«ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ. ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ»

ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ
Α.Μ 0807001

Κατατέθηκε στο
Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Πάντειο Πανεπιστήμιο
Για την απόκτηση
Διδακτορικού Διπλώματος

Τριμελής Επιτροπή:
Αναπληρωτής Καθηγητής Κωνσταντίνος Μπίθας (Επιβλέπων)
Καθηγητής Κλαϊβ-Στέφανος Ρίτσαρντσον
Αναπληρωτής Καθηγητής Δημήτριος Χριστόπουλος

Πάντειο Πανεπιστήμιο
Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών
Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Αθήνα, 2011

Στην οικογένεια μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρετήριο Πινάκων ***- 5 -***

Ευρετήριο Σχημάτων ***- 5 -***

Ευρετήριο Διαγραμμάτων ***- 7 -***

Συντομογραφίες ***- 9 -***

Ευχαριστίες ***- 11 -***

Εισαγωγή ***- 13 -***

ΜΕΡΟΣ Α: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη. Θεωρία και Πολιτική. ***- 17 -***

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Το ζήτημα της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης ***- 19 -***

1.1 Γενικά **- 19 -**

1.2 Τα Επιστημονικά Παραδείγματα της Ασθενούς και Ισχυρής Βιωσιμότητας **- 20 -**

1.2.1 Το Επιστημονικό Παράδειγμα της Ασθενούς Βιωσιμότητας - 21 -

1.2.2 Το Επιστημονικό Παράδειγμα της Ισχυρής Βιωσιμότητας - 30 -

1.3 Προσεγγίσεις Βιώσιμης Ανάπτυξης **- 38 -**

1.3.1 Η Προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων - 38 -

1.3.2 Η Προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου - 41 -

1.3.3 Η Προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων - 46 -

1.3.4 Η Βαθιά Οικολογική Προσέγγιση - 51 -

1.4 Μετάβαση από Μονομερείς σε Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις: η Επιστήμη της Βιωσιμότητας **- 53 -**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης στα Υδάτινα Οικοσυστήματα. Από την Θεωρία στην Περιβαλλοντική Πολιτική. ***- 57 -***

2.1 Γενικά **- 57 -**

2.2 Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη: Σχολές Σκέψεις και Προσεγγίσεις **- 59 -**

2.3 Περιβαλλοντικές Πολιτικές για την Διαχείριση των Υδάτινων Οικοσυστημάτων ..... - 63 -

2.3.1 Η Πράξη Καθαρών Υδάτων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής ..... - 63 -

2.3.2 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα ..... - 67 -

2.4 Σύνδεση Θεωρίας με Περιβαλλοντική Πολιτική: Μια Διαλεκτική Προσέγγιση ..... - 70 -

2.5 Συμπεράσματα ..... - 78 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη στα Παράκτια Οικοσυστήματα. Αξιολόγηση από Ειδικούς Επιστήμονες ..... - 81 -

3.1 Γενικά ..... - 81 -

3.2 Προσδιορισμός του Αντικειμένου και του Σκοπού της Έρευνας ..... - 82 -

3.3 Επιλογή Πληθυσμού ..... - 83 -

3.4 Μέθοδος Συμπλήρωσης του Ερωτηματολογίου ..... - 84 -

3.5 Δημιουργία του ερωτηματολογίου ..... - 86 -

3.5.1 Πρώτο Μέρος Ερωτηματολογίου: Παρουσίαση των Προσεγγίσεων OBOA. ..... - 86 -

3.5.2 Δεύτερο Μέρος Ερωτηματολογίου: Ερωτήσεις ..... - 87 -

3.6 Πιλοτική Έρευνα και Υλοποίηση της Έρευνας ..... - 90 -

3.7 Ανάλυση Αποτελεσμάτων ..... - 91 -

3.7.1 Δημογραφική Ανάλυση του Δείγματος ..... - 91 -

3.7.2 Στατιστική Ανάλυση ..... - 94 -

3.7.3 Ειδικοί Δείκτες ..... - 115 -

3.8 Συμπεράσματα ..... - 117 -

ΜΕΡΟΣ Β: Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο Προσομοίωσης. Θεωρία και Εφαρμογή ..... - 121 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η Μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής ως πλαίσιο διερεύνησης της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης ..... - 123 -

4.1 Γενικά ..... - 123 -

4.2 Η μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής ..... - 126 -

4.2.1 Τύποι Αναδράσεων ..... - 126 -

4.2.2 Στάδια Διαμόρφωσης Δυναμικών Μοντέλων Προσομοίωσης ..... - 128 -

4.2.3 Βασικές Μορφές Δομής και Συμπεριφοράς Δυναμικών Συστημάτων ..... - 130 -

4.3 Εργαλεία Ανάπτυξης Προτύπων Δυναμικών Συστημάτων ..... - 135 -

4.4 Η μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής ως Πλαίσιο Διερεύνησης της Βιώσιμης Ανάπτυξης.....- 140 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη στα Παράκτια Οικοσυστήματα.....- 143 -

5.1 Γενικά- Περιγραφή της Προβληματικής Κατάστασης .....- 143 -

5.2 Περιοχή Μελέτης .....- 148 -

5.3 Διατύπωση του Προβλήματος και της Δυναμική υπόθεσης.....- 150 -

5.4 Αποτύπωση του Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου Προσομοίωσης .....- 154 -

5.4.1 Υποσύστημα Πληθυσμού.....- 155 -

5.4. 2 Υποσύστημα Αστικών Λυμάτων .....- 158 -

5.4.3 Βιο-οικολογικό Υποσύστημα.....- 165 -

5.4.4 Οικονομικό Υποσύστημα.....- 173 -

5.5 Έλεγχος Εγκυρότητας του Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου .....- 182 -

5.6 Συμπεριφορά Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου Προσομοίωσης - Σενάρια.....- 186 -

5.6.1 Σενάριο 1: Σενάριο Αναφοράς.....- 187 -

5.6.2 Σενάριο 2: Υπερχείλιση Λυμάτων .....- 193 -

5.6.3 Σενάριο 3: Μη Υιοθέτηση Περιβαλλοντικών Πολιτικών .....- 196 -

5.6.4 Σενάριο 4: Αύξηση του Πραγματικού Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ και του Πληθυσμού .....- 200 -

5.6.5 Σενάριο 5: Αύξηση του Πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και με σταθερό Πληθυσμό. .....- 214 -

5.7 Συμπεράσματα Σεναρίων .....- 221 -

Συμπεράσματα-Επίλογος.....- 233 -

Βιβλιογραφία.....- 237 -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....- 251 -

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1: Βασικές Υποθέσεις της Ασθενούς Βιωσιμότητας ..... - 22 -
Πίνακας 1.2: Βασικές υποθέσεις της Ισχυρής Βιωσιμότητας ..... - 33 -
Πίνακας 1.3: Η θεωρία των παιγνίων και ο κανόνας των ΑΚΟ ..... - 39 -
Πίνακας 1.4: Κριτήρια κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου –σημαντικότητα και βαθμός απειλής ..... - 44 -
Πίνακας 1.5: Πρότυπα χρήσης ενός ανανεώσιμου εξαντλήσιμου πόρου και το κριτήριο Pareto ..... - 50 -
Πίνακας 1.6: Βασικές Αρχές τις Βαθιάς Οικολογίας. ..... - 52 -
Πίνακας 3.1:Τα στάδια της έρευνας με ερωτηματολόγιο ..... - 81 -
Πίνακας 3.2: Κατανομή Συχνότητας ανά ειδικότητα ..... - 93 -
Πίνακας 3.3: Κατανομή Συχνότητας ανά χώρα προέλευσης ..... - 94 -
Πίνακας 3.4: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 1 ..... - 96 -
Πίνακας 3.5: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 2 ..... - 99 -
Πίνακας 3.6: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 3 ..... - 101 -
Πίνακας 3.7: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 4 ..... - 103 -
Πίνακας 3.8: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 5 ..... - 105 -
Πίνακας 3.9: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΜΦΧ προσέγγιση ..... - 107 -
Πίνακας 3.10: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΠΟΦΚ προσέγγιση ..... - 109 -
Πίνακας 3.11: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΚΒΟ προσέγγιση ..... - 111 -
Πίνακας 3.12: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την προσέγγιση ΚΦΚ ..... - 114 -
Πίνακας 3.13: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για τον «δείκτη αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων» ανά προσέγγιση ..... - 116 -
Πίνακας 5.1: Μεταβλητές υποσυστήματος πληθυσμού ..... - 157 -
Πίνακας 5.2: Μεταβλητές Αστικού υποσυστήματος ..... - 161 -
Πίνακας 5.3: Μεταβλητές του Βιο-οικολογικού Υποσυστήματος ..... - 170 -
Πίνακας 5.5 Οικολογική Κατάσταση-Κρίσιμα Βιολογικά Όρια σε κάθε σενάριο ..... - 225 -
Πίνακας 5.6: Βασικές Υποθέσεις Σεναρίων ..... - 228 -

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Δείκτης Γνήσιας Αποταμίευσης σε 10 χώρες. ..... - 28 -
Σχήμα 1.2 Ο δείκτης του Οικολογικού Αποτυπώματος της Ελλάδας ανά κάτοικο από το 1950-2005. Πηγή: Global Footprint Network ..... - 35 -
Σχήμα 1. 3: Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό, ανθρώπινο και οικονομικό υποσύστημα. Πηγή: Passet, 1979 ..... - 47 -
Σχήμα 1.4: Άριστο επίπεδο προστασίας με βάση την προσέγγιση ΚΒΟ. Πηγή: Bithas (2008) ..... - 49 -
Σχήμα 2.1: Η σχέση ανάμεσα στην οικολογική, χημική και φυσική ακεραιότητα. ..... - 64 -
Σχήμα 4.1: Παράδειγμα Θετικής Ανάδρασης ..... - 127 -

Σχήμα 4.2 Παράδειγμα Αρνητικής Ανάδρασης ..... *- 127 -*
Σχήμα 4.3: Εκθετική μεταβολή με θετικό ρυθμό ανάδρασης ..... *- 131 -*
Σχήμα 4.4: Παγκόσμια Πληθυσμιακή Αύξηση (1750-2008) ..... *- 132 -*
Σχήμα 4.5: Αρνητική Ανάδραση που τείνει σε ισορροπία ..... *- 132 -*
Σχήμα 4.6: Εκθετική Μεταβολή που τείνει σε όριο ..... *- 133 -*
Σχήμα 4.7: Ταλαντευόμενη μορφή ..... *- 134 -*
Σχήμα 4.8 Παράδειγμα συμβολισμού σε διάγραμμα επιρροής ..... *- 135 -*
Σχήμα 4.9: Παράδειγμα Διαγράμματος Επιρροής ..... *- 136 -*
Σχήμα 4.10: Βασικά Στοιχεία Συστήματος ..... *- 137 -*
Σχήμα 5.1. Πληθυσμιακές μεταβολές σε Αστικά Κέντρα της Μεσογείου. Προβλέψεις μέχρι το 2030. ..... *- 145 -*
Σχήμα 5.2 Πληθυσμιακές Μεταβολές στον παράκτιο χώρο της Ελλάδας. ..... *- 146 -*
Σχήμα 5.3 Περιοχή Μελέτης ..... *- 149 -*
Σχήμα 5.4: Τα υποσυστήματα που συνθέτουν το Βιο-οικονομικό μοντέλο ..... *- 154 -*
Σχήμα 5.5: Υποσύστημα Πληθυσμού ..... *- 156 -*
Σχήμα 5.6: Υποσύστημα Αστικών Λυμάτων ..... *- 161 -*
Σχήμα 5.7: Μήτρα Εκτίμησης της Οικολογικής Κατάστασης. High (υψηλή), Good (καλή), Moderate (Μέτρια), Low (χαμηλή), Bad (κακή). ..... *- 166 -*
Σχήμα 5.8: Μακροφύκη. ..... *- 166 -*
Σχήμα 5.9 : Εννοιολογικό Πλαίσιο προσδιορισμού βιολογικών μεταβλητών και των οικολογικών δεικτών στο Βιο-οικολογικό Υποσύστημα. ..... *- 167 -*
Σχήμα 5.10: Βιοοικολογικό Υποσύστημα ..... *- 170 -*
Σχήμα 5.11: Το Οικονομικό Υποσύστημα ..... *- 180 -*
Σχήμα 5.12: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 1 ..... *- 188 -*
Σχήμα 5.13: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 1 ..... *- 189 -*
Σχήμα 5.14: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 1 ..... *- 190 -*
Σχήμα 5.15: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 1 ..... *- 191 -*
Σχήμα 5.16: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 1 ..... *- 193 -*
Σχήμα 5.17: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 2 ..... *- 195 -*
Σχήμα 5.18: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 2 ..... *- 195 -*
Σχήμα 5.19: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογιών Στοιχείων_Σενάριο 2 ..... *- 196 -*
Σχήμα 5.20: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 2 ..... *- 196 -*
Σχήμα 5.20: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_3 ..... *- 198 -*
Σχήμα 5.21: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 3 ..... *- 198 -*
Σχήμα 5.22: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 3 ..... *- 199 -*
Σχήμα 5.23: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογιών Στοιχείων_Σενάριο 3 ..... *- 199 -*
Σχήμα 5.24: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 3 ..... *- 200 -*
Σχήμα 5.25: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_4Α ..... *- 202 -*
Σχήμα 5.26:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο_4Α ..... *- 202 -*

Σχήμα 5.27: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4A ..... *- 203 -*
Σχήμα 5.28: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4A ..... *- 203 -*
Σχήμα 5.29: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4A ..... *- 204 -*
Σχήμα 5.26: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_4B ..... *- 205 -*
Σχήμα 5.27:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο_4B ..... *- 206 -*
Σχήμα 5.28: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4B ..... *- 206 -*
Σχήμα 5.29: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4B ..... *- 207 -*
Σχήμα 5.30: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4B ..... *- 207 -*
Σχήμα 5.31:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο4C ..... *- 208 -*
Σχήμα 5.32: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4C ..... *- 209 -*
Σχήμα 5.33: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4C ..... *- 210 -*
Σχήμα 5.34: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4C ..... *- 210 -*
Σχήμα 5.35: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 4D ..... *- 211 -*
Σχήμα 5.36:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 4D ..... *- 212 -*
Σχήμα 5.37: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4D ..... *- 212 -*
Σχήμα 5.38: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4D ..... *- 213 -*
Σχήμα 5.39: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4D ..... *- 214 -*
Σχήμα 5.40: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 5A ..... *- 215 -*
Σχήμα 5.41:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 5A ..... *- 216 -*
Σχήμα 5.42: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 5A ..... *- 216 -*
Σχήμα 5.43: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 5A ..... *- 217 -*
Σχήμα 5.44: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5A ..... *- 217 -*
Σχήμα 5.45: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 5B ..... *- 218 -*
Σχήμα 5.46:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 5B ..... *- 219 -*
Σχήμα 5.47: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 5B ..... *- 219 -*
Σχήμα 5.48: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 5B ..... *- 220 -*
Σχήμα 5.49: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5B ..... *- 220 -*
Σχήμα 5.50: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5C ..... *- 221 -*

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1: Ποσοστό ειδικών ανά ειδίκευση ..... *- 92 -*
Διάγραμμα 3.2: Ποσοστό ανά χώρα Προέλευσης ..... *- 92 -*
Διάγραμμα 3.3: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 1 ..... *- 97 -*

Διάγραμμα 3.4: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 1 σε ποσοστά..... - 97 -
Διάγραμμα 3.5: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 2 ..... - 99 -
Διάγραμμα 3.6: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 2 σε ποσοστά..... - 100 -
Διάγραμμα 3.7: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 3 ..... - 101 -
Διάγραμμα 3.8: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 3 σε ποσοστά..... - 102 -
Διάγραμμα 3.9: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 4 ..... - 103 -
Διάγραμμα 3.10: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 4 σε ποσοστά..... - 104 -
Διάγραμμα 3.11: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 5 ..... - 105 -
Διάγραμμα 3.12: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 5 σε ποσοστά..... - 106 -
Διάγραμμα 3.13: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΜΦΧ προσέγγιση..... - 108 -
Διάγραμμα 3.14: Κατανομή συχνοτήτων για ΜΦΧ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά..... - 108 -
Διάγραμμα 3.15: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΠΟΦΚ προσέγγιση..... - 110 -
Διάγραμμα 3.16: Κατανομή συχνοτήτων για ΠΟΦΚ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά..... - 110 -
Διάγραμμα 3.17: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΚΒΟ προσέγγιση ..... - 112 -
Διάγραμμα 3.18: Κατανομή συχνοτήτων για ΚΒΟ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά ..... - 112 -
Διάγραμμα 3.19: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΚΦΚ προσέγγιση ..... - 114 -
Διάγραμμα 3.20: Κατανομή συχνοτήτων για ΚΦΚ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά..... - 115 -
Διάγραμμα 3.21: Αριθμητικός Μέσος ανά προσέγγιση για τον δείκτη αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων..... - 116 -
Διάγραμμα 5.1: Τιμές του δείκτη ΕΕΙ στον δυτικό άξονα δειγματοληψίας, από Ψυττάλεια προς Αίγινα..... - 152 -
Διάγραμμα 5.2: Τιμές του δείκτη ΕΕΙ στον ανατολικό άξονα δειγματοληψίας, από Ψυττάλεια προς Σούνιο..... - 153 -
Διάγραμμα 5.3: Ποσοστό Δικαιώματος Χρήσης Υπονόμων..... - 175 -
για τους Κοινούς Καταναλωτές ..... - 175 -
Διάγραμμα 5.4: Κατανάλωση νερού ανά κατηγορία κατανάλωσης. Πηγή Δεδομένων: ΕΥΔΑΠ ..... - 176 -
Διάγραμμα 5.5: Μέσο Κατά Κεφαλήν Ετήσιο Κόστος Αποχέτευσης_Σενάριο 1. ..... - 189 -

Συντομογραφίες

BOD: Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

EEI: Ecological Evaluation Index- Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης

ESG I: Ecological Status Group I

ESG II: Ecological Status Group II

SS: Αιωρούμενα Στερεά

ΑΒ: Ασθενής Βιωσιμότητα

ΑΚΟ: Ασφαλή Κατώτερα Όρια

ΒΔΜΠ: Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο Προσομοίωσης

ΕΛΚΕΘΕ: Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών

ΕΥΔΑΠ: Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης

ΙΧ: Ισχυρή Βιωσιμότητα

ΚΒΟ: Κρίσιμα Βιολογικά Όρια

ΚΕΛΨ: Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας

ΚΟΚ: Καλή Οικολογική Κατάσταση

ΚΦΚ: Κρίσιμο Φυσικό Κεφάλαιο

ΜΦΧ: Μη Φθίνουσα Χρησιμότητα

ΟΒΟΑ: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη

ΟΠΥ: Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα

ΠΚΥ: Πράξη Καθαρών Υδάτων

ΠΟΦΚ: Προστασία Ολόκληρου του Φυσικού Κεφαλαίου

Ευχαριστίες

Η διατριβή αυτή σχεδιάστηκε με άξονα την διεπιστημονική διερεύνηση του ζητήματος της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (OBOA) και επιχειρεί μέσα από μια βιο-οικονομική προσέγγιση να διερευνήσει το επιχειρησιακό περιεχόμενο της OBOA στα παράκτια οικοσυστήματα. Αφετηρία της παρούσας διατριβής ήταν να σχεδιαστεί ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης-σχεδιασμού το οποίο θα ενσωματώνει την γνώση των επιστημών της φύσης (οικολογίας, βιολογίας) και της οικονομικής επιστήμης με άξονα την OBOA.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με βοήθησαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής. Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο, κ. Κωνσταντίνο Μπίθα. Η άριστη καθοδήγηση του, οι πολύτιμές συμβουλές του και οι ατελείωτες συζητήσεις μας κατά την διάρκεια της διατριβής μου ήταν καταλύτης και πηγή έμπνευσης για την περάτωση της. Τον ευχαριστώ που με βοήθησε να πραγματοποιήσω ένα από τα όνειρα μου και να μπορέσω να επιδιώξω τα υπόλοιπα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα άλλα δύο μέλη τα τριμελούς επιτροπής, τον Καθηγητή Στέφανο Ρίτσαρντσον και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτρη Χριστόπουλο που μου παρείχαν την πολύτιμη βοήθεια τους όποτε την χρειάστηκα.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διευθυντή Ερευνών του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, κ. Παναγιώτη Παναγιωτίδη που μου αφιέρωσε τον πολύτιμο χρόνο του βοηθώντας με να κατανοήσω την δομή και την λειτουργία των παράκτιων οικοσυστημάτων. Χωρίς την βοήθεια του θα ήταν σχεδόν αδύνατη η δημιουργία του βιο-οικολογικού υποσυστήματος του βιοοικονομικού δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς επιτροπής για τα σχόλια τους.

Σημαντική ήταν η βοήθεια του Λέκτορα Καθηγητή Άγγελου Μιμή που βοήθησε στην δημιουργία ηλεκτρονικής βάσης για το ερωτηματολόγιο που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3. Τον ευχαριστώ που πάντα ήταν πρόθυμος να με βοηθήσει.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την κατανόηση τους και την υποστήριξη κατά την διάρκεια των διδακτορικών μου σπουδών. Τους ευχαριστώ για την υπομονή και την ανοχή τους.

Εισαγωγή

Η οικονομική επιστήμη εξετάζει την κατανομή των διαθέσιμων πόρων στην κοινωνία έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η κοινωνική ευημερία. Συνεπώς στην περίπτωση που κάτι πρέπει να «θυσιαστεί» προκειμένου να επιτευχθεί ένας κοινωνικός στόχος, οι οικονομικές επιλογές εμπλέκονται άμεσα. Η οικονομική επιστήμη επιχειρεί να προσδιορίσει εκείνη την κατανομή πλούτου που είναι αποτελεσματική κατά Pareto. Ο Pareto θεωρώντας ότι δεν μπορούμε να μετρήσουμε την χρησιμότητα των ατόμων πρότεινε ένα κριτήριο σύμφωνα με το οποίο μια κατανομή μπορεί να θεωρηθεί καλύτερη από μία άλλη. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό «*μία κατανομή είναι κατά Pareto άριστη μόνο όταν δεν υπάρχει καμία εφικτή κατανομή η οποία να μπορεί να βελτιώσει την θέση τουλάχιστον ενός άλλου ατόμου χωρίς να χειροτερεύσει την θέση ενός άλλου*». Ωστόσο μια κατανομή άριστη κατά Pareto δεν σημαίνει ότι διασφαλίζεται ταυτόχρονα η κοινωνικά δίκαιη και επιθυμητή διανομή του εισοδήματος καθώς και η βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων. Σε αυτό το πλαίσιο έχει προταθεί ότι το ζήτημα της βιωσιμότητας απαιτεί την ανάπτυξη κριτηρίων-συνθηκών που πέρα από την αποτελεσματική κατανομή των πόρων διασφαλίζουν και την βιώσιμη χρήση τους (Goodland και Ledec, 1987).

Η παρούσα διδακτορική διατριβή επιχειρεί να διερευνήσει το ζήτημα της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) διεπιστημονικά. Σε αυτό το πλαίσιο υιοθετείται μια βιοοικονομική προσέγγιση προκειμένου να διερευνηθεί η συνεισφορά των επιστημών της οικονομικής και της βιολογίας στον σχεδιασμό ενός επιχειρησιακού πλαισίου με άξονα την ΟΒΟΑ. Με τον όρο βιοοικονομική προσέγγιση, στην παρούσα διατριβή, εννοείται η σύνθεση και η συνέργεια των επιστημών της βιολογίας και της οικονομικής με στόχο τον προσδιορισμό των ορίων των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων ώστε να διασφαλίζονται οι συνθήκες αναπαραγωγής του βιολογικού συστήματος και ως εκ τούτου η βιωσιμότητα του. Η γένεση του όρου βιοοικονομική ανήκει στον Georgescu-Roegen ο οποίος σύνδεσε τον Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής (νόμο της Εντροπίας) με την παραγωγική διαδικασία. Σύμφωνα με τον Georgescu κάθε οικονομική δραστηριότητα του ανθρώπου οδηγεί σε αύξηση της εντροπίας καθώς η οικονομική διαδικασία μετασχηματίζει υλικά με χαμηλή εντροπία (πχ πρώτες ύλες) σε υλικά με υψηλή εντροπία. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει είναι ότι το θερμοδυναμικό κόστος οποιασδήποτε βιολογικής ή οικονομικής δραστηριότητας είναι σπουδαιότερο από το από την θερμοδυναμική του αξία (Georgescu-Roegen, 1971).

Όπως αναφέρει ο Passet «μόνο αν μιλήσουμε για βιολογία παραμένουμε οικονομολόγοι. Αν δεν συζητήσουμε για αυτήν καταλήγουμε να παριστάνουμε τους βιολόγους αφού αποφαινόμαστε-αυτό δεν μπορούμε να το αποφύγουμε- να αναφερόμαστε σε ζητήματα που δεν είναι της αρμοδιότητας μας» (Passet, 1987). Με αφετηρία αυτή την παραδοχή, η διερεύνηση της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα απαιτεί την ενσωμάτωση των επιστημών της θαλάσσιας βιολογίας και της οικονομικής σε ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης. Εξετάζοντας διάφορά στοιχεία, άρθρα και μελέτες που αφορούν τα υδάτινα οικοσυστήματα, κατέληξα στο συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός επιχειρησιακών συνθηκών ΟΒΟΑ δεν απαιτεί απλά την υιοθέτηση περιβαλλοντικών ή/και βιολογικών δεικτών και ορίων που αποτυπώνουν την οικολογική ποιότητα των υδάτων. Ο σχεδιασμός επιχειρησιακών συνθηκών ΟΒΟΑ απαιτεί την κατανόηση- τουλάχιστον με την υπάρχουσα γνώση- των διεργασιών που προέρχονται από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες και μεταβάλλουν την υγιή λειτουργία, δομή και σύνθεση των οικοσυστημάτων. Με την παρούσα διατριβή, σε πρώτο επίπεδο έγινε μια σοβαρή προσπάθεια να κατανοηθεί η λειτουργία των παράκτιων οικοσυστημάτων καθώς και οι παράγοντες που τα επηρεάζουν μέσα από μια διεπιστημονική θεώρηση όπου απαιτείται η συνέργεια των επιστημών της οικονομικής και της θαλάσσια βιολογίας-οικολογίας. Σε δεύτερο επίπεδο επιχειρήθηκε η ενσωμάτωση της θεωρίας και της γνώσης της θαλάσσια βιολογίας σε ένα ενιαίο πλαίσιο που λαμβάνουν χώρα οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Στόχος είναι η διερεύνηση του ζητήματος της ΟΒΟΑ.

Το ζήτημα της οικολογικά βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) έχει μελετηθεί ευρέως τις τελευταίες δεκαετίες και έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις που αφορούν τον επιχειρησιακό ορισμό της. Επιπλέον, η επιδίωξη της βιώσιμης ανάπτυξης αποτελεί, έστω και σε θεωρητικό επίπεδο, τον απώτερο στόχο διαφόρων περιβαλλοντικών πολιτικών. Η παρούσα διατριβή διερευνά το θεωρητικό υπόβαθρο διαφόρων προσεγγίσεων ΟΒΟΑ καθώς και τις βασικές αρχές που διέπουν δύο βασικές πολιτικές για τα ύδατα σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ). Στο επόμενο στάδιο, επιδιώκοντας την διεπιστημονική διερεύνηση της ΟΒΟΑ, ζητήθηκε η γνώμη των ειδικών προκειμένου να αξιολογηθούν οι διάφορες προσεγγίσεις ΟΒΟΑ. Τέλος, ένα βιοοικονομικό δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης προτείνεται για την δημιουργία ενός ενιαίου συστήματος αξιολόγησης – σχεδιασμού με άξονα την ΟΒΟΑ.

Συγκεκριμένα:

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής παρουσιάζει το ζήτημα της OBOA. Στόχος του πρώτου κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει τα δύο επιστημονικά παραδείγματα βιωσιμότητας- το παράδειγμα της ασθενούς και ισχυρής βιωσιμότητας- καθώς και τις κυριότερες προσεγγίσεις OBOA που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα. Το ερώτημα που επιχειρείται να απαντηθεί είναι εάν βρισκόμαστε σε μια περίοδο μετάβασης επιστημονικού παραδείγματος.

Στην συνέχεια, το δεύτερο κεφαλαίο εξετάζει δύο βασικές πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής ως προς συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων OBOA. Στόχος του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να εξετάσει κατά πόσο οι προσεγγίσεις OBOA είναι επιχειρησιακά εφαρμόσιμες και ελκυστικές σε επίπεδο άσκησης πολιτικής.

Με το τρίτο κεφάλαιο γίνεται αξιολόγηση τεσσάρων αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων της OBOA από ειδικούς επιστήμονες της θάλασσας με εξειδίκευση στα παράκτια οικοσυστήματα. Το κεφάλαιο παρουσιάζει το μεθοδολογικό πλαίσιο καθώς και τα αποτελέσματα της έρευνας.

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής για την δημιουργία ενός βιοοικονομικού δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης OBOA στα παράκτια οικοσυστήματα. Αναλυτικότερα, το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει την μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής καθώς και εφαρμογή της ως πλαισίου διερεύνησης της OBOA. Κατόπιν, το πέμπτο κεφάλαιο χρησιμοποιεί την μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής για την ανάπτυξη ενός βιοοικονομικού δυναμικού μοντέλου για το παράκτιο οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου. Το βιοοικονομικό δυναμικό μοντέλο που παρουσιάζεται περιγράφει τις βασικές σχέσεις αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης που αναπτύσσεται ανάμεσα στο κοινωνικοοικονομικό και βιο-οικολογικό σύστημα της Αθήνας. Το βιοοικονομικό δυναμικό μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε παράκτιο οικοσύστημα με κατάλληλη προσαρμογή στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία ήταν η καταλληλότερη για να προσεγγίσουμε το ζήτημα καθώς τα διαθέσιμα στοιχεία για τον Σαρωνικό κόλπο δεν ήταν αρκετά για τυπική οικονομετρική-στατιστική ανάλυση.

ΜΕΡΟΣ Α: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη. Θεωρία και Πολιτική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Το ζήτημα της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης

Only economists still put the cart before the horse by claiming that the growing turmoil of mankind can be eliminated if prices are right. The truth is that only if our values are right will prices also be so.

