂, οι οποίες διαμορφώνουν το κλίμα και οδηγούν σε ζημιές για την οικονομία. Το DICE δίνει την δυνατότητα στα κράτη να παίρνουν αποφάσεις σχετικά με επενδύσεις που θα γίνονται σε μέτρα που έχουν ως κύριο στόχο τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής, όπως θα γινόταν αντίστοιχα με επενδύσεις σε κεφάλαια. Χαρακτηριστικό επίσης του μοντέλου DICE είναι πως ακολουθεί μία κυκλική ροή για να επιδείξει την συσχέτιση μεταξύ κλίματος και οικονομίας: από τις εκπομπές (εκπομπές του CO₂ όπως αναφέρθηκε) στο κλίμα (οι εκπομπές επηρεάζουν το κλίμα με μία αύξηση της θερμοκρασίας), εν συνεχεία στις επιπτώσεις (ζημιές στην οικονομία όπως μείωση της παραγωγικότητας, καταστροφές),

έπειτα στις πολιτικές (είτε μετριασμού είτε προσαρμογής με κυριότερες την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών ή επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες) και τέλος κλείνει ο κύκλος με την επιστροφή στις εκπομπές (οι πολιτικές επηρεάζουν το μέλλον των εκπομπών).

Το μοντέλο DICE έχει μια συγκεκριμένη δομή και βασίζεται σε κάποιες υποθέσεις. Ειδικότερα, είναι ένα οικονομικό μοντέλο το οποίο έχει ως βασικό στόχο την μεγιστοποίηση της συνάρτησης της κοινωνικής ευημερίας, όπου τα άτομα δεν καταναλώνουν την ίδια ποσότητα στον ίδιο βαθμό. Επομένως, μιλάμε για μία συνάρτηση η οποία είναι το συνολικό άθροισμα της χρησιμότητας της κατανάλωσης ανά άτομο, όπου θεωρείται και η βασική υπόθεσή του. Η ποσότητα παραγωγής καθορίζεται από μια συνάρτηση τύπου Cobb-Douglas, με βασικές παραμέτρους την εργασία, το κεφάλαιο και την τεχνολογία, παίρνοντας μια μορφή $Y = AK^aL^b$ με a, b παράμετροι που παρουσιάζουν την ελαστικότητα της εργασίας και του κεφαλαίου. Η ανάδειξη του κοινωνικού κόστους άνθρακα (Social Cost of Carbon-SCC), δηλαδή το οικονομικό κόστος που προέρχεται από τον έναν επιπλέον τόνο CO₂, είναι ένας ακόμα στόχος του μοντέλου DICE. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από τον υπολογισμό του SCC, θα αποτιμηθούν οι οικονομικές επιπτώσεις που έχουν οι εκπομπές του CO₂ στην κοινωνία. Επίσης, για τον υπολογισμό του κόστους λαμβάνονται υπόψη και οι ζημιές που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή. Επομένως, θεωρείται ένα κρίσιμο εργαλείο καθώς θα χρησιμοποιηθεί από τις κυβερνήσεις για να αναπτύξουν πολιτικές μετριασμού και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής (φόροι άνθρακα, καθαρές τεχνολογίες), πολιτικές που θα μειώσουν δραστικά τις εκπομπές αυτές με τον πιο αποδοτικό και αποτελεσματικό τρόπο.

2.2.2: ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι συνέπεια της καύσης των ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο, η οποία οδηγεί σε αυξημένη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η αυξημένη παρουσία των αερίων αυτών, ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Οι μεταβολές αυτές επιφέρουν κλιματικές επιπτώσεις,

όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι μεταβολές στις βροχοπτώσεις και άλλες κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές διαταραχές.

Έχουν παρατηρηθεί ανησυχίες σχετικά με το ότι η γρήγορη οικονομική ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών ενδέχεται να επιταχύνει την υπερθέρμανση του πλανήτη και να επιδεινώσει τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Όμως, οι Yasuhiro Murota και Kokichi Ito (1996) υποστήριξαν πως, αντίθετα, η γρήγορη πρόοδος των χωρών αυτών θα μπορούσε, υπό προϋποθέσεις, να συμβάλλει στην επίλυση της κλιματικής αλλαγής μακροπρόθεσμα.

Οι Dutta και Roy (2009) προσέγγισαν την υπερθέρμανση του πλανήτη ως ένα δυναμικό υπόδειγμα κοινού αγαθού με τους παίκτες να είναι τα κράτη. Κάθε χρονική περίοδο, οι ενέργειες των κρατών οδηγούν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η μεταβλητή είναι το συνολικό απόθεμα αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα. Στο πλαίσιο ανάλυσης αυτού του υποδείγματος, καταλήγουν στην άριστη ισορροπία σύμφωνα με την οποία το σύστημα θα καταλήξει σε έναν σταθερό ρυθμό εκπομπών διαχρονικά. Παράλληλα, ο Alessio Alexiadis (2007) μελέτησε την σχέση μεταξύ ανθρώπινης δραστηριότητας και υπερθέρμανσης του πλανήτη αξιοποιώντας εργαλεία από την θεωρία ελέγχου.

Στο πλαίσιο μελετών που εστιάζουν στην ανατροφοδότηση του κλιματικού συστήματος, ορισμένα υποδείγματα έχουν δείξει λαμβάνοντας υπόψη ιστορικά δεδομένα, πως ακόμη και σε περίπτωση σημαντικής μείωσης των εκπομπών του CO₂, η παγκόσμια θερμοκρασία δεν θα αρχίσει να μειώνεται κατευθείαν. Το σύστημα αυτό είναι στα όρια της αστάθειας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε επιπτώσεις όσο αφορά την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής.

Ο Honjo (1996) με την σειρά του, πρότεινε ότι πέρα από τις στρατηγικές έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα της ενέργειας, τεράστιας σημασίας για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι και η ενίσχυση της έρευνας και ανάπτυξης σε τεχνολογίες απορρόφησης και δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα.

Οι Woodward και Bishop (1995) εισάγουν τον στόχο της βιωσιμότητας πέρα από την βελτιστοποίηση, γεγονός που αποτελεί μια νεότερη εξέλιξη στην βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα ανέπτυξαν ένα υπόδειγμα το οποίο παρουσιάζει πως μία οικονομία η οποία λειτουργεί αποτελεσματικά δεν είναι κατά ανάγκη βιώσιμη. Ταυτόχρονα, εξέτασαν διάφορες εναλλακτικές πολιτικές για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της

κλιματικής αλλαγής, παίρνοντας οικονομίες οι οποίες έχουν ως στόχο την αποτελεσματικότητα και την βιωσιμότητα μαζί, δίνοντας έμφαση σε φόρους που βασίζονται στις εκπομπές άνθρακα.

Πέρα από τα υποδείγματα DICE και RICE που αναφέρθηκαν, αρκετές μελέτες προσπάθησαν να ενσωματώσουν την κλιματική αλλαγή με την θεωρία της ενδογενούς μεγέθυνσης την βιωσιμότητα και τις διαχρονικές πολιτικές για την αντιμετώπισή της. Πιο συγκεκριμένα, οι Greiner και Semmler (2005) διαμόρφωσαν ένα υπόδειγμα ενδογενούς ανάπτυξης στο οποίο η υπερθέρμανση του πλανήτη επηρεάζει τον ρυθμό μεγέθυνσης. Επίσης, θεωρούν τις αρχές που διέπουν τα νεοκλασικά υποδείγματα ανεπαρκείς για την αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ακόμη, ο Larry Karp (2005) μελέτησε ένα δυναμικό υπόδειγμα με ρύπους αποθέματος, δηλαδή ρύπους που συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα και δεν εξαφανίζονται άμεσα. Συνέχεια αυτού, μελέτησε την ισορροπία Markov Perfect, όπου οι φορείς λαμβάνουν αποφάσεις κάθε χρονική περίοδο με βάση τους τρέχοντες ρύπους χωρίς να υπάρχουν μελλοντικές δεσμεύσεις. Βασικό στοιχείο της ανάλυσης είναι η υπερβολική χρονική έκπτωση δηλαδή να αποδίδεται δυσανάλογα μικρή σημασία στα μελλοντικά κόστη ή οφέλη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι μονάδες να υποεκτιμούν τις μακροχρόνιες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, υιοθετώντας πολιτικές που συμφέρουν βραχυχρόνια αλλά έχουν μακροχρόνιες ζημιές.

2.3: ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΣΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ:

Η τιμολόγηση μίας εξωτερικότητας, όπως οι εκπομπές άνθρακα, μπορεί να συμβεί με πολλούς τρόπους. Οι κυριότεροι τρόποι είναι η φορολόγηση του άνθρακα, η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής, τα οποία είτε θα κατανεμηθούν είτε θα περάσουν σε δημοπρασία, και η έμμεση τιμολόγηση με ρυθμίσεις που θα επιβάλλουν περιορισμούς στις δραστηριότητες και τις τεχνολογίες που έχουν επιπλέον κόστος αλλά θα έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών.