(Georgescu-Roegen 1976a: xix)

1.1 Γενικά

Ο όρος Βιώσιμη Ανάπτυξη πρωτοεμφανίστηκε επίσημα το 1980 στην πρώτη Παγκόσμια Στρατηγική για την Διατήρηση, σύμφωνα με την οποία η βιώσιμη ανάπτυξη βασίζεται στην διατήρηση των οικοσυστημάτων που υποστηρίζουν τη ζωή, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων (IUCN, 1980). Ωστόσο, η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης έγινε ευρέως γνωστή από την έκθεση που δημοσίευσε η επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (WCED, 1987) υπό την προεδρία της πρωθυπουργού της Νορβηγίας Gro Harlem Brundtland με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον» (Our Common Future) και έχει επικρατήσει να αναφέρεται ως έκθεση Brundtland. Η έκθεση Brundtland ορίζει ως βιώσιμη ανάπτυξη την «ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες των παρόντων γενεών χωρίς να υποσκάπτει την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (WCED, 1987). Να σημειωθεί ότι ο ορισμός αυτός δεν κάνει καμία ιδιαίτερη αναφορά στην περιβαλλοντική ποιότητα, την βιολογική ακεραιότητα, την υγεία των οικοσυστημάτων ή την βιοποικιλότητα (Callicott και Mumford, 1997). Από τότε μέχρι σήμερα ο όρος βιώσιμη ανάπτυξη χρησιμοποιείται ευρέως από διαφορετικούς ανθρώπους αποδίδοντας στον όρο διαφορετικές έννοιες και στόχους (Lele και Norgaard, 1996). Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται ο όρος Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη προκειμένου να περιγραφεί το εννοιολογικό περιεχόμενο της βιώσιμης ανάπτυξης.

Το ζήτημα της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (OBOA), όχι μόνο απασχολεί της σύγχρονες οικονομίες αλλά θέτει την αναγκαιότητα λήψης δραστικών μέτρων και πολιτικών για την επίτευξη της (Meadows et al., 2004). Η σπανιότητα ζωτικής σημασίας φυσικών πόρων με την παράλληλη περιβαλλοντική υποβάθμιση των

οικοσυστημάτων πιέζει για την μετάβαση σε νέα, περιβαλλοντικά βιώσιμα, κοινωνικοοικονομικά μοντέλα ανάπτυξης. Η υιοθέτηση νέων μοντέλων ΟΒΟΑ απαιτεί πρώτον την αναγνώριση της επίδρασης των ανθρωπογενών συστημάτων στα φυσικά οικοσυστήματα και δεύτερον την διερεύνηση των επιχειρησιακών συνθηκών επίτευξης της ΟΒΟΑ.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τα επιστημονικά παραδείγματα της ασθενούς και της ισχυρής βιωσιμότητας καθώς επίσης και διάφορες διακριτές επιστημονικές προσεγγίσεις που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα για την επίτευξη της ΟΒΟΑ ανεξάρτητα από το εάν ανήκουν σε κάποιο επιστημονικό παράδειγμα. Αντικειμενικός σκοπός του κεφαλαίου είναι να διερευνηθεί το κατάλληλο επιχειρησιακό πλαίσιο για την δημιουργία ενός ενοποιημένου δυναμικού μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης-σχεδιασμού που θα προσδιορίζει τις συνθήκες ΟΒΟΑ θέτοντας κρίσιμα κατώτερα όρια για την αποφυγή μη αντιστρεπτών καταστάσεων. Τέλος, το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί να διερευνήσει με βάση τις παρούσες συνθήκες εάν βρισκόμαστε σε μια μεταβατική φάση όπου ο επιστημονικός διάλογος επικεντρώνεται περισσότερο σε διεπιστημονικές-πολυεπιστημονικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ που τείνουν να υιοθετούν κοινές αρχές με το παράδειγμα της ισχυρής βιωσιμότητας.

1.2 Τα Επιστημονικά Παραδείγματα της Ασθενούς και Ισχυρής Βιωσιμότητας

Ο επιστημονικός διάλογος γύρω από την ερμηνεία και την πρακτική εφαρμογή της ΟΒΟΑ έχει οδηγήσει σε δύο αντικρουόμενα επιστημονικά παραδείγματα, το παράδειγμα της ασθενούς βιωσιμότητας (weak sustainability) και το παράδειγμα της ισχυρής βιωσιμότητας (strong sustainability), προερχόμενα από την Νεοκλασική σχολή και την σχολή των Οικολογικών Οικονομικών αντίστοιχα. Η βασική διαφορά των δύο παραδειγμάτων είναι ότι η ισχυρή βιωσιμότητα απορρίπτει την βασική υπόθεση της ασθενούς βιωσιμότητας σχετικά με την σχεδόν απεριόριστη δυνατότητα υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου με το ανθρωπογενές κεφάλαιο. Σε αντίθεση η ισχυρή βιωσιμότητα υποστηρίζει ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι μόνο συμπληρωματικό του φυσικού κεφαλαίου με άμεση συνέπεια το αίτημα της ΟΒΟΑ να συνδέεται με την προστασία του φυσικού κεφαλαίου (Daly, 1996). Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να

προσδιοριστεί μια αποδεκτή ισορροπία ανάμεσα στο φυσικό κεφάλαιο και την ανθρώπινη κοινωνία (Sveiby, 2009). Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα δύο επιστημονικά παραδείγματα της ασθενούς και ισχυρής βιωσιμότητας προκειμένου προσδιοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

1.2.1 Το Επιστημονικό Παράδειγμα της Ασθενούς Βιωσιμότητας

Θεωρητικό πλαίσιο και υποθέσεις

Το επιστημονικό παράδειγμα της Ασθενούς Βιωσιμότητας (ΑΒ) βασίζεται στην Νεοκλασική σχολή οικονομικής σκέψης και μπορεί να ερμηνευτεί ως μια προέκταση των Νεοκλασικών Οικονομικών της Ευημερίας (Neumayer, 2010). Η βασική υπόθεση της ΑΒ είναι ότι αυτό που έχει σημασία για τις μελλοντικές γενιές είναι μόνο το άθροισμα των κεφαλαίων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία και όχι η προστασία των επιμέρους κεφαλαίων χωριστά (Common and Perrings, 1992). Η ΑΒ βασίζεται στις ερευνητικές εργασίες των σπουδαίων οικονομολόγων Robert Solow and John Hartwick και για αυτόν τον λόγο πολλές φορές αναφέρεται ως Solow-Hartwick βιωσιμότητα (Solow, 1974 (a)˙ Solow, 1974 (b)˙ Solow, 1986˙ Solow, 1993˙Harwick, 1977˙ Harwick, 1978). Ο κανόνας βιωσιμότητας της ΑΒ απαιτεί την διατήρηση του αποθέματος του συνολικού κεφαλαίου μέσα στο χρόνο. Ο συγκεκριμένος κανόνας υπονοεί ότι οποιοδήποτε είδος κεφαλαίου μπορεί να μειωθεί εάν ένα άλλο είδος κεφαλαίου αυξηθεί για να αποζημιώσει για την εν λόγω απώλεια κεφαλαίου. Συνεπώς οποιαδήποτε απώλεια φυσικού κεφαλαίου δεν αποτελεί λόγο ανησυχίας όσο το συνολικό κεφάλαιο δεν μειώνεται.

Η ΑΒ υποθέτει ότι το φυσικό κεφάλαιο είτε είναι διαθέσιμο σε απεριόριστες ποσότητες είτε μπορεί να υποκατασταθεί με άλλες μορφές κεφαλαίου. Με βάση την συγκεκριμένη παραδοχή, το φυσικό κεφάλαιο μπορεί με ασφάλεια να μειωθεί όσο δημιουργείται αρκετό ανθρωπογενές κεφάλαιο για να καλύψει αυτή την μείωση. Δεδομένου ότι το φυσικό κεφάλαιο εκτός από εισροή στην παραγωγική διαδικασία προσφέρει και άμεση χρησιμότητα (direct utility), η ΑΒ θεωρεί ότι μπορεί να υποκατασταθεί από το ανθρωπογενές κεφάλαιο σε κάθε περίπτωση. Σε αυτό το πλαίσιο έχει προταθεί ότι το κοινωνικό κόστος που προκαλεί η εξάντληση των φυσικών πόρων μπορεί να

αντισταθμιστεί εάν αυξηθούν οι επενδύσεις σε ανθρωπογενές κεφάλαιο και αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες ώστε να διασφαλίζεται σταθερή ή αυξανόμενη ευημερία (Dasgupta και Heal, 1979). Στον πίνακα 1.1 περιγράφονται οι βασικές υποθέσεις που διέπουν το επιστημονικό παράδειγμα της ΑΒ.

Πίνακας 1.1: Βασικές Υποθέσεις της Ασθενούς Βιωσιμότητας

Υποθέσεις εργασίας

Στην ακραία της εκδοχή η ΑΒ βασίζεται στις ακόλουθες υποθέσεις εργασίας (Pezzey και Toman, 2002):

1. **Προσδιορισμός του εισοδήματος σύμφωνα με τον Hicks**: Το εισόδημα είναι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να ξοδευτεί στην κατανάλωση σε μια περίοδο χωρίς να μειώνονται οι ευκαιρίες πραγματικής κατανάλωσης στο μέλλον. Ο ορισμός του εισοδήματος κατά Hicks προϋποθέτει την μείωση των εξόδων της παρούσας γενιάς για να αποζημιωθούν οι μελλοντικές γενιές για την υποβάθμιση του βασικού κεφαλαίου (capital base) που αποτελεί την πηγή εισοδήματος των μελλοντικών γενιών.

2. **Χρήση εξαντλήσιμων φυσικών πόρων σύμφωνα με τον κανόνα του Harwick (1977):** εάν υποθέσουμε τέλεια υποκατάσταση ανάμεσα στο ανθρωπογενές και φυσικό κεφάλαιο, η χρήση ενός μη ανανεώσιμου πόρου μπορεί να υποστηρίξει ένα σταθερό επίπεδο κατανάλωσης για πάντα εάν τα έσοδα που προέρχονται από την χρήση φυσικών πόρων επενδύονται σε κεφάλαιο (net investment rule). Ο κανόνας του Harwick θέτει το ζήτημα της διαγενεακής δικαιοσύνης που διέπει την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης.

3. **Τέλεια υποκατάσταση ανάμεσα στις διάφορες μορφές κεφαλαίου:** η τέλεια υποκατάσταση ανάμεσα στις διάφορες μορφές κεφαλαίου που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία αποτελεί προϋπόθεση για να ισχύει ο κανόνας του Harwick. Η υπόθεση της τέλειας υποκατάστασης σημαίνει ότι η ελαστικότητα υποκατάστασης ανάμεσα στο φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι ίση η μεγαλύτερη της μονάδας. Μια τέτοια οπτική προϋποθέτει ότι η τεχνολογική πρόοδος θα μπορεί να ξεπεράσει στο μέλλον την σπανιότητα ή την εξάντληση των φυσικών πόρων.

Σε θεωρητικό επίπεδο έχουν προταθεί διάφοροι ορισμοί ΑΒ όπως:

- Βιώσιμη ανάπτυξη είναι εκείνο το μοντέλο ανάπτυξης που «η χρήση των πόρων από τις παρούσες γενιές δεν μειώνει το πραγματικό εισόδημα στις μελλοντικές γενιές» (Markandya και Pearce, 1988).
- Η βιώσιμη ανάπτυξη είναι η κατάσταση όπου «ο δείκτης ανάπτυξης αυξάνεται διαχρονικά» (Pearce, Barbier και Markandya, 1989). Σε αυτόν τον ορισμό είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι ο δείκτης ανάπτυξης εμπεριέχει σαν επιθυμητούς κοινωνικούς στόχους τα ακόλουθα στοιχεία:
    - αυξήσεις στο πραγματικό κατά κεφαλή εισόδημα
    - βελτίωση στο επίπεδο εκπαίδευσης και υγείας
    - πρόσβαση στους πόρους
    - δίκαιη διανομή εισοδήματος
    - αύξηση σε βασικές ελευθερίες.
- Βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως η διαδικασία ανάπτυξης όπου η ευημερία δεν υποβαθμίζεται από γενιά σε γενιά, δηλαδή η ευημερία είναι μη φθίνουσα. Ο ορισμός αυτός συχνά αναφέρεται ως το κριτήριο της μη φθίνουσας χρησιμότητας ανά πολίτη. Το κριτήριο της μη φθίνουσας κατά κεφαλήν χρησιμότητας αυταπόδεικτα είναι ένα κριτήριο που εξασφαλίζει την διαγενεακή ισότητα (Pezzey, 1989).

Ακολουθώντας την λογική της ΑΒ, η εξάντληση των φυσικών πόρων δεν αποτελεί λόγο ανησυχίας. Υποθέτοντας ότι ο φυσικός πόρος Α γίνεται σπάνιος, που σε οικονομικούς όρους σημαίνει ότι αυξάνεται η τιμή του, τότε ακολουθώντας την ΑΒ υπάρχουν τα ακόλουθα ενδεχόμενα (Neumayer, 2010):

- **Υποκατάσταση του φυσικού πόρου Α με άλλους πόρους.** Στην περίπτωση που η τιμή του πόρου Α αυξηθεί λόγο σπανιότητας τότε ένας πόρος Β μπορεί να τον υποκαταστήσει. Η εξάντληση οποιοδήποτε πόρου δεν έχει σημασία για την οικονομική διαδικασία εφόσον υπάρχει διαθέσιμος φυσικός πόρος Β που μπορεί να υποκαταστήσει το πόρο Α. Ο φυσικός πόρος Β θα πρέπει να είναι διαθέσιμος σε απεριόριστες ποσότητες και να έχει ιδιότητες backstop technology. Ένας φυσικός πόρος με backstop technology παρέχει υπηρεσίες με σταθερό οριακό κόστος και σε απεριόριστες ποσότητες (Dasgupta και Heal, 1974). Χαρακτηριστικό παράδειγμα backstop technology φυσικού πόρου είναι η ηλιακή ενέργεια

- **Ο ρόλος των τιμών στην αντιμετώπιση της σπανιότητας των φυσικών πόρων.** Η σπανιότητα των φυσικών πόρων αντανακλάται στις τιμές τους οι οποίες αυξάνουν όταν ένας φυσικός πόρος σπανίζει και το αντίστροφο. Σύμφωνα με τον κανόνα του Hotelling, κάτω από ορισμένες συνθήκες (πχ τέλεια ανταγωνιστική αγορά, δεδομένο επίπεδο πόρων), η εξαντλησιμότητα των φυσικών πόρων θα αντανακλάται μέσω της εξίσωσης του ρυθμού διαχρονικής ανατίμησης της τιμής τους με το μέσο ποσοστό απόδοσης του κεφαλαίου (Hotelling, 1931). Ο συγκεκριμένος κανόνας δεν επαληθεύεται με απόλυτη επιτυχία στις πραγματικές αγορές εξαιτίας της αβεβαιότητας. Ενδεικτική μορφή αβεβαιότητας αποτελεί η ανακάλυψη νέων πηγών εξόρυξης ενός πόρου που θα μειώσει την τιμή του.

- **Υποκατάσταση φυσικού κεφαλαίου με ανθρωπογενές κεφάλαιο.** Η υποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου με ανθρωπογενές κεφάλαιο αποτελεί την πιο θεμελιώδης υπόθεση της ΑΒ. Η συγκεκριμένη υπόθεση σε θεωρητικό επίπεδο αποδεικνύεται μέσα από την υιοθέτηση της συνάρτησης παραγωγής Cobb-Douglas. Συγκεκριμένα:

$$Q = K(t)^{\alpha} \cdot R(t)^{\beta} \quad \textbf{(1.1)}$$

Όπου:

Q είναι το προϊόν (εκροή)

K είναι το ανθρωπογενές κεφάλαιο

R είναι το φυσικό κεφάλαιο

α, β (παράμετροι) με ιδιότητα $\alpha + \beta = 1$ που σημαίνει σταθερές αποδόσεις κλίμακας

Από την εξίσωση 1 προκύπτει ότι όταν το R μηδενίζεται τότε και το συνολικό προϊόν μηδενίζεται. Ωστόσο υιοθετώντας την υπόθεση των σταθερών αποδόσεων κλίμακας και την επιπλέον υπόθεση ότι $\alpha>\beta$ τότε διαιρώντας την (1.1) με το R προκύπτει η εξίσωση (1.2):

$$Q/R = K^{\alpha}/R^{(1-\beta)} \quad \textbf{(1.2)}$$

παραγωγίζοντας την 1.1 μερικά ως προς το R προκύπτει η εξίσωση 1.3:

$\partial Q/\partial R$ **(1.3)**

Με την υπόθεση ότι η ελαστικότητα τεχνικής υποκατάστασης της συνάρτησης Cobb Douglas ισούται με την μονάδα ($\sigma=1$) ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

Εάν $R \to 0$ τότε $Q/_R \to \infty$ και $\partial Q/\partial R \to \infty$

Αποδεικνύεται ότι εάν α>β, δηλαδή εάν η ελαστικότητα του προϊόντος ως προς το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι μεγαλύτερη από την ελαστικότητα του προϊόντος ως προς το φυσικό κεφάλαιο, τότε το φυσικό κεφάλαιο δεν είναι αναγκαίο για την παραγωγή προϊόντος (Dasgupta και Heal, 1979). Ουσιαστικά προτείνεται ότι ακόμα και με την απουσία της τεχνολογικής προόδου η βιώσιμη ανάπτυξη είναι εφικτή καθώς η οικονομική εκροή μπορεί να διατηρηθεί σε ένα σταθερό επίπεδο ή ακόμα και να αυξηθεί μέσα από την δυνατότητα υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές κεφάλαιο.

- **Τεχνολογική πρόοδος.** Ο ρόλος της τεχνολογική προόδου στην ΑΒ έχει δύο μορφές. Η τεχνολογική πρόοδος από την μια πλευρά μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα ενός πόρου. Αυτό σημαίνει ότι με την ίδια ποσότητα φυσικού πόρου αυξάνεται το προϊόν (η εκροή). Από την άλλη πλευρά η τεχνολογική πρόοδος μπορεί να κάνει εφικτή την εξόρυξη πόρων που ήταν αδύνατη μέχρι πρότινος και συνεπώς να αυξάνει το απόθεμα του φυσικού κεφαλαίου που είναι διαθέσιμο στην κοινωνία.

Στην ουσία η ΑΒ έχει ως στόχο την οικονομική βιωσιμότητα η οποία δεν περικλείει μέσα της την έννοια της οικολογικής βιωσιμότητας. Σε μια λιγότερο ακραία εκδοχή της, η ΑΒ αναγνωρίζει τον περιορισμό που θέτουν οι νόμοι της θερμοδυναμικής στην οικονομική διαδικασία και στην αντιμετώπιση της σπανιότητας των φυσικών πόρων μέσα από την τεχνολογία (Perrings, 1991˙ Common και Perrings, 1992). Η «Σχολή του Λονδίνου» εισάγει ένα ανώτατο όριο στη φέρουσα ικανότητα αφομοίωσης της ρύπανσης καθώς και ένα κατώτατο όριο για τα αποθέματα φυσικών πόρων που θεωρούνται απαραίτητα για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Ειδικότερα στα πλαίσια της ΑΒ εισάγεται η έννοια του «Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου», προκειμένου να ληφθεί υπόψη η αδυναμία υποκατάστασης συγκεκριμένων μορφών φυσικού κεφαλαίου. Σε αυτό το πλαίσιο αναγνωρίζεται ότι για κάποια είδη φυσικού κεφαλαίου η δυνατότητα υποκατάστασης τους είναι περιορισμένη και η επιδίωξη της βιωσιμότητας απαιτεί την διατήρηση τους (Pearce και Turner, 1990). Η επιβολή περιορισμών στην χρήση του φυσικού κεφαλαίο επιβάλει περιορισμούς στα κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι οι περιορισμοί αυτοί έχουν ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα. Μία προσέγγιση που βασίζεται σε αυτή την λογική είναι οι προσεγγίσεις των ασφαλών κατώτερων ορίων και του Κρίσιμου Φυσικού

Κεφαλαίου που θα παρουσιαστούν αναλυτικά στα υποκεφάλαια 1.3.1 και 13.2 αντίστοιχα.

Δείκτες εκτίμησης της ΑΒ

Από τους παραπάνω ορισμούς είναι ξεκάθαρο ότι το ζήτημα της βιωσιμότητας σύμφωνα με το επιστημονικό παράδειγμα της ΑΒ έχει ως κύριο στοιχείο αναφοράς την ευημερία. Δεδομένου ότι η ευημερία αποτιμάται μέσα από τον Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, η ΑΒ θέτει ως δείκτη βιώσιμης ανάπτυξης το μη φθίνον κατά κεφαλή ΑΕΠ. Η περιβαλλοντική υποβάθμιση σύμφωνα με την ΑΒ δεν έχει ιδιαίτερη σημασία όταν δεν επηρεάζει την οικονομική διαδικασία και το ΑΕΠ της οικονομίας είναι μη φθίνον. Άρα η ΑΒ θεωρεί ότι η ανάπτυξη είναι βιώσιμη όταν υπάρχει δυνατότητα υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές χωρίς να μειώνεται η δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να απολαύσουν τουλάχιστον ίση ευημερία με την παρούσα γενιά. Συνεπώς στην περίπτωση που η υποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές προκαλεί μείωση της συνολικής ευημερίας τότε το φυσικό κεφάλαιο θα πρέπει να προστατευθεί και να τεθούν περιορισμοί στην οικονομική διαδικασία.

Στο πλαίσιο μέτρησης της ΑΒ έχει αναπτυχθεί και ο δείκτης της Γνήσιας αποταμίευσης (genuine saving) σύμφωνα τον οποίο όταν η γνήσια αποταμίευση είναι μη φθίνουσα διαχρονικά τότε και η ευημερία είναι μη φθίνουσα και κατ' επέκταση η ανάπτυξη μπορεί να χαρακτηρισθεί ως βιώσιμη. Ο δείκτης γνήσιας αποταμίευσης αποτελεί δείκτη της παραγωγικής βάσης της οικονομίας καθώς περιλαμβάνει το ανθρωπογενές κεφάλαιο, το ανθρώπινο κεφάλαιο, το κοινωνικό κεφάλαιο και το φυσικό κεφάλαιο. Στην περίπτωση που ο ρυθμός γνήσιας αποταμίευσης είναι μικρότερος του μηδέν τότε μια οικονομία δεν είναι βιώσιμη καθώς μειώνεται η παραγωγική ικανότητα των μελλοντικών γενιών. Ωστόσο το αντίστροφο δεν ισχύει. Δηλαδή, όταν ο ρυθμός γνήσιας αποταμίευσης είναι θετικός τότε δεν διασφαλίζεται ότι μια οικονομία είναι βιώσιμη κατά το πρότυπο της ΑΒ (Neumayer, 2010). Η αποτίμηση της γνήσιας αποταμίευσης προϋποθέτει την οικονομική αποτίμηση των διαφόρων μορφών κεφαλαίου που συνθέτουν την παραγωγική βάση της οικονομίας. Για την αποτίμηση του φυσικού κεφαλαίου, για το οποίο δεν υπάρχει αγορά, χρησιμοποιούνται οι λεγόμενες σχετικές λογιστικές τιμές (accounting prices). Η σχετική λογιστική τιμή του αποθέματος ενός φυσικού πόρου καλείται η παρούσα αξία της ροής των ωφελίμων υπηρεσιών που δημιουργούνται από μια μονάδα του πόρου αυτού. Στο

σχήμα 1.1 απεικονίζεται ο δείκτης γνήσια αποταμίευσης για 10 χώρες με βάση τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι ο δείκτης γνήσια αποταμίευσης για την Ελλάδα έχει φθίνουσα τάση και για το έτος 2007 έχει αρνητική τιμή (-1.54) αντανακλώντας το μη βιώσιμο μονοπάτι που ακολουθεί η χώρα. Η μεθοδολογία αποτίμησης της γνήσιας επένδυσης από την Παγκόσμια Τράπεζα έχει δεχθεί έντονη κριτική προβάλλοντας ως κύριο επιχείρημα την αδυναμία του δείκτη να ενσωματώσει την εκμετάλλευση του φυσικού κεφαλαίου των λιγότερο αναπτυγμένων χώρων από τις αναπτυγμένες χώρες (Proops et al, 1999). Η λογική του συγκεκριμένου επιχειρήματος προέρχεται από το γεγονός ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση των πόρων σε λιγότερο αναπτυγμένες χώρες προέρχεται από την παραγωγή οικονομικών αγαθών που προορίζονται για τις αναπτυγμένες χώρες. Δηλαδή κατά ένα τρόπο οι αναπτυγμένες χώρες «εξάγουν τους ρύπους τους» ενώ ταυτόχρονα «εισάγουν φυσικό κεφάλαιο» μέσα από την παραγωγή αγαθών στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες και την κατανάλωση τους στις αναπτυγμένες χώρες.

Ένας επιπλέον δείκτης που έχει προταθεί είναι ο δείκτης Βιώσιμης Οικονομικής Ευημερίας (ΒΟΕ). Ο δείκτης ΒΟΕ αποτελεί έναν βελτιωμένο δείκτη ανάπτυξης που εκτός από την μέτρηση των αγαθών και υπηρεσιών που περιλαμβάνει το ΑΕΠ στοχεύει στην μέτρηση αγαθών και υπηρεσιών για τα οποία δεν υπάρχουν αγορές (π.χ περιβαλλοντικά αγαθά και υπηρεσίες) (Nordhaus και Tobin's, 1972˙ Zolotas, 1981). Με βάση τον δείκτη ΒΟΕ μια οικονομία είναι βιώσιμη όταν ο δείκτης ΒΟΕ είναι μη φθίνων. Ο δείκτης ΒΟΕ έχει εφαρμοστεί πολλές φορές στην πράξη σε αρκετές χώρες οδηγώντας σε μια πολύ σημαντική παρατήρηση: «ο δείκτης ΒΟΕ αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό από το ΑΕΠ της χώρας από το 1950 μέχρι περίπου το 1980 και από το 1980 και πέρα είτε παραμένει σταθερός είτε μειώνεται» (Neumayer, 2010). Σημειώνεται δε ότι ακολουθώντας το δείκτη ΒΟΕ θεωρείται από ότι από το 1980 και πέρα η πραγματική ευημερία έχει μειωθεί κατά 20% (Jackson et al, 1997).

Σχήμα 1.1 Δείκτης Γνήσιας Αποταμίευσης σε 10 χώρες.

Πηγή Δεδομένων: Παγκόσμια Τράπεζα, 2008.

Κριτική-Περιορισμοί της ΑΒ

Η ΑΒ έχει δεχθεί αρκετά εκτεταμένη κριτική κυρίως ως προς τις υποθέσεις που υιοθετεί. Ιδιαίτερα η υπόθεση της τέλειας υποκατάστασης ανάμεσα στο ανθρωπογενές και το φυσικό κεφάλαιο θεωρείται αρκετά αυθαίρετη (Daly, 1996). Σύμφωνα με αυτή την άποψη το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί μόνο οριακά να υποκαταστήσει το φυσικό κεφάλαιο καθώς τα δύο είδη κεφαλαίου είναι περισσότερο συμπληρωματικά παρά υποκατάστατα. Άλλωστε εάν υποθέσουμε ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί να υποκαταστήσει το φυσικό κεφάλαιο, θα έπρεπε να ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή το φυσικό κεφάλαιο να μπορεί να υποκαταστήσει το ανθρωπογενές κεφάλαιο. Ωστόσο εάν ίσχυε αυτή η υπόθεση τότε η συνεχής συσσώρευση κεφαλαίου δεν έχει νόημα. Σύμφωνα με την ΑΒ το συγκεκριμένο επιχείρημα είναι αβάσιμό καθώς η υπόθεση της τέλεια υποκατάστασης κάτω από ορισμένες συνθήκες σε θεωρητικό επίπεδο αποδεικνύεται καθώς το ανθρωπογενές κεφάλαιο ενέχει ιδιότητες που το φυσικό κεφάλαιο δεν έχει και η σχέση ανάμεσα τους δεν είναι απαραίτητο να είναι αμφίδρομη (Neumayer, 2010). Παραμένει όμως αμφίβολο έως και απίθανο να μπορούν να εφευρεθούν υποκατάστατα για οικολογικές διαδικασίες και λειτουργίες οι οποίες προσφέρουν ‘ελεύθερα’

οικολογικές υπηρεσίες (π.χ. κυκλοφορία θρεπτικών, γονιμοποίηση φυτών κ.α) στην ανθρώπινη οικονομία (Callicott και Mumford, 1997).

Επιπλέον, προκύπτει ένα ακόμα ζήτημα και αφορά τον κανόνα του Hartwick όπου είναι εφαρμόσιμος κάτω από πολύ περιοριστικές υποθέσεις (π.χ. ίδιες προτιμήσεις ανάμεσα στην σημερινή και στις μελλοντικές γενιές, τέλεια γνώση) που συναντώνται εξαιρετικά σπάνια στον πραγματικό κόσμο (Howarth, 2007). Αυτό σημαίνει ότι οι υπάρχουσες μεθοδολογίες εκτιμήσεις που βασίζονται στο κανόνα του Hartwick δεν επαρκούν για να εκτιμήσουμε το κατά πόσο μια οικονομία βαδίζει σε ένα βιώσιμο μονοπάτι.

Σχετικά με την υπόθεση της υποκατάστασης των φυσικών πόρων που εξαντλούνται με άλλους φυσικούς πόρους και την ύπαρξη της backstop τεχνολογίας, υπόκεινται στους νόμους της θερμοδυναμικής. Με βάση τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής η ενέργεια δεν μπορεί ούτε να δημιουργηθεί (ούτε να καταστραφεί) και με βάση τον δεύτερο η εντροπία σε ένα κλειστό σύστημα αυξάνει, η συνολική ποσότητα της ωφέλιμα συγκεντρωμένης ενέργειας είναι φθίνουσα στο χρόνο. Ωστόσο για πολλούς η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα backstop τεχνολογίας.

Αναφορικά με την ικανότητα των τιμών να αντιμετωπίσουν την σπανιότητα των φυσικών πόρων, έχει παρατηρηθεί ότι στην πραγματικότητα μπορεί ένας φυσικός πόρος να σπανίζει αλλά η τιμή του να μειώνεται. Για παράδειγμα, είναι δυνατό το απόθεμα ενός φυσικού πόρου Α να μειώνεται αλλά ταυτόχρονα βελτιώνεται η τεχνολογία εξόρυξης του με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος εξόρυξης και η τιμή του να μειώνονται αντίστοιχα. Σύμφωνα με τον Norgaard (1990) σε ένα σύστημα ιδανικών αγορών οι λογιστικές τιμές θα έπρεπε να αντανακλούν όχι μόνο την τωρινή σπανιότητα αλλά και την μελλοντική. Δεδομένου ότι τέτοιες αγορές δεν υπάρχουν οι λογιστικές τιμές των φυσικών πόρων διαμορφώνεται σε ατελής αγορές με ατελή γνώση.