2.3.1: ΦΟΡΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η κλιματική αλλαγή είναι μία περίπτωση αρνητικής εξωτερικότητας, καθώς οι δραστηριότητες των ρυπαντών προκαλεί ζημιές σε δισεκατομμύρια ανθρώπους. Ακόμη, η συνεχής χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και οι δράσεις οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δημιουργούν ζημιές οι οποίες θα έχουν συνέπειες και στις μελλοντικές γενιές. Ο φόρος άνθρακα αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την μείωση των εκπομπών, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την κλιματική αλλαγή. Λειτουργεί δηλαδή σαν ένας Πιγκουβιανός φόρος για την αντιμετώπιση της εξωτερικότητας. Με την σειρά του, ο φόρος αυτός θα βοηθήσει στην μείωση της ρύπανσης και θα ενθαρρύνει την μετάβαση σε καθαρότερες μορφές ενέργειας.

Η επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου θεωρείται παγκόσμιο δημόσιο αγαθό όπου επικρατούν δύο βασικά ζητήματα, το περιβαλλοντικό που εστιάζει στις εκπομπές γενικότερα και το οικονομικό σχετικά με το πώς μπορεί να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ του κόστους και του οφέλους που θα προκύψουν από τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών. Η κλιματική αλλαγή είναι απόρροια των συνολικών εκπομπών αερίων και από την εξέλιξη των εκπομπών αυτών διαχρονικά, χωρίς να δίνεται προσοχή στην γεωγραφική περιοχή. Ως προς την τιμολογιακή προσσέγγιση, το επίπεδο των εκπομπών γίνεται έμμεσα μέσα από την φορολογία ή από την επιβολή προστίμων. Η τιμή της αγοράς με την σειρά της θα διαμορφωθεί από τις νέες αγορές που θα δημιουργηθούν από τα δικαιώματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, η τιμή του άνθρακα αποτελεί ένα βασικό εργαλείο για τον περιορισμό των εκπομπών και επηρεάζει επίσης την αγορά μέσα από την καύση ορυκτών καυσίμων ή άλλων δραστηριοτήτων. Η ανάλυση των παραπάνω ζητημάτων γίνεται με την χρήση των μοντέλων IAMs τα οποία έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, το 1977 τίθεται σε εφαρμογή μία διεθνής συμφωνία γνωστή ως Kyoto Protocol. Πολλές μελέτες έχουν αναπτυχθεί για να εκτιμήσουν τις οικονομικές επιπτώσεις του πρωτοκόλλου. Αρχικά, τα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται, ξεκινούν τις εκτιμήσεις τους συγκριτικά με έναν κόσμο χωρίς ελέγχους, δηλαδή χωρίς πολιτικές περιορισμού. Στην προκειμένη

περίπτωση γίνεται χρήση του μοντέλου RICE όπου σύμφωνα με εκτιμήσεις του, μεταξύ των ετών 1990-2010 οι εκπομπές CO₂ θα αυξάνονταν περίπου 27,5% στον κόσμο χωρίς περιορισμούς, ενώ με το πρωτόκολλο η αύξηση θα ήταν 26%. Επομένως παρατηρείται πως οι εκπομπές θα ήταν 1,5% χαμηλότερες σε σχέση με τον ελεύθερο κόσμο. Με την εμφάνιση νέων μελετών και την επέκταση του μοντέλου RICE, παρατηρείται πως το πρωτόκολλο Κιότο θα οδηγούσε σε διαφορετικές τιμές και σε αναποτελεσματική προσπάθεια να μειωθούν οι εκπομπές του CO₂ μεταξύ των χωρών (αναφορά σε Nordhaus&Boyer (2000), Nordhaus (2001)). Σε περίπτωση συμμετοχής των Ηνωμένων Πολιτειών, οι τιμές του φόρου άνθρακα θα ήταν υψηλές καθώς αυτές είχαν πρωταρχικό ρόλο στην μείωση των εκπομπών. Με την αποχώρησή τους όμως, φαίνεται μία μείωση στην τιμή του άνθρακα και στην Ευρώπη οι μειώσεις γίνονται ολοένα και πιο ελαστικές. Τα παραπάνω, φαίνεται να παρουσιάζουν και το αντίκτυπο που έχει η αποχή μίας μεγάλης χώρας από μία διεθνή συμφωνία.

Το 2010, ο William Nordhaus σε μία μελέτη του εξετάζει διάφορα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις εκπομπές των αερίων και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Ο βασικός στόχος που τίθεται από τις κυβερνήσεις με βάση κάποιες συμφωνίες όπως η Συμφωνία του Παρισιού το 2015, είναι η διατήρηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς Κελσίου και με την Copenhagen Accord να πέσει και κάτω των 2. Στόχος αυτής της θερμοκρασίας είναι να περιορίσει τις τεράστιες επιβλαβείς συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Στις έρευνές του, ο Nordhaus χρησιμοποιώντας τα σύγχρονα μοντέλα RICE συμπεραίνει πως εάν δεν παρθούν αποτελεσματικά και δραστικά μέτρα, η θερμοκρασία θα αυξάνεται ραγδαία, οδηγώντας σε σοβαρές οικονομικές και κλιματικές επιπτώσεις. Επομένως, υπολογίζεται η τιμή του άνθρακα με επίπεδο διατήρησης της θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς. Για να συμβεί αυτό, η τιμή του άνθρακα το 2010 εκτιμήθηκε να είναι ίση με 56\$ ανά τόνο όταν η παγκόσμια μέση τιμή ήταν 5\$ ανά τόνο. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, ο William Nordhaus ήταν από τους πρώτους οικονομολόγους που έκαναν αναφορά στο κοινωνικό κόστος άνθρακα (SCC), δηλαδή το οικονομικό κόστος που προέρχεται από έναν επιπλέον τόνο CO₂. Η μελέτη του W.D.Nordhaus χρησιμοποιεί μία νέα, πιο σύγχρονη εκδοχή του RICE, το RICE2011, για να υπολογίσει το SCC. Προκειμένου να διαμορφωθούν πολιτικές για το SCC και την κλιματική αλλαγή σημαντικό ρόλο παίζουν η αβεβαιότητα, οι ανισότητες μεταξύ των χωρών και η ευθύνη των κρατών στην προστασία των

μελλοντικών γενεών. Στην προκειμένη περίπτωση, κρίσιμο ρόλο παίζει και το προεξοφλητικό επιτόκιο καθώς δείχνει την πόσο αξίζουν οι μελλοντικές ζημιές σήμερα. Αρχικά, το εκτιμώμενο κοινωνικό κόστος για το 2015, περιλαμβάνοντας την αβεβαιότητα, την αποστροφή στον κίνδυνο και την στάθμιση της ισότητας ανέρχεται στα 44\$ ανά τόνο άνθρακα ή 12\$ ανά τόνο CO₂. Ακόμη, η στάθμιση της ισότητας μπορεί να αποφέρει μείωση στο SCC και η αβεβαιότητα αυξάνει με την σειρά της το κόστος κατά 8%. Το 2014, ο Nordhaus προβαίνει σε μία νέα ανάλυση όσο αφορά το κόστος του άνθρακα. Η μελέτη αυτού του χρόνου υπολογίζει το SCC χρησιμοποιώντας το δυναμικό μακροοικονομικό μοντέλο DICE στην σύγχρονη εκδοχή του, DICE-2013R. Εκτιμάται ότι το 2015 το SCC θα είναι 18,6\$ ανά τόνο CO₂ και το πραγματικό SCC θα αυξάνεται 3% κάθε χρόνο μέχρι το 2050. Μέχρι και αυτή την έρευνα, συνεχίζει να παραμένει το πρόβλημα του επιτοκίου ταυτόχρονα με τις πιθανές καταστροφές που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή και τις επιδράσεις των στρεβλωτικών φόρων.

2.3.2: ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΡΥΠΩΝ

Τα Συστήματα Εμπορίας Ρύπων (Emission Trading System-ETS) αποτελούν ένα ακόμα σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, τόσο σε διεθνές όσο και εθνικό επίπεδο. Σκοπός τους είναι να καταφέρουν να περιορίσουν την τις εκπομπές των αερίων στις εγκαταστάσεις με το χαμηλότερο κόστος. Χρησιμοποιείται από πολλές χώρες, όπως για παράδειγμα ο Καναδάς, η Νέα Ζηλανδία αλλά και από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Προκειμένου να αξιολογηθούν τα ETS, λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα, η λειτουργία των αγορών, η οικονομική απόδοση, η διαχείριση των εσόδων και η ενεργός συμμετοχή των εμπλεκόμενων κρατών. Ταυτόχρονα, για να γίνουν πιο αποτελεσματικά και επιτυχημένα τα συστήματα, οι χώρες μπορούν να αξιοποιήσουν τα συστήματα άλλων χωρών, όπως άλλωστε συμβαίνει με την Καλιφόρνια και την Νότια Κορέα που αξιοποιούν τα ευρωπαϊκά συστήματα ETS, όντας το μεγαλύτερο και πιο ανεπτυγμένο σύστημα.

Παρατηρούνται δύο βασικοί τύποι πολιτικών αδειών, τα συστήματα πίστωσης (credit systems) και τα συστήματα ανώτατου ορίου και εμπορίας (cap and trade systems). Τα συστήματα πίστωσης εφαρμόζονται σε επιχειρήσεις οι οποίες προσπαθούν να

μειώσουν τις εκπομπές τους κάτω από τα υπάρχοντα όρια, μέσω πιστώσεων. Αφού πιστοποιηθούν οι πιστώσεις, μπορούν να πωληθούν σε άλλες επιχειρήσεις ή ακόμα να αποθηκευτούν από την ίδια την επιχείρηση για μελλοντική χρήση. Από την άλλη, ένα σύστημα cap and trade, ορίζει το συνολικό και το ανώτατο επιτρεπόμενο επίπεδο των εκπομπών (cap), κατανέμει άδειες εκπομπών (permits) οι οποίες επιτρέπουν συγκεκριμένη ποσότητα εκπομπών ανά άδεια και αυτές οι άδειες στην συνέχεια θα δοθούν είτε δωρεάν είτε με δημοπρασία.

Παράλληλα, παρατηρείται πως δημιουργούνται διπλά οφέλη στην μείωση των εκπομπών αλλά και στην δημιουργία των εσόδων από την στιγμή που τα ανώτατα όρια αυστηροποιούνται σταδιακά και τα έσοδα θα χρησιμοποιηθούν σε πράσινες επενδύσεις για να ενισχυθεί περισσότερο η διαδικασία απανθράκωσης/ μείωσης των εκπομπών. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ακόμα εμπόδια, καθώς η αλληλεπίδραση των συστημάτων και οι πολιτικές μείωσης των εκπομπών του CO₂ δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως, και η διαχείριση αυτών των πολιτικών για μεγιστοποίηση των οφελών με το μικρότερο δυνατό διοικητικό κόστος είναι ένα μεγάλο άλυτο ζήτημα.

Το σύστημα cap and trade ξεκινάει συνήθως από τη δωρεάν κατανομή των δικαιωμάτων και προχωράει σταδιακά στις δημοπρασίες. Το πρόβλημα όμως που παρατηρείται στην δωρεάν κατανομή λόγω του ότι βασίζεται σε παλαιότερες εκπομπές παρουσιάζει κάποιες αδυναμίες: επιβραδύνει την προσαρμογή καθώς δεν υπάρχει πίεση για μεγαλύτερα οφέλη, μπορεί να ευνοηθούν επιχειρήσεις οι οποίες έχουν υψηλές ποσοστώςεις περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον ανταγωνισμό και ενισχύει το ενοικιαζόμενο κέρδος.

Πολλές κυβερνήσεις υιοθετούν πλέον αγορές άνθρακα για να ελέγξουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η Κίνα προχωρά στην εθνική αγορά εκπομπών, που αναμένεται να λειτουργήσει μετά το 2020. Παρόλο που οι αγορές άνθρακα είναι το βασικό εργαλείο για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, τα μέχρι τώρα στοιχεία για την αποτελεσματικότητά τους είναι αμφιλεγόμενα. Ιδιαίτερα στην Ευρώπη, παρά τις αυξήσεις στις τιμές του άνθρακα, υπάρχει αμφιβολία για την αποτελεσματικότητα του συστήματος ETS.

Ωστόσο, οι χαμηλές τιμές δεν δείχνουν απαραίτητα αποτυχία, καθώς αυτές οφείλονται στην υπερπροσφορά δικαιωμάτων. Αρκεί κάποιες εταιρείες να θεωρούν τις αγορές

άνθρακα αξιόπιστο εργαλείο μελλοντικού ελέγχου, ώστε να μειώσουν την ένταση άνθρακα στην παραγωγή τους. Αυτό επιβεβαιώνεται από στατιστικές αναλύσεις που δείχνουν πως το ευρωπαϊκό σύστημα ETS μείωσε τις εκπομπές κατά περίπου 1,2 δισεκατομμύρια τόνους (3,8%) μεταξύ 2008 και 2016, πέρα από την επίδραση της οικονομικής κρίσης. Αν και υπάρχει πιθανότητα διαρροής ρύπων σε χώρες με πιο χαλαρή νομοθεσία, ο τομεακός έλεγχος δείχνει σημαντική μείωση σε βιομηχανίες που δεν μπορούν εύκολα να μεταφέρουν την παραγωγή τους, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3.3: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

Οι φόροι περιβάλλοντος και τα εμπορεύσιμα δικαιώματα εκπομπών θεωρούνται ισοδύναμα εργαλεία που έχουν ως στόχο την επίτευξη του μέγιστου επιπέδου εκπομπών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (αναφορά σε Baumol&Oates, 1988, Ξεπαπαδέας, 1997). Οι φόροι καθορίζουν την τιμή στην αγορά και με σωστούς υπολογισμούς θα υπάρξει εξίσωση του οριακού κόστους που θα οδηγήσει στην βέλτιστη ποσότητα ρύπανσης. Από την άλλη, οι άδειες εκπομπών καθορίζουν την βέλτιστη ποσότητα των εκπομπών, και η τιμή θα καθοριστεί από τους μηχανισμούς της αγοράς.

Όταν όμως επικρατεί αβεβαιότητα ως προς τα οφέλη και τα κόστη, η ισοδυναμία μεταξύ φόρων και δικαιωμάτων καταρρέει. Εάν και τα δύο εργαλεία πετύχουν το ίδιο επίπεδο εκπομπών υπό την αβεβαιότητα των οφελών, μεγάλης σημασίας είναι το επίπεδο που θα προκύψει από την αβεβαιότητα του κόστους. Στην προκειμένη περίπτωση, ένας φόρος ο οποίος σταθεροποιεί το οριακό κόστος οδηγεί σε αβέβαιο επίπεδο εκπομπών, ενώ ένα σύστημα εμπορίας εκπομπών που καθορίζει το επίπεδο των εκπομπών θα οδηγήσει σε αβέβαιη τιμή για τα δικαιώματα. Ο Weitzman (1974) υποστήριξε πως υπό την αβεβαιότητα κόστους, η απόδοση ενός φόρου σε σχέση με το ETS εξαρτάται από την κλίση των καμπυλών κόστους και οφέλους. Οι φόροι θεωρούνται πιο αποτελεσματικοί όταν η καμπύλη του οριακού οφέλους είναι σχετικά επίπεδη και του οριακού κόστους απότομη ενώ τα δικαιώματα είναι πιο αποδοτικά όταν η καμπύλη του οριακού κόστους είναι επίπεδη. Βέβαια, βιβλιογραφίες αναδεικνύουν και τον συνδυασμό αυτών των δύο εργαλείων και θα μπορούσε να έχει ακόμα καλύτερα

αποτελέσματα (αναφορά σε McKibbin&Wilcoxon, 1997 – Pizer, 1997). Ένα τέτοιο σύστημα θα βασιστεί σε ένα καθεστώς δικαιωμάτων με τα αποθέματα των δικαιωμάτων που υπάρχουν διαθέσιμα σε περίπτωση που η τιμή φτάσει σε συγκεκριμένα επίπεδα.

Τα συστήματα ωστόσο παρουσιάζουν ακόμα ένα βασικό μειονέκτημα λόγω των ατελειών που υπάρχουν στην εν λόγω αγορά. Το κόστος των συναλλαγών το οποίο έχει σχέση με την παρακολούθηση και την επαλήθευση των εκπομπών, παρατηρείται τόσο στο σύστημα φόρων όσο και στο σύστημα ETS. Οι Coria και Jaraite (2015), χρησιμοποιώντας δεδομένα από την Σουηδία η οποία εφάρμοσε φόρο άνθρακα για πρώτη φορά το 1991 και συμμετέχει στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας εκπομπών, παρατήρησαν πως τα κόστη συναλλαγών είναι υψηλότερα στην περίπτωση των ETS από ότι στην φορολόγηση άνθρακα.

Υπάρχουν όμως και πιο πρακτικά ζητήματα σε σχέση με το κόστος διαχείρισης. Πολιτικά, το σύστημα cap and trade είναι πιο αποδεκτό λόγω της ονομασίας του και της λειτουργίας του στην αγορά σε σχέση με τον φόρο. Ο φόρος άνθρακα αναφέρεται σε όλη την οικονομία, παρέχει τιμολόγηση και δημιουργεί έσοδα για το κράτος.

Συνοψίζοντας, προκύπτει η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ οικονομικών πολιτικών και της περιβαλλοντικής διάστασης της κλιματικής αλλαγής. Μέσα από τη μελέτη θεωρητικών και εμπειρικών προσεγγίσεων, διαπιστώθηκε η σημασία της ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών παραμέτρων στα μακροοικονομικά υποδείγματα (π.χ. Greiner&Semmler, 2008, Karp, 2005, Alexiadis, 2013). Ειδικότερα, φάνηκε πως η χρήση κατάλληλων εργαλείων πολιτικής, όπως οι δημόσιες αντιρρυπαντικές δαπάνες, η φορολόγηση των εκπομπών και η ενίσχυση της πράσινης τεχνολογίας, μπορεί να επηρεάσει τόσο την οικονομική ευημερία όσο και την περιβαλλοντική ποιότητα, υπό την προϋπόθεση κατάλληλης σχεδίασης και εφαρμογής.

Με βάση τα παραπάνω, το επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιάσει το θεωρητικό και μαθηματικό υπόδειγμα της εργασίας, το οποίο επιδιώκει να συνδέσει τα ευρήματα της βιβλιογραφίας με μια τυπική μακροοικονομική ανάλυση, με στόχο τη διερεύνηση των επιπτώσεων διαφόρων σεναρίων πολιτικής στη συνολική ευημερία, υπό την παρουσία περιβαλλοντικής υποβάθμισης και κυβερνητικής παρέμβασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ

Όπως έχει αναφερθεί, η κλιματική αλλαγή δεν είναι μόνο ένα θεωρητικό περιβαλλοντικό ζήτημα, αλλά έχει και οικονομική διάσταση όπου οι επιπτώσεις της επηρεάζουν την οικονομική δραστηριότητα. Στο πλαίσιο αυτό, η οικονομική θεωρία προσαρμόζει τα εργαλεία της με τέτοιο τρόπο ώστε να μετριάσει το φαινόμενο της μέσω υποδειγμάτων που αναλύουν την αποτυχία της αγοράς αλλά και τον ρόλο των κυβερνήσεων. Η μοντελοποίηση των υποδειγμάτων αυτών, βοηθάει στην κατανόηση των μηχανισμών που συνδέουν την οικονομική δραστηριότητα με τις κλιματικές συνέπειες.