Η θεμελιώδης σημασία της έννοιας της χρησιμότητας και του ΑΕΠ είναι διάχυτη στην ΑΒ. Ωστόσο ο ορισμός της χρησιμότητα με βάση το ΑΕΠ είναι αμφιλεγόμενος καθώς η χρησιμότητα για αρκετούς οικονομολόγους είναι μια εμπειρία μη μετρήσιμη που δεν μπορεί να κληροδοτηθεί από γενιά σε γενιά (Daly, 2007). Επιπλέον σύμφωνα με αυτή την άποψη το ΑΕΠ αποτελεί απλά έναν δείκτη οικονομικής δραστηριότητας που συμπεριλαμβάνει μόνο τελικά αγαθά και υπηρεσίες. Άρα ενδιάμεσα αγαθά και υπηρεσίες που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. πετρέλαιο, υποδομές) δεν συμπεριλαμβάνονται στο ΑΕΠ με αποτέλεσμα να μην υπολογίζεται η συνεισφορά πολλών συντελεστών (ανάμεσα τους και η κατάσταση του φυσικού κεφαλαίου) στην

παραγωγική διαδικασία. Ωστόσο ο δείκτης ΒΟΕ αποτελεί μια προσπάθεια να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα χωρίς ωστόσο να λύνει το γνωστό πρόβλημα του κλάδου των Οικονομικών του περιβάλλοντος σχετικά με την αποτίμηση των φυσικών πόρων.

1.2.2 Το Επιστημονικό Παράδειγμα της Ισχυρής Βιωσιμότητας

Θεωρητικό Πλαίσιο και υποθέσεις

Σύμφωνα με τους θιασώτες της Ισχυρής Βιωσιμότητας (ΙΒ) οι συνθήκες που θέτει η ΑΒ δεν επαρκούν για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης (Daly και Constanza, 1992˙ Daly, 1996˙ Goodland, 1995˙ Noorgard, 1994). Όπως ήδη αναφέρθηκε η θεμελιώδης διαφορά ανάμεσα στα δύο επιστημονικά παραδείγματα προέρχεται από τις διαφορετικές υποθέσεις που θέτουν ως προς την δυνατότητα υποκαταστασιμότητας ανάμεσα στις διάφορες μορφές κεφαλαίου. Σύμφωνα με την ΙΒ, η δυνατότητα υποκατάστασης ανάμεσα στο ανθρωπογενές και φυσικό κεφάλαιο είναι περιορισμένη με άμεση συνέπεια να τίθεται ζήτημα προστασίας και διατήρησης του φυσικού κεφαλαίου. Επιπλέον, με βάση την ΙΒ οι ανάγκες και οι προτιμήσεις των μελλοντικών γενιών είναι άγνωστες στην παρούσα γενιά και χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα. Σε αυτό το πλαίσιο ο κανόνας βιωσιμότητας που θέτει η ΙΒ είναι η προστασία και διατήρηση του αποθέματος του συνολικού φυσικού κεφαλαίου προκειμένου οι μελλοντικές γενιές να μπορούν να διαμορφώσουν τις δικές τους ανάγκες ανεξάρτητα από το πρότυπο των προηγούμενων γενιών. Συνεπώς με βάση την ΙΒ ο περιοριστικός παράγοντας στην οικονομική διαδικασία θα πρέπει να είναι το φυσικό και όχι το ανθρωπογενές κεφάλαιο και οι οικονομικές αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται με γνώμονα αυτόν τον περιορισμό.

Η διατήρηση του συνολικού φυσικού κεφαλαίου δεν υπονοεί ότι μπορούμε να αυξήσουμε κάποια μέρη του φυσικού κεφαλαίου (π.χ δάση) μειώνοντας κάποια άλλα (π.χ ψάρια). Ο κανόνας της ΙΒ απαιτεί την διατήρηση και προστασία εκείνου του μέρους του φυσικού κεφαλαίου που τουλάχιστον με την υπάρχουσα γνώση δεν έχει υποκατάστατα και το οποίο συχνά καλείται ως Κρίσιμο Φυσικό Κεφάλαιο (Ekins et al, 2003 (b)). Άρα με βάση την ΙΒ η οικονομική διαδικασία υπόκεινται σε περιορισμούς που θέτει η προστασία του φυσικού κεφαλαίου.

Σε θεωρητικό επίπεδο έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί που αντανακλούν την λογική της ΙΒ, όπως:

- Η βιώσιμη ανάπτυξη απαιτεί το φυσικό κεφάλαιο να είναι μη φθίνον διαχρονικά.

- Η επίτευξη της ΙΒ απαιτεί την διατήρηση των source (πηγή) και sink (καταβόθρα) λειτουργιών του περιβάλλοντος προκειμένου να διασφαλίζονται οι περιβαλλοντικές του υπηρεσίες (Goodland, 1995).

- Βιώσιμη ανάπτυξη είναι το πρότυπο κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης που είναι συμβατό με την διαχρονική σταθερότητα των φυσικών συστημάτων, ιδιαίτερα εκείνων που συμβάλλον στην κοινωνική ευημερία (Lee, 1999).

- Η επίτευξη της βιωσιμότητας απαιτεί την ενσωμάτωση την οικολογικής γνώσης με στόχο την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών με την ταυτόχρονη διατήρηση των γήινων συστημάτων υποστήριξης της ζωής (life support systems) (Palmer et al., 2005).

- Η βιώσιμη ανάπτυξη για να είναι σε συμφωνία με το ζήτημα της διατήρησης της βιολογίας απαιτεί την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών χωρίς να υποσκάπτεται η υγιής λειτουργία των οικοσυστημάτων μέσα από την υιοθέτηση οικολογικών περιορισμών στην οικονομική δραστηριότητα. Σε αυτό το πλαίσιο προϋπόθεση της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η οικολογική βιωσιμότητα (Callicot και Mumford, 1997).

Σε επιχειρησιακό επίπεδο έχουν προταθεί διάφορες συνθήκες και κριτήρια ΙΒ: (i) το επίπεδο εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πόρων πρέπει να ισούται με το ρυθμό ανανέωσης τους· (ii) ο ρυθμός ρύπανσης πρέπει να ισούται με την φέρουσα ικανότητα αφομοίωσης ρύπων από τα οικοσυστήματα και· (iii) η χρήση των μη ανανεώσιμων πόρων πρέπει να είναι συνετή και να περιορίζεται από την ύπαρξη ή δημιουργία υποκατάστατων (Daly, 1990).

Η διαγενεακή ισότητα απαιτεί την διαφύλαξη του δικαιώματος των μελλοντικών γενεών να προσδιορίσουν τις προτιμήσεις τους και τις ανάγκες τους ανεξάρτητα από το κοινωνικοοικονομικό πρότυπο των προηγούμενων γενεών. Αναζητώντας έναν κανόνα που θα εξασφαλίζει την διαγενεακή ισότητα, στο πλαίσιο της ΙΒ έχουν διαμορφωθεί διάφορες εναλλακτικές προτάσεις πολιτικής με αφετηρία την έννοια της «ανάπτυξης ως

ελευθερία» (Sen, 1999). Σύμφωνα με την άποψη αυτή, μια θεωρία ανάπτυξης θα πρέπει να έχει ως αντικειμενικό σκοπό την ελευθερία και όχι την μεγιστοποίηση της ευημερίας. Με αυτό τον τρόπο εισάγεται ένα διαφορετικό κριτήριο διαγενεακής ισότητας που έχει ως κύριο στόχο την διασφάλιση της ελευθερίας σε κάθε γενιά η οποία δεν διασφαλίζεται απαραίτητα όταν διασφαλίζεται η διαγενεακή αποδοτικότητα (Sen, 1999). Σε αυτό το πλαίσιο προτείνεται ότι υπάρχουν ανθρώπινα δικαιώματα που πρέπει να διασφαλίζονται για κάθε γενιά και για τα οποία δεν υπάρχει χρηματική αποζημίωση. Με βάση αυτή την προσέγγιση, η παρούσα γενιά είναι υποχρεωμένη να προσδιορίσει και να απαγορεύσει όλες εκείνες τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες, που προκαλούν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παραβιάζουν τα αναπαλλοτρίωτα (inviolable) δικαιώματα (Spash, 1993). Στην ίδια λογική προτείνεται ο ακόλουθος κανόνας περιβαλλοντικής πολιτικής «προστασία των δικαιωμάτων των μελλοντικών γενεών όσον αφορά την προστασία και την διατήρηση περιβαλλοντικών αποθεμάτων ή διασφάλιση της δίκαιης διαγενεακής διανομής του καθαρού οφέλους που προκύπτει από την περιβαλλοντική υποβάθμιση μέσα από την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων αποζημίωσης» (Howarth, 2007). Σε αντίθεση με την άποψη του Spash, ο Howarth θεωρεί ότι είναι δυνατή η ύπαρξη αποζημίωσης για κάθε επίπτωση που μπορεί να προκαλέσει η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων μιας γενιάς εις βάρος των επόμενων.

Η έννοια της χρησιμότητας, που είναι διάχυτη στην ΑΒ, δεν υιοθετείται από την ΙΒ για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον η χρησιμότητα δεν είναι μετρήσιμη και δεύτερον ακόμα κι αν ήταν μετρήσιμη δεν θα μπορούσε να κληροδοτηθεί στις επόμενες γενιές καθώς δεν είναι κάτι υλικό (Daly, 2007). Με αυτή την έννοια η χρησιμότητα είναι μια εμπειρία πού ούτε μπορεί να μετρηθεί και ούτε να κληροδοτηθεί. Σε αυτό το πλαίσιο η ΙΒ εισάγει την έννοια του throughput (υλική ροή αποβλήτων)[1] το οποίο μπορεί να μετρηθεί και συνεπώς

[1] 'If the economy grew into the Void it would encroach on nothing, and its growth would have no opportunity cost. But since the economy in fact grows into and encroaches upon the finite and non-growing ecosystem, there is an opportunity cost

να κληροδοτηθεί στις επόμενες γενιές. Με αυτή την έννοια, η οικονομική διαδικασία μετατρέπει φυσικούς πόρους με χαμηλή εντροπία σε απορρίμματα με υψηλή εντροπία με άμεση συνέπεια την ανάγκη μετάβασης σε οικονομικά πρότυπα με χαμηλή περιβαλλοντική εντροπία (Georgescu-Roegen, 1976). Ο πίνακας 1.2 περιγράφει τις βασικές υποθέσεις που διέπουν το επιστημονικό παράδειγμα της ΙΒ.

Πίνακας 1.2: Βασικές υποθέσεις της Ισχυρής Βιωσιμότητας

<u>Υποθέσεις Εργασίας</u>

1. **Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα**: Σύμφωνα με την ΙΒ το φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα αλληλοεπηρεάζονται και αλληλεξαρτώνται. Άρα η οικονομική διαδικασία εξαρτάται άμεσα από την κατάσταση του περιβάλλοντος και μπορεί να περιοριστεί από την διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων.

2. **Δυνατότητα υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές:** Το φυσικό κεφάλαιο μπορεί να υποκατασταθεί από το ανθρωπογενές κεφάλαιο σε περιορισμένο επίπεδο. Στην πραγματικότητα το φυσικό κεφάλαιο είναι συμπληρωματικό του ανθρωπογενούς κεφαλαίου. Το φυσικό κεφάλαιο έχει διττό ρόλο καθώς παρέχει ύλη και ενέργεια ενώ ταυτόχρονα αφομοιώνει τους ρύπους που παράγει το ανθρωπογενές κεφάλαιο (Daly, 1996). Συνεπώς η επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης απαιτεί την διατήρηση των φυσικών εισροών στην παραγωγική διαδικασία και την ταυτόχρονη προστασία της ικανότητας των οικοσυστημάτων να αφομοιώνουν τους ρύπους.

Ωστόσο ακόμα κι αν υπάρχουν υποκατάστατα για ορισμένες κατηγορίες φυσικού

---

to growth in scale as well as benefit. The costs arise from the fact that the physical economy, like an animal, is a 'dissipative structure' sustained by a metabolic flow from and back to the environment. This flow called 'throughput'' (Daly, 2007, σελ. 86).

κεφαλαίου, δεν αποκλείεται η συγκεκριμένη σχέση υποκατάστασης να μην είναι εφικτή στο μέλλον.

3. **Το ζήτημα του συνολικού αθροιστικού μεγέθους (scale issue):** μία από τις βασικότερες αρχές της σχολής των οικολογικών οικονομικών είναι ότι η βιόσφαιρα είναι πεπερασμένη, μη αναπτυσσόμενη και υλικά κλειστή (με εξαίρεση την ηλιακή ενέργεια). Συνεπώς, το φυσικό μέγεθος της οικονομίας πρέπει να υπόκεινται σε συγκεκριμένα όρια που προσδιορίζονται από τα γήινα οικοσυστήματα. Με βάση αυτή την άποψη το οικονομικό σύστημα αποτελεί υποσύστημα του φυσικού συστήματος και πρέπει να υπάκουει στους κανόνες και τα όρια που θέτει η ικανότητα των οικοσυστημάτων να προσφέρουν παραγωγικούς συντελεστές και να αφομοιώσουν ρύπους. Η επιδίωξη της βιωσιμότητας απαιτεί τον προσδιορισμό του ανώτατου μεγέθους οικονομικής δραστηριότητας που μπορεί να υποστηρίξει το φυσικό σύστημα. Εάν το οικονομικό σύστημα ξεπεράσει το ανώτατο μέγεθος που μπορεί να υποστηριχθεί από το φυσικό σύστημα, τότε το οριακό κόστος το οικονομικού προϊόντος θα υπερβαίνει το οριακό όφελος και η ανθρώπινη ευημερία θα επηρεάζεται αρνητικά.

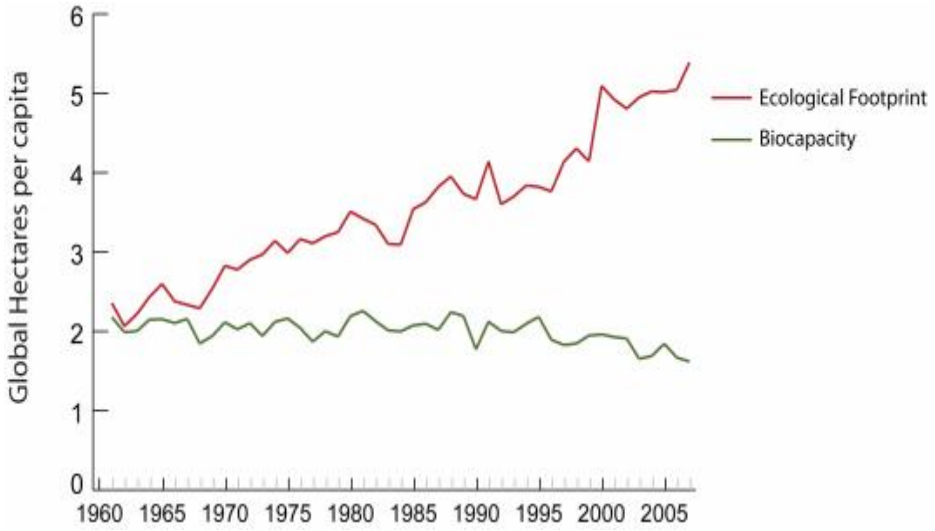
<u>Δείκτες Εκτίμησης της Ισχυρής Βιωσιμότητας</u>

Από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι φανερό ότι η ΙΒ έχει ως κύριο στοιχείο αναφοράς το φυσικό κεφάλαιο και την σχέση αλληλεπίδρασης που αναπτύσσεται ανάμεσα στο κοινωνικοοικονομικό σύστημα και το φυσικό σύστημα με ιδιαίτερη έμφαση στα φυσικά όρια που θα πρέπει να υπάκουει η κοινωνικοοικονομική διαδικασία.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ΙΒ υιοθετεί φυσικούς δείκτες προκειμένου να εκτιμήσει την βιωσιμότητα και να υποδείξει την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει την οικονομική διαδικασία όταν λαμβάνεται υπόψη η περιβαλλοντική υποβάθμιση. Ένας τέτοιος δείκτης είναι το οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint) ο οποίος εκφράζει τις οικολογικές επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων πάνω στη γη και επιχειρεί να ορίσει επιχειρησιακά τις απαιτήσεις του πληθυσμού σε κρίσιμο φυσικό κεφάλαιο (Wackernagel και Rees, 1997˙ WWF, 2008). Το «οικολογικό αποτύπωμα» είναι η οικολογική ικανότητα που είναι απαραίτητη για να διατηρήσει μια οικονομία και ορίζεται ως « η συνολική έκταση παραγωγικής γης και νερού για διάφορες οικολογικές κατηγορίες που

είναι απαραίτητη για την παραγωγή των πόρων που καταναλώνει η οικονομία και για την απόθεση των ρύπων που δημιουργεί η οικονομία με βάση την διαθέσιμη τεχνολογία» (Wackernagel και Rees, 1997). Άρα η έκταση του αποτυπώματος εξαρτάται από τον πληθυσμό, το επίπεδο διαβίωσης, την διαθέσιμη τεχνολογία και την βιολογική παραγωγικότητα της γης Το οικολογικό αποτύπωμα αναφέρεται στους καταναλωτές και όχι στους παραγωγούς διότι πολλοί περιβαλλοντικοί πόροι (π.χ πετρέλαιο) και καταναλωτικά αγαθά που παράγονται σε λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, είναι πολύ πιθανό να καταναλώνονται από τους κατοίκους των αναπτυγμένων χωρών. Είναι φανερό ότι ο δείκτης του οικολογικού αποτυπώματος σε αντίθεση με τον δείκτη της γνήσιας αποταμίευσης επιχειρεί να αποτιμήσει την βιωσιμότητα λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική υπεροχή κάποιων χωρών έναντι άλλων.

Όταν ο δείκτης του οικολογικού αποτυπώματος υπερβαίνει την βιολογική ικανότητα της διαθέσιμης έκτασης τότε η φέρουσα ικανότητα της έκτασης έχει ξεπεραστεί και η κοινωνικοοικονομική δραστηριότητα βαδίζει σε μη βιώσιμο μονοπάτι. Επιπλέον, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι υπάρχει θετική σχέση ανάμεσα στο οικολογικό αποτύπωμα μιας χώρας και την οικονομική της ανάπτυξη και με βάση αυτή την σχέση μπορούν να διατυπωθούν ‘ελάχιστες συνθήκες βιώσιμης ανάπτυξης’ (Moran et al., 2008).



Σχήμα 1.2 Ο δείκτης του Οικολογικού Αποτυπώματος της Ελλάδας ανά κάτοικο από το 1950-2005. Πηγή: Global Footprint Network

Στο γράφημα 1.2 απεικονίζεται το οικολογικό αποτύπωμα για την Ελλάδα από το 1960 μέχρι το 2005. Όπως παρατηρείται το οικολογικό αποτύπωμα αυξάνεται συνεχώς και ξεπερνάει για κάθε έτος την βιολογική ικανότητα της γης να υποστηρίξει το συγκεκριμένο καταναλωτικό πρότυπο που ακολουθούν οι κάτοικοι της Ελλάδας με άμεση συνέπεια η χώρα να είναι οικολογικά μη βιώσιμη. Το υψηλό οικολογικό αποτύπωμα της χώρας οφείλεται κυρίως στην χρήση λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που οδηγεί σε υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο δείκτης του οικολογικού αποτυπώματος έχει δεχθεί αρκετή κριτική καθώς θεωρείται ότι δεν αποτελεί αξιόπιστο και κατανοητό εργαλείο σχεδιασμού (Van den Bergh et al, 1999˙Ayres, 2000˙Fiala, 2008). Πιο συγκεκριμένα θεωρείται: (i) δίνει εξαιρετικά μεγάλη βαρύτητα στο ενεργειακό αποτύπωμα καθώς τουλάχιστον το 50% του οικολογικού αποτυπώματος των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών οφείλεται στο ενεργειακό αποτύπωμα τους. Αυτό σημαίνει ότι επενδύοντας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι περισσότερες χώρες γίνονται βιώσιμες. (ii) Η μεθοδολογία εκτίμησης του δείκτη οικολογικού αποτυπώματος υποθέτει σταθερή ή ίδια βαρύτητα ανάμεσα σε διαφορετικές χρήσης της γης και του νερού με αποτέλεσμα να μην αντανακλά το ζήτημα της σπανιότητας των πόρων μέσα στον χρόνο και στον χώρο.

Από την άλλη πλευρά έχουν προταθεί δείκτες οι οποίοι επιχειρούν να συνδυάσουν την οικονομική αποτίμηση με τους φυσικούς δείκτες (Neumayer, 2010). Σε αυτή την κατεύθυνση έχει προταθεί ότι οι ανθρωπογενείς επιπτώσεις στα οικοσυστήματα δημιουργούν ένα νέο είδος σπανιότητας που απειλεί την ακεραιότητα των περιβαλλοντικών λειτουργιών (Hunenting, 1980). Σε αυτό το πλαίσιο είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν πρότυπα (standards) που διασφαλίζουν την ακεραιότητα των περιβαλλοντικών λειτουργιών, να υπολογισθούν τα κόστη για την μη παραβίαση αυτών των προτύπων και το κόστος αυτός να αφαιρείται από το ΑΕΠ της χώρας. Ο δείκτης που προκύπτει με βάση αυτή την διαδικασία καλείται Βιώσιμο Εθνικό Εισόδημα. Με βάση την λογική του Huneting δημιουργήθηκε ο δείκτης Sustainability Gap (Ekins και Simon, 1999). Ο συγκεκριμένος δείκτης μετράει το χάσμα που υπάρχει ανάμεσα στο επιθυμητό περιβαλλοντικό επίπεδο και το πραγματικό με φυσικούς όρους και στην συνέχεια με οικονομικούς (χρηματικούς) καθώς αποτιμά την δαπάνη που είναι απαραίτητη σε τεχνολογία και εξοπλισμό για να μηδενιστεί το χάσμα. Σε μια προσπάθεια εμπειρικής εκτίμησης του συγκεκριμένου δείκτη για την Μεγάλη Βρετανία και την Ολλανδία, ο

δείκτης Sustainability Gap φανερώνει ότι για ορισμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών λειτουργιών υπάρχει μεγάλο χάσμα ανάμεσα στα επιθυμητά περιβαλλοντικά πρότυπα και την παρούσα κατάσταση ενώ χρειάζονται αρκετές δεκαετίες για να επιτευχθούν τα επιθυμητά περιβαλλοντικά πρότυπα (Ekins και Simon, 2001).

Κριτική-Περιορισμοί της Ισχυρής Βιωσιμότητας

Το επιστημονικό παράδειγμα της ΙΒ έχει δεχθεί κριτική κυρίως ως προς την υπόθεση ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι περισσότερο συμπληρωματικό του φυσικού κεφαλαίου παρά συμπληρωματικό (Pearce, 1997˙ Neumayer, 2010). Συγκεκριμένα θεωρείται ότι το επιχείρημα του Daly (1996) που υποστηρίζει ότι εάν το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί να υποκαταστήσει το φυσικό κεφάλαιο τότε θα έπρεπε να ισχύει και το αντίστροφο, δεν ευσταθεί. Η κριτική αυτή στοιχειοθετείται στο γεγονός ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο χαρακτηρίζεται από διαφορετικές ιδιότητες από το φυσικό κεφάλαιο που επιτρέπει κάτω από ορισμένες συνθήκες την υποκατάσταση του από το φυσικό κεφάλαιο. Ωστόσο να σημειωθεί ότι με βάση την υπάρχουσα κατάσταση θιασώτες της ΑΒ θεωρούν ότι ' παρόλο που υπάρχει η δυνατότητα υποκατάστασης ανάμεσα στο φυσικό και ανθρωπογενές κεφάλαιο… οι υπερασπιστές της ΙΒ φαίνεται να βρίσκονται πιο κοντά στην πραγματικότητα' (Ayres, 2007).

Την τελευταία δεκαετία το παράδειγμα της ΙΒ φαίνεται να βρίσκεται στην καρδιά των συζητήσεων που αφορούν την ΟΒΟΑ. Η ισχυροποίηση της ΙΒ φαίνεται να προήλθε από τα αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα (π.χ κλιματική αλλαγή) που δημιουργούν διαταραχές στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο από την οικονομική επιστήμη. Δεδομένου ότι η ΙΒ προϋποθέτει την συνεργία των επιστημών της φύσης και των κοινωνικών επιστημών θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένα πλαίσιο αξιολόγησης και επίτευξης της ΟΒΟΑ με βάση το συγκεκριμένο επιστημονικό παράδειγμα εξαρτάται από την ικανότητα ουσιαστικής επικοινωνίας ανάμεσα στις εμπλεκόμενες επιστήμες.

1.3 Προσεγγίσεις Βιώσιμης Ανάπτυξης

Τα επιστημονικά παραδείγματα της Ασθενούς και Ισχυρής βιωσιμότητας έχουν πυροδοτήσει έντονο διάλογο, που διαρκεί μέχρι σήμερα, αναφορικά με τις συνθήκες που διασφαλίζουν την βιώσιμη ανάπτυξη. Σε αυτό το πλαίσιο έχουν αναδυθεί διάφορες επιστημονικές προσεγγίσεις που ενώ αποδέχονται κάποιες από τις υποθέσεις της ΑΒ και της ΙΒ, δεν είναι απαραίτητο ότι κατατάσσονται σε κάποιο από τα προαναφερόμενα επιστημονικά παραδείγματα. Στο παρόν υποκεφάλαιο 1.4 παρουσιάζονται οι προσεγγίσεις των ασφαλών κατώτερων ορίων, οι βιοοικονομικές προσεγγίσεις του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου και των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων καθώς και η οικολογική- οικοκεντρική προσέγγιση.

1.3.1 Η Προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων

Η προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων (ΑΚΟ) αρχικά προτάθηκε από το Ciriacy-Wantrup (1952) ως ένα μέσο-κανόνας να συμπεριληφθεί το ζήτημα της μη αντιστρεψιμότητας και της αβεβαιότητας που προκύπτει από την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων στην διαδικασία λήψης αποφάσεων νέων επενδύσεων. Το ζήτημα της *μη αντιστρεψιμότητας* μπορεί να προκύψει όταν η χρήση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων ξεπεράσει το κατώφλι ενός κρίσιμου σημείου. Εξαιτίας της *αβεβαιότητας*, η μη αναστρέψιμη εξάντληση φυσικών πόρων μπορεί να προκαλέσει σοβαρά κοινωνικοοικονομικά κόστη στο μέλλον. Σε αυτό το πλαίσιο προτάθηκε ο ακόλουθος κανόνας προκειμένου οι περιβαλλοντικές παράμετροι να ληφθούν υπόψη στην αξιολόγηση νέων επενδύσεων: διατήρηση- προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων (Safe Minimum Standards) των ειδών που κινδυνεύουν εκτός κι αν η διατήρηση τους συνεπάγεται απροσδόκητα μεγάλα- δυσανάλογα κοινωνικοοικονομικά κόστη (Ciriacy-Wantrup 1952, Bishop 1978). Ως κρίσιμο κατώτερο όριο ορίζεται εκείνο το σημείο που διασφαλίζεται επαρκής πληθυσμός για την επιβίωση ενός είδους που κινδυνεύει να εξαφανιστεί. Τέτοια είδη μπορεί να είναι ζώα ή φυτά που απειλούνται με εξαφάνιση τις επόμενες δεκαετίες και παίζουν σημαντικό ρόλο στην υγιή λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Σύμφωνα με την προσέγγιση των ΑΚΟ η εξαφάνιση ορισμένων ειδών και η μείωση του αποθέματος των φυσικών πόρων δύναται να περιορίσει την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να προσδιορίσουν και να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. Συγκεκριμένα

θεωρείται ότι δεν θα πρέπει να απολεσθούν οι ιδιότητες των περιβαλλοντικών στοιχείων και ειδών ανεξάρτητα από το αν συνεισφέρουν άμεσα στην ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών. Η άποψη αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι 'τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος γίνονται (δεν είναι) φυσικοί πόροι μέσα από την μεταβολή των ανθρώπινων προτιμήσεων, του επίπεδου της τεχνολογίας, του επίπεδου του πληθυσμού, τους κοινωνικούς θεσμούς και τις πολιτικές επιλογές' (Bishop, 1978). Η εξαφάνιση ειδών έχει ως άμεση συνέπεια την *μη αναστρέψιμη* μείωση ή εξαφάνιση των φυσικών αποθεμάτων.

Όσον αφορά το ζήτημα της αβεβαιότητας που συνεπάγεται η μη αναστρέψιμη μείωση ή εξαφάνιση των φυσικών αποθεμάτων μπορούμε να διακρίνουμε δύο είδη: την κοινωνική και την περιβαλλοντική. Η κοινωνική αβεβαιότητα προέρχεται από την έλλειψη γνώσης αναφορικά με το μελλοντικό εισόδημα, επίπεδο τεχνολογίας, προτιμήσεις και άλλες μεταβλητές που θα προσδιορίσουν ποια περιβαλλοντικά στοιχεία θα 'γίνουν φυσικοί πόροι' και θα παίζουν ενεργό ρόλο στην οικονομική διαδικασία. Η περιβαλλοντική αβεβαιότητα αφορά την ελλιπή επιστημονική γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά της χλωρίδας και της πανίδας των οικοσυστημάτων τα οποία μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμα για την ανθρώπινη ύπαρξη.

Συνεπώς εξαιτίας της μη αναστρεψιμότητας και της αβεβαιότητας μια επιλογή από την σημερινή γενιά πιθανό να προκαλέσει τεράστιες απώλειες στις μελλοντικές γενιές. Σε αυτό το πλαίσιο προτείνεται ο κανόνας των ΑΚΟ όπου βασιζόμενος στη θεωρία παιγνίων δίνει ένα χρήσιμο εργαλείο λήψης αποφάσεων σχετικά με την προστασία ή μη των ΑΚΟ. Ο πίνακας 1.3 περιγράφει την προσέγγιση των ΑΚΟ με βάση την θεωρία παιγνίων.

Πίνακας 1.3: Η θεωρία των παιγνίων και ο κανόνας των ΑΚΟ

<u>Η θεωρία παιγνίων και ο κανόνας των ΑΚΟ</u>

<u>Περιγραφή προβλήματος (υπόθεση προς διερεύνηση): η δημιουργία ενός νέου λιμανιού</u>

Με βάση την θεωρία παιγνίων υιοθετείται ο κανόνας των ελαχίστων των μεγίστων (minimax principle): η κοινωνία θα πρέπει να διαλέξει την στρατηγική που ελαχιστοποιεί τις μέγιστες δυνατές απώλειες. Ο πίνακας 1.3.1 περιγράφει δύο στρατηγικές που είναι διαθέσιμες στην κοινωνία και τις πιθανές κοινωνικοοικονομικές απώλειες σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.3.1

	Συνέπειες Στρατηγικών x,y>0			
Στρατηγικές		**1**	**2**	**Μέγιστες απώλειες**
	Ε	0	y	y
	ΑΚΟ	x	x-y	x

Όπου:

Στρατηγικές

- Ε: είναι η στρατηγική που επιλέγεται η κατασκευή του έργου και που μπορεί να οδηγήσει σε εξαφάνιση ειδών.

- ΑΚΟ: είναι η στρατηγική διασφάλισης των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων.

Συνέπειες Στρατηγικών

- 1: δεν παρουσιάζονται μη αναμενόμενα αποτελέσματα που μπορεί να δημιουργήσουν κοινωνικοοικονομικές απώλειες στο μέλλον.

- 2: τα είδη που εξαφανίζονται από την δημιουργία του έργου δημιουργούν τεράστιες κοινωνικοοικονομικές απώλειες.