Το υπόδειγμα που θα παρουσιαστεί παρακάτω, αποτελεί ένα στατικό μακροοικονομικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας το οποίο μελετάει της αλληλεξάρτηση της οικονομικής δραστηριότητας με το περιβάλλον. Υποθέτουμε μία οικονομία η οποία αποτελείται από το αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό, την αντιπροσωπευτική επιχείρηση και την κυβέρνηση. Το υπόδειγμα έχει ως στόχο την ανάλυση της λειτουργίας της οικονομίας σε συνθήκες ισορροπίας, λαμβάνοντας υπόψη την συμπεριφορά των ιδιωτικών φορέων, νοικοκυριά και επιχειρήσεις, και τον ρόλο του δημοσίου τομέα. Η κυβέρνηση παρεμβαίνει με την σειρά της μέσω φορολογίας και δημοσίων δαπανών, επηρεάζοντας τις αποφάσεις των υπολοίπων οικονομικών μονάδων όσο και την συνολική κατανομή των πόρων.

3.1: Το πρόβλημα του αντιπροσωπευτικού νοικοκυριού:

Το αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό αντλεί ευημερία από την ιδιωτική κατανάλωση, τον ελεύθερο χρόνο, την δημόσια κατανάλωση και τους φυσικούς πόρους. Η ευημερία περιγράφεται από την σχέση

$$\mu_1 \log C + \mu_2 \log(1 - l) + \mu_3 \log g^c + \mu_4 \log N \quad (1)$$

όπου το μ_1 δείχνει πόσο μετράει η ιδιωτική κατανάλωση στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού, το μ_2 ο ελεύθερος χρόνος, το μ_3 η δημόσια κατανάλωση και το μ_4 οι φυσικοί πόροι.

Ο εισοδηματικός περιορισμός που αντιμετωπίζει το νοικοκυριό είναι

$$(1 + \tau^c)C = (1 - \tau^y)(wl + d) + g^t \quad (2)$$

καθώς καταναλώνει και πληρώνει φόρους προς κατανάλωση, εργάζεται και αντλεί εισόδημα από την εργασία και φορολογείται για αυτό, ενώ ταυτόχρονα είναι ιδιοκτήτης της επιχείρησης επομένως λαμβάνει και τα μερίσματα που προκύπτουν από την λειτουργία της και δέχεται μεταβιβάστικές πληρωμές.

Το νοικοκυριό μεγιστοποιεί την ευημερία του, δηλαδή την σχέση (1) ούτως ώστε να ικανοποιείται ο εισοδηματικός περιορισμός. Σαν δεδομένα παίρνουμε τους φορολογικούς συντελεστές καθώς τους επιλέγει η κυβέρνηση, τον μισθό που καθορίζεται στην αγορά εργασίας, τα μερίσματα, την δημόσια κατανάλωση και τους φυσικούς πόρους.

Αφού εκφράσουμε τον εισοδηματικό περιορισμό ως προς την κατανάλωση,

$$C = \frac{(1-\tau^y)(wl+d)}{1+\tau^c} + \frac{g^t}{1+\tau^c} \quad (2a)$$

εν συνεχεία αντικαθιστούμε την έκφραση που προκύπτει στην συνάρτηση ευημερίας. Προκειμένου το νοικοκυριό να μεγιστοποιήσει την ευημερία του, επιλέγει την ποσότητα εργασίας που θα προσφέρει. Αλγεβρικά, αυτό προκύπτει από την παραγωγή της σχέσης (1) ως προς την εργασία λαμβάνοντας υπόψη την (2)'.

$$\mu_1 * w * (1 - l)(1 - \tau^y) = \mu_2 * c \quad (3)$$

Η σχέση (3) μαζί με την σχέση (2a) αποτελούν ένα σύστημα 2 εξισώσεων σε 2 άγνωστες μεταβλητές, την κατανάλωση και την εργασία, και συνοψίζουν την άριστη συμπεριφορά του νοικοκυριού δεδομένου της φορολογικής πολιτικής τ^c, τ^y , του μισθού, των μερισμάτων, της δημόσιας κατανάλωσης και των φυσικών πόρων.

3.2: Το πρόβλημα της αντιπροσωπευτικής επιχείρησης:

Το πρόβλημα της αντιπροσωπευτικής επιχείρησης συνοψίζεται στο πρόβλημα μεγιστοποίησης των κερδών της επιχείρησης που δίνονται από την σχέση $\pi = (1 - \tau^\pi)Y - wl^f$ (4)

όπου τ^π ο φόρος πάνω στον τζίρο της επιχείρησης. Η επιχείρηση παίρνει ως δεδομένο το τ^π και το μισθό αφού καθορίζεται στην αγορά εργασίας.

Ο περιορισμός που αντιμετωπίζει είναι η συνάρτηση παραγωγής

$$Y = Alf^a \quad (5)$$

για την οποία υποθέτουμε ότι η επιχείρηση παράγει προϊόν χρησιμοποιώντας μόνο εργασία και υπάρχουν φθίνουσες αποδόσεις στον συντελεστή εργασία όπου $0 < a < 1$. Το A είναι μία τεχνολογική σταθερά.

Αφού αντικαταστήσουμε την συνάρτηση του προϊόντος στην εξίσωση των κερδών

$$\pi = (1 - \tau^\pi)Alf^a - wl^f \quad (6)$$

και παραγωγίσουμε ως προς l , παίρνουμε την συνθήκη πρώτης τάξεως

$$w = a * (1 - \tau^\pi) * \frac{Y}{l^f} \quad (7)$$

Άρα, τα κέρδη της επιχείρησης με την αντικατάσταση του μισθού στην εξίσωση των κερδών

$$\pi = (1 - \alpha)(1 - \tau^\pi)Y \quad (8)$$

Φυσικοί Πόροι

Οι φυσικοί πόροι οι οποίοι παρέχουν ευημερία στο νοικοκυριό ακολουθούν έναν κανόνα κίνησης

$$N = \bar{N} - e + g^A$$

όπου $\bar{N}$ το συνολικό απόθεμα των φυσικών πόρων, e η μόλυνση του περιβάλλοντος που απομειώνει το απόθεμα των φυσικών πόρων και g^A οι πολιτικές απορρύπανσης που υιοθετεί η κυβέρνηση.

Ειδικότερα, για τους ρύπους υποθέτουμε ότι είναι υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας. Επομένως, προκύπτει

$$e = sY - \delta sY$$

όπου το s δείχνει το πόσο ρυπογόνα είναι η τεχνολογία παραγωγής, και δ το ποσοστό των ρύπων που η φύση απορροφάει.

Άρα τελικά προκύπτει

$$N = \bar{N} - sY + \delta sY + g^A \quad (9)$$

3.3: Το πρόβλημα της κυβέρνησης

Η κυβέρνηση παρέχει δημόσια κατανάλωση που αυξάνει την ευημερία του νοικοκυριού όπως πάρκα, νοσοκομεία και σχολεία και την ίδια στιγμή δαπανά σε αντιρρυπαντικές τεχνολογίες ενώ ταυτόχρονα κάνει και μεταβιβαστικές πληρωμές g^t . Αυτές τις δαπάνες τις χρηματοδοτεί φορολογώντας την καταναλωτική δαπάνη του νοικοκυριού, το εισόδημα από την εργασία, τα μερίσματα και τον τζίρο της επιχείρησης.

Άρα, ο εισοδηματικός περιορισμός της είναι

$$g^A + g^c + g^t = \tau^c c + \tau^Y (wl + d) + \tau^\pi Y \quad (10)$$

3.4: Ανταγωνιστική Ισορροπία

Προκειμένου να προσδιοριστεί η λειτουργία της οικονομίας στο υπόδειγμα, είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν οι συνθήκες ισορροπίας. Είναι αυτές που διασφαλίζουν ότι οι αποφάσεις των βασικών οικονομικών φορέων είναι συμβατές και ότι όλες οι αγορές εκκαθαρίζονται. Με άλλα λόγια, οι συνθήκες ισορροπίας εξασφαλίζουν ότι η

ζήτηση και η προσφορά των αγαθών, εργασίας και φυσικών πόρων ισορροπούν και ότι το σύστημα θα λειτουργήσει με συνέπεια και σταθερότητα.

Ως ανταγωνιστική ισορροπία ορίζεται η κατάσταση που όλοι οι παράγοντες της οικονομίας κάνουν το καλύτερο δυνατό που μπορούν δηλαδή το νοικοκυριό μεγιστοποιεί την ευημερία του, η επιχείρηση μεγιστοποιεί τα κέρδη του και όλοι οι περιορισμοί στην οικονομία ικανοποιούνται όπως ο εισοδηματικός περιορισμός, ο τεχνολογικός περιορισμός και ο περιορισμός της κυβέρνησης. Επίσης, όλες οι αγορές ισορροπούν.