Με βάση των κανόνα minimax έχουμε τις ακόλουθες επιλογές:

1. εάν x>y τότε επιλέγεται η στρατηγική Ε και κατασκευάζεται το έργο.

2. εάν y>x τότε επιλέγεται η προστασία των ΑΚΟ.

3. εάν x=y οποιαδήποτε επιλογή οδηγεί στο ίδιο αποτέλεσμα.

Με βάση των πίνακα 1.3.1 δημιουργήθηκε ο τροποποιημένος minimax κανόνας που είναι κανόνας των ΑΚΟ που αναφέρθηκε παραπάνω: υιοθέτηση των ΑΚΟ εκτός εάν το κόστος που προκαλείται από την υιοθέτηση τους είναι δυσανάλογα μεγάλο. Η τροποποίηση του minimax κανόνα γίνεται για τρεις κυρίως λόγους: (i) η διαφορά ανάμεσα στο x και y μπορεί να είναι πολύ μικρή και η υιοθέτηση των ΑΚΟ να είναι πολύ περιοριστική για την ανάπτυξη˙ (ii) με βάση το ζήτημα της αβεβαιότητας και μη αναστρεψιμότητας δεν μπορούμε να υιοθετήσουμε την υπόθεση ότι y είναι γνωστό με βεβαιότητα˙(iii) ο πίνακας 1.3.1 δεν περιγράφει ποιος υφίσταται το κόστος και ποιος απολαμβάνει το όφελος σε κάθε εναλλακτική στρατηγική θέτοντας το ζήτημα της διαγενεακής δικαιοσύνης (Bishop, 1978).

Το σημείο που το κόστος προστασίας των ΑΚΟ γίνεται δυσανάλογα-αναπόδεκτα μεγάλο εξαρτάται από την προθυμία της παρούσας γενιάς να υποστεί το κόστος περιορισμού των δραστηριοτήτων της ώστε οι μελλοντικές γενιές να βρίσκονται σε λιγότερο αβέβαιη κατάσταση.

Η προσέγγιση των ΑΚΟ έχει επηρεάσει άμεσα τον σχεδιασμό πολιτικών όπως είναι η Αμερικάνικη Πράξη για τα απειλούμενα είδη (Endangered Species Act).

Η λογική των ΑΚΟ μπορεί να επεκταθεί σε όλα τα περιβαλλοντικά είδη, διαδικασίες και λειτουργίες που είναι αναγκαία για την υγιή λειτουργία των οικοσυστημάτων. Δηλαδή η συνθήκη που θέτει η προσέγγιση ΑΚΟ μπορεί τροποποιηθεί ως εξής: προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων των κρίσιμων ειδών, λειτουργιών και διαδικασιών με την προϋπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκύπτει δεν είναι αναπόδεκτα (δυσανάλογα) μεγάλο.

1.3.2 Η Προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου

Η σπουδαιότητα του φυσικού κεφαλαίου έχει σημειωθεί από αρκετούς οικονομολόγους στην προσπάθεια τους να διατυπώσουν συνθήκες OBOA με αφετηρία την υπόθεση ότι το φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο έχουν περιορισμένες δυνατότητες υποκατάστασης (Pearce και Turner, 1990˙ Constanza και Daly, 1992). Συγκεκριμένα, ο Pearce και Turner (1990) προτείνουν ως επιχειρησιακή συνθήκη βιώσιμης ανάπτυξης την διατήρηση του αποθέματος του φυσικού κεφαλαίου αποφεύγοντας ωστόσο να δώσουν έναν σαφή ορισμό του φυσικού κεφαλαίου καθώς το ταυτίζουν με το απόθεμα των φυσικών πόρων (Victor, 1991). Στην ίδια λογική προτείνεται η διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου ορίζοντας ως φυσικό κεφάλαιο το απόθεμα των φυσικών οικοσυστημάτων

που παράγει ροή πολύτιμων αγαθών και υπηρεσιών διαχρονικά (Constanza και Daly, 1992).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο αναδύθηκε η προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου (ΚΦΚ) που πήρε πιο ολοκληρωμένη μορφή μέσα από το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα CRITINC (Making Sustainability Operational: CNC and the Implications of a Strong Sustainability Criterion). Ο αντικειμενικός στόχος του προγράμματος ήταν ο σχεδιασμός ενός πλαισίου για την επιχειρησιακή εφαρμογή της ισχυρής βιωσιμότητας και τον προσδιορισμό του ΚΦΚ που την διασφαλίζει. Η βασική ιδέα του προγράμματος ήταν ότι με αφετηρία την υπόθεση της περιορισμένης δυνατότητας υποκατάστασης των διαφόρων μορφών κεφαλαίου της *ισχυρής βιωσιμότητας* είναι δυνατή η μετακίνηση σε καταστάσεις *ασθενούς βιωσιμότητας* όπου δυνατότητες υποκατάστασης είναι μεγαλύτερες, ενώ το αντίστροφο δεν μπορεί να ισχύει (Ekins et al., 2003). Με άλλα λόγια, το επιστημονικό παράδειγμα της ισχυρής βιωσιμότητας επιτρέπει τον προσδιορισμό υποκατηγοριών φυσικού κεφαλαίου: (i) για τα οποία δεν υπάρχουν υποκατάστατα και επιβάλλεται η προστασία τους σύμφωνα με τις αρχές της IB˙(ii) και για τα οποία υπάρχουν υποκατάστατα και δεν χρειάζεται η προστασία του φυσικού κεφαλαίου από την παρούσα γενιά σύμφωνα με τις αρχές της AB. Συνεπώς η υποκατάσταση ανάμεσα στο ανθρωπογενές και φυσικό κεφάλαιο είναι δυνατή με την προϋπόθεση ότι προστατεύεται το φυσικό κεφάλαιο για το οποίο δεν υπάρχουν υπάρχουν υποκατάστατα .

Ως ΚΦΚ χαρακτηρίζεται το μέρος εκείνο του φυσικού κεφαλαίου που εκτελεί σημαντικές και αναντικατάστατες περιβαλλοντικές λειτουργίες που δεν μπορούν να υποκατασταθούν από το ανθρωπογενές κεφάλαιο (Ekins et al., 2003˙ Brand, 2009). Σύμφωνα με την προσέγγιση του ΚΦΚ η περιβαλλοντική βιωσιμότητα προϋποθέτει την διατήρηση του ΚΦΚ, δηλαδή την διατήρηση εκείνων των περιβαλλοντικών λειτουργιών για τις οποίες δεν υπάρχουν υποκατάστατα. Οι περιβαλλοντικές λειτουργίες του ΚΦΚ αντανακλούν την ικανότητα των διαδικασιών και των στοιχείων της φύσης να παρέχουν αγαθά και υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες (De Groot, 1994). Οι περιβαλλοντικές λειτουργίες μπορούν να διακριθούν σε διάφορες κατηγορίες (De Groot, 2003˙ Pearce και Turner, 1990). Η προσέγγιση του ΚΦΚ διακρίνει δύο βασικές κατηγορίες περιβαλλοντικών λειτουργιών. Η πρώτη κατηγορία περιβαλλοντικών λειτουργιών είναι λειτουργίες του φυσικού κεφαλαίου (functions of natural capital) και

αφορούν όλες τις απαραίτητες διαδικασίες που είναι αναγκαίες για την διατήρηση της ομαλής λειτουργίας και της προσαρμοστικότητας των οικοσυστημάτων. Η δεύτερη κατηγορία περιβαλλοντικών λειτουργιών είναι οι λειτουργίες για τον άνθρωπο (functions for humans) που συμβάλουν άμεσα στην ανθρώπινη ευημερία και αφορούν τις περιβαλλοντικές λειτουργίες που υποστηρίζουν τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες με την δυνατότητα παροχής πόρων και ικανότητα αφομοίωσης ρύπων. Οι περιβαλλοντικές λειτουργίες για τον άνθρωπο έχουν ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα και εξαρτώνται άμεσα από το εάν συμβάλουν στην ανθρώπινη ευημερία. Η διατήρηση των περιβαλλοντικών λειτουργιών του φυσικού κεφαλαίου αποτελούν προϋπόθεση για την ύπαρξη των περιβαλλοντικών λειτουργιών για τον άνθρωπο σε συστηματική βάση ανεξάρτητα από το αν οι άνθρωποι λαμβάνουν άμεσα ή όχι ευημερία από αυτό. Ουσιαστικά οι περιβαλλοντικές λειτουργίες του φυσικού κεφαλαίου υποστηρίζουν το περιβαλλοντικό σύστημα, η διασφάλιση του οποίου είναι αναγκαία για το ανθρώπινο είδος.

Η προσέγγιση του ΚΦΚ θέτει τρία βασικά κριτήρια για τον προσδιορισμό των σημαντικών ή κρίσιμων περιβαλλοντικών λειτουργιών που όπως είναι φανερό παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία με την προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων:

- Μη δυνατότητα υποκατάστασης των συγκεκριμένων περιβαλλοντικών λειτουργιών.
- Μη αντιστρεψιμότητα.
- Πρόκληση δυσανάλογου κόστους από την απώλεια τους.

Συνεπώς η προσέγγιση του ΚΦΚ υποστηρίζει ότι το αίτημα της βιωσιμότητας απαιτεί την διατήρηση του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου που υποστηρίζει τις κρίσιμες περιβαλλοντικές λειτουργίες που συμβάλλον στην ανθρώπινη ευημερία άμεσα ή έμμεσα και για το οποίο δεν υπάρχουν υποκατάστατα.

Για τον προσδιορισμό της κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου έχουν προταθεί δύο κριτήρια. Το πρώτο κριτήριο αφορά την σημαντικότητα του φυσικού κεφαλαίου και το δεύτερο κριτήριο τον βαθμό απειλής του (De Groot et al., 2003). Η σημαντικότητα του

φυσικού κεφαλαίου βασίζεται σε οικολογικά, κοινωνικά- πολιτιστικά και οικονομικά κριτήρια ενώ ο βαθμός απειλής σε κριτήρια ποιότητας και ποσότητας των οικοσυστημάτων. Ο πίνακας 1.4 παρουσιάζει αναλυτικά τα κριτήρια που προσδιορίζουν την κρισιμότητα του φυσικού κεφαλαίου. Η διαδικασία προσδιορισμού της κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου στην ουσία διερευνά σε ποιο βαθμό η μείωση της ποσότητας και ποιότητας των οικοσυστημάτων επηρεάζει την οικολογική, κοινωνικό-πολιτιστική και οικονομική σημασία του φυσικού κεφαλαίου. Στην ουσία η προτεινόμενη διαδικασία προσδιορισμού του ΚΦΚ υιοθετεί κριτήρια του κοινωνικοοικονομικού και φυσικού συστήματος με άξονα την εξασφάλιση ανθρωποκεντρικών κυρίως στόχων.

Πρόσφατα προτάθηκε η προσαρμοστικότητα ως επιπρόσθετο κριτήριο κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου που συνδέεται άμεσα με τον βαθμό απειλής του φυσικού κεφαλαίου (Brand, 2009). Θεωρείται ότι ο βαθμός απειλής ενός οικοσυστήματος μειώνεται όσο αυξάνεται η προσαρμοστικότητα του.

Πίνακας 1.4: Κριτήρια κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου –σημαντικότητα και βαθμός απειλής

Κριτήρια Κρισιμότητας του Φυσικού Κεφαλαίου: Σημαντικότητα		
Οικολογικά κριτήρια : για κάθε οικολογικό κριτήριο θα πρέπει να αναπτυχθούν πρότυπα που θα διασφαλίζουν την φέρουσα ικανότητα του οικοσυστήματος	***Κοινωνικό-πολιτιστικά κριτήρια***	***Οικονομικά κριτήρια***
1.Βαθμός ακεραιότητας του οικοσυστήματος: εξαρτάται από τον βαθμό της ανθρώπινης παρουσίας στο οικοσύστημα.	1. *Υγεία:* προστασία όλων των φυσικών διαδικασιών που διασφαλίζουν την φυσική, ψυχική και κοινωνική υγεία.	1. *Αξία στην παραγωγική διαδικασία:* αφορά την εξάρτηση της οικονομικής παραγωγής από τις περιβαλλοντικές λειτουργίες.
2. Βιοποικιλότητα: ποικιλομορφία όλων των ζωντανών οργανισμών	2. *Αξία στοιχείων ευχαρίστησης του περιβάλλοντος* (amenity value): αξία που προκαλείται από την αισθητική αξία του περιβάλλοντος ή την δυνατότητα για δραστηριοτήτων αναψυχής.	2. *Καταναλωτική Αξία*: αξία της άμεσης κατανάλωσης περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών από το περιβάλλον (δεν διατίθονται στην αγορά και συνήθως δεν συμπεριλαμβάνονται στο Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα)
3. Μοναδικότητα του οικοσυστήματος:	3. *Αξία κληρονομιάς:* αποδίδεται	3. *Αξία διατήρησης:* η

ύπαρξη σπάνιων ειδών ή/και τοπική, εθνική, παγκόσμια μοναδικότητα του οικοσυστήματος .	από τον άνθρωπο σε συγκεκριμένες περιοχές ή στοιχεία της φύσης που θεωρούν ότι έχουν πολιτιστική, θρησκευτική ή ιστορική σημασία.	συνεισφορά του φυσικού κεφαλαίου στην διατήρηση της υγιούς λειτουργίας των οικοσυστημάτων.
4. Οικολογική ευπάθεια: ευαισθησία ενός οικοσυστήματος ως από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες	*4. Πνευματική αξία:* αποδίδεται από τον άνθρωπο σε συγκεκριμένα στοιχεία της φύσης που θεωρεί ότι έχουν συμβολικό η λειτουργικό χαρακτήρα.	*4. Αξία κληροδότησης:* τα μελλοντικά δυνητικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η διατήρηση των περιβαλλοντικών λειτουργιών για τις τωρινές και μελλοντικές γενιές
5. Αξία του συστήματος υποστήριξης ζωής: υποστήριξη σημαντικών οικολογικών διαδικασιών	*5. Αξία ύπαρξης:* δεν συνδέεται με την δυνατότητα χρήσης του πόρου αλλά την διασφάλιση της ύπαρξης του για τις μελλοντικές γενιές αλλά και για τα μη ανθρώπινα είδη.	*5. Υποκαταστασιμότητα*: το φυσικό κεφάλαιο που δεν μπορεί να υποκατασταθεί με το ανθρωπογενές είναι κρίσιμο.
6. *Ανανεωσιμότητα/Αναπαραγωγή του οικοσυστήματος:* δυνατότητα ανανέωσης ή αναπαραγωγής του οικοσυστήματος		
Κριτήρια Κρισιμότητας του Φυσικού Κεφαλαίου: Βαθμός απειλής		
*Μέγεθος των οικοσυστημάτων (ecosystem quantity):*αποτελείται από την έκταση μιας περιοχής ή χώρας που καλύπτεται από φυσικά οικοσυστήματα	*Ποιότητα οικοσυστημάτων (ecosystem quality):*Ορίζεται από την υπάρχουσα κατάσταση σε σχέση με την κατάσταση αναφοράς. Η ακεραιότητα ,η ευπάθεια και η προσαρμοστικότητα των οικοσυστημάτων αποτελούν τους ποιο συνηθισμένους δείκτες μέτρησης της ποιότητας των οικοσυστημάτων,	

Σε επίπεδο επιχειρησιακής εφαρμογής η προσέγγιση του ΚΦΚ προσφέρει ένα αρκετά εύχρηστο πλαίσιο για τον προσδιορισμό των δραστηριοτήτων που θέτουν σε κίνδυνο κρίσιμες περιβαλλοντικές λειτουργίες και οδηγούν σε μη βιώσιμα μονοπάτια. Η εφαρμογή της προσέγγισης του ΚΦΚ απαιτεί την διαθεσιμότητα αρκετών στοιχείων καθώς και συνεργασία επιστημόνων διαφορετικών κλάδων. Για το παράκτιο οικοσύστημα της Wadden θάλασσας της Ολλανδίας προσδιορίστηκαν δεκαπέντε περιβαλλοντικές λειτουργίες από τις οποίες οι περιβαλλοντικές λειτουργίες για τον άνθρωπό εξαρτώνται άμεσα από τις περιβαλλοντικές λειτουργίες της φύσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η χρήση των περιβαλλοντικών λειτουργιών που αφορούν

την διαθεσιμότητα ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων γίνεται με μη βιώσιμό τρόπο με αποτέλεσμα την απειλή των λειτουργιών της ακεραιότητας και τον μηχανισμών υποστήριξης ζωής του οικοσυστήματος. Δηλαδή στην ουσία οι περιβαλλοντικές λειτουργίες του ανθρώπου απειλούν τις περιβαλλοντικές λειτουργίες της φύσης. Η Wadden Sea αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα οικοσυστήματος που χαρακτηρίζεται ως ΚΦΚ και χρειάζεται άμεση προστασία.

1.3.3 Η Προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων

Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) είναι μια βιο-οικονομική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία ένα πλαίσιο ΟΒΟΑ θα πρέπει να λαμβάνει συστηματικά υπόψη του την ευημερία των μελλοντικών γενεών και να παρέχει την αναγκαία περιβαλλοντική υποδομή ώστε οι μελλοντικές γενιές να μπορούν ‘ελεύθερα’ να διαμορφώσουν τις προτιμήσεις τους. Συνεπώς η ΟΒΟΑ αποτελεί ένα ζήτημα διαγενεακής μεγιστοποίησης της ευημερίας. Σε αυτό το πλαίσιο η προσέγγιση των ΚΒΟ υιοθετεί το τροποποιημένο κριτήριο Pareto προκειμένου να προσδιορίζει κριτήρια βιώσιμης ανάπτυξης ορίζοντας ως ΟΒΟΑ εκείνο το ‘πρότυπο κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης, που εξασφαλίζει τις περιβαλλοντικές προϋποθέσεις για την μεγιστοποίηση του αθροίσματος της ευημερίας όλων των διαδοχικών γενεών’ (Μπίθας, 2011).

Ακολουθώντας την συστημική προσέγγιση του Passet (1979), η προσέγγιση των ΚΒΟ θεωρεί ότι το οικονομικό και ανθρώπινο σύστημα είναι υποσυστήματα του φυσικού συστήματος όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.3. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Passet (1987) «η αναπαραγωγή κάθε συστήματος, περνά μέσα από την αναπαραγωγή των δύο άλλων’». Αναλυτικότερα το οικονομικό και το ανθρώπινο σύστημα δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν χωρίς την ύπαρξη του φυσικού συστήματος που περικλείει όλα τα οικοσυστήματα της βιόσφαιρας και παρέχει τους αναγκαίους υποστηρικτικούς μηχανισμούς για την ομαλή εξέλιξη του ανθρώπινου είδους και της οικονομικής διαδικασίας. Αντίστοιχα, το οικονομικό σύστημα προϋποθέτει την ομαλή εξέλιξη του ανθρώπινου συστήματος καθώς οι οικονομικές δραστηριότητες έχουν νόημα μόνο για τον άνθρωπο. Συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η διατήρηση, η εξέλιξη και η

ανάπτυξη του οικονομικού συστήματος διαταράσσεται όταν καταστρέφεται το ανθρώπινο και φυσικό σύστημα (Bithas, 2008).

Ένα πλαίσιο ΟΒΟΑ θα πρέπει να διασφαλίζει την ομαλή εξέλιξη του φυσικού συστήματος προκειμένου να εξασφαλίζεται η ύπαρξη του οικονομικού συστήματος και να είναι δυνατή η οικονομική ανάπτυξη. Άρα προϋπόθεση της ΟΒΟΑ είναι η διατήρηση του φυσικού συστήματος προκειμένου να μην διαταράσσονται το οικονομικό και ανθρώπινο σύστημα που το επηρεάζουν και εξαρτώνται από αυτό.

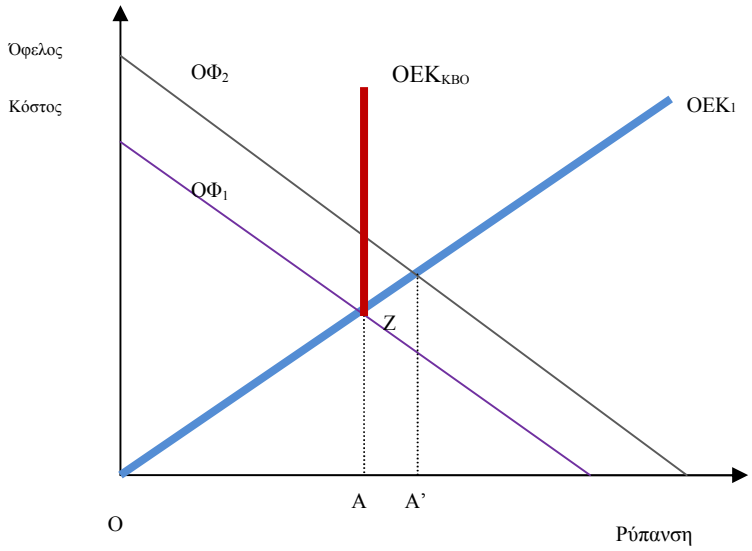
Σχήμα 1. 3: Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό, ανθρώπινο και οικονομικό υποσύστημα. Πηγή: Passet, 1979

Σε αυτό το πλαίσιο η προσέγγιση των ΚΒΟ θέτει δύο συνθήκες για την εξασφάλιση της ΟΒΟΑ και την αποφυγή μη αντιστρεπτών καταστάσεων (Bithas και Nikjamp, 2006˙ Bithas, 2008):

Η πρώτη συνθήκη (αναγκαία συνθήκη) για την ΟΒΟΑ είναι η διατήρηση της βιολογικής βιωσιμότητας που ουσιαστικά εξασφαλίζει την ομαλή εξέλιξη του φυσικού συστήματος. Η ομαλή εξέλιξη του φυσικού συστήματος αφορά την ομαλή λειτουργία και εξέλιξη των οικοσυστημάτων της βιόσφαιρας που με τη σειρά τους εξασφαλίζουν την βιολογική ύπαρξη του ανθρώπινου είδους δηλαδή την ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου συστήματος. Η διερεύνηση των συνθηκών που εξασφαλίζουν την βιολογική βιωσιμότητα απαιτεί την ενσωμάτωση της υπάρχουσας γνώσης των επιστημών της βιολογίας και της οικολογίας οι οποίες είναι σε θέση να καθορίσουν τις οικολογικές-βιολογικές λειτουργίες που είναι αναγκαίες για την ομαλή λειτουργία και εξέλιξη των οικοσυστημάτων.

Σύμφωνα με την υπάρχουσα γνώση φαίνεται ότι η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας απαιτεί την διατήρηση των κρίσιμων βιολογικών και οικολογικών ορίων των περιβαλλοντικών ειδών και διαδικασιών που διασφαλίζουν τουλάχιστον την ελάχιστη βιολογική και οικολογική ακεραιότητα των οικοσυστημάτων (Bithas, 2008; Bithas and Nijkamp, 2006). Σε πρώτο επίπεδο, πρέπει να προσδιοριστούν οι κρίσιμες περιβαλλοντικές λειτουργίες που χαρακτηρίζουν ένα οικοσύστημα και η εξασφάλιση τους διασφαλίζουν την οικολογική ακεραιότητα του οικοσυστήματος. Σε δεύτερο επίπεδο θα πρέπει να προσδιοριστούν τα κρίσιμα περιβαλλοντικά είδη και διαδικασίες καθώς και τα κρίσιμα όρια αυτών που εξασφαλίζουν τις κρίσιμες περιβαλλοντικές λειτουργίες και την ελάχιστη οικολογική ακεραιότητα του οικοσυστήματος. Με άλλα λόγια ο στόχος της βιολογικής βιωσιμότητας ταυτίζεται με την ελάχιστη οικολογική ακεραιότητα του οικοσυστήματος.

Το σχήμα 1.4 απεικονίζει το άριστο επίπεδο προστασίας και το επίπεδο προστασίας των ΚΒΟ με βάση την προσέγγιση των ΚΒΟ. Με την καμπύλη $ΟΕΚ_1$ συμβολίζεται το Οριακό ιδιωτικό Εξωτερικό κόστος που προξενείτε από την ρυπαίνουσα δραστηριότητα και με την καμπύλη ΟΦ το Οριακό Όφελος που δημιουργεί η ρυπαίνουσα δραστηριότητα. Το άριστο επίπεδο ρύπανσης είναι το σημείο Z όπου τέμνονται οι καμπύλες του ΟΕΚ και του ΟΟ. Η εξασφάλιση της συνθήκης της βιολογικής βιωσιμότητας απαιτεί το άριστο επίπεδο ρύπανσης να είναι χαμηλότερο από το επίπεδο ρύπανσης που εξασφαλίζει το ΚΒΟ. Υποθέτοντας ότι το σημείο ΟΑ συμπίπτει με το ΚΒΟ από το διάγραμμα προκύπτει ότι για επίπεδα ρύπανσης μεγαλύτερα του ΟΑ, το εξωτερικό κόστος τείνει στο άπειρο. Με βάση αυτή την λογική τροποποιείται η καμπύλη του οριακού εξωτερικού κόστους ώστε να αντανακλά την αύξηση του οριακού κόστους όταν παραβιάζονται τα κρίσιμα βιολογικά όρια. Η νέα καμπύλη οριακού εξωτερικού κόστους είναι η $ΟΕΚ_{ΚΒΟ}$ η οποία παραμένει όπως ακριβώς ήταν μέχρι το σημείο ΟΑ και από εκείνο το σημείο και πέρα γίνεται κάθετη. Με την τροποποιημένη καμπύλη Οριακού Εξωτερικού κόστους το άριστο επίπεδο ρύπανσης εξασφαλίζει την συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας ανεξάρτητα από την καμπύλη του οριακού οφέλους (Bithas, 2008).



Σχήμα 1.4: Άριστο επίπεδο προστασίας με βάση την προσέγγιση ΚΒΟ. Πηγή: Bithas (2008)

Η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας οδηγεί σε αποδοτικές εξελίξεις της διαγενεακής ευημερίας που είναι βέλτιστες με βάση το τροποποιημένο Pareto κριτήριο (Bithas, 2008).

Η δεύτερη συνθήκη που θέτει η προσέγγιση των ΚΒΟ αφορά την επαρκή προσφορά της οικονομικής διαδικασίας με φυσικές εισροές. Η επαρκής διαθεσιμότητα φυσικών εισροών συνδέεται άμεσα με τον περιορισμό της οικονομικής παραγωγής εξαιτίας της σπανιότητας των φυσικών πόρων. Συνεπώς, η δεύτερη συνθήκη ΟΒΟΑ αφορά την εξασφάλιση της δυνατότητας των μελλοντικών γενεών να έχουν τουλάχιστον ίση πρόσβαση σε περιβαλλοντικούς πόρους όσο η παρούσα γενιά. Ουσιαστικά με την δεύτερη συνθήκη προτείνονται κριτήρια διαφύλαξης των φυσικών πόρων διαγενεακά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα προτείνονται τα ακόλουθα κριτήρια για κάθε κατηγορία φυσικών πόρων:

Σχετικά με την χρήση των μη εξαντλήσιμων φυσικών πόρων δεν προτείνεται κάποιο κριτήριο χρήσης τους καθώς ανεξάρτητα από το επίπεδο χρήσης τους από την παρούσα γενιά θα είναι διαθέσιμοι και στις μελλοντικές γενιές. Για τους ανανεώσιμους εξαντλήσιμους φυσικούς πόρους προτείνεται η χρήση να μην ξεπερνάει τον ρυθμό ανανέωσης του πόρου. Η εξασφάλιση της βιώσιμης χρήσης των εξαντλήσιμων ανανεώσιμων πόρων μπορεί να γίνει με την εξασφάλιση του τροποποιημένου κριτηρίου

Pareto που μεγιστοποιεί την διαγενεακή ευημερία και αποκλείει τις μη άριστες κατανομές της χρήσης τους (Bithas, 2008). Στον πίνακα 1.5 παρουσιάζονται δύο διαφορετικά πρότυπα χρήσης.

Πίνακας 1.5: Πρότυπα χρήσης ενός ανανεώσιμου εξαντλήσιμου πόρου και το κριτήριο Pareto

Έστω ότι έχουμε δύο πρότυπα χρήσης ενός ανανεώσιμου εξαντλήσιμου πόρου:

1ο Πρότυπο χρήσης: η χρήση του πόρου δεν ξεπερνά

τον ρυθμό φυσικής ανανέωσης του πόρου

$$\Sigma^{n}_{i} u_i = u_1 + u_2 + \ldots\ldots\ldots u_z + \ldots\ldots\ldots u_n$$

Όπου:

- $u_{i\ \eta}$ *ευημερία που αποκομίζει η γενιά i από τον εξεταζόμενο εξαντλήσιμο ανανεώσιμο πόρο.*
- $u_{i>0}$ *και* $n \rightarrow \infty$
- $\Sigma^{n}_{i} u_i$ *η συνολική διαγενεακή ευημερία*

2ο Πρότυπο χρήσης του πόρου: η χρήση του πόρου οδηγεί

σε εξάντληση του φυσικού πόρου

$$\Sigma^{n}_{i} w_i = w_1 + w_2 + \ldots\ldots\ldots w_z + \ldots\ldots\ldots w_n$$

Όπου:

- $w_{i\ \eta}$ *ευημερία που αποκομίζει η γενιά i από τον εξεταζόμενο εξαντλήσιμο ανανεώσιμο πόρο.*
- $w_{i>0}$ *για τις γενιές 1 μέχρι το z και* $w_{i=0}$ *για τις γενιές από το z μέχρι το το n.*
- $\Sigma^{n}_{i} w_i$ *η συνολική διαγενεακή ευημερία*

Συγκρίνοντας το 1ο και το 2ο τρόπο χρήσης είναι φανερό ότι $\Sigma^{n}_{i} u_{i>} \Sigma^{n}_{i} w_{i,}$ δηλαδή η βιώσιμη χρήση του πόρου οδηγεί σε μεγιστοποίηση της διαγενεακής ευημερίας σύμφωνα με το τροποποιημένο κριτήριο Pareto.

Τέλος, για τους μη ανανεώσιμους πόρους, αναγνωρίζεται ότι είναι δύσκολος ο καθορισμός κάποιου βιο-οικονομικού κριτηρίου που να εξασφαλίζει την διαθεσιμότητα των πόρων στις μελλοντικές γενιές. Από την μια πλευρά η κατανάλωση των εξαντλήσιμων πόρων από την παρούσα γενιά μειώνει το διαθέσιμο απόθεμα για τις μελλοντικές γενιές ενώ από την άλλη πλευρά η διαφύλαξη των πόρων για τις μελλοντικές γενιές περιορίζει την χρήση και κατ' επέκταση την οικονομική διαδικασία στο παρόν. Συνεπώς το ζήτημα της χρήσης των εξαντλήσιμων φυσικών πόρων ξεφεύγει από τα όρια της οικονομικής επιστήμης και απαιτεί την υιοθέτηση ηθικών κριτηρίων. Ένα κριτήριο που έχει προταθεί είναι η αποφυγή της χρήσης εξαντλήσιμων πόρων πέραν του ορίου που μπορούν να υποκατασταθούν από ανανεώσιμους (Georgescu-Roegen, 1979˙ Howarth, 1997).

1.3.4 Η Βαθιά Οικολογική Προσέγγιση

Η Βαθιά Οικολογική (ΒΟ) προσέγγιση βασίζεται στην οικολογική ηθική η οποία αναγνωρίζει εγγενή αξία σε όλα τα είδη-στοιχεία που περικλείουν τα γήινα οικοσυστήματα ανεξάρτητα από το εάν συμβάλουν άμεσα στην ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών. Σύμφωνα με στον σπουδαίο φιλόσοφο Arne Naess, ο οποίος θεμελίωσε την συγκεκριμένη προσέγγιση, ο όρος 'βαθιά οικολογία' ερμηνεύει την περιβαλλοντική κρίση ως απόρροια της παγκόσμιας άποψης και πρακτικής που τοποθετεί τα ανθρώπινα συμφέροντα ως ανώτερα από αυτά των υπόλοιπων έμβιων όντων της βιόσφαιρας (Naess, 1973). Συνεπώς, αφετηρία της ΒΟ προσέγγισης είναι η πεποίθηση ότι η οικολογική κρίση προέρχεται από την ανθρωποκεντρική θεώρηση των οικοσυστημάτων κυρίως στις χώρες της δύσης. Το κίνημα της βαθιάς οικολογίας θεωρεί ότι η περιβαλλοντική κρίση που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα αποδεικνύει την ανάγκη εναρμόνισης των ανθρωπογενών συστημάτων με τα φυσικά οικοσυστήματα.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ΒΟ προσέγγιση θεωρεί ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες θα πρέπει να διακατέχονται από την αναγνώριση ότι το ανθρώπινο είδος είναι απλά ένα μέρος της βιόσφαιρας και προτείνει την μετάβαση από ανθρωποκεντρική στην βιοκεντρική οικολογική ηθική. Ο βιοκεντρισμός βασίζεται στις ακόλουθες βασικές αρχές: (i) όλες οι μορφές ζωής είναι ανεξάρτητες (ii) όλα τα όντα-ανθρώπινα η μη- έχουν εγγενή αξία˙(iii) ο άνθρωπο δεν έχει προνόμια στην βιόσφαιρα˙(iv) και τέλος ο άνθρωπος δεν είναι ανώτερο είδος έναντι άλλων ειδών (Taylor, 1986˙ Jacob, 1994). Αξίζει να

σημειωθεί ότι η ΒΟ αποδέχεται και βασίζεται στις αρχές του βιοκεντρισμού χωρίς ωστόσο αυτό να σημαίνει ότι οι αρχές αυτές βασίζονται στην επιστημονική γνώση (Jacob, 1994). Επιπλέον, η ΒΟ προτείνει ότι αυτό που χρειάζεται είναι η αυτοπραγμάτωση ώστε να γίνει επαναπροσδιορισμός και επανασύνδεση των ανθρώπων με τα υπόλοιπα όντα της βιόσφαιρας (Devall και Sessions, 1985). Το πιο σημαντικό στοιχείο του επαναπροσδιορισμού είναι η αναγνώριση των δικαιωμάτων όλων των ειδών και στοιχείων της φύσης και ο σεβασμός τους από τον άνθρωπο.

Ο πίνακας 1.6 περιγράφει τις αρχές της ΒΟ από τις οποίες μπορούμε να διακρίνουμε. Ακολουθώντας τις αρχές που περιγράφει ο πίνακας είναι φανερό ότι σε επίπεδο πολιτικής η ΒΟ απαιτεί τον περιορισμό του πληθυσμού και την προστασία της βιοποικιλότητας των φυσικών οικοσυστημάτων. Επιπλέον, προτείνει ένα πλαίσιο οικονομικής ανάπτυξης όπου οι άνθρωποι περιορίζουν τις κοινωνικοοικονομικές τους δραστηριότητες ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες τους χωρίς να υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον. Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος επιτρέπεται όταν είναι αναγκαία για την ικανοποίηση ζωτικών αναγκών του ανθρώπου. Όσον αφορά τον ρόλο της τεχνολογίας, η ΒΟ μη παραβλέποντας την σημαντικότητα της για την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών, θεωρεί ότι δεν μπορεί να υποκαταστήσει τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των φυσικών οικοσυστημάτων.

Πίνακας 1.6: Βασικές Αρχές τις Βαθιάς Οικολογίας.

Πηγή: Devall και Sessions, 1985.

1	Αναγνωρίζεται ότι όλες οι μορφές ζωής (ανθρώπινες και μη ανθρώπινες) στην γη έχουν εγγενή αξία.
2	Η γονιμότητα και η ποικιλία όλων των ειδών ζωής συμβάλουν στην πραγμάτωση της εγγενής αξίας τους και έχουν αξία από μόνα τους.
3	Ο άνθρωπος δεν έχει ιδιαίτερα προνόμια στην γη που του δίνουν το δικαίωμα να μείωση τον πλούτο και την ποικιλία των μορφών ζωής με εξαίρεση την ικανοποίηση ζωτικών του αναγκών.

4	Η σημαντική μείωση του ανθρώπινου είδους είναι προϋπόθεση για την άνθιση της ανθρώπινης ζωής και του πολιτισμού καθώς και την μη ανθρώπινη ζωή.
5.	Ο βαθμός επίδρασης του ανθρώπου στην φύση είναι σημαντικά υψηλός και συνεχώς εντείνεται.
6.	Οι παρούσες πολιτικές που επηρεάζουν την οικονομική, τεχνολογική και ιδεολογική δομή πρέπει να μεταβληθούν προκειμένου να αλλάξει η κατάσταση προς το καλύτερο.
7.	Η ιδεολογική αλλαγή είναι αυτή που πρέπει να αφορά την επανεκτίμηση της ποιότητας ζωής και όχι την επιδίωξη ενός υψηλότερου επιπέδου ζωής σε οικονομικούς όρους με αυτό τον τρόπο θα επέλθει η αφύπνιση σχετικά με την διαφορά ανάμεσα στο υψηλό (σε αριθμούς) από το ωραίο.

1.4 Μετάβαση από Μονομερείς σε Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις: η Επιστήμη της Βιωσιμότητας

Η επιδίωξη της ΟΒΟΑ προϋποθέτει αφενός μεν την αποκωδικοποίηση και ερμηνεία της έννοιας της ΟΒΟΑ σε επιχειρησιακούς όρους, αφετέρου δε την εφαρμογή της σε επίπεδο πολιτικής. Από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι φανερό ότι το ζήτημα της ΟΒΟΑ έχει δεχτεί πολλές ερμηνείες μέχρι σήμερα βασιζόμενες στην γνώση και θεωρία τόσο μιας επιστήμης όσο και σε περισσότερες.

Όπως παρουσιάστηκε διεξοδικά στα υποκεφάλαιο 1.2.1 και 1.2.2, τα επιστημονικά παραδείγματα της ΑΒ και ΙΒ βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις και θέτουν διαφορετικές συνθήκες για την πραγμάτωση του στόχου της ΟΒΟΑ.

Το επιστημονικό παράδειγμα της ΑΒ θέτει ως συνθήκη ΟΒΟΑ την μη φθίνουσα χρησιμότητα ανά κάτοικο ορίζοντας την χρησιμότητα σε όρους εθνικού προϊόντος. Σε αυτό το πλαίσιο η βιώσιμη ανάπτυξη ταυτίζεται με την οικονομική ανάπτυξη που βαίνει

μη φθίνουσα στο χρόνο (οικονομική βιωσιμότητα) αντανακλώντας τις αρχές τις Νεοκλασικής Οικονομικής Σχολής. Με βάση την ΑΒ το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί να υποκαταστήσει σε μεγάλο βαθμό το φυσικό κεφάλαιο υπονοώντας την ικανότητα της τεχνολογικής προόδου να υποστηρίξει ένα μη φθίνον ΑΕΠ διαχρονικά. Σύμφωνα με την ΑΒ η βιόσφαιρα δεν έχει εγγενή αξία και η αξία της περιορίζεται σε εκείνους τους φυσικούς πόρους που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία και ονομάζονται φυσικό κεφάλαιο. Σε περίπτωση υπερεκμετάλλευσης του φυσικού κεφαλαίου που θα οδηγήσει στην σπανιότητα του τότε λειτουργεί ο μηχανισμός της αγοράς που αυξάνει την τιμή του και κάνει συμφέρουσα την υποκατάσταση του.

Από την άλλη πλευρά το επιστημονικό παράδειγμα της ΙΒ απαιτεί το φυσικό κεφάλαιο να είναι μη φθίνον διαχρονικά δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο ζήτημα της οικολογικής βιωσιμότητας. Σύμφωνα με την ΙΒ η οικονομική δραστηριότητα επηρεάζει και εξαρτάται από το φυσικό περιβάλλον και θα πρέπει να περιοριστεί σε προκαθορισμένα όρια που δεν μεταβάλουν την υγιή λειτουργία και εξέλιξη των οικοσυστημάτων. Στην ουσία η οικολογική βιωσιμότητα είναι προϋπόθεση της ΟΒΟΑ δεδομένου ότι η βασική υπόθεση της ΙΒ είναι ότι το φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο λειτουργούν συμπληρωματικά και μπορούν να υποκατασταθούν οριακά.

Σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής, την περίοδο πριν και αμέσως μετά την δημοσίευση της Brundtland δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην οικονομική βιωσιμότητα (οικονομική ανάπτυξη) με την οικολογική βιωσιμότητα να παίζει δευτερεύον ρόλο στην διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από την έντονη πεποίθηση ότι η τεχνολογία μπορεί να περιορίσει την ρύπανση που προκαλούν οι οικονομικές δραστηριότητες καθώς επίσης ότι η αγορά μέσω των τιμών μπορεί να ρυθμίσει τα ζητήματα σπανιότητας που δημιουργεί η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων της σημερινής γενιάς εις βάρος των μελλοντικών γενεών. Το επιστημονικό παράδειγμα της ΑΒ κυριαρχεί καθώς παρέχει ένα κανόνα βιώσιμης ανάπτυξης που εξυπηρετεί την ανάγκη για οικονομική μεγέθυνση ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο σχεδιασμός περιβαλλοντικών πολιτικών με άξονα την ΟΒΟΑ, που a priori έχει ως στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, έχει ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα και λαμβάνει υπόψη κυρίως την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών (π.χ πόσιμο νερό) και την διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων. Η προστασία των οικοσυστημάτων δεν είναι ολιστική αλλά μερική

και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε φυσικοχημικές παραμέτρους παρά σε βιολογικές-οικολογικές.

Σε θεωρητικό επίπεδο η δημοσίευση της Brundtland δίνει το έναυσμα για έναν γόνιμο επιστημονικό διάλογο που χαρακτηρίζεται από την συνειδητοποίηση ότι θα πρέπει να τεθούν όρια στην κοινωνικοοικονομική διαδικασία προκειμένου το πρότυπο ανάπτυξης να μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες της παρούσας και της μελλοντικής γενιάς. Σημαντικό ρόλο σε αυτό τον επιστημονικό διάλογο έπαιξε η εντεινόμενη περιβαλλοντική υποβάθμιση των οικοσυστημάτων της βιόσφαιρας και η σημαντική μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων με την παράλληλη αύξηση του πληθυσμού της γης. Σε αυτό το πλαίσιο αναπτύχθηκε το επιστημονικό παράδειγμα της ΙΒ αναδεικνύοντας τις κατά Kuhn (1962) «ανωμαλίες» του επιστημονικού παραδείγματος της ΑΒ και τις αντιφάσεις των υποθέσεων του που οδηγούν στην κρίση του. Για παράδειγμα, η υπόθεση της τέλειας υποκαταστασιμότητας ανάμεσα στο φυσικό κεφάλαιο και το ανθρωπογενές κρίνεται αβάσιμη καθώς τουλάχιστον ένα μέρος του φυσικού κεφαλαίου είναι αναντικατάστατο και επιβάλλεται η προστασία του (Common και Perrings, 1992). Το επιστημονικό παράδειγμα της ΙΒ έχει λιγότερο ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα και θέτει συνθήκες ΟΒΟΑ που «βελτιώνουν την ποιότητας ζωής όλων των όντων που περικλείνονται στα οικοσυστήματα» (Redclift, 1987). Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι η ΙΒ θέτει συνθήκες που είναι αρκετά περιοριστικές για την οικονομική διαδικασία χωρίς αυτό να είναι αναγκαίο (Bithas, 2008). Με αφετηρία την ΙΒ έχουν αναδυθεί διάφορες βιο-οικονομικές προσεγγίσεις που προσπαθούν να ενσωματώσουν και να εφαρμόσουν την οικολογική γνώση στην οικονομική διαδικασία (Bithas και Nikjamp, 2006˙ Bithas, 2008, Ekins et al., 2003).

Ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία ο επιστημονικός διάλογος γύρω από την ΟΒΟΑ και την βιωσιμότητα γενικότερα έχει θέσει τα θεμέλια για την εγκαθίδρυση μιας νέας επιστήμης, της επιστήμης της «βιωσιμότητας». Στόχος της επιστήμης της βιωσιμότητας είναι να επανακαθοριστεί η σχέση του ανθρώπου με την φύση και να διατυπωθούν σαφείς επιχειρησιακές συνθήκες για την αρμονική συνύπαρξη και εξέλιξη των οικοσυστημάτων της βιόσφαιρας και των ανθρωπογενών συστημάτων (Kates et al., 2000˙ Palmer et al., 2005˙Baumagartner και Quass, 2010). Το βασικό χαρακτηριστικό της επιστήμης της βιωσιμότητας είναι ότι πλέον θέτει την διεπιστημονικότητα και την ενσωμάτωση της επιστήμης της οικολογίας και βιολογίας ως απαραίτητη προϋπόθεση στον σχεδιασμό

ενός πλαισίου ΟΒΟΑ (Clark και Dickson, 2003). Ουσιαστικά επαναδιατυπώνεται το αίτημα της ΟΒΟΑ με σαφείς όρους και καλεί τις κοινωνικές επιστήμες και τους λήπτες αποφάσεων πρωτίστως να εξασφαλίσουν την οικολογική βιωσιμότητα και δευτερευόντως την οικονομική βιωσιμότητα. Από την άλλη πλευρά οι επιστήμες της οικολογίας και βιολογίας καλούνται να επικεντρώσουν την ερεύνα τους στην επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στις οικολογικές διαδικασίες με απτούς όρους ώστε να είναι δυνατό η οικολογική γνώση να συμπεριληφθεί στην πολιτική (Cash et al., 2003).

Σοβαρές προσπάθειες για την ενσωμάτωση της οικολογικής γνώσης στην λήψη των αποφάσεων έχει γίνει και σε επίπεδο περιβαλλοντικής πολιτικής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα και η Αμερικάνικη Πράξη Καθαρών Υδάτων που παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Οι συγκεκριμένες πολιτικές εισάγουν βιολογικές παραμέτρους στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών τους στόχων εισάγοντας τις έννοιες της καλής οικολογικής κατάστασης και της βιολογικής ακεραιότητας. Ωστόσο σημειώνεται ότι οι πολιτικές διέπονται από ανθρωποκεντρισμό καθώς δίνουν το περιθώριο απόκλισης από τους περιβαλλοντικούς στόχους εάν το κόστος επίτευξης τους προκαλεί δυσανάλογα μεγάλο κοινωνικοοικονομικό κόστος. Το ερώτημα που προκύπτει είναι η μεθοδολογία εκτίμησης του κοινωνικοοικονομικού κόστους κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας που προκαλεί η μη αναστρέψιμη υποβάθμιση των οικοσυστημάτων στις μελλοντικές γενιές.

Συνεπώς προκύπτει από την ανάλυση μας ότι βρισκόμαστε σε μια μεταβατική περίοδο όπου ο επιστημονικός διάλογος επικεντρώνεται κυρίως σε προσεγγίσεις που ζήτημα της ΟΒΟΑ επιζητά συνέργια ανάμεσα στους επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων και αρκετά κοντά στην εκδήλωση μιας επιστημονικής επανάστασης που θα θέσει τα θεμέλια για την επιστήμη της βιωσιμότητας.

2.1 Γενικά

Η Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη (ΟΒΟΑ) είναι ο άξονας προτεραιότητας στις πολιτικές που σχεδιάζονται για την προστασία και την διατήρηση των οικοσυστημάτων. Σε αυτά το πλαίσιο το ζήτημα της ΟΒΟΑ έχει επιχειρησιακά ορισθεί, όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 1, μέσα από διάφορες προσεγγίσεις. Ωστόσο, ο διάλογος για τον επιχειρησιακό ορισμό της ΟΒΟΑ φαίνεται να είναι ατελείωτος καθώς δεν υπάρχει ομοφωνία ανάμεσα στις διάφορες προσεγγίσεις σχετικά με την ερμηνεία και την επιχειρησιακή εφαρμογή του ζητήματος της ΟΒΟΑ ώστε να εφαρμοστεί σε επιχειρησιακό επίπεδο. Αντικειμενικός σκοπός του κεφαλαίου είναι να εξετάσει κατά πόσο οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ είναι επιχειρησιακά εφαρμόσιμες και ελκυστικές σε επίπεδο άσκηση πολιτικής. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η σχέση ανάμεσα στις παρούσες πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με τέσσερις αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ. Στην ουσία σε αυτό το κεφάλαιο η ανάλυση επικεντρώνεται γύρω από το ερώτημα: σε ποιο βαθμό οι παρούσες πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα αντανακλούν τις υποθέσεις και τις συνθήκες που θέτουν οι αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ;

Μέσα στον τελευταίο αιώνα η κυριαρχία του ανθρώπου στον πλανήτη έχει οδηγήσει σε μεγάλης κλίμακας περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες έχουν προκαλέσεις ραγδαίες και σημαντικές αλλαγές στα γήινα οικοσυστήματα (Vitousek et al., 1997). Με δεδομένο ότι τα οικοσυστήματα προσφέρουν οικολογικές υπηρεσίες και αγαθά για την επιβίωση του ανθρώπου, η διατήρηση της υγιούς λειτουργίας και εξέλιξης των οικοσυστημάτων είναι απαραίτητη. Ανεξάρτητα από αυτή την ανθρωποκεντρική άποψη, τα μη-ανθρώπινα όντα- όπως τα ζώα, τα φυτά, ακόμα και τα ανόργανα στοιχεία της φύσης- έχουν εγγενή αξία και δικαιώματα και πρέπει να διατηρηθούν για το δικό μας και το δικός τους καλό (Naess, 1989). Σε αυτό το πλαίσιο, η επίτευξη της ΟΒΟΑ θεωρείται ένα μονοπάτι εξέλιξης το οποίο δυνητικά μπορεί να αντιμετωπίσει την περιβαλλοντική υποβάθμιση της

γης και να οδηγήσει στην αρμονική συνύπαρξη οικοσυστημάτων και ανθρωπογενών συστημάτων.

Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί πολλές επιστημονικές προσεγγίσεις για τον επιχειρησιακό ορισμό της ΟΒΟΑ προερχόμενες κυρίως από διαφορετικές απόψεις σε σχέση με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των μελλοντικών γενεών. Ωστόσο το ζήτημα της βιωσιμότητας παραμένει ασαφές και ευρύτατα διαστρεβλωμένο παρόλο που έχουν περάσει πολλά χρόνια από την δημοσίευση της αναφοράς Brundtland (Meadows et al., 2004). Σε αυτό το πλαίσιο παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον η εξέταση αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ σε επίπεδο άσκησης πολιτικής. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού επιλέχθηκαν δύο πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα, που συμπεριλαμβάνουν και τα παράκτια οικοσυστήματα που αποτελούν το αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας διατριβής: η Αμερικάνικη Πράξη Καθαρών Υδάτων (Clean Water Act) και η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Water Framework Directive). Η επιλογή των εν λόγω πολιτικών δεν είναι τυχαία αλλά βασίζεται στο γεγονός ότι (i) η Αμερικάνικη Πράξη Καθαρών Υδάτων (ΠΚΥ) θεωρείται μία ώριμη πολιτική καθώς θεσμοθετήθηκε το 1972 και έχει αναθεωρηθεί και ισχυροποιηθεί τρεις φορές από τότε, το 1972,1981 και το 1987 και (ii) η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ) είναι ένα σχετικά νέο νομοθετικό πλαίσιο σε σχέση με την ΠΚΥ, που προέκυψε από μια δωδεκάχρονη και επίπονη διαδικασία πολιτικού σχεδιασμού στην οποία εμπεριέχεται η γνώση και εμπειρία επιστήμονες και λήπτες αποφάσεων.

Σε αυτό το πλαίσιο διερευνάται εάν η ΠΚΥ και η ΟΠΥ διέπονται από τις ίδιες αρχές και υποθέσεις που οι αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ βασίζονται. Για την συσχέτιση της πολιτικής με την θεωρία έχουν επιλεχθεί τέσσερις βασικές διαστάσεις: (i) η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα (ii) η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και ανθρωπογενές κεφάλαιο (iii) ο προσδιορισμός περιβαλλοντικών στόχων (iv) η σπουδαιότητα του οικονομικού κόστους στην διαδικασία λήψης αποφάσεων.

2.2 Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη: Σχολές Σκέψεις και Προσεγγίσεις

Όπως ήδη έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 1, ο όρος ΟΒΟΑ έγινε ιδιαίτερα γνωστός από την δημοσίευση της αναφοράς Brundtland (WCED, 1987). Από την δημοσίευση της αναφοράς Brundtland μέχρι σήμερα, το ζήτημα της ΟΒΟΑ απασχολεί την επιστημονική κοινότητα με αποτέλεσμα να έχουν προταθεί αρκετές προσεγγίσεις για την επίτευξη της (Barbier, 1987˙ Pearce et al., 1993˙ Goodland and Ledec, 1987˙ Van de Bergh and Nikjamp, 1991˙ Daly, 1990˙ Bishop, 1978˙ Ekins et al., 2003˙Pezzey, 1989˙Bithas and Nikjamp, 2006). Να σημειωθεί ότι πριν την δημοσίευση της αναφοράς Brundtland, υπήρχαν ήδη προσεγγίσεις που λάμβαναν υπόψη τους σχεδόν ίδια ζητήματα με αυτά που θέτει η ΟΒΟΑ (Ciriacy-Wantrup 1952, Bishop 1978). Ωστόσο, επικρατεί μια σύγχυση για την χρήση του όρου βιώσιμη ανάπτυξη καθώς οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τις ίδιες λέξεις για να περιγράψουν πολλοί διαφορετικούς σκοπούς, τρόπους και μεθόδους για την επίτευξη της (Hopwood et al., 2005).

Γενικά, ο επιστημονικός διάλογος γύρω από την ερμηνεία και την πρακτική εφαρμογή της ΟΒΟΑ έχει οδηγήσει σε δύο αντικρουόμενα επιστημονικά παραδείγματα προερχόμενα από διαφορετικές σχολές οικονομικής σκέψης: την ασθενή βιωσιμότητα της νεοκλασικής οικονομικής σχολής και την ισχυρή βιωσιμότητα της σχετικά νέας σχολής των οικολογικών οικονομικών. Η βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο επιστημονικά παραδείγματα προέρχεται από το γεγονός ότι η σχολή της ισχυρής βιωσιμότητας απορρίπτει την υπόθεση της ασθενούς βιωσιμότητας ότι το φυσικό κεφάλαιο μπορεί να υποκατασταθεί από το ανθρωπογενές κεφάλαιο. Αντίθετα το παράδειγμα της ισχυρούς βιωσιμότητας υποστηρίζει ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί μόνο να συμπληρώσει το φυσικό κεφάλαιο (Daly, 1996). Συνεπώς σκοπός μιας προσέγγισης ΟΒΟΑ είναι ο προσδιορισμός μιας αποδεκτής ισορροπίας ανάμεσα στην ανθρώπινη κοινωνία και το φυσικό οικοσύστημα (Sveiby, 2009).

Παρακάτω παρουσιάζονται επιγραμματικά τέσσερις αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ χωρίς ωστόσο να τις κατατάσσουμε σε κάποιο από τα προαναφερόμενα επιστημονικά παραδείγματα. Στόχος είναι η ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών κάθε προσέγγισης και όχι η κατάταξη της σε κάποιο επιστημονικό παράδειγμα.

i. Η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας ανά πολίτη (ΜΦΧ)

Σύμφωνα με την προσέγγισης της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας ανά πολίτη (ΜΦΧ) το κοινωνικοοικονομικό και το φυσικό σύστημα είναι ανεξάρτητα συστήματα. Με αυτή την παραδοχή ως σημείο αναφοράς, η προσέγγιση ΜΦΧ ορίζει ως αναγκαία συνθήκη για την βιώσιμη ανάπτυξη την μη φθίνουσα χρησιμότητα ανά πολίτη (Pezzey, 1989). Με δεδομένο ότι ο βασικός δείκτης της χρησιμότητας είναι το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) προκύπτει ότι η προσέγγιση ΜΦΧ προτείνει ότι για όσο το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι μη φθίνον, η βιώσιμη ανάπτυξη διασφαλίζεται. Επιπλέον η ΜΦΧ προσέγγιση προτείνει ότι για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης είναι απαραίτητη η διατήρηση του συνολικού κεφαλαίου όπου το συνολικό κεφάλαιο είναι το άθροισμα του φυσικού και του ανθρωπογενές κεφαλαίου (Devkota, 2005; Hediger, 2000).

Η βασική υπόθεση της ΜΦΧ προσέγγισης είναι ότι το φυσικό κεφάλαιο μπορεί να υποκατασταθεί από το ανθρωπογενές κεφάλαιο. Συνεπώς, σύμφωνα με την εν λόγω προσέγγιση (i) η εξάντληση συγκεκριμένων φυσικών πόρων δεν αποτελεί λόγω ανησυχίας εάν η αύξηση στις άλλες μορφές κεφαλαίου μπορεί να διατηρήσει ή να αυξήσει την συνολική ευημερία μέσα στο χρόνο (ii) και η απεριόριστη υποκατάσταση των φυσικών πόρων υποστηρίζεται από τη τεχνολογική πρόοδο. Σε αυτό το πλαίσιο οι μελλοντικές γενιές μπορούν με λιγότερο φυσικό κεφάλαιο να απολαμβάνουν τουλάχιστον την ίδια χρησιμότητα με τις παρούσες γενιές.

ii. Η προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων (ΑΚΟ)

Η προσέγγιση των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων (ΑΚΟ) στην αρχική της μορφή προτάθηκε ως κριτήριο αξιολόγησης προκειμένου να συμπεριληφθεί η ανάλυση κόστους-οφέλους στην διαδικασία λήψης αποφάσεων για νέες επενδύσεις. Η προσέγγιση ΑΚΟ αναγνωρίζει την ανάγκη να συμπεριληφθούν περιβαλλοντικές παράμετροι στην αξιολόγηση νέων επενδύσεων. Η προσέγγιση ΑΚΟ προέκυψε από την παραδοχή ότι οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες (με την μορφή επενδύσεων) μπορούν να προκαλέσουν την εξαφάνιση ειδών με άμεση πιθανή συνέπεια την μη αναστρέψιμη συρρίκνωση των φυσικών αποθεμάτων και την πρόκληση σοβαρών κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων. Επιπλέον, η μη αναστρέψιμη εξαφάνιση ειδών

δυνητικά μειώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Σε αυτό το πλαίσιο η προσέγγιση ΑΚΟ προτείνει την προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων των κρίσιμων ειδών με την προϋπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό κόστος για να γίνει αυτό δεν είναι αναπόδεκτα μεγάλο (Ciriacy-Wantrup 1952, Bishop 1978). Η λογική των ΑΚΟ μπορεί να επεκταθεί σε όλα τα περιβαλλοντικά είδη, διαδικασίες και λειτουργίες που είναι αναγκαία για την υγιή λειτουργία των οικοσυστημάτων. Δηλαδή η συνθήκη που θέτει η προσέγγιση ΑΚΟ μπορεί τροποποιηθεί ως εξής: προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων των κρίσιμων ειδών, λειτουργιών και διαδικασιών με την προϋπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκύπτει δεν είναι αναπόδεκτα (δυσανάλογα) μεγάλο.

iii. Η προσέγγιση της προστασίας του Κρίσιμου Φυσικού κεφαλαίου (ΚΦΚ)

Η προσέγγιση της προστασίας του Κρίσιμου Φυσικού κεφαλαίου (ΚΦΚ) προτείνει ως επιχειρησιακή συνθήκη για την ΟΒΟΑ την προστασία του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου. Ως κρίσιμο φυσικό κεφάλαιο χαρακτηρίζεται το μέρος εκείνο του κεφαλαίου που εκτελεί σημαντικές και αναντικατάστατες περιβαλλοντικές λειτουργίες που δεν μπορούν να υποκατασταθούν από άλλες μορφές κεφαλαίου (Ekins et al., 2003˙ Brand, 2009).

Οι περιβαλλοντικές λειτουργίες που χαρακτηρίζονται σημαντικές και αναντικατάστατες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: ‘λειτουργίες από το φυσικό κεφάλαιο’ και ‘λειτουργίες για τον άνθρωπο’(Ekins et al., 2003˙O’Connor 2000). Οι λειτουργίες από το φυσικό κεφάλαιο ρυθμίζουν και διατηρούν την οικολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων, ενώ οι λειτουργίες για τον άνθρωπο συνεισφέρουν στην ευημερία των ανθρώπων με την προσφορά οικολογικών αγαθών και υπηρεσιών.

Το πιο καθοριστικό σημείο της προσέγγισης των ΚΦΚ είναι ο προσδιορισμός της κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου. Η κρισιμότητα του φυσικού κεφαλαίου σύμφωνα με την εν λόγω προσέγγιση καθορίζεται από δύο παράγοντες: την σημαντικότητα (importance) και το βαθμό απειλής (degree of threat) του φυσικού κεφαλαίου. Η σημαντικότητα του φυσικού κεφαλαίου βασίζεται σε ανθρωποκεντρικά και οικο-

κεντρικά κριτήρια που σημαίνει ότι όχι μόνο οικολογικοί αλλά και κοινωνικοοικονομικοί ή πολιτικοί παράγοντες μπορούν να προσδιορίσουν την κρισιμότητα του φυσικού κεφαλαίου. Σχετικά με τον βαθμό απειλής, η προσέγγιση ΚΦΚ προτείνει την προστασία του φυσικού κεφαλαίου όταν αυτό κινδυνεύει ή αντιμετωπίζει μη αντιστρέψιμη φθορά. Σε αυτό το πλαίσιο έχουν προταθεί πολλά κριτήρια όπως η οικολογική ακεραιότητα ή η προσαρμοστικότητα του οικοσυστήματος (Brand, 2009).

iv. Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ)

Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) προτείνει ως αναγκαία συνθήκη για την ΟΒΟΑ την διατήρηση των κρίσιμων βιολογικών και οικολογικών ορίων των περιβαλλοντικών ειδών και διαδικασιών που διασφαλίζουν την βιολογική και οικολογική ακεραιότητα των οικοσυστημάτων (Bithas, 2008; Bithas and Nijkamp, 2006). Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, ένα πλαίσιο ΟΒΟΑ πρέπει συστηματικά να λαμβάνει υπόψη του την ευημερία των μελλοντικών γενεών. Συνεπώς η ΟΒΟΑ αποτελεί ένα ζήτημα της διαγενεακής μεγιστοποίησης της ευημερίας. Σε αυτό το πλαίσιο, η εν λόγω προσέγγιση προτείνει ως αναγκαία συνθήκη την υγιή οικολογική και βιολογική λειτουργία καθώς και την εξέλιξη των οικοσυστημάτων ώστε να εξασφαλιστεί η περιβαλλοντική δυνατότητα για αποτελεσματική εξέλιξη της διαγενεακής ευημερίας. Με την προστασία των κρίσιμων ορίων των κρίσιμων περιβαλλοντικών 'αποθεμάτων' διασφαλίζεται η οικολογική ακεραιότητα του οικοσυστήματος.