Επομένως, συνδυάζοντας όλες τις παραπάνω εξισώσεις, η ανταγωνιστική ισορροπία περιγράφεται από 10 εξισώσεις σε 10 άγνωστες μεταβλητές: $c, l, w, e, N, Y, \pi, l^f, d$ και τον φορολογικό συντελεστή στο διαθέσιμο εισόδημα.

$$\mu_2 * C = (1 - \tau^y) * (1 - l) * w * \mu_1 \quad (11)$$

$$(1 + \tau^c)c = (1 - \tau^y)(wl + d) + g^t \quad (12)$$

$$w = a * (1 - \tau^\pi) * \frac{Y}{l^f} \quad (13)$$

$$\pi = (1 - \alpha)(1 - \tau^\pi)Y \quad (14)$$

$$Y = Alf^a \quad (15)$$

$$e = sY \quad (16)$$

$$N = \bar{N} - (1 - \delta)sY + g^A \quad (17)$$

$$g^A + g^c + g^t = \tau^c c + \tau^y(wl + d) + \tau^\pi Y \quad (18)$$

$$l = l^f \quad (19)$$

$$\pi = d \quad (20)$$

Αφού καταλήξουμε στο σύστημα των 10 εξισώσεων σε 10 άγνωστες μεταβλητές, όσο αφορά τις μεταβιβάσεις, θα υποθέσουμε ότι οι κατηγορίες των δημοσίων δαπανών είναι όλες εκφρασμένες ως ποσοστό του ΑΕΠ ως ακολούθως:

$$g^t = s^t * Y \quad (21)$$

$$g^c = s^c * Y \quad (22)$$

$$g^A = s^A * Y \quad (23)$$

όπου s^t το ποσοστό του ΑΕΠ που διατίθεται για μεταβιβαστικές πληρωμές, s^c το ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στη δημόσια κατανάλωση και s^A το ποσοστό της δημόσιας δαπάνης που κατευθύνεται σε αντιρρυπαντικές πολιτικές ως ποσοστό του ΑΕΠ. Στο βασικό σενάριο με το οποίο θα δουλέψουμε, θα υποθέσουμε πως ο φόρος στο εισόδημα, τ^y , θα είναι αυτός ο οποίος θα προσδιοριστεί ενδογενώς.

Εφόσον χρησιμοποιήσουμε τις σχέσεις (19) και (20) μέσα στις σχέσεις (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18) το σύστημα απαρτίζεται πλέον από 11 εξισώσεις σε 11 άγνωστες μεταβλητές $c, l, w, Y, N, e, \pi, g^t, g^c, g^A, \tau^y$.

3.5: Βασική Παραμετροποίηση

Για λόγους διευκόλυνσης, το σύνολο των ενδογενών μεταβλητών παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ενδογενείς Μεταβλητές

<u>Μεταβλητή</u>	<u>Περιγραφή</u>
c	Κατανάλωση
l	Εργασία
Y	Παραγόμενη Ποσότητα
w	Μισθός
N	Φυσικοί Πόροι
e	Συνολικοί Ρύποι
π	Κέρδη της Επιχείρησης
g^t	Μεταβιβαστικές Πληρωμές
g^c	Δημόσια Κατανάλωση
g^A	Αντιρρυπαντική Δημόσια Δαπάνη

τ^y	Φόρος Εισοδήματος
----------	-------------------

Οι παραπάνω ενδογενείς μεταβλητές με την χρήση των εξισώσεων (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18) θα εκφραστούν συναρτήσει των εξωγενών μεταβλητών οι οποίες και αυτές για λόγους διευκόλυνσης παρατίθενται στον Πίνακα 2 και των παραμέτρων που δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 2: Εξωγενείς Μεταβλητές

<u>Μεταβλητή</u>	<u>Περιγραφή</u>	<u>Τιμή</u>
τ^c	Φόρος Κατανάλωσης	0,2
τ^π	Φόρος στον τζίρο της επιχείρησης	0,2
s^A	Ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στις αντιρρυπαντικές πολιτικές	0,1
s^t	Ποσοστό του ΑΕΠ που διατίθεται για μεταβιβαστικές πληρωμές	0,2
s^c	Ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στη δημόσια δαπάνη	0,2
s	Ένταση Άνθρακα	0,4

Πίνακας 3: Παράμετροι

<u>Παράμετρος</u>	<u>Περιγραφή</u>	<u>Τιμή</u>
$\mu 1$	Ιδιωτική Κατανάλωση στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού	0,4
$\mu 2$	Ελεύθερος χρόνος στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού	0,5
$\mu 3$	Δημόσια κατανάλωση στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού	0,05
$\mu 4$	Φυσικοί πόροι στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού	0,05

α	Φθίνουσες αποδόσεις στον συντελεστή εργασία	0,75
δ	Ποσοστό των ρύπων που απορροφάει η φύση	0,05
A	Τεχνολογική Σταθερά	1

Λόγω τόσο της μη γραμμικής φύσης όσο και της διάστασης του υποδείγματος, η εύρεση αναλυτικά κλειστού τύπου λύσεων για τις ενδογενείς μεταβλητές δεν είναι δυνατή. Για τον λόγο αυτό, θα επιδιώξουμε αριθμητική επίλυση του παραπάνω συστήματος εξισώσεων υπό την έννοια ότι θα δώσουμε στις παραμέτρους του υποδείγματος και τις εξωγενείς μεταβλητές συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές. Για την αρίθμηση χρησιμοποιήθηκε το μαθηματικό πακέτο Matlab.

Ειδικότερα, ακολουθώντας τους Economides&Xerapadeas (2025) αλλά και την συγγενή βιβλιογραφία που μπορεί να βρει κανείς στο προαναφερθέν άρθρο, επιλέγονται οι παραπάνω τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και Πίνακα 3.

Πιο συγκεκριμένα, θέτουμε $\mu_1 = 0,4$ το οποίο εκφράζει το πόσο μετράει η ιδιωτική κατανάλωση στην συνολική ευημερία του νοικοκυριού, $\mu_2 = 0,5$ η συνεισφορά του ελεύθερου χρόνου στην συνολική ευημερία, $\mu_3 = 0,05$ η δημόσια κατανάλωση και $\mu_4 = 0,05$ που αντιπροσωπεύει τους φυσικούς πόρους στην συνολική ευημερία. Ακόμη, θέτουμε την τεχνολογική σταθερά $A = 1$, τον συντελεστή που εκφράζει το ποσοστό των ρύπων που απορροφάει η φύση $\delta = 0,05$, την ένταση του άνθρακα $s = 0,4$, το απόθεμα των φυσικών πόρων $\bar{N} = 0,5$ και τις φθίνουσες αποδόσεις στον συντελεστή εργασία $\alpha = 0,75$. Επίσης, δίνουμε τιμή στον φόρο κατανάλωσης $\tau^c = 0,2$, στον φόρο πάνω στον τζίρο της επιχείρησης $\tau^\pi = 0,2$, $s^t = 0,2$ στο ποσοστό του ΑΕΠ που διατίθεται για μεταβιβαστικές πληρωμές $s^t = 0,2$, $s^c = 0,2$ στο ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στη δημόσια κατανάλωση $s^c = 0,2$ και στις αντιρρυπαντικές πολιτικές ως ποσοστό του ΑΕΠ $s^A = 0,1$.

Το σημείο αναφοράς βασίζεται σε ένα σύνολο τιμών παραμέτρων που θεωρούνται ισορροπημένες, αντικατοπτρίζοντας μία οικονομία χωρίς περαιτέρω παρεμβάσεις ή μεταβολές στην περιβαλλοντική πολιτική. Σε αυτό το βασικό σενάριο, όλες οι μεταβλητές είναι ορθώς ορισμένες, διατηρώντας σταθερές τις οικονομικές σχέσεις και

τις ισορροπίες του υποδείγματος. Στην συνέχεια, θα παρουσιαστούν διάφορα υποθετικά σενάρια πολιτικής. Σε κάθε ένα από αυτά, μεταβάλλεται μία βασική παράμετρος του υποδείγματος σε σχέση με το βασικό σενάριο, με σκοπό να διερευνηθεί η επίδρασή της στην ευημερία του νοικοκυριού.

Αρχικά, εξετάζονται δύο εναλλακτικά σενάρια πολιτικής:

- **Σενάριο 1:** Αυξάνεται το ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στις αντιρρυθπαντικές πολιτικές από $s^A = 0,1$ σε $s^A = 0,11$ γεγονός που θα μειώσει τους συνολικούς ρύπους και θα έχει δημοσιονομικές επιπτώσεις.
- **Σενάριο 2:** Αυξάνεται η ένταση του άνθρακα από $s = 0,4$ σε $s = 0,41$ προσεγγίζοντας μία κατάσταση με τεχνολογία υψηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Στον παρακάτω Πίνακα 4 παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα των βασικών μεταβλητών του υποδείγματος για το βασικό σενάριο και τα δύο εναλλακτικά σενάρια.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα Σεναρίων Πολιτικής

<u>Μεταβλητή</u>	<u>Baseline Scenario</u>	<u>Σ1: $s^A = 0,11$</u>	<u>Σ2: $s = 0,41$</u>
Y	0,459173	0,458164	0,459173
c	0,321421	0,316133	0,321421
l	0,354244	0,353206	0,354244
N	0,371432	0,376296	0,367069
w	0,777724	0,778295	0,777724
g^c	0,0918346	0,0916328	0,0918346
g^t	0,0918346	0,0916328	0,0918346

g^A	0,0459173	0,050398	0,0459173
τ^Y	0,2	0,215	0,2
π	0,0918346	0,0916328	0,0918346
e	0,183669	0,183266	0,188261
W	9,15842	9,15313	9,15783
c^Y	0,7	0,69	0,7

Από το Σενάριο 1 παρατηρούμε πως για να χρηματοδοτήσουμε αυτό το 1% παραπάνω αντιρρυπαντικής δημόσιας δαπάνης, πρέπει ο φόρος στο εισόδημα να αυξηθεί από $\tau^Y = 0,2$ σε $\tau^Y = 0,215$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία μείωση του προϊόντος από $Y = 0,4591$ σε $Y = 0,4581$ γιατί από την στιγμή που το διαθέσιμο εισόδημα των ανθρώπων μειώνεται, αναγκάζονται να κάνουν μικρότερη κατανάλωση. Ακόμη, εργάζονται λιγότερο λόγω του στρεβλωτικού χαρακτήρα του φόρου καθώς ο φόρος όπως αναφέρθηκε είναι πάνω στο εισόδημα. Παρατηρείται επίσης βελτίωση στο φυσικό περιβάλλον από $N = 0,3714$ σε $N = 0,3762$, αφού το κράτος επενδύει περισσότερους πόρους σε τεχνολογίες και πολιτικές που θα μειώσουν τις εκπομπές ρύπων και θα αποκαταστήσουν τη βλάβη στο περιβάλλον.