Επιπλέον, η προσέγγιση ΚΒΟ προτείνει την αποφυγή της εξαφάνισης περιβαλλοντικών ειδών προκειμένου να προστατευτεί η βιοποικιλότητα που θα κληρονομηθεί στις μελλοντικές γενιές.

Σχετικά με την χρήση των πόρων, η προσέγγιση ΚΒΟ προτείνει:(i) για τους ανανεώσιμους και εξαντλήσιμους πόρους η χρήση να μην ξεπερνάει την βιώσιμη απόδοση του πόρου(ii) για τους μη ανανεώσιμους πόρους, αναγνωρίζεται ότι είναι δύσκολος ο καθορισμός κάποιου βιο-οικονομικού κριτηρίου. Θεωρείται ότι το ζήτημα είναι ηθικό και θα ήταν χρήσιμο κάποιο κριτήριο που να οδηγεί στην αποφυγή της χρήσης μη ανανεώσιμων πόρων πέραν του ορίου που μπορούν να υποκατασταθούν από ανανεώσιμους (Georgescu-Roegen, 1979˙ Howarth, 1997).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η προσέγγιση ΚΒΟ βασίζεται στην υπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό σύστημα εξαρτάται από το φυσικό σύστημα καθώς είναι υποσύστημα αυτού (Passet, 1979). Συνεπώς η προστασία του κοινωνικοοικονομικού συστήματος επιβάλλεται ανεξάρτητα από το πιθανό κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκαλεί.

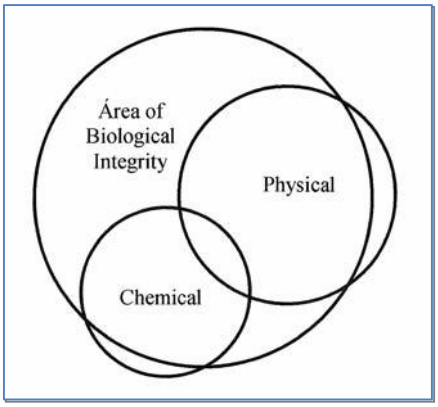
2.3 Περιβαλλοντικές Πολιτικές για την Διαχείριση των Υδάτινων Οικοσυστημάτων

2.3.1 Η Πράξη Καθαρών Υδάτων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής

Ο στόχος της Ομοσπονδιακής Πράξης για τον Έλεγχο της Ρύπανσης των Υδάτων, ευρύτατα γνωστή ως Πράξη Καθαρών Υδάτων (ΠΚΥ), είναι η αποκατάσταση και διατήρηση της οικολογικής ακεραιότητας των υδάτων του έθνους της Αμερικής. Για την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας, η ΠΚΥ θέτει ενδιάμεσο στόχο για 'ποιότητα υδάτων, όταν αυτό είναι δυνατό, που προσφέρεται για την προστασία και την αναπαραγωγή ψαριών, οστρακοειδών και της άγριας ζωής ενώ παράλληλα είναι κατάλληλη για αναψυχή' (U.S code title 33, section 1251 (a) (2)). Η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (USEPA) ερμήνευσε αυτό τον ενδιάμεσο στόχο ώστε να περιλαμβάνει εκτός από ψάρια, οστρακοειδή και άγρια ζωή κάθε είδος που υπάρχει και κατοικεί σε ένα σώμα νερού (USEPA, 1994˙ Davies et al. 2006).

Η οικολογική ακεραιότητα ενός οικοσυστήματος στην ΠΚΥ συμπεριλαμβάνει τρία ξεχωριστά στοιχεία, τη φυσική, τη χημική και τη βιολογική ακεραιότητα. Η σημαντικότητα κάθε στοιχείου στον καθορισμό της οικολογικής ακεραιότητας σταδιακά έχει μεταβληθεί. Μέχρι την δεκαετία του '90, με τον όρο οικολογική ακεραιότητα εννοούνταν το χημικά καθαρό νερό καθώς σε επίπεδο άσκησης πολιτικής επικρατούσε η αντίληψη ότι η ρύπανση των υδάτων μπορούσε να καταπολεμηθεί από τις επιστήμες της μηχανικής που προσέφεραν άμεσες μεθόδους για την καταπολέμηση της χημικής ρύπανσης (Karr, 1991). Ωστόσο η παραδοχή ότι παρά τον έλεγχο των χημικών ρύπων, συνεχιζόταν η περιβαλλοντική υποβάθμιση των βιολογικών στοιχείων των υδάτινων πόρων οδήγησε σταδιακά τις υπηρεσίες διαχείρισης των υδάτινων πόρων να στραφούν σε πιο ολοκληρωμένες προσεγγίσεις που θα συμπεριλάμβαναν βιολογικούς δείκτες και δείκτες βιοτόπων. Σε αυτό το πλαίσιο, θεωρείται ότι η σχέση ανάμεσα στην χημική,

φυσική και βιολογική ακεραιότητα είναι δυναμική και δυσανάλογη όπως περιγράφει το σχήμα 2.1 (Yoder, 1995).



Σχήμα 2.1: Η σχέση ανάμεσα στην οικολογική, χημική και φυσική ακεραιότητα.

Πηγή:Yoder (1995)

Η οικολογική ακεραιότητα εξαρτάται κυρίως από την βιολογική ακεραιότητα καθώς η περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αποτυχία του συστήματος να υποστηρίξει τις βιολογικές διαδικασίες στο επιθυμητό επίπεδο (Constanza et al., 1992˙ Karr 1991). Η βιολογική ακεραιότητα ορίζεται ως 'η ικανότητα υποστήριξης και διατήρησης μιας ισορροπημένης, ολοκληρωμένης και προσαρμόσιμης κοινωνίας οργανισμών που έχει σύνθεση, ποικιλία και λειτουργική οργάνωση ειδών που συναντάτε σε περιοχές με καθόλου ή ελάχιστη ανθρώπινη επιρροή' (Karr and Dudley, 1981˙ Karr and Chu 2000). Συνεπώς, προκύπτει ότι τα μέτρα πολιτικής που επικεντρώνονται στην βιολογική κατάσταση των οικοσυστημάτων μπορούν να αποδειχτούν χρήσιμα εργαλεία για τις υπηρεσίες διαχείρισης των υδάτινων πόρων (Barbour et al., 2000). Υιοθετώντας τους παραπάνω ορισμούς και λογική, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος τις τελευταίες δεκαετίες δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην εκτίμηση της κατάσταση της βιολογικής κοινότητας με δείκτες όπως είναι η ποικιλία και η σύνθεση ειδών καθώς και οι λειτουργικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς που ζουν στο εσωτερικό της (Karr, 1993˙ Karr, 2000).

Η ΠΚΥ, που αφορά σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης, παρέχει διάφορα εργαλεία για την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας. Το πιο σημαντικό από όλα είναι το Πρόγραμμα Προτύπων και Κριτηρίων Ποιότητας Υδάτων (Water Quality Standards and Criteria Program -Section 303c) σύμφωνα με το οποίο κάθε πολιτεία πρέπει να υιοθετήσει τέτοια Πρότυπα Ποιότητας Υδάτων (Water Quality Standards) ώστε να είναι κατάλληλα για την προστασία της δημόσιας υγείας και ευημερίας, να προάγουν την ποιότητα υδάτων και να εξυπηρετούν τους στόχους της ΠΚΥ. Ένα πρόγραμμα Προτύπων Ποιότητας Υδάτων προσδιορίζει 'τους στόχους ποιότητας για ένα υδάτινο σώμα μέσα από τον καθορισμό των χρήσεων που μπορεί να γίνει σε αυτό καθώς και τον προσδιορισμό κριτηρίων για την προστασία αυτών των χρήσεων'(USEPA, 1983, CFR, Title 49, Part 131, *§* 131.2*)*. Ένα υδάτινο σώμα δημιουργεί ευημερία διαφόρων ειδών (υδρόβια ζωή, πόσιμο νερό, αναψυχή κ.α) μέσα από τις χρήσεις νερού (Stephenson et al., 1998). Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες χρήσεων νερού: οι ανθρώπινες χρήσεις (πόσιμο νερό, προσφορά νερού για γεωργική χρήση κ.α) και οι χρήσεις υδρόβιας ζωής (ωοτοκία, ψάρεμα αναψυχής κ.α). Οι χρήσεις υδρόβιας ζωής σύμφωνα με την ΠΚΥ είναι υποχρεωτικές σε κάθε υδάτινο σώμα-όταν αυτό είναι εφικτό-καθώς αντανακλούν τον στόχο για οικολογική ακεραιότητα. Συνεπώς κάθε πολιτεία στην ουσία αποφασίζει για τις ανθρώπινες χρήσεις και σε ποιο βαθμό αυτές δεν επηρεάζουν αρνητικά τις χρήσεις υδρόβιας ζωής που είναι υποχρεωτικές. Σύμφωνα με την ΠΚΥ πρέπει να ακολουθούνται οι εξής κανόνες για καθορισμό των χρήσεων των υδάτων: (i) οι χρήσεις θα πρέπει τουλάχιστον να αντανακλούν την ποιότητα υδάτων που υπάρχει με τις υπάρχουσες χρήσεις (ii) μια χρήση που δεν είναι ήδη υπάρχουσα μπορεί να καταργηθεί εάν η επίτευξη της είναι μη εφικτή και (iii) μια χρήση που αφορά την μεταφορά ή την αφομοίωση λυμάτων δεν μπορεί να υιοθετηθεί.

Σε αυτό το πλαίσιο κάθε πολιτεία είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τα υδάτινα της σώματα προκειμένου να προσδιορίσει εάν πετυχαίνει τα πρότυπα ποιότητας υδάτων που έχει ορίσει καθώς και να αναφέρει περιοδικά στην υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος την κατάσταση της ποιότητας των υδάτων της (Section 305(b); and Section 303(d)). Στην περίπτωση που τα πρότυπα ποιότητας υδάτων επιτυγχάνονται, κάθε πολιτεία είναι υποχρεωμένη να αναπτύξει κανόνες και διαδικασίες υλοποίησης –όπως πολιτικές εναντίον της υποβάθμισης-για να προστατεύσει τις υπάρχουσες χρήσεις υδάτων και να διατηρήσει την ποιότητα υδάτων σε αποδεκτά επίπεδα. Αντίθετα, τα υδάτινα σώματα

που αποτυγχάνουν να επιτύχουν τα πρότυπα ποιότητας υδάτων συμπεριλαμβάνονται στην λίστα των διαταραγμένων υδάτων (Section 303(d)). Όταν ένα υδάτινο σώμα καταταχθεί στην λίστα των διαταραγμένων υδάτων, η υπεύθυνη πολιτεία είναι υποχρεωμένη να αναπτύξει έναν τύπο συνολικά μέγιστης ημερήσια εισροής (Total Maximum Daily Load (TMDL)) προκειμένου να αντιμετωπίσει την βλάβη και να υλοποιήσει μετρήσεις για την αποκατάσταση των υδάτων προκειμένου να ικανοποιούνται οι καθορισμένες χρήσεις (Keller and Cavallaro, 2008). Τα TMDL είναι προϋπολογισμοί ρυπαντών για ένα συγκεκριμένο υδάτινο σώμα που όταν δεν ξεπερνιούνται οδηγούν σε εναρμόνιση με τα πρότυπα ποιότητας υδάτων.

Ο κανονισμός προτύπων ποιότητας υδάτων αφήνει το περιθώριο να ληφθούν υπόψη οικονομικοί παράγοντες κατά την διαδικασία προσδιορισμού, επιβολής και μεταβολής προτύπων ποιότητας υδάτων σε δύο περιπτώσεις (section 131.10 and 131.12): (i) όταν οι στόχοι ποιότητας υδάτων προκαλούν ουσιαστικές και μεγάλες σε έκταση κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, ο κανονισμός δίνει το περιθώριο να καταργηθεί μια καθορισμένη χρήση (USEPA, 1995) και˙ (ii) όταν η υποβάθμιση της ποιότητας νερού σε υδάτινα σώματα με υψηλή ποιότητα μπορεί να επιφέρει σοβαρή οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη(section 131.12). Συγκεκριμένα η υποβάθμιση των υδάτων υψηλής ποιότητας μπορεί να συνεχιστεί μέχρι το σημείο που τα οφέλη από την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη υπερέχουν από το κόστος μείωσης της ποιότητας των υδάτων (USEPA, 1995). Ωστόσο να σημειωθεί ότι σε καμία περίπτωση η ποιότητα υδάτων δεν μπορεί να πέσει σε επίπεδο τέτοιο που να μην υποστηρίζονται οι υπάρχουσες και καθορισμένες χρήσεις νερού (USEPA, 1995). Δεδομένου ότι η χρήσεις υδρόβιας ζωής είναι υποχρεωτικές, η ποιότητα νερού θα πρέπει να αντανακλά τουλάχιστον αυτές τις χρήσεις. Συνεπώς η κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη μπορεί να συνεχιστεί μέχρι ένα προκαθορισμένο επίπεδο ποιότητας υδάτων που υποστηρίζει τις υπάρχουσες και καθορισμένες χρήσεις νερού. Η υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος παρέχει έναν οικονομικό οδηγό χρήσιμο στην περίπτωση επιθυμίας απόκλισης από τα πρότυπα ποιότητας υδάτων και κατάργησης ή επαναπροσδιορισμού μίας καθορισμένης χρήσης νερού (USEPA, 1995). Ο εν λόγω οδηγός συμπεριλαμβάνει μεθόδους εκτίμησης για τον υπολογισμό των κοινωνικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τον έλεγχο της ρύπανσης προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της ΠΚΥ. Το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται περισσότερο από την γνώση και την κρίση των ειδικών και λιγότερο από τις

αντικειμενικές οδηγίες καθώς οι προτεινόμενες μέθοδοι αποτίμησης αναπτύσσονται κατά περίπτωση.

Αντίθετα με τα πρότυπα ποιότητας υδάτων, ο προσδιορισμός κριτηρίων ποιότητας υδάτων δεν λαμβάνει υπόψη κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Από την στιγμή που μια χρήση νερού έχει καθοριστεί, τα κριτήρια υδάτων που είναι απαραίτητα για την υποστήριξη της υιοθετούνται ανεξάρτητα από το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκαλούν.

2.3.2 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα

Το βασικό χαρακτηριστικό της οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατά (ΟΠΥ) είναι ότι υποχρεώνει να κράτη-μέλη να υιοθετήσουν μια ολιστική προσέγγιση για την διαχείριση των υδάτων αντανακλώντας το πέρασμα από τομεακές σε ολιστικές περιβαλλοντικές πολιτικές (Solimini et al, 2009; Borja, 2005). Η ΟΠΥ αναγνωρίζει ότι «το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης» (Πρώτη πρόταση της ΟΠΥ, 2000) και στοχεύει να προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων (άρθρο 1 (b) της ΟΠΥ). Με αυτό τον τρόπο η ΟΠΥ θέτει ένα διαγενεακό ζήτημα και προσπαθεί να προσφέρει κριτήρια και μηχανισμούς για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης στη πράξη. Η ΟΠΥ ενοποιεί όλες τις προηγούμενες νομοθεσίες σε ένα κοινό πλαίσιο, θέτει συνολικούς στόχους ποιότητας για την οικολογική κατάσταση και καλύπτει την προστασία των επιφανειακών, υπόγειων, μεταβατικών και παράκτιων υδάτων.

Ο βασικός περιβαλλοντικός στόχος της ΟΠΥ είναι η επίτευξη της ‘καλής κατάστασης’ των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων μέχρι το 2015 (Article 4.1 of the WFD) και η παρεμπόδιση της μη περαιτέρω περιβαλλοντικής υποβάθμισης των υδατικών οικοσυστημάτων. Η ΟΠΥ καθορίζει την καλή κατάσταση βάση οικολογικών και χημικών παραμέτρων καθώς βάση με την διαθεσιμότητα νερού (Article 1). Το κεντρικό και καινοτόμο σημείο για τα ευρωπαϊκά δεδομένα είναι ότι η ΟΠΥ συμπεριλαμβάνει την οικολογική κατάσταση στο πλαίσιο εκτίμησης της περιβαλλοντικής ποιότητας των υδατικών οικοσυστημάτων. Η ΟΠΥ ορίζει την οικολογική κατάσταση ως μία ‘ποιοτική

έκφραση της διάρθρωσης και της λειτουργίας υδάτινων οικοσυστημάτων που συνδέονται με επιφανειακά ύδατα, η οποία ταξινομείται σύμφωνα με το παράρτημα V'(άρθρο 2 (21) της ΟΠΥ).

Πιο συγκεκριμένα η Καλή Οικολογική Κατάσταση (ΚΟΚ) είναι η κατάσταση ενός συστήματος επιφανειακών υδάτων στο οποίο οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων (π.χ. Φυτοπλαγκτόν, ζωοβένθος, φυτοβένθος) του συστήματος επιφανειακών υδάτων εμφανίζουν χαμηλού επιπέδου αλλοιώσεις λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων αλλά παραλλάσσουν μόνον ελαφρώς από τις τιμές που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το τυπικό σύστημα των επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες (ΟΠΥ, Παράρτημα V). Σύμφωνα με το παράρτημα V, η οικολογική κατάσταση συμπεριλαμβάνει βιολογικά, υδρομορφολογικά και φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία με τα βιολογικά στοιχεία να παίζουν πρωταρχικό ρόλο (Gamito, 2008; Borja, 2005). Οι τιμές των υδρομορφολογικών (π.χ. διακύμανση βάθους, δομή και υπόστρωμα της ακτής) και των φυσικοχημικών στοιχείων (π.χ. αλατότητα, διαφάνεια, θρεπτικά) πρέπει να είναι σε συνέπεια με τις απαιτούμενες τιμές των βιολογικών στοιχείων για την επίτευξη της ΚΟΚ. Επιπλέον απαιτείται καλή χημική κατάσταση για την διασφάλιση της ΚΟΚ (Moss, 2008). Η χημική κατάσταση ορίζεται ως καλή όταν οι συγκεντρώσεις ρύπων δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας που έχουν καθιερωθεί σε ευρωπαϊκό ή διεθνές επίπεδο.

Η αναγνώριση ότι 'αυτό που συμβαίνει στα ύδατα ουσιαστικά εξαρτάται από αυτό που συμβαίνει στο έδαφος' (Moss, 2008) εκφράζεται στην ΟΠΥ με την υιοθέτηση της λεκάνης απορροής ποταμού ως μονάδα διαχείρισης για την εφαρμογή της ΟΠΥ. Συνεπώς, η ΟΠΥ αναγνωρίζει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και την κατάσταση της ποιότητας τον υδάτων παρέχοντας εργαλεία διαχείρισης των υδάτων και του εδάφους. Κάθε περιοχή λεκάνη απορροής ποταμού αντανακλά τα όρια του κοινωνικοοικονομικού συστήματος που πρέπει να διατηρηθεί βιώσιμο και υποχρεώνει τα κράτη μέλη να περιορίσουν ή να τροποποιήσουν τις δραστηριότητες τους σε επίπεδο που η ΚΟΚ διασφαλίζεται.

Σε αυτό το πλαίσιο κάθε κράτος μέλος είναι υποχρεωμένο να προετοιμάσει διαχειριστικό σχέδιο για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού. Μεταξύ άλλων, το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει πρόγραμμα μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που

θέτει η ΟΠΥ (Παράρτημα VII). Στην περίπτωση που κάποιο κράτος μέλος αποτύχει να επιτύχει τους περιβαλλοντικούς στόχους που θέτει η Οδηγία τότε του επιβάλλονται αποτελεσματικές, ανάλογες και αποτρεπτικές κυρώσεις. Δεδομένου ότι η ΟΠΥ θεωρεί εξίσου σοβαρές τις σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης, δεν απαιτούνται αιτιακές σχέσεις για την εκτίμηση της επίτευξης ή μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων ενός κράτους μέλους. Ανεξάρτητα από το ποιος είναι υπεύθυνος για την αποτυχία επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων, το κράτος μέλος είναι υπεύθυνο για τις κυρώσεις (Bouleau, 2008).

Η ΟΠΥ δίνει το περιθώριο στα κράτη μέλη να επιδιώξουν περιβαλλοντικούς στόχους λιγότερο αυστηρούς σε ορισμένες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, λιγότερο αυστηρούς περιβαλλοντικούς στόχους ορίζονται 'για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, όταν επηρεάζονται τόσο από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως ορίζεται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 1, ή η φυσική τους κατάσταση είναι τέτοια ώστε η επίτευξη των στόχων αυτών να είναι ανέφικτη ή δυσανάλογα (disproportionate) δαπανηρή, και εφόσον πληρούνται όλες οι ακόλουθες προϋποθέσεις :για τον καθορισμό λιγότερο αυστηρών περιβαλλοντικών στόχων σε ορισμένες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, λιγότερο αυστηροί περιβαλλοντικοί στόχοι ορίζονται όταν (i) οι περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές ανάγκες που εξυπηρετούνται από την ανθρώπινη αυτή δραστηριότητα δεν μπορούν να επιτευχθούν με άλλα μέσα τα οποία αποτελούν πολύ καλύτερη επιλογή για περιβαλλοντική πρακτική, η οποία δεν συνεπάγεται δυσανάλογο κόστος· (ii) τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν για τα μεν επιφανειακά ύδατα, ότι επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό οικολογικό δυναμικό και η καλύτερη δυνατή χημική κατάσταση και για τα δε υπόγεια ύδατα, τις όσο το δυνατόν λιγότερες μεταβολές στην καλή κατάσταση των υπόγειων υδάτων (iii) δεν σημειώνεται περαιτέρω υποβάθμιση της κατάστασης του πληγέντος υδατικού συστήματος. Η καθιέρωση λιγότερο αυστηρών περιβαλλοντικών στόχων και η αντίστοιχη αιτιολογία εκτίθενται ειδικά στο σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού που επιβάλλει το άρθρο 13. Η αναθεώρηση των περιβαλλοντικών στόχων μπορεί να γίνει ανά εξαετία (άρθρο 4 (5)). Ωστόσο, ο τρόπος που κάθε κράτος υπολογίζει το δυσανάλογο κόστος παραμένει ασαφής και υποκειμενικός, δίνοντας σε ορισμένες περιπτώσεις την δυνατότητα απόκλισης από τον στόχο της ΚΟΚ χωρίς νομικές συνέπειες.

Η ΟΠΥ παρέχει οικονομικά εργαλεία για την διαχείριση των υδατικών πόρων μέσα από την καθιέρωση του κανόνα της ‘ανάκτησης κόστους’ των υπηρεσιών νερού και του κανόνα ο ρύπαιναν πληρώνει (Unnerstall et al., 2007). Συγκεκριμένα, το άρθρο 9 της Οδηγίας ορίζει ότι ‘τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη την αρχή της ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους...και ειδικότερα σύμφωνα με την αρχή "ο ρύπαιναν πληρώνει"’. Η αρχή ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’ λειτουργεί ως κανόνας αποτελεσματικότητας αφού χωρίς αυτόν η τιμολόγηση της ανάκτησης κόστους παραλείπει ορισμένα κόστη που συνδέονται με τις υπηρεσίες νερού (Bithas, 2006; Bithas, 2008). Λαμβάνοντας υπόψη την αρχή της ανάκτησης κόστους των υπηρεσιών ύδατος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους πόρους, τα κράτη μέλη μπορούν να εξασφαλίσουν την αποτελεσματική χρήση των υδατικών πόρων και την κατανομή του κόστους στους χρήστες νερού. Συνεπώς, τα οικονομικά εργαλεία, μεταξύ άλλων εργαλείων που παρέχει η ΟΠΥ, θεωρούνται κατάλληλα για την εξασφάλιση την βιώσιμης χρήσης υδατικών πόρων μέσα από την αποτελεσματική τιμολόγηση νερού και την προώθηση των περιβαλλοντικών στόχων που θέτει η Οδηγία.

2.4 Σύνδεση Θεωρίας με Περιβαλλοντική Πολιτική: Μια Διαλεκτική Προσέγγιση

Το παρόν υποκεφάλαιο εξετάζει την Αμερικάνικη Πράξη Καθαρών Υδάτων (ΠΚΥ) και την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ) σε σχέση με τις αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ που παρουσιάστηκαν διεξοδικά στο υποκεφάλαιο 2.2. Ουσιαστικά επιχειρείται η αξιολόγηση των προσεγγίσεων ΟΒΟΑ σε επιχειρησιακό επίπεδο με βάση την αντανάκλαση τους σε δύο πολιτικές για τα υδατικά οικοσυστήματα σε Αμερική και Ευρώπη. Σε αυτό το πλαίσιο, διερευνάται εάν και κατά πόσο βασικές υποθέσεις και συνθήκες που προτείνονται από τις πολιτικές για τα υδατικά οικοσυστήματα βρίσκονται σε συμφωνία με τις αντίστοιχες υποθέσεις και συνθήκες που θέτουν οι αντιπροσωπευτικότερες προσεγγίσεις ΟΒΟΑ. Προκειμένου να γίνει η εν λόγω διερεύνηση, η ΠΚΥ και η ΟΠΥ εξετάζονται με βάση τέσσερις βασικές διαστάσεις των προσεγγίσεων ΟΒΟΑ.

i. Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα.

Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα αποτελεί βασικό στοιχείο για την ερμηνεία και την εφαρμογή του ζητήματος της ΟΒΟΑ σε επιχειρησιακό επίπεδο. Οι προσεγγίσεις των Ασφαλών Κατώτερων Ορίων (ΑΚΟ), των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) και του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου (ΚΦΚ) υποθέτουν ότι το φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα αλληλεξαρτώνται. Η προσέγγιση των ΚΒΟ δίνει έμφαση σε αυτήν την αλληλεξάρτηση υποθέτοντας ότι το κοινωνικοοικονομικό σύστημα είναι υποσύστημα του φυσικού συστήματος (Passet, 1979). Οι εν λόγω προσεγγίσεις λαμβάνουν υπόψη τους ότι η βιόσφαιρα είναι πεπερασμένη, μη-αναπτυσσόμενη, κλειστή και υπόκεινται στους νόμους της θερμοδυναμικής (Georgescu-Roegen, 1971; Georgescu-Roegen, 1976; Daly, 2007). Σύμφωνα με αυτή την άποψη, οι δυνατότητες για μεγέθυνση και ανάπτυξη περιορίζονται από την φέρουσα ικανότητα των οικοσυστημάτων. Αντίθετα, η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας (ΜΦΧ) υποθέτει ότι το κοινωνικοοικονομικό και το φυσικό σύστημα είναι δύο διακριτά συστήματα που μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα.

Η ΠΚΥ και η ΟΠΥ θεωρούν ότι το φυσικό σύστημα και το κοινωνικοοικονομικό αλληλεξαρτώνται, με το κοινωνικοοικονομικό σύστημα να πρέπει να προσαρμόσει την λειτουργία του μέσα στα όρια του φυσικού συστήματος. Η αλληλεξάρτηση αυτή υπονοείται στο πλαίσιο εφαρμογής και των δύο πολιτικών. Η ΠΚΥ παρέχει ως βασικότερο εργαλείο για την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας το καθορισμό χρήσεων νερού για κάθε υδατικό σώμα. Αυτές οι χρήσεις νερού δημιουργούν ανθρώπινη ευημερία η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την οικολογική ποιότητα του φυσικού συστήματος. Δεδομένου ότι ορισμένες χρήσεις νερού επηρεάζονται αρνητικά από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες, προκύπτει ότι η ΠΚΥ ουσιαστικά αναγνωρίζει ότι η υγιής λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων απαιτεί την λειτουργία του κοινωνικοοικονομικού συστήματος μέσα σε κάποια όρια που καθορίζονται από το φυσικό σύστημα. Αντίστοιχα, η ΟΠΥ εισάγει τα διαχειριστικά σχέδια για τις λεκάνες απορροής τα οποία απαιτούν την διαχείριση τους εδάφους και των υδάτων για την επίτευξη της ΚΟΚ. Τα διαχειριστικά σχέδια για τις λεκάνες απορροής καθορίζουν τα όρια των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού για την επίτευξη της ΚΟΚ.

Συνεπώς, η υπόθεση των προσεγγίσεων ΑΚΟ, ΚΒΟ και ΚΦΚ σχετικά με την σχέση ανάμεσα στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό σύστημα αντανακλάται στις υπό εξέταση πολιτικές. Φαίνεται ότι οι περιβαλλοντικές πολιτικές προκύπτουν από την αναγνώριση ότι υπάρχουν 'όρια στην μεγέθυνση' και ότι η διαδικασία λήψης αποφάσεων θα πρέπει να προσδιορίζει το βέλτιστο επίπεδο του κοινωνικοοικονομικού συστήματος (Meadows et al., 1972). Να σημειωθεί ότι τα 'όρια στην μεγέθυνση' δεν είναι στατικά αλλά εξαρτώνται από το επίπεδο της τεχνολογία, τα χαρακτηριστικά της παραγωγικής διαδικασίας και μια σειρά άλλων παραγόντων.

ii. Η σχέση ανάμεσα στο φυσικό και ανθρωπογενές κεφάλαιο

Η επίτευξη της ΟΒΟΑ μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την υπόθεση που αφορά την σχέση ανάμεσα στο φυσικό και ανθρωπογενές κεφάλαιο: (i) υποθέτοντας ότι το φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι υποκατάστατα, η επίτευξη της ΟΒΟΑ απαιτεί την διατήρηση του αθροίσματος των δύο μορφών κεφαλαίου (ii) υποθέτοντας ότι το φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο είναι συμπληρωματικά, κάθε στοιχείο του συνολικού κεφαλαίου πρέπει να διατηρηθεί σε συγκεκριμένη αναλογία αφού 'η παραγωγικότητα του ενός εξαρτάται από την διαθεσιμότητα του άλλου' (Daly, 1996). Η προσέγγιση της ΜΦΧ θεωρεί τις δύο μορφές κεφαλαίου ως υποκατάστατα. Αντίθετα, οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ υποθέτουν την συμπληρωματικότητα ανάμεσα στις δύο μορφές κεφαλαίου. Η προσέγγιση των ΑΚΟ θεωρεί ότι υπάρχει περιορισμένη υποκαταστασιμότητα ανάμεσα στο φυσικό και ανθρώπινο κεφάλαιο. Παρολαυτά, ο βαθμός υποκατάστασης αυξάνεται καθώς αυξάνονται τα οφέλη από την οικονομική μεγέθυνση και το ανθρωπογενές κεφάλαιο.