Ωστόσο, η ευημερία φαίνεται να μειώνεται από $W = 9,158$ σε $W = 9,153$ καθώς το νοικοκυριό αντλεί ευημερία από την κατανάλωση c η οποία είναι μειωμένη, από τον ελεύθερο χρόνο $1 - l$ που έχει αυξηθεί, από την αύξηση του φυσικού περιβάλλοντος N και από την μείωση της δημόσιας κατανάλωσης g^c αφού είναι κομμάτι του προϊόντος το οποίο έχει μειωθεί. Άρα, οι αντικρουόμενες επιδράσεις που προκύπτουν έχουν ως τελικό αποτέλεσμα την μείωση της ευημερίας.

Οι αντιρρυπαντικές πολιτικές παρά το γεγονός ότι είναι απαραίτητες για την διάσωση του κλίματος, εν τούτοις δεν είναι αποδεκτές από όλους διότι απαιτούν χρηματοδότηση που πιθανόν να σημαίνει αύξηση της φορολογίας η οποία πλήττει την καταναλωτική δυνατότητα και την το κίνητρο για εργασία.

Το Σενάριο 2 περιγράφει την περίπτωση κατά την οποία οι επιχειρήσεις υιοθετούν τεχνολογίες παραγωγής με υψηλότερη ένταση άνθρακα, δηλαδή τεχνολογίες που

εκπέμπουν περισσότερους ρύπους ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος. Αυτό παρουσιάζεται από μία αύξηση του s από 0,4 σε 0,41.

Παρατηρούμε πως η κατανάλωση, το παραγόμενο προϊόν, η εργασία, ο μισθός, τα κέρδη, ο φόρος στο εισόδημα και οι δημόσιες δαπάνες παραμένουν αμετάβλητα. Ωστόσο, αυτή η μεταβολή αντανakλά μείωση στην ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος από $N = 0,3714$ σε $N = 0,3670$ και αύξηση στις συνολικές εκπομπές ρύπων.

Η επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος που προκύπτει οδηγεί σε μείωση της συνολικής ευημερίας καθώς οι ποιότητα του περιβάλλοντος επηρεάζει άμεσα την χρησιμότητα του νοικοκυριού. Αυτό συμβαίνει καθώς το νοικοκυριό αντλεί ευημερία από την κατανάλωση, τον ελεύθερο χρόνο και την δημόσια κατανάλωση που παραμένουν αμετάβλητα και το φυσικό περιβάλλον που στο Σενάριο 2 μειώνεται.

Από το Σενάριο 1 και Σενάριο 2 προκύπτει πως η υιοθέτηση αντιρρυθπαντικών πολιτικών και η χρήση ρυπογόνων τεχνολογιών μειώνουν την ευημερία. Το πόσο όμως την μειώνουν εξαρτάται από την παράμετρο μ_4 η οποία δείχνει την επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος στην συνολική ευημερία. Επομένως, εάν αυξήσουμε τις αντιρρυθπαντικές πολιτικές σε μία προσπάθεια να βελτιώσουμε το κλίμα, αυτό συναντάει εμπόδια λόγω της αύξησης του φορολογικού συντελεστή και της μείωσης στο διαθέσιμο εισόδημα που στρεβλώνει τα κίνητρα προς εργασία.

Εν συνεχεία εξετάζουμε το **Σενάριο 3**, όπου κρατώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές, τροποποιούνται τα βάρη που αποδίδονται στην ευημερία. Συγκεκριμένα, το μ_1 το οποίο αποτυπώνει την βαρύτητα της ιδιωτικής κατανάλωσης στη συνολική ευημερία του νοικοκυριού, μειώνεται από 0,4 σε 0,35. Αντίστοιχα, το μ_4 , που αντανakλά τη σημασία των φυσικών πόρων στην κοινωνική ευημερία, αυξάνεται από 0,05 σε 0,1. Η μεταβολή αυτή υποδηλώνει μία κοινωνία που αποδίδει μεγαλύτερη αξία στην περιβαλλοντική ποιότητα και την διατήρηση των φυσικών πόρων, υιοθετώντας μια περισσότερο πράσινη προτίμηση στην διαμόρφωση της κοινωνικής ευημερίας. Στον παρακάτω Πίνακα 5, παρουσιάζονται οι τιμές των ενδογενών μεταβλητών για το βασικό σενάριο και το Σενάριο 3.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα Σεναρίου Πολιτικής

<u>Μεταβλητή</u>	<u>Baseline Scenario</u>	<u>Σ3: $\mu 1 = 0,35$ $\mu 4 = 0,1$</u>
Y	0,459173	0,429769
c	0,321421	0,300838
l	0,354244	0,324324
N	0,371432	0,379665
w	0,777724	0,795072
g^c	0,0918346	0,0859537
g^t	0,0918346	0,0859537
g^a	0,0459173	0,0429769
t^y	0,2	0,2
π	0,0918346	0,0859537
e	0,183669	0,171907
W	9,15842	9,16402
c^y	0,7	0,7

Στο Σενάριο 3, οι πολίτες ενδιαφέρονται περισσότερο για το φυσικό περιβάλλον, το οποίο φαίνεται από την αύξηση της παραμέτρου $\mu 4$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η ιδιωτική κατανάλωση. Ακόμη, παρατηρείται μείωση των μεταβιβαστικών πληρωμών, της δημόσιας κατανάλωσης και της αντιρρυπαντικής δημόσιας δαπάνης εξαιτίας της μείωσης του προϊόντος ως ποσοστό του ΑΕΠ. Η ενίσχυση επομένως του περιβαλλοντικού συντελεστή οδηγεί σε αύξηση της συνολικής ευημερίας καθώς το νοικοκυριό αντλεί ευημερία από την κατανάλωση η οποία στο συγκεκριμένο σενάριο μειώνεται, από την αύξηση του ελεύθερου χρόνου που προέρχεται από την μείωση της εργασίας, από την μείωση της δημόσιας κατανάλωσης ως ποσοστό του ΑΕΠ και από την θετική συνεισφορά των φυσικών πόρων.

Άρα, αν οι πολίτες αρχίζουν και ενδιαφέρονται για το φυσικό περιβάλλον, είναι προφανείς η μείωση του προϊόντος, η μείωση της ιδιωτικής κατανάλωσης, η μείωση

της εργασίας, η αύξηση των φυσικών πόρων και η αύξηση του μισθού, καθώς η προσφερόμενη εργασία, δηλαδή η προσφορά εργασίας μειώνεται. Επομένως, δημιουργείται μεγαλύτερη ζήτηση αλλά μικρότερη προσφορά καθώς μειώνεται το κίνητρο για εκτεταμένη παραγωγή και καταναλωτική δραστηριότητα. Τέλος, η μείωση της καταναλωτικής δραστηριότητας και η αύξηση της ευημερίας εξαρτάται από το ότι η οικονομία προσαρμόζεται περισσότερο σε ένα βιώσιμο περιβάλλον παρά τις αντικρουόμενες επιδράσεις που προκύπτουν.

Αφού εξετάσαμε εναλλακτικά σενάρια μεταβολής στις προτιμήσεις των νοικοκυριών και στο επίπεδο της δημόσιας περιβαλλοντικής πολιτικής, προχωράμε στην ανάλυση δύο επιπλέον σεναρίων που εστιάζουν σε εξωτερικές παραμέτρους του υποδείγματος, και συγκεκριμένα στην ένταση άνθρακα και στη ρύθμιση των περιβαλλοντικών δαπανών. Οι μεταβολές που θα προκύψουν επιτρέπουν την απομόνωση των επιπτώσεών τους στη συνολική ευημερία και στις σχετικές ενδογενείς μεταβλητές.

Τα δύο σενάρια πολιτικής που εξετάζονται είναι τα εξής:

- **Σενάριο 4:** Ενίσχυση των αντιρρυθπαντικών πολιτικών σε περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένη κοινωνία. Στο παρόν σενάριο διατηρούνται οι κοινωνικές προτιμήσεις υπέρ του περιβάλλοντος, όπως αποτυπώνονται από τις τιμές των παραμέτρων $\mu_1 = 0,35$ και $\mu_4 = 0,1$ οι οποίες εκφράζουν τον μειωμένο ρόλο της ιδιωτικής κατανάλωσης και τον αυξημένο ρόλο των φυσικών πόρων στη συνολική ευημερία. Επιπλέον, αυξάνεται ελαφρώς το ποσοστό του ΑΕΠ που κατευθύνεται στις αντιρρυθπαντικές πολιτικές ($s^a = 0,11$), γεγονός που αντανakλά μια πιο ενεργή κρατική παρέμβαση για την περιβαλλοντική προστασία.
- **Σενάριο 5:** Αύξηση της έντασης του άνθρακα. Στο σενάριο αυτό, διατηρούνται οι προτιμήσεις της κοινωνίας ως προς την ιδιωτική κατανάλωση και το περιβάλλον σταθερές, με τις τιμές των παραμέτρων να παραμένουν στο $\mu_1 = 0,35$ και $\mu_4 = 0,1$. Ωστόσο, αυξάνεται η ένταση άνθρακα από $s = 0,4$ σε $s = 0,41$, γεγονός που υποδηλώνει την χρήση πιο ρυπογόνων τεχνολογιών στην παραγωγή. Η μεταβολή αυτή αναμένεται να έχει άμεσες περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις, τις οποίες θα παρουσιάσουμε στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα Σεναρίων Πολιτικής 5 και 6

$\mu 1 = 0,35 \mu 4 = 0,1$			
<u>Μεταβλητή</u>	<u>Baseline Scenario</u>	<u>Σ4: $s^a = 0,11$</u>	<u>Σ5: $s = 0,41$</u>
Y	0,459173	0,42878	0,429769
c	0,321421	0,295858	0,300838
l	0,354244	0,32333	0,324324
N	0,371432	0,384229	0,375582
w	0,777724	0,795682	0,795072
g^c	0,0918346	0,0857561	0,0859537
g^t	0,0918346	0,0857561	0,0859537
g^A	0,0459173	0,0471658	0,0429769
τ^y	0,2	0,215	0,2
π	0,0918346	0,0857561	0,0859537
e	0,183669	0,171512	0,176205
W	9,15842	9,15999	9,16294
c^y	0,7	0,69	0,7

Στο **Σενάριο 4** (βλ. Πίνακα 6), παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές σε βασικές οικονομικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές: το προϊόν Y , η κατανάλωση c και η εργασία l μειώνονται, ενώ ο πραγματικός μισθός w αυξάνεται λόγω της μειωμένης προσφοράς εργασίας. Ταυτόχρονα, οι δημόσιες δαπάνες g μειώνονται, ενώ ο φορολογικός συντελεστής εισοδήματος τ^y αυξάνεται.

Παρά τις αρνητικές εξελίξεις σε οικονομικούς όρους, η συνολική ευημερία W του αντιπροσωπευτικού νοικοκυριού αυξάνεται. Αυτό εξηγείται από την αλλαγή στη στάθμιση των συνιστωσών της χρησιμότητας: Η παράμετρος $\mu 1$, που μετρά την σημασία της ιδιωτικής κατανάλωσης στην ευημερία μειώνεται σε σχέση με το baseline. Αντίθετα, η παράμετρος $\mu 4$, που αντιπροσωπεύει την συμβολή των φυσικών πόρων στην ευημερία, αυξάνεται σημαντικά.

Αυτό σημαίνει ότι το νοικοκυριό αποδίδει μεγαλύτερη βαρύτητα στην περιβαλλοντική ποιότητα, γεγονός που αναδεικνύει την περιβαλλοντική αναβάθμιση ως κεντρικό παράγοντα για τη βελτίωση της ευημερίας. Η μείωση των συνολικών εκπομπών ρύπων και η βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος N ενισχύουν αυτή την τάση, αντισταθμίζοντας τις αρνητικές επιπτώσεις της μείωσης της κατανάλωσης και της εργασίας. Συνοψίζοντας, το σενάριο καταδεικνύει πως σε ένα περιβάλλον όπου το νοικοκυριό δίνει αυξημένη σημασία στην περιβαλλοντική διάσταση της ευημερίας, οι περιβαλλοντικές πολιτικές και βελτιώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε συνολική αύξηση της ευημερίας, παρά τη συρρίκνωση της οικονομικής δραστηριότητας.

Στο **Σενάριο 5** (βλ. Πίνακα 6), παρατηρούμε γενική μείωση σε βασικά μακροοικονομικά μεγέθη: το παραγόμενο προϊόν, η ιδιωτική κατανάλωση και η απασχόληση μειώνονται. Την ίδια στιγμή, ενισχύεται η ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ αυξάνεται και ο μισθός. Οι δημόσιες δαπάνες υποχωρούν, ενώ ο φορολογικός συντελεστής πάνω στο εισόδημα παραμένει αμετάβλητος. Τα κέρδη των επιχειρήσεων μειώνονται, όπως και οι συνολικές εκπομπές ρύπων. Ο λόγος κατανάλωσης προς το ΑΕΠ παραμένει σταθερός. Επομένως, η αρνητική επίδραση της αυξημένης έντασης άνθρακα αντισταθμίζεται από τη συρρίκνωση της οικονομικής δραστηριότητας.

Παρά την μείωση της οικονομικής δραστηριότητας, το αποτέλεσμα που ξεχωρίζει και θα ασχοληθούμε είναι η αύξηση της συνολικής ευημερίας. Αυτό εξηγείται από τη δομή της συνάρτησης χρησιμότητας του νοικοκυριού, η οποία δεν βασίζεται αποκλειστικά στην ιδιωτική κατανάλωση, αλλά λαμβάνει υπόψη την ποιότητα του περιβάλλοντος μέσω της μεταβλητής των φυσικών πόρων που στο Σενάριο 5 αυξάνεται, του ελεύθερου χρόνου που αυξάνεται λόγω μείωσης της εργασίας και της δημόσιας κατανάλωσης που μειώθηκε ως ποσοστό του ΑΕΠ. Συνεπώς, καθώς το φυσικό περιβάλλον βελτιώνεται, και η σημασία που του αποδίδει το νοικοκυριό μέσω του βάρους του μ_4 στη συνάρτηση ευημερίας είναι υψηλή, προκύπτει τελικά καθαρό θετικό αποτέλεσμα στην ευημερία.

Το συγκεκριμένο εύρημα ενισχύει τη θέση ότι η ευημερία δεν επηρεάζεται απόλυτα από την οικονομική μεγέθυνση, αλλά μπορεί να επηρεάζεται θετικά από την ποιοτική

βελτίωση του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε μοντέλα όπου η κοινωνία αποδίδει μεγαλύτερη σημασία στην περιβαλλοντική διάσταση της ζωής.

Συνοψίζοντας, η ανάλυση των σεναρίων πολιτικής στο πλαίσιο του υποδείγματος ανέδειξε με σαφήνεια τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ οικονομικών και περιβαλλοντικών μεταβλητών, καθώς και τις συνέπειες διαφορετικών στρατηγικών επιλογών στη συνολική ευημερία. Οι μεταβολές στις παραμέτρους, όπως η ένταση άνθρακα, η δημοσιονομική κατανομή των δαπανών και οι προτιμήσεις του νοικοκυριού, αναδεικνύουν τη δυναμική φύση του προβλήματος και τη σημασία της ισορροπίας μεταξύ ανάπτυξης και βιωσιμότητας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, θέτουν τη βάση για μια ουσιαστική συζήτηση γύρω από την αποτελεσματικότητα των εργαλείων περιβαλλοντικής πολιτικής, καθώς και για τη διαμόρφωση κατάλληλων προσαρμοστικών μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των έξι σεναρίων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και η χρήση ενός στατικού υποδείγματος γενικής ισορροπίας, ανέδειξε κρίσιμες πτυχές της σχέσης μεταξύ οικονομικής δραστηριότητας, περιβαλλοντικής πολιτικής και ευημερίας. Παρά τις διαφοροποιήσεις στις επιμέρους παραμέτρους, όπως η ένταση του άνθρακα, οι κρατικές δαπάνες για αντιρρυσπαντικές πολιτικές και οι κοινωνικές προτιμήσεις, αναδεικνύονται κοινά και επαναλαμβανόμενα μοτίβα, με ιδιαίτερη σημασία για την χάραξη οικονομικής πολιτικής σε συνθήκες κλιματικής κρίσης.

Η ανάλυση των σεναρίων αναδεικνύει ότι η αύξηση της δημόσιας δαπάνης για αντιρρυσπαντικές πολιτικές, όπως περιγράφεται στο Σενάριο 1, οδηγεί σε μείωση των εκπομπών ρύπων και βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε συνδυασμό με την μείωση της κατανάλωσης, της εργασίας και του προϊόντος, μία ήπια μείωση της συνολικής ευημερίας. Επίσης, καταδεικνύει την ύπαρξη εμποδίων που συνδέονται με το κόστος παραγωγής των οικονομιών στην κλιματική πρόκληση. Αντίθετα, η αύξηση της έντασης του άνθρακα (Σενάριο 2), συνδέεται με αυξημένες εκπομπές και υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, χωρίς

να τροποποιούνται σημαντικά άλλες μακροοικονομικές μεταβλητές, οδηγώντας σε σαφή μείωση της συνολικής ευημερίας. Αυτό τονίζει τη σημασία της περιβαλλοντικής απόδοσης των τεχνολογιών και τις αρνητικές συνέπειες της περιβαλλοντικά επιβλαβούς παραγωγικής διαδικασίας.