Κοινό στοιχείο ανάμεσα στις υπό εξέταση πολιτικές είναι ο στόχος της διασφάλισης ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες πραγματοποιούνται με τρόπο που εξασφαλίζει την διατήρηση μιας σταθερής ποσότητας φυσικού κεφαλαίου (Borja et al., 2008). Η σταθερή ποσότητα φυσικού κεφαλαίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται σε όρους οικολογίας η διατήρηση της καλής περιβαλλοντικής ή οικολογικής κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων, βιοκοινωνιών και πόρων. Το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί

να χρησιμοποιηθεί μόνο μέχρι ένα σημείο για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούν οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες.

Η ΠΚΥ απαιτεί ότι θα πρέπει να καθοριστούν χρήσεις νερού για κάθε υδατικό σώμα. Αυτές οι χρήσεις (π.χ. πόσιμο νερό, υδρόβια ζωή, νερό για γεωργική παραγωγή, αναψυχή) είναι οφέλη προερχόμενα από το υδατικό σώμα και κανένα από αυτά δεν μπορεί να υποκατασταθεί με άλλες μορφές κεφαλαίου. Μια καθορισμένη χρήση νερού είναι ένας τρόπος για να προσδιοριστούν τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη και η ανθρώπινη ευημερία που προέρχεται από την διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου και τον υπηρεσιών που αυτό υποστηρίζει. Το ανθρωπογενές κεφάλαιο μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά για την προστασία ή υποστήριξη του φυσικού κεφαλαίου. Για παράδειγμα, η ΠΚΥ απαιτεί την υιοθέτηση της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας για την εξάλειψη των ρύπων που προέρχονται από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες και την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας στους υδατικούς αποδέκτες (33 U.S.C. 1311 (Q), CWA § 301a).

Αντίστοιχα, η ΟΠΥ αναγνωρίζει ότι το ύδωρ είναι κληρονομιά η οποία εκτελεί σημαντικές λειτουργίες για τα ανθρώπινα και μη ανθρώπινα είδη και η βιώσιμη διαχείριση του είναι απαραίτητη. Η διατήρηση της ΚΟΚ είναι απαραίτητη για την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού. Συνεπώς, η ΟΠΥ θεωρεί την ΚΟΚ ως εκείνη την ποσότητα του φυσικού κεφαλαίου που δεν μπορεί να υποκατασταθεί από άλλες μορφές κεφαλαίου. Όμοια με την ΠΚΥ, η ΟΠΥ απαιτεί την υιοθέτηση ελέγχων εκπομπών με βάση τις καλύτερες διαθέσιμες τεχνικές (article 10). Είναι φανερό ότι σε αυτό το πλαίσιο το ανθρωπογενές κεφάλαιο χρησιμοποιείται μόνο με την μορφή της τεχνολογίας για την εξάλειψη των ρύπων που προκαλούν οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες.

Επομένως, η υπόθεση της δυνατότητας της απεριόριστης υποκαταστασιμότητας μεταξύ των διαφόρων μορφών κεφαλαίου φαίνεται να μην γίνεται αποδεκτή από τις τρέχουσες πολιτικές για τα υδατικά οικοσυστήματα. Το ανθρωπογενές κεφάλαιο στην ΠΚΥ και ΟΠΥ χρησιμοποιείται ως εργαλείο για την μείωση των ρύπων και την επίτευξη των οικολογικών στόχων. Με δεδομένο ότι η προσέγγιση της ΜΦΧ βασίζεται σε ακριβώς αντίθετη υπόθεση προκύπτει ότι δεν έχει πρακτικό νόημα στην εφαρμογή των εξεταζόμενων πολιτικών. Η προσέγγιση των ΑΚΟ υιοθετείται μερικά από τις παρούσες

πολιτικές ως προς την διάσταση της σχέσης ανάμεσα στο ανθρωπογενές και φυσικό κεφάλαιο. Στην ΑΚΟ προσέγγιση αυξάνεται ο βαθμός υποκαταστασιμότητας όταν το κόστος διατήρησης του φυσικού κεφαλαίου είναι δυσανάλογα μεγάλο. Αντίθετα οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ αντανακλώνται απόλυτα στην λογική των πολιτικών. Οι εν λόγω προσεγγίσεις προτείνουν την προστασία μια προκαθορισμένης 'ποσότητας' φυσικού κεφαλαίου το οποίο, τουλάχιστον με τις υπάρχουσες συνθήκες, δεν μπορεί να υποκατασταθεί με ανθρωπογενές κεφάλαιο.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι οι παρούσες πολιτικές για τα υδατικά οικοσυστήματα αναγνωρίζουν ότι το φυσικό κεφάλαιο πρέπει απαραιτήτως να προστατευθεί καθώς αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα για την περιβαλλοντική και κοινωνική εξέλιξη (Daly, 1996).

iii. Προσδιορισμός Περιβαλλοντικών Στόχων

Ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών στόχων αποτελεί το βασικότερο σημείο που οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ διαφοροποιούνται. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι αντανακλούν τα όρια που πρέπει να επιβληθούν στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες καθώς και τα περιβαλλοντικά δικαιώματα των μελλοντικών γενιών στα περιβαλλοντικά αποθέματα σε σχέση με τις σημερινές γενιές. Συγκεκριμένα, η προσέγγιση ΜΦΧ βασιζόμενη στην παραδοχή ότι το φυσικό κεφάλαιο μπορεί να υποκατασταθεί με το ανθρωπογενές δεν προσδιορίζει συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς στόχους με την προϋπόθεση ότι η χρησιμότητα ανά πολίτη είναι μη φθίνουσα. Συνεπώς, η ΜΦΧ προσέγγιση υπονοεί ότι όταν η χρησιμότητα ανά πολίτη είναι φθίνουσα, περιβαλλοντικοί στόχοι πρέπει να τεθούν. Η προσέγγιση των ΑΚΟ προτείνει την προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων των κρίσιμων ειδών, λειτουργιών και διαδικασιών με την προϋπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκύπτει δεν είναι δυσανάλογα μεγάλο. Η προσέγγιση του ΚΦΚ προτείνει την προστασία του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου, ενώ η προσέγγιση των ΚΒΟ θέτει την διατήρηση των κρίσιμων βιολογικών και οικολογικών ορίων των περιβαλλοντικών ειδών και διαδικασιών που διασφαλίζουν την βιολογική και οικολογική ακεραιότητα των οικοσυστημάτων ως αναγκαία συνθήκη για την ΟΒΟΑ.

Επιπλέον οι προσεγγίσεις ΚΦΚ και ΚΒΟ προτείνουν την αποφυγή της μη αντιστρέψιμης περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Η ΠΚΥ και η ΟΠΥ προσδιορίζουν τους περιβαλλοντικούς στόχους για τα υδατικά οικοσυστήματα ολοκληρωτικά (Integrative) χρησιμοποιώντας διάφορα βιολογικά στοιχεία ποιότητας μαζί με φυσικοχημικά στοιχεία και στοιχεία ρύπανσης (Borja et. Al., 2008). Ουσιαστικά χρησιμοποιώντας την ίδια γλώσσα η αμερικάνικη και ευρωπαϊκή πολιτική για τα ύδατα δίνουν έμφαση στην βιολογική ακεραιότητα και την θέτουν ως προϋπόθεση για την επίτευξη της υγιούς λειτουργίας και εξέλιξης των υδατικών οικοσυστημάτων. Επίσης και οι δύο πολιτικές αναγνωρίζουν την βιολογική εκτίμηση ως το πρωταρχικό εργαλείο παρακολούθησης σε επίπεδο οικοσυστήματος (Hering et al., 2010).

Συγκεκριμένα, η ΠΚΥ θέτει την βιολογική ακεραιότητα ως προϋπόθεση για την επίτευξη της οικολογικής ακεραιότητας (USEPA, 1990). Ομοίως η ΟΠΥ, στο παράρτημα V μέσα από τον ορισμό που παραθέτει για την οικολογική κατάσταση προβάλλει τον κρίσιμο ρόλο των βιολογικών στοιχείων. Η ιδέα που βρίσκεται πίσω από την ερμηνεία της οικολογικής ποιότητας με βάση τα βιολογικά στοιχεία είναι 'η αναγνώριση της διασύνδεσης ανάμεσα στην ποιότητα των υδάτων και την κατάσταση του υποστηριζόμενου οικοσυστήματος καθώς και την καταλληλότητα των οργανισμών για το προσδιορισμό και τον ορισμό της ποιότητας των υδάτων' (Romero et al, 2007).

Επιπλέον, το αίτημα για μη περαιτέρω περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι όρος και στις δύο πολιτικές (Bouleau, 2008). Ο όρος αυτός τίθεται πρακτικά με την εξάλειψη των ρυπαντών μέσω: (i) της υιοθέτησης της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας(ii) της απαγόρευσης της εισροής ρυπαντών στους υδατικούς αποδέκτες(iii) και της εγκαθίδρυσης προτύπων εισροών. Σε κάθε περίπτωση οι συγκεντρώσεις των ρύπων θα πρέπει να είναι κατάλληλες για την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας ή της ΚΟΚ.

Είναι φανερό ότι οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ προτείνουν σχεδόν το ίδιο πλαίσιο καθορισμού περιβαλλοντικών στόχων με την ΠΚΥ και ΟΠΥ. Παρόλαυτα η προσέγγιση ΚΒΟ αντανακλάται πιο ξεκάθαρα στις πολιτικές προβάλλοντας την χρήση βιολογικών παραμέτρων στο καθορισμό περιβαλλοντικών στόχων για την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Φαίνεται ότι οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ εκφράζουν τον διεπιστημονικό διάλογο σχετικά με τις μη αντιστρέψιμες οικολογικές επιπτώσεις που προκαλούν οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Η άποψη αυτή επηρέασε τον σχεδιασμό πολιτικής για τα υδατικά οικοσυστήματα με την θέσπιση περιορισμών στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες προκειμένου να επιτευχθούν οι οικολογικοί και βιολογικοί στόχοι των ΠΚΥ και ΟΠΥ καθώς και την αποφυγή της περαιτέρω περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Υποθέτοντας ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση προκαλείται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αυτό που ουσιαστικά προτείνουν οι πολιτικές είναι ο περιορισμός της εισροής ρύπων είτε με την χρήση τεχνολογίας είτε με την απαγόρευση των δραστηριοτήτων που ρυπαίνουν.

iv. Η σπουδαιότητα του οικονομικού κόστους στην διαδικασία λήψης αποφάσεων

Κάθε προσέγγιση ΟΒΟΑ θέτει διαφορετικά κοινωνικοοικονομικά κριτήρια για την διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων και τον καθορισμό περιβαλλοντικών στόχων για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Ουσιαστικά το ζήτημα του οικονομικού κόστους έχει σημασία στις προσεγγίσεις ΑΚΟ, ΚΦΚ και ΚΒΟ που θέτουν συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς στόχους. Η προσέγγιση ΑΚΟ εισάγει το ζήτημα του δυσανάλογου κόστους ως καθοριστικό παράγοντα στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η εν λόγω προσέγγιση προτείνει: προστασία των ασφαλών κατώτερων ορίων των κρίσιμων ειδών, λειτουργιών και διαδικασιών εκτός και εάν το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκύπτει είναι δυσανάλογα μεγάλο (Bishop, 1978). Η προσέγγιση του ΚΦΚ αφήνει το περιθώριο για συστηματική μελέτη των οικονομικών στόχων κατά την διαδικασία ορισμού ενός κεφαλαίου ως κρίσιμου. Αντίθετα η προσέγγιση των ΚΒΟ προτείνει ένα πλαίσιο ΟΒΟΑ όπου οι περιβαλλοντικοί στόχοι προσδιορίζονται ανεξάρτητα από το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκαλούν.

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που θέτουν η ΠΚΥ και η ΟΠΥ σε γενικές γραμμές προσδιορίζονται ανεξάρτητα από το κοινωνικοοικονομικό κόστος που προκαλούν. Ωστόσο και οι δύο πολιτικές αφήνουν το περιθώριο για την θέσπιση λιγότερο αυστηρών περιβαλλοντικών στόχων εάν προκύπτουν δυσανάλογα κόστη από την επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας ή της ΚΟΚ. Σύμφωνα με την ΟΠΥ (άρθρο 4), τα

κράτη μέλη έχουν την δυνατότητα να εφαρμόσουν πιθανές αποκλίσεις από τους στόχους εάν η επίτευξη των στόχων προκαλεί δυσανάλογα κόστη. Ομοίως, η ΠΚΥ επιτρέπει την απαλοιφή καθορισμένων χρήσεων νερού που οδηγούν σε σημαντικά και μεγάλα σε έκταση κόστη (USEPA, 1995). Και στις δύο πολιτικές η επιβολή λιγότερο αυστηρών στόχων είναι δυνατή σε τρεις περιπτώσεις: (i) όταν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν προκαλέσει αντιστρέψιμες μεταβολές στο υδατικό οικοσύστημα και η επίτευξη του στόχου της οικολογικής ακεραιότητας ή ΚΟΚ έχει μεγάλο κόστος(ii) όταν τα μέτρα για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων μπορεί να προκαλέσουν σημαντική περιβαλλοντική ζημιά ˙(iii) και όταν οι φυσικές συνθήκες εμποδίζουν την επίτευξη των στόχων (Bouleau 2008).

Επομένως το ζήτημα του δυσανάλογου κόστους που πρώτη πρότεινε η προσέγγιση των ΑΚΟ υιοθετείται από τις ΠΚΥ και ΟΠΥ με μια θεμελιώδης διαφορά: ενώ στην προσέγγιση των ΑΚΟ η περαιτέρω περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι επιτρεπόμενη όταν τα χαμένα οφέλη από την οικονομική ανάπτυξη είναι δυσανάλογα μεγάλα, αυτό δεν είναι πιθανό στις εξεταζόμενες πολιτικές. Η περαιτέρω περιβαλλοντική υποβάθμιση απαγορεύεται στις ΠΚΥ και ΟΠΥ ακόμα και όταν το κόστος για γίνει αυτό είναι πολύ μεγάλο. Το κόστος λαμβάνεται υπόψη μόνο στην λήψη αποφάσεων για την βελτίωση ενός υδατικού σώματος. Λιγότερα αυστηροί περιβαλλοντικοί στόχοι μπορούν να οριστούν όταν η επίτευξη της οικολογικής ακεραιότητας η της ΚΟΚ έχει δυσανάλογα μεγάλο κόστος.

Αυτή η λογική βρίσκεται σε αντίθεση με την προσέγγιση των ΚΒΟ. Η προσέγγιση των ΚΒΟ υποθέτει ότι απαραίτητη συνθήκη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ είναι η υγιής λειτουργία και εξέλιξη των υδατικών οικοσυστημάτων σε μακροχρόνιο επίπεδο και για αυτό τον λόγο τα χαμένα οφέλη από την μη υγιή λειτουργία είναι υπερβολικά μεγάλα. Συνεπώς, η επίτευξη της οικολογικής ακεραιότητας ή ΚΟΚ είναι απαραίτητη ανεξάρτητα από τα κόστη που προκαλεί βραχυχρόνια.

Σε αυτό το πλαίσιο, η προσέγγιση ΚΦΚ, που συμπεριλαμβάνει οικονομικές εκτός από οικολογικές παραμέτρους στον καθορισμό της κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου, βρίσκεται πιο κοντά στην λογική που στηρίζονται η ΠΚΥ και ΟΠΥ.

2.5 Συμπεράσματα

Το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί ένα ιδιόμορφο πείραμα: να εκτιμήσει το επιχειρησιακό περιεχόμενο συγκεκριμένων, ενδεικτικών και αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ σε σχέση με δύο χαρακτηριστικές περιβαλλοντικές πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Το βασικό ερώτημα που επιχειρήθηκε να απαντηθεί είναι: σε ποιο βαθμό η λογική που βασίζονται και τα κριτήρια που θέτουν οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ αντανακλώνται στο παρόν θεσμικό πλαίσιο άσκηση πολιτικής στα υδάτινα οικοσυστήματα;

Η ανάλυση που προηγήθηκε βασίζεται στην παραδοχή ότι η ΠΚΥ και η ΟΠΥ αποτελούν δύο πολιτικές που περιλαμβάνουν τα πιο σημαντικά στοιχεία και γνώση σχετικά με τα τρέχοντα περιβαλλοντικά ζητήματα, ενώ ταυτόχρονα οι εν λόγω πολιτικές έχουν σχεδιαστεί μέσα από διεπιστημονικές διαδικασίες στις οποίες συνεισφέρουν διάφορες επιστήμες (π.χ. επιστήμες της Θάλασσας, Οικονομικές επιστήμες κ.α) καθώς και τα χαρακτηριστικά της δομής των δυτικών κοινωνιών.

Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν κεφάλαιο εξετάζει ποιες προσεγγίσεις (υποθέσεις και συνθήκες) αντανακλώνται στην ΠΚΥ και ΟΠΥ προκειμένου να εκτιμηθεί κατά πόσο οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ είναι επιχειρησιακά ελκυστικές. Μια καθοριστική παράμετρος στις εξεταζόμενες πολιτικές είναι ο καθορισμός των περιβαλλοντικών στόχων. Και στις δύο πολιτικές οι περιβαλλοντικοί στόχοι καθορίζονται σε όρους οικολογικούς και βιολογικούς. Οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ προτείνουν ένα πλαίσιο καθορισμού των στόχων για την βιώσιμη ανάπτυξη σε όρους οικολογικούς και βιολογικούς. Επιπρόσθετα η προσέγγιση ΚΦΚ προτείνει να λαμβάνονται υπόψη και οικονομικές παράμετροι στον καθορισμό του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου που η διατήρηση του είναι η απαραίτητη για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης. Η προσέγγιση των ΚΒΟ προσδιορίζει τους στόχους της βιωσιμότητας σε αμιγώς βιολογικούς και οικολογικούς όρους αναδεικνύοντας την σπουδαιότητα των σχετικών επιστημών στον προσδιορισμό των ΚΒΟ. Συνεπώς, φαίνεται ότι οι περιβαλλοντικοί στόχοι που θέτουν η ΠΚΥ και η ΟΠΥ αντανακλούν την λογική των σχετικών συνθηκών που θέτουν οι προσεγγίσεις των ΚΒΟ και του ΚΦΚ για την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Από την άλλη πλευρά, η προσέγγιση ΜΦΧ, που θέτει ως αναγκαία συνθήκη ΟΒΟΑ τη μη φθίνουσα χρησιμότητα ανά πολίτη, απέχει πολύ από την διαδικασία προσδιορισμού περιβαλλοντικών στόχων της ΟΠΥ και της ΠΚΥ. Επιπλέον, η προσέγγιση της ΜΦΧ αποδέχεται ότι σε μεγάλο βαθμό το φυσικό κεφάλαιο μπορεί να υποκατασταθεί από το ανθρωπογενές. Η υπόθεση αυτή είναι αντίθετη με τις εξεταζόμενες πολιτικές οι οποίες προέρχονται από την παραδοχή ότι το φυσικό κεφάλαιο σε μεγάλο βαθμό δεν μπορεί να υποκατασταθεί και για αυτό πρέπει να προστατευτεί μέσα από την υιοθέτηση σχετικών περιβαλλοντικών πολιτικών. Η ΠΚΥ και η ΟΠΥ απαιτούν την προστασία των φυσικών αποθεμάτων, χαρακτηριστικών και διαδικασιών ακριβώς γιατί είναι αδύνατο να υποκατασταθούν από ανθρωπογενείς μορφές κεφαλαίου παρά μόνο σε περιορισμένη έκταση.

Η προστασία των περιβαλλοντικών αποθεμάτων και διαδικασιών, όπως διαφαίνεται από τα εργαλεία επίτευξης της ΠΚΥ και της ΟΠΥ, μπορούν να επιτευχθούν με τους κατάλληλους περιορισμούς και προσαρμογές των κοινωνικοοικονομικών διαδικασιών. Είναι ξεκάθαρο ότι ο περιορισμός των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων προκαλεί κόστη. Το κόστος της περιβαλλοντικής προστασίας αποτελεί σημαντική παράμετρος για τις πολιτικές και τις προσεγγίσεις ΟΒΟΑ.

Από την ανάλυση που προηγήθηκε προκύπτει ότι οι εξεταζόμενες πολιτικές λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους το ζήτημα του ‘δυσανάλογου κόστους’ που πιθανό δύναται να προκαλέσει η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που θέτουν. Σε αυτό το πλαίσιο, οι πολιτικές δίνουν την δυνατότητα της υιοθέτησης λιγότερο αυστηρών στόχων, σε χαμηλότερα επίπεδα περιβαλλοντικής προστασίας, εάν η επίτευξη της οικολογικής ακεραιότητας ή της ΚΟΚ προκαλεί δυσανάλογα κόστη.

Η προσέγγιση των ΑΚΟ στηρίζεται στην ίδια λογική και εκφράζει το ενδιαφέρον που έχουν οι λήπτες αποφάσεων για τα κόστη περιβαλλοντικής προστασίας. Ωστόσο υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά ανάμεσα στις πολιτικές και την προσέγγιση ΑΚΟ. Η προσέγγιση των ΑΚΟ προτείνει την μη περιβαλλοντική προστασία αν τα απολεσθέντα οφέλη από την οικονομική ανάπτυξη είναι δυσανάλογα, ενώ οι πολιτικές προτείνουν λιγότερο αυστηρούς περιβαλλοντικούς στόχους εάν η επίτευξη των στόχων της οικολογικής ακεραιότητας ή ΚΟΚ προκαλεί δυσανάλογα κόστη. Σε καμία περίπτωση οι πολιτικές δεν επιτρέπουν την περαιτέρω περιβαλλοντική υποβάθμιση ενώ η προσέγγιση

των ΑΚΟ δεν θέτει κανένα περιβαλλοντικό περιορισμό εάν τελικά επιλεγεί η οικονομική ανάπτυξη.

Από την άλλη πλευρά η προσέγγιση των ΚΒΟ προτείνει την αδιαπραγμάτευτη προστασία των βιολογικών και οικολογικών στόχων που θέτει. Το κόστος που επιφέρει η προστασία των ΚΒΟ σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί λόγο για την μείωση της απαιτούμενης περιβαλλοντικής ποιότητας. Η προσέγγιση του ΚΦΚ συμπεριλαμβάνοντας οικονομικά κριτήρια μαζί με οικολογικά για τον προσδιορισμό της κρισιμότητας του φυσικού κεφαλαίου, αφήνει το περιθώριο για την υιοθέτηση της έννοια του δυσανάλογου κόστους στον καθορισμό των περιβαλλοντικών στόχων για την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Συνεπώς προκύπτει ότι συγκεκριμένα στοιχεία (συνθήκες και υποθέσεις) που χαρακτηρίζουν τις προσεγγίσεις του ΚΦΚ και των ΚΒΟ συνάδουν με την λογική που έχουν σχεδιαστεί οι εξεταζόμενες πολιτικές. Σε αυτό το πλαίσιο οι βιοοικονομικές προσεγγίσεις του ΚΦΚ και των ΚΒΟ μπορούν σε επιχειρησιακό επίπεδο να αναδειχτούν και να αναθεωρηθούν μέσα από τον διεπιστημονικό διάλογο και να επηρεάσουν τον σχεδιασμό περιβαλλοντικής πολιτικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη στα Παράκτια Οικοσυστήματα. Αξιολόγηση από Ειδικούς Επιστήμονες

3.1 Γενικά

Το ζήτημα της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) στα παράκτια οικοσυστήματα απαιτεί την διεπιστημονική διερεύνηση από τις επιστήμες της Θάλασσας και τις κοινωνικές επιστήμες. Σε αυτό το πλαίσιο, στην παρούσα διατριβή θεωρήθηκε απαραίτητη η συνεισφορά των επιστήμων της θάλασσας μέσω της αξιολόγησης τεσσάρων αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ που αναπτύχθηκαν κυρίως από οικονομολόγους. Σε αυτό το πλαίσιο διεξήχθη έρευνα μέσω ερωτηματολογίου στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα βασικά στάδια έρευνας:

Πίνακας 3.1:Τα στάδια της έρευνας με ερωτηματολόγιο

1.	**Προσδιορισμός του αντικειμένου και του σκοπού της έρευνας.**
2.	**Επιλογή Πληθυσμού**
3.	**Μέθοδος συμπλήρωσης του Ερωτηματολογίου**
4.	**Δημιουργία Ερωτηματολογίου**
5.	**Πιλοτική έρευνα**
6.	**Υλοποίηση της Έρευνας**
7.	**Ανάλυση Αποτελεσμάτων**

Διεξοδική ανάλυση κάθε σταδίου γίνεται στα επόμενα υποκεφάλαια.

3.2 Προσδιορισμός του Αντικειμένου και του Σκοπού της Έρευνας

Ο σαφής προσδιορισμός του αντικειμένου της έρευνας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της έρευνας με ερωτηματολόγιο. Όπως αναφέρει ο Javeau (2000), «το αντικείμενο της έρευνας ίσως να μην είναι παρά μία από τις όψεις του γενικού αντικειμένου της αναζήτησης». Η κατανόηση του αντικειμένου της έρευνας αποτελεί προϋπόθεση για την οριοθέτηση του υπό εξέταση θέματος για το οποίο θα τεθούν οι ερωτήσεις. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί ο σκοπός της έρευνας, καθώς ο σκοπός της έρευνας στην ουσία υποδεικνύει τον πληθυσμό που πρέπει να ερωτηθεί καθώς και το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου.

Ο σκοπός της έρευνας με ερωτηματολόγιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η διεπιστημονική διερεύνηση του ζητήματος της Οικολογικά Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) στα παράκτια οικοσυστήματα. Άλλωστε το ζήτημα της βιωσιμότητας γενικά απαιτεί κανόνες και αξίες που δεν μπορούν να αναπτυχθούν από μία επιστήμη και για αυτόν το λόγο είναι σημαντικό να συμπεριλαμβάνει ηθικές αρχές και κρίσεις από κοινωνικές ομάδες (Baumgärtner et al, 2008). Σε αυτό το πλαίσιο η ιδέα του ερωτηματολογίου αναδύθηκε από τα θεμελιώδη ερωτήματα: τι θεωρείται ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα από τις επιστήμες της θάλασσας; Πως ορίζεται η ΟΒΟΑ; Ποια προσέγγιση ΟΒΟΑ είναι πιο επιχειρησιακή με βάση τους ειδικούς από τις επιστήμες της θάλασσας; Με βάση αυτά τα ερωτήματα και την υπόθεση εργασίας ότι το ζήτημα της ΟΒΟΑ απαιτεί διεπιστημονική διερεύνηση, ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου έγινε με άξονα την αξιολόγηση τεσσάρων αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ. Σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να αξιολογηθούν ως προς τα κύρια χαρακτηριστικά τους αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ τόσο γενικά όσο στην ειδική μορφή που παίρνουν για τα θαλάσσια και ειδικότερα παράκτια οικοσυστήματα. Η αξιολόγηση έγινε από ειδικούς επιστήμονες που ερευνούν τα θαλάσσια οικοσυστήματα ως προς τα βιολογικά και οικολογικά τους χαρακτηριστικά και ενίοτε ως προς τις διαχειριστικές αρχές που πρέπει να τα διέπουν. Υπενθυμίζεται ότι στη διατύπωση του όρου της ΟΒΟΑ και των κύριων σχολών επιχειρησιακής της εξειδίκευσης πρωτοστατούν οι κοινωνικές επιστήμες στη διεθνή βιβλιογραφία και πρακτική.

Η αξιολόγηση των προσεγγίσεων ΟΒΟΑ που επιδιώκεται αφορά την επιχειρησιακή τους δυναμική, τη συνέπεια και συνάφεια τους και την ικανότητα τους να περιγράψουν με

επάρκεια το αίτημα της κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης υπό τις παρούσες συνθήκες της τουλάχιστον σοβαρής περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Να σημειωθεί ότι ανάλογη έρευνα έγινε πρόσφατα και απευθυνόταν στους οικονομολόγους περιβάλλοντος της Γερμανίας (Illige L and Schwarze R, 2009). Συγκεκριμένα η έρευνα αυτή αφορούσε τους επιστήμονες-ερευνητές των 'οικονομικών της βιωσιμότητας' που προέρχονται από δύο διαφορετικά επιστημονικά παραδείγματα και σχολές σκέψης – της Νεοκλασικής σχολής και της σχολής των Οικολογικών Οικονομικών. Αντικειμενικός σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας που πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου ήταν να διερευνηθεί: (i) πως αντιλαμβάνονται οι 'εκπρόσωποι' των δύο επιστημονικών παραδειγμάτων διάφορα ζητήματα βιωσιμότητας και πως ομαδοποιούνται γύρω από αυτά˙ (ii) πως αισθάνονται για τον επιστημονικό διαχωρισμό σε δύο επιστημονικά παραδείγματα˙ (iii) και ποια αναμένουν να είναι τα μελλοντικά ερευνητικά ζητήματα που θα απασχολήσουν την επιστημονική κοινότητα γύρω από το θέμα της βιωσιμότητας.

Η έρευνα αυτή κατέληξε στο θεμελιώδες συμπέρασμα ότι οι εκπρόσωποι των διαφορετικών επιστημονικών παραδειγμάτων φαίνεται να μοιράζονται κάποιες κοινές απόψεις όσον αφορά το ζήτημα της βιωσιμότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπρόσωποι κυρίως της νεοκλασικής σχολής φαίνεται να ενστερνίζονται κάποιες από τις αρχές που θέτει η σχολή των οικολογικών οικονομικών όπως για παράδειγμα την απόρριψη της συνθήκης της μη φθίνουσας χρησιμότητας και την αντικατάσταση της με μια σχετικά νέα έννοια αυτή της 'preserving future development potentials'.

3.3 Επιλογή Πληθυσμού

Δείγμα είναι ένα μέρος του στατιστικού πληθυσμού που εξετάζουμε με σκοπό τη συλλογή κάποιων παρατηρήσεων με σκοπό την γενίκευση των συμπερασμάτων στον πληθυσμό. Συνεπώς το πρώτο βήμα για τον καθορισμό του δείγματος δηλαδή των ατόμων που πρόκειται να ερωτηθούν, είναι ο προσδιορισμός του στατιστικού πληθυσμού. Πληθυσμός λέγεται ένα σύνολο, του οποίου τα στοιχεία θέλουμε να εξετάσουμε ως προς ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά και τον οποίο αφορούν τα συμπεράσματα της έρευνας (Κυριαζή, 1998). Ο καθορισμός του πληθυσμού εξαρτάται από (i) το αντικείμενο της έρευνας (ii) τις επιλεγμένες υποθέσεις εργασίας (iii) τον τύπο του δείγματος που υιοθετείται (iv) τα ενδεχόμενα υλικο-τεχνικά εμπόδια (Javeau, 2000).