Στα Σενάρια 3 και 4 εξετάστηκαν μεταβολές στις κοινωνικές προτιμήσεις. Όταν αυξάνεται το βάρος του φυσικού περιβάλλοντος στην ευημερία του νοικοκυριού μέσω της παραμέτρου μ_4 , ενώ παράλληλα μειώνεται η σημασία της ιδιωτικής κατανάλωσης (παράμετρος μ_1), παρατηρείται ενίσχυση της συνολικής ευημερίας, ακόμα και υπό συνθήκες μείωσης του προϊόντος και της απασχόλησης. Ιδιαίτερα στο Σενάριο 4, η αύξηση της ευημερίας συνυπάρχει με την υποχώρηση βασικών μεγεθών, όπως η κατανάλωση, τα κέρδη και το εισόδημα, τονίζοντας ότι η ευημερία δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την οικονομική μεγέθυνση αλλά και από τη μη υλική διάσταση της ποιότητας ζωής, όπως η περιβαλλοντική ακεραιότητα.

Το Σενάριο 5 έρχεται και επιβεβαιώνει αυτή την τάση, καθώς παρά το ότι αυξήθηκε η ένταση του άνθρακα, που αναμένεται να επιβαρύνει το περιβάλλον, η υψηλότερη περιβαλλοντική ευαισθησία της κοινωνίας, μέσω των παραμέτρων μ_1 και μ_4 , επέφερε πάλι αύξηση στην ευημερία. Η αντίφαση αυτή μπορεί να ερμηνευτεί από το ότι η ευημερία έχει πλέον ισχυρότερη σύνδεση με το επίπεδο του φυσικού περιβάλλοντος και μικρότερη εξάρτηση από την καταναλωτική ισχύ, γεγονός που σηματοδοτεί μία μετατόπιση από το νεοκλασικό υπόδειγμα μεγιστοποίησης της κατανάλωσης, σε ένα πιο βιώσιμο και πράσινο υπόδειγμα ανάπτυξης.

Τα αποτελέσματα του υποδείγματος που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3 εναρμονίζονται σε σημαντικό βαθμό και με την υφιστάμενη βιβλιογραφία. Όπως υποστηρίζεται στο μακροοικονομικό μοντέλο DICE του Nordhaus (1992,2008) και στην επέκτασή του, γνωστό ως το μοντέλο RICE, η συνολική ευημερία εξαρτάται όχι μόνο από την κατανάλωση ή το εισόδημα, αλλά και από την μακροπρόθεσμη κατάσταση του περιβάλλοντος. Η συγκεκριμένη ανάλυση επιβεβαιώνει πως όταν αυξάνεται η περιβαλλοντική ποιότητα στη συνάρτηση χρησιμότητας του νοικοκυριού, πολιτικές που περιορίζουν την οικονομική δραστηριότητα, όπως η αύξηση της φορολογίας ή η ανακατανομή δαπανών προς το περιβάλλον, ενδέχεται να αυξήσουν την συνολική ευημερία, ιδιαίτερα σε κοινωνίες με περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένες προτιμήσεις. Η διαπίστωση αυτή συνάδει με τα ευρήματα των Sterner and Persson (2008), οι οποίοι

επισημαίνουν ότι σε υποδείγματα όπου το περιβάλλον σταθμίζεται επαρκώς στη συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας, προκύπτει ισχυρότερη ανάγκη για παρεμβατική πολιτική δράση. Τέλος, το υπόδειγμα δείχνει πως η αντιρρυπαντική δημόσια δαπάνη μπορεί να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά η αποτελεσματικότητά της ως προς την ευημερία εξαρτάται από τον τρόπο χρηματοδότησής της και από την βαρύτητα που δίνει η κοινωνία στο φυσικό περιβάλλον.

Ακόμη, η ανάλυση των σεναρίων πολιτικής που παρουσιάστηκαν επιβεβαιώνει τη σημασία των εργαλείων οικονομικής διαχείρισης της κλιματικής αλλαγής, όπως ο φόρος άνθρακα και τα συστήματα εμπορίας ρύπων, για την επίτευξη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και οικονομικής αποδοτικότητας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, ο φόρος άνθρακα αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο για την εσωτερίκευση του κόστους των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενθαρρύνοντας την υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών και μειώνοντας τις ρυπάνσεις (Woodward&Bishop, 1997). Παράλληλα, τα συστήματα εμπορίας ρύπων προσφέρουν ευελιξία στην αγορά και προωθούν την οικονομικά βέλτιστη κατανομή των πόρων για τη μείωση των εκπομπών, όπως αναδεικνύουν μελέτες που εστιάζουν στην αποτελεσματικότητα και τις δυναμικές επιπτώσεις των αγορών άνθρακα (Greiner&Semmler, 2008). Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των πολιτικών απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό ώστε να λαμβάνονται υπόψη κοινωνικές και πολιτικές παράμετροι που επηρεάζουν την αποδοχή και την αποτελεσματικότητά τους (Murota&Ito, 2015). Τέλος, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας υποστηρίζουν την ανάγκη για ένα συνδυασμό δημοσιονομικών μέτρων και στοχευμένων δημοσίων επενδύσεων σε αντιρρυπαντικές πολιτικές, με στόχο τη βελτίωση της συνολικής ευημερίας και την προώθηση μιας οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Συμπερασματικά, η εργασία αυτή επιχειρεί να συμβάλλει στον ευρύτερο επιστημονικό διάλογο γύρω από τις οικονομικές διαστάσεις της κλιματικής αλλαγής και την αναγκαιότητα υιοθέτησης στοχευμένων παρεμβάσεων. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο διαφορετικές πολιτικές επιλογές επηρεάζουν την οικονομία, το περιβάλλον και κυρίως την κοινωνική ευημερία, αποτελεί βασικό βήμα για τη χάραξη αποτελεσματικών και δίκαιων κλιματικών πολιτικών. Καθώς η κλιματική πρόκληση εξελίσσεται και η ανάγκη για προσαρμογή και μετριασμό γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική, ελπίζεται ότι αναλύσεις όπως αυτή θα λειτουργήσουν ως χρήσιμα εργαλεία

τόσο για την επιστημονική τεκμηρίωση όσο και για την ενίσχυση της δημόσιας συζήτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τράπεζα της Ελλάδος. (2022). Η οικονομία της κλιματικής αλλαγής [Έκθεση]. Αθήνα:

Τράπεζα της Ελλάδος

https://www.bankofgreece.gr/Publications/Book%20The%20Economics%20of%20Climate%20Change_WebVersion.pdf

Nordhaus, W.D. (2018). Climate change: The ultimate challenge for economics [Nobel Prize Lecture, December 8, 2018]. Yale University.

<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/nordhaus-lecture.pdf>

Nordhaus, W.D. (2014). Estimates of the social cost of carbon: Concepts and results from the DICE-2013R model and alternative approaches. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1/2), 273-312

<https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/676035>

Nordhaus, W.D. (2009). The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29-51.

<https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.23.2.29>

Nordhaus, W.D. (2011). Estimates of the social cost of carbon: Background and results from the RICE-2011 model (NBER Working Paper No. 17540). National Bureau of Economic Research.

https://www.nber.org/system/files/working_papers/w17540/w17540.pdf

Schneider, S.H. (1992). *Optimal Science*. Stanford University

https://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/OptimalScience1192.pdf

Economides, G., & Xepapadeas, A. (2025). Monetary policy stabilization in a new Keynesian model under climate change. *Review of Economic Dynamics*, 56, Article 101260.

<https://doi.org/10.1016/j.red.2024.101260>

Price, R., Thornton, S., & Nelson, S. (2007). The social cost of carbon and the shadow price of carbon: What they are, and how to use them in economic appraisal in the UK. Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).

https://mpra.ub.uni-muenchen.de/74976/1/MPRA_paper_74976.pdf

Harrison, K., & Sundstorm, L.M. (2018). Carbon pricing in practice: A review of existing emissions trading systems. *Climate Policy*, 18(7), 1-20.

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2018.1467827>

Stern, N. (2008). The economics of climate change. *American Economic Review*, 98(2), 1-37.

<https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/aer.98.2.1>

Sharma, D., & Singh, R. (2011). A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1461-1470.

Vivid Economics. (2013). The macroeconomics of climate change. In Bank of Greece (Ed.), *The economics of climate change* (pp.75-90). Bank of Greece.

https://www.bankofgreece.gr/Publications/Book%20The%20Economics%20of%20Climate%20Change_WebVersion.pdf

Murphy, R.P. (2009). Rolling the DICE: William Nordhaus's dubious case for a carbon tax. *The Independent Review*, 14(2), 197-217

https://www.independent.org/pdf/tir/tir_14_2_5_murphy.pdf

Nordhaus, W.D. & Boyer, G.J. (1999). Requiem for Kyoto: An economic analysis of the Kyoto Protocol. *The Energy Journal*, 20(Special Issue), 93-130.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol20-NoSI-6>

Nordhaus, W.D. (1994). *Alternative approaches to slowing global warming*. Yale University

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=62857a732f994ca8e7520c7a04534f05e7be2799>

Bayer, P., & Aklin, M. (2020). The European Union emissions trading system reduced CO₂ emissions despite low carbon prices. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(16), 8804-8812

<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1918128117>

Natural History Museum. (n.d.). What is climate change and why does it matter?

<https://www.nhm.ac.uk/discover/what-is-climate-change-why-does-it-matter.html>

NASA. (2024, October 1). What is climate change? NASA Science.

<https://science.nasa.gov/climate-change/what-is-climate-change/>