Στην παρούσα έρευνα το αντικείμενο του ερωτηματολογίου καθώς και η υπόθεση εργασίας ότι οι ειδικοί από τις επιστήμες της θάλασσας μπορούν να συνεισφέρουν στο διεπιστημονικό διάλογό όσον αφορά το ζήτημα της OBOA, ουσιαστικά μας καθόρισαν τον πληθυσμό που πρέπει να εξεταστεί. Ο πληθυσμός που εξετάζει η παρούσα έρευνα είναι οι ειδικοί επιστήμονες στα παράκτια οικοσυστήματα. Ωστόσο επειδή η έρευνα διεξάγεται σε διεθνές επίπεδο, ο πληθυσμός που ανήκει στους ειδικούς είναι πολύ μεγάλος και η αποστολή του ερωτηματολογίου προτιμήθηκε να γίνει ηλεκτρονικά (e-mail), ο πληθυσμός που εξετάζει η παρούσα έρευνα έχει τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά: (i) Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, (ii) Γνώση της αγγλικής γλώσσας, (iii) Κάτοχοι τουλάχιστον μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, (iv) Τουλάχιστον μια επιστημονική δημοσίευση την τελευταία πενταετία σχετική με τα παράκτια οικοσυστήματα.

Σε αυτό το πλαίσιο και με βάση τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν αναζητήθηκαν στις ιστοσελίδες έγκυρων επιστημονικών περιοδικών, ερευνητικών ινστιτούτων και πανεπιστημίων ειδικοί με επιστημονικά ενδιαφέροντα τα θαλάσσια και ειδικότερα τα παράκτια οικοσυστήματα. Η διαδικασία αυτή κράτησε περίπου δύο μήνες προκειμένου να συγκεντρωθεί ικανοποιητικός αριθμός ειδικών.

Με βάση τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε προσδιορίστηκαν μέσω του διαδικτύου 420 ειδικοί (πληθυσμός) και αποφασίστηκε η έρευνα να πραγματοποιηθεί στο σύνολο του πληθυσμού. Αρχικά στάλθηκαν 420 ερωτηματολόγια από τα οποία 50 δεν ελήφθησαν για τεχνικούς ή άλλους λόγους. Στη συνέχεια από τους ειδικούς που έλαβαν μέρος στην έρευνα υποδείχτηκαν 50 επιπλέον ειδικοί με τα χαρακτηριστικά που προαναφέραμε. Συνεπώς το τελικό μέγεθος του πληθυσμού (και ταυτόχρονα δείγματος) περιλαμβάνει 420 ειδικούς επιστήμονες.

3.4 Μέθοδος Συμπλήρωσης του Ερωτηματολογίου

Ένα ερωτηματολόγιο μπορεί να συμπληρωθεί άμεσα η έμμεσα. Ο άμεσος τρόπος αφορά στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τον ερευνητή όπου η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου γίνεται με προσωπική ή τηλεφωνική συνέντευξη. Ο έμμεσος τρόπος αφορά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τον ίδιο τον ερωτώμενο και το ερωτηματολόγιο συμπληρώνεται είτε σε ομαδικό πλαίσιο είτε αποστελλόμενο ταχυδρομικώς ή με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από

διάφορους παράγοντες όπως είναι τα υλικά μέσα που διατίθενται (κόστος και χρόνος) καθώς και το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του δείγματος κ.α.

Με δεδομένο ότι η παρούσα έρευνα αφορά κυρίως άτομα που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο αλλά και το γεγονός ότι το ερωτηματολόγιο διερευνά το ζήτημα της OBOA σε διεθνές επίπεδο που σημαίνει ότι ο ερωτώμενος πληθυσμός βρίσκεται διάσπαρτος γεωγραφικά, η έμμεση μέθοδος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ήταν η μόνη επιλογή. Σε αυτό το πλαίσιο, με βάση τα όσα αναφέραμε στα υποκεφάλαια 3.2 και 3.3 επιλέξαμε ως μέθοδο συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου την αποστολή του ερωτηματολογίου μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail). Η αποστολή ερωτηματολογίων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο μέσο για τη διεξαγωγή ερευνών καθώς οι άνθρωποι που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο συνεχώς αυξάνονται (Schaefer & Dillman, 2010). Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα της εν λόγου μεθόδου είναι η ταχύτητα αποστολής και απόκρισης καθώς και το χαμηλό κόστος διεξαγωγής της έρευνας που τείνει να είναι μηδενικό (Wright, 2005˙Bachmann & Elfrink, 1996). Ωστόσο, η αποστολή ερωτηματολογίων μέσω e-mail παρουσιάζει και μειονεκτήματα όπως είναι η αδυναμία ορισμένων ατόμων να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, το γεγονός ότι πολλά άτομα έχουν πολλές διευθύνσεις ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που δεν τις ελέγχουν, αδυναμία λήψης μηνυμάτων λόγω τεχνικών δυσκολιών.

Η πιθανότητα απόκρισης σε μηνύματα ταχυδρομείου αυξάνεται όταν το αποστελλόμενο μήνυμα έχει προσωπικό χαρακτήρα καθώς ο προσωπικός χαρακτήρας του μηνύματος δείχνει στον ερωτώμενο ότι η συμμετοχή του στην έρευνα είναι σημαντική (Dillman 1978, 1991). Κατ' επέκταση το ίδιο ισχύει στην έρευνα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Γι αυτό το λόγο προτιμήθηκε η αποστολή προσωπικών μηνυμάτων σε κάθε ερωτώμενο σε αντίθεση με τα μαζικά μηνύματα.

Οι ερωτώμενοι που έλαβαν το σχετικό μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ενημερώθηκαν για το σκοπό του ερωτηματολογίου και με σχετικό link καθοδηγήθηκαν στη σχετική ιστοσελίδα που παρείχε δύο δυνατότητες συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου (fax ή online συμπλήρωση). Αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρξε μόνο μία απάντηση μέσω fax και όλες οι υπόλοιπες απαντήσεις ήταν online.

Η ηλεκτρονική συμπλήρωση του ερωτηματολογίου δίνει τη δυνατότητα της άμεση καταχώρησης των απαντήσεων σε κατάλληλα κωδικογραφημένη βάση δεδομένων με

άμεσο όφελος την εξοικονόμηση χρόνου για την εισαγωγή των δεδομένων στον υπολογιστή.

3.5 Δημιουργία του ερωτηματολογίου

Η διαμόρφωση ερωτηματολογίου προϋποθέτει σαφή οριοθέτηση του αντικειμένου που πρόκειται να διερευνηθεί. Η μορφή που θα έχει το ερωτηματολόγιο είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη μέθοδο συμπλήρωσης του καθώς και με τον τύπο των ερωτήσεων.
Στην παρούσα έρευνα στόχος ήταν η αξιολόγηση τεσσάρων προσεγγίσεων ΟΒΟΑ για τις οποίες πρέπει να ενημερωθούν οι ερωτώμενοι. Συνεπώς το ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται επιγραμματικά οι προσεγγίσεις Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) και στο δεύτερο μέρος καλούνται οι ειδικοί να αξιολογήσουν τις εν λόγω προσεγγίσεις μέσω έξι ερωτήσεων. Το ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται με την τελική του μορφή στο παράρτημα Ι της διδακτορικής διατριβής.

3.5.1 Πρώτο Μέρος Ερωτηματολογίου: Παρουσίαση των Προσεγγίσεων ΟΒΟΑ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να αξιολογηθούν οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ από ειδικούς επιστήμονες στα παράκτια και γενικότερα θαλάσσια οικοσυστήματα. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού θεωρήθηκε χρήσιμο να παρουσιάσουμε στους ειδικούς τα βασικά χαρακτηριστικά τεσσάρων αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ. Η επιλογή των εν λόγω προσεγγίσεων έγινε με βάση την αντανάκλαση τους στην παρούσα πολιτική για τα υδάτινα και παράκτια οικοσυστήματα και στο επιστημονικό διάλογο γύρω από το ζήτημα της ΟΒΟΑ στη διεθνή βιβλιογραφία (Barbier, 1987˙ Pearce and Atkinson, 1993˙ Goodland and Ledec, 1987˙ Van de Bergh and Nikjamp, 1991˙ Daly, 1990˙ Ekins et al., 2003˙ Pezzey, 1989˙Bithas and Nikjamp, 2006˙ Ciriacy-Wantrup, 1952˙ Bishop, 1978).
Αναλυτικότερα παρουσιάζονται οι ακόλουθες προσεγγίσεις:

i. Η προσέγγιση της Μη-Φθίνουσας κατά κεφαλή Χρησιμότητας (ΜΦΧ)
ii. Η προσέγγιση της Προστασίας Ολόκληρου του Φυσικού Κεφαλαίου (ΠΟΦΚ)
iii. Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ)
iv. Η προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου (ΚΦΚ)

Οι προσεγγίσεις παρουσιάζονται στο ερωτηματολόγιο με όσο το δυνατόν πιο απλό αλλά όχι απλοϊκό τρόπο. Η παρουσίαση επικεντρώθηκε κυρίως γύρω από τις συνθήκες και τα κριτήρια που θέτει η κάθε προσέγγιση για την επίτευξη της OBOA. Στην ουσία παρουσιάζεται το προτεινόμενο επιχειρησιακό πλαίσιο για την επίτευξη OBOA των τεσσάρων προσεγγίσεων που προαναφέραμε.

3.5.2 Δεύτερο Μέρος Ερωτηματολογίου: Ερωτήσεις

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 6 καίριες ερωτήσεις ώστε να αξιολογηθούν οι προσεγγίσεις OBOA. Σε κάθε ερώτηση οι ειδικοί καλούνται να αξιολογήσουν κάθε προσέγγιση με βάση την ακόλουθη κλίμακα: (i) Καθόλου (Not at all)- 1 (ii) Λίγο (A little)-2 (iii) Αρκετά (Quite a lot)-3 (iv) Πολύ Καλά (Very Well)-4.

Συγκεκριμένα :

1. Με την πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου καλούνται οι ειδικοί να αξιολογήσουν την εσωτερική συνέπεια και συνάφεια κάθε προσέγγισης ως προς τις υποθέσεις που βασίζεται και τις συνθήκες που θέτει για την επίτευξη της OBOA. Η ερώτηση 1 διαμορφώνεται ως εξής στο ερωτηματολόγιο.

Ερώτηση 1: Σε ποιο βαθμό κάθε προσέγγιση παρουσιάζει εσωτερική συνάφεια και συνέπεια;

Q.1 - To what extent is each approach internally consistent and coherent?

Approaches\Scale	not at all	a little	quite a lot	very well
Per capita utility	○	○	○	○
All natural capital	○	○	○	○
Biologically Crucial Levels	○	○	○	○
Critical Natural Capital	○	○	○	○

2. Ουσιαστικά η ερώτηση 2 είναι από τις πιο σημαντικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Με την ερώτηση 2 καλούνται οι ειδικοί να εκφράσουν ποια προσέγγιση θέτει τις ποιο επιχειρησιακές συνθήκες για την επίτευξη της OBOA στα παράκτια οικοσυστήματα. Δεδομένου ότι, όπως αναφέραμε στο Κεφάλαιο 1, ο επιστημονικός διάλογος αναφορικά με το ζήτημα της OBOA είναι συνεχής καθώς δεν

υπάρχει συμφωνία ως προς τον επιχειρησιακό ορισμό της OBOA, η ερώτηση 2 είναι καίρια για την αξιολόγηση των προσεγγίσεων της OBOA.

Ερώτηση 2: Πόσο καλά περιγράφει κάθε προσέγγιση τις συνθήκες επίτευξης της OBOA στα παράκτια οικοσυστήματα;

Q.2 - How well does each approach describe the conditions for sustainable development in the coastal ecosystems?

Approaches\Scale	not at all	a little	quite a lot	very well
Per capita utility	○	○	○	○
All natural capital	○	○	○	○
Biologically Crucial Levels	○	○	○	○
Critical Natural Capital	○	○	○	○

3. Η ερώτηση 3 αφορά την ικανότητα κάθε προσέγγισης να συμβάλλει στη διαμόρφωση αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής για τα παράκτια οικοσυστήματα. Η ερώτηση 3 αντανακλά την άποψη των ειδικών ως προς τη δυνατότητα να διαμορφωθούν πολιτικές με βάση τα χαρακτηριστικά (υποθέσεις και συνθήκες) κάθε προσέγγισης. Η ερώτηση 3 διαμορφώνεται ως εξής:

Ερώτηση 3: Πόσο ικανή είναι κάθε προσέγγιση να αποτελέσει την βάση για το σχεδιασμό αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής στα παράκτια οικοσυστήματα;

Q.3 - How capable is each approach of forming the basis for effective environmental policy in the coastal ecosystems?

Approaches\Scale	not at all	a little	quite a lot	very well
Per capita utility	○	○	○	○
All natural capital	○	○	○	○
Biologically Crucial Levels	○	○	○	○
Critical Natural Capital	○	○	○	○

4. Με την ερώτηση 4 αξιολογείται η κάθε προσέγγιση σε επιχειρησιακό επίπεδο, δηλαδή κατά πόσο είναι εφαρμόσιμη στην πράξη. Η ερώτηση 4 διατυπώνεται στο ερωτηματολόγιο ως εξής:

Ερώτηση 4: Κατά πόσο κάθε προσέγγιση είναι εφαρμόσιμη στην πράξη;

Q.4 - How far is each approach applicable in practice?

Approaches\Scale	not at all	a little	quite a lot	very well
Per capita utility	○	○	○	○
All natural capital	○	○	○	○
Biologically Crucial Levels	○	○	○	○
Critical Natural Capital	○	○	○	○

5. Τέλος, με την ερώτηση 5 οι προσεγγίσεις OBOA αξιολογούνται ως προς την ικανότητα τους να περιγράψουν την γενικότερη φιλοσοφία που διακατέχει την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Η ερώτηση 5 διατυπώνεται ως εξής:

Ερώτηση 5: Πόσο κατάλληλη είναι κάθε προσέγγιση είναι να περιγράψει την γενικότερη φιλοσοφία της βιώσιμης ανάπτυξης;

Q.5 - How suitable is each approach for describing the general philosophy of sustainable development?

Approaches\Scale	not at all	a little	quite a lot	very well
Per capita utility	○	○	○	○
All natural capital	○	○	○	○
Biologically Crucial Levels	○	○	○	○
Critical Natural Capital	○	○	○	○

3.6 Πιλοτική Έρευνα και Υλοποίηση της 'Έρευνας

Το στάδιο της προ-έρευνας ουσιαστικά περιλαμβάνει την δοκιμή του ερωτηματολογίου σε ένα μικρό δείγμα πληθυσμού. Σε αυτό το στάδιο πρέπει να αξιολογηθεί ο βαθμός σαφήνειας και ερμηνείας του ερωτηματολογίου. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο δίνεται η δυνατότητα να βελτιωθεί το ερωτηματολόγιο ώστε να γίνει πιο αποδεκτό από τον ερωτώμενο πληθυσμό.

Η πιλοτική έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δέκα ειδικούς (πέντε από Ελλάδα και πέντε από το εξωτερικό) στους οποίους αποστάλθηκε το ερωτηματολόγιο ηλεκτρονικά. Στην συνέχεια οι ερωτώμενοι αφού συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο ηλεκτρονικά μας στείλανε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου τις παρατηρήσεις τους.

Τα αποτελέσματα της Πιλοτικής έρευνας μας οδήγησαν σε δύο βασικές αλλαγές:

1. Την βελτίωση του α' μέρους του ερωτηματολογίου ώστε να είναι πιο κατανοητό για τους ερωτώμενους.
2. Στην αλλαγή της σειράς των ερωτήσεων με σειρά από τις πιο ειδικές στις πιο γενικές.

Στο στάδιο της υλοποίησης το ερωτηματολόγιο είχε τη μορφή που παρουσιάζεται στο παράρτημα Ι. Η έρευνα υλοποιήθηκε σε διάστημα ενός χρόνου (Ιούνιο 2009 –Ιούνιο 2010). Η επιλογή της αποστολή των ερωτηματολογίων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου καθώς και η on-line συμπλήρωση του μας επέτρεψε την άμεση εισαγωγή του συνόλου δεδομένων (data-set) σε φύλλο εργασίας του Excel.

Το ερωτηματολόγιο αποστάλθηκε όπως ήδη αναφέραμε σε 420 ειδικούς μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Προκειμένου να αυξήσουμε τον βαθμό απόκρισης των ειδικών το ερωτηματολόγιο αποστάλθηκε δύο φορές σε όσους ερωτώμενους δεν είχαν αποκριθεί σε διάστημα δέκα ημερών από την πρώτη αποστολή του ερωτηματολογίου.

Ο βαθμός απόκρισης ερευνών μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, σύμφωνα με έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί ποικίλει από χαμηλά ποσοστά (6%) μέχρι πολύ υψηλά ποσοστά (75%)(Sheehan et al., 1999). Οι διαφοροποιήσεις αυτές με βάση την υπάρχουσα γνώση μπορεί να οφείλονται σε διάφορους λόγους που εξαρτώνται από το αντικείμενο της έρευνας, τον ερωτώμενο πληθυσμό, την εμπιστοσύνη του ερωτώμενου να ακολουθήσει το υποδεικνυόμενο link λόγω spam μηνυμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι λήφθηκαν περίπου 20 μηνύματα από ειδικούς που εξέφραζαν τον δισταγμό τους να

συμμετέχουν στην έρευνα λόγω παλαιότερης εμπειρίας που είχαν με παρόμοια μηνύματα και είχαν αποτέλεσμα την καταστροφή του λογισμικού τους.

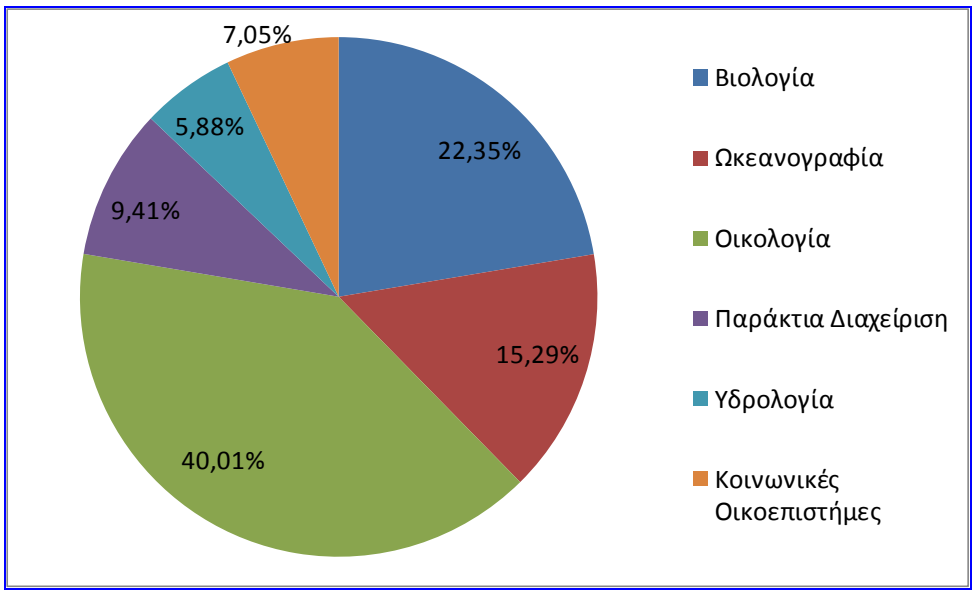
Το ερωτηματολόγιο συνολικά απαντήθηκε από 88 ειδικούς και ο βαθμός απόκρισης ήταν 20,9 %. Η ανάλυση που ακολουθεί αφορά τις απαντήσεις των 88 ειδικών. Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το SPSS 13 (Statistical Package for Social Sciences).

3.7 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

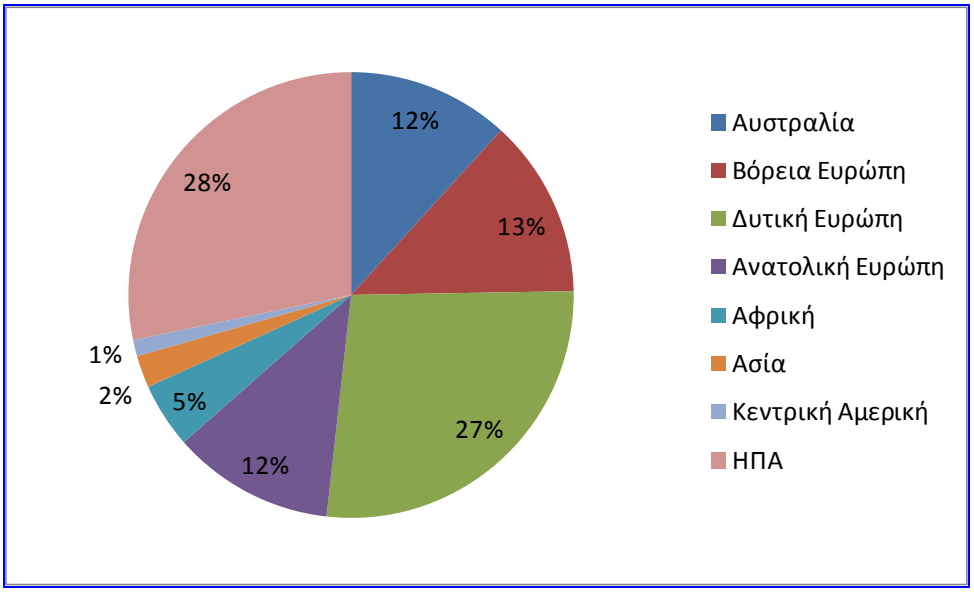
3.7.1 Δημογραφική Ανάλυση του Δείγματος

Η συγκεκριμένη έρευνα μας επέτρεψε την ανάλυση του συνόλου των δεδομένων ως προς δύο δημογραφικά χαρακτηριστικά: (i) Τη χώρα εργασίας και (ii) Την επιστημονική ειδικότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι επειδή η επιλογή του πληθυσμού έγινε με βάση ορισμένα προκαθορισμένα χαρακτηριστικά σε επίπεδο εκπαίδευσης δεν ζητήθηκε από τον ερωτώμενο πληθυσμό επίπεδο εκπαίδευσης. Επιπλέον, η διεξαγωγή της έρευνας σε διεθνές επίπεδο και ιδιαίτερα η μεθοδολογία αποστολής των ερωτηματολογίων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου περιόρισε τη δυνατότητα μας να κάνουμε περισσότερες ερωτήσεις προσωπικού χαρακτήρα.

Τα Διαγράμματα 3.1 και 3.2 παρουσιάζουν τα δημογραφικά στοιχεία των ειδικών για την ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Το διάγραμμα 3.1 δείχνει το ποσοστό των ειδικών ανά ειδικότητα που πήραν μέρος στην έρευνα. Από το διάγραμμα 3.1 παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των ειδικών προέρχονται από τις επιστήμες της Θαλάσσιας Οικολογίας (40%), Βιολογίας (22,3%) και Ωκεανογραφίας (15,2%). Με μικρότερο ποσοστό αντιπροσωπεύτηκαν οι ειδικότητες της διαχείρισης παράκτιων οικοσυστημάτων (5,8%), των κοινωνικών οίκο- επιστημών (7%) και της υδρολογίας (3,5%) .Να σημειωθεί ότι η επιστήμη της οικολογίας με βάση την ομαδοποίηση που πραγματοποιήσαμε περιλαμβάνει την θαλάσσια, υδάτινη και βενθική οικολογία.



Διάγραμμα 3.1: Ποσοστό ειδικών ανά ειδίκευση



Διάγραμμα 3.2: Ποσοστό ανά χώρα Προέλευσης

Αντίστοιχα το διάγραμμα 3.2 απεικονίζει το ποσοστό των ειδικών ανά χώρα προέλευσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων προέρχεται από χώρες της Δυτικής Ευρώπης (26,1%) και των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (27,3%). Η συμμετοχή αυτή ήταν αναμενόμενη γιατί οι ειδικοί που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο εργάζονται σε αυτές τις γεωγραφικές περιοχές. Επιπλέον ο μεγαλύτερος προβληματισμός και επιστημονικός διάλογος γύρω από τις πολιτικές για τα ύδατα και τα αποτελέσματα τους λαμβάνει χώρα

κυρίως στις χώρες της Δύσης. Είναι φανερό από το διάγραμμα 3.2 ότι οι ερωτώμενοι από τις χώρες της Αφρικής, Ασίας και Κεντρικής Αμερικής έχουν πολύ χαμηλά ποσοστά.

Πίνακας 3.2: Κατανομή Συχνότητας ανά ειδικότητα

	Ειδικότητα	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	**Βιολογία**	19	21,59	22,35
	Ωκεανογραφία	13	14,77	15,29
	Οικολογία	34	38,63	40
	Παράκτια Διαχείριση	8	9,09	9,41
	Υδρολογία	5	5,68	5,88
	Κοινωνικές Οικοεπιστήμες	6	6,81	7,05
	Σύνολο	85	96,59	100
	Missing System	3	3,40	
Σύνολο		**88**	**100**	

Οι Πίνακες 3.2 και 3.3. δείχνουν τους πίνακες συχνοτήτων που παράγονται από το SPPS. Η τρίτη στήλη σε κάθε πίνακα δείχνει τον αριθμό των ειδικών ανά ειδικότητα και χώρα προέλευσης και η τέταρτη στήλη το ποσοστό. Παρατηρούμε στο πίνακα 3.2 ότι δεν γνωρίζουμε ειδικότητα (missing system) για τρεις ειδικούς. Αντίστοιχα στον πίνακα 3.3 οι ειδικοί που δεν σημείωσαν την χώρα προέλευσης τους είναι τρεις.

Πίνακας 3.3: Κατανομή Συχνότητας ανά χώρα προέλευσης

	Region	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	**Αυστραλία**	10	11,36	11,76
	Βόρεια Ευρώπη	11	12,5	12,94
	Δυτική Ευρώπη	23	26,13	27,05
	Ανατολική Ευρώπη	10	11,36	11,76
	Αφρική	4	4,54	4,70
	Ασία	2	2,27	2,35
	Κεντρική Αμερική	1	1,13	1,17
	ΗΠΑ	24	27,27	28,23
	Σύνολο	85	96,59	100
	Missing System	3	3,40	
Σύνολο		**88**	**100**	

3.7.2 Στατιστική Ανάλυση

Πριν προχωρήσουμε στην στατιστική ανάλυση του ερωτηματολογίου, αξίζει να σημειωθεί ότι έγινε χρήση του έλεγχου -t που συγκρίνει τις μέσες τιμές δύο ομάδων. Οι τιμές που μπορούν να πάρουν οι απαντήσεις βρίσκονται σε μια αριθμητική κλίμακα από το 1 μέχρι το 4. Μέσες τιμές κοντά στην μονάδα εκφράζουν την χαμηλή προτίμηση του ερωτώμενου για μια συγκεκριμένη προσέγγιση OBOA. Αντίθετα μέσες τιμές κοντά στο τέσσερα δηλώνουν την προτίμηση του ερωτώμενου για μια συγκεκριμένη προσέγγιση OBOA.

Όσον αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος, έγινε ο έλεγχος- t ανεξάρτητων δειγμάτων (unpaired two group t-test): (i) για όλα τα ζευγάρια που σχηματίζονται ανά ειδικότητα και (ii) για όλα τα ζευγάρια που σχηματίζονται ανά χώρα προέλευσης. Το αποτέλεσμα και των δύο ελέγχων μας υποδεικνύει ότι η ανάλυση πρέπει να γίνει για το σύνολο των δεδομένων καθώς φαίνεται να μην υπάρχει καμία συσχέτιση ανάμεσα στις απαντήσεις και την ειδικότητα καθώς και ανάμεσα στη χώρα προέλευσης και την ειδικότητα. Δηλαδή, δεν υπάρχει διαφορά στις απαντήσεις η οποία να οφείλεται στην ειδικότητα ή τη χώρα προέλευσης. Επιπλέον, το γεγονός ότι ανά ειδικότητα δεν υπάρχουν διαφορές στους μέσους μας δείχνει ότι δεν είναι η ειδικότητα που προσδιορίζει

τις απαντήσεις. Ωστόσο επειδή η αντιπροσώπευση από κάποιες ειδικότητες και χώρες είναι μικρή δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα.
Στην ανάλυση που ακολουθεί δε γίνεται διαχωρισμός ανά ειδικότητα ή χώρα προέλευσης και η ανάλυση αφορά το σύνολο των δεδομένων.

3.7.2.1 Ανάλυση Ερωτηματολογίου ανά ερώτηση

Σε αυτό το υποκεφάλαιο αναλύονται τα δεδομένα του ερωτηματολογίου για κάθε ερώτηση. Σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου αξιολογούνται οι τέσσερις προσεγγίσεις ΟΒΟΑ – ΜΦΧ, ΠΟΦΚ, ΚΒΟ, ΚΦΚ- ως προς μία συγκεκριμένη διάσταση. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά ορισμένα περιγραφικά στατιστικά μέτρα για κάθε προσέγγιση ΟΒΟΑ σε κάθε ερώτηση. Συγκεκριμένα οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα πλήρη δεδομένα (N), τον αριθμητικό μέσο (Mean) και την τυπική απόκλιση (Std. Deviation). Επιπλέον για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων έχει γίνει γραφική απεικόνιση των αριθμητικών μέσων κάθε προσέγγισης ΟΒΟΑ σε κάθε ερώτηση.Οι ερωτώμενοι αξιολόγησαν κάθε προσέγγιση σε μια κλίμακα από το Καθόλου (που αριθμητικά ισούται με το 1) έως το Πολύ Καλά (που αριθμητικά ισούται με το 4). Συνεπώς όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο αριθμητικός μέσος μιας προσέγγισης τόσο πιο χαμηλά βρίσκεται στην κλίμακα αξιολόγησης του ειδικού. Το αντίστροφο ισχύει για τιμές κοντά στο 4.
Αναλυτικότερα:

i. **Ερώτηση 1: Σε ποιο βαθμό κάθε προσέγγιση παρουσιάζει εσωτερική συνάφεια και συνέπεια;**

Από τον πίνακα 3.4 παρατηρούμε ότι η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) έχει τον υψηλότερο αριθμητικό μέσο (3,22) ενώ η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας ανά πολίτη (ΜΦΧ) τον χαμηλότερο αριθμητικό μέσο (1,9). Οι προσεγγίσεις της προστασίας όλου του φυσικού κεφαλαίου (ΠΟΦΚ) και του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου (ΚΦΚ) έχουν ενδιάμεσους αριθμητικούς μέσους. Το διάγραμμα 3.3 απεικονίζει τον αριθμητικό μέσο για κάθε προσέγγιση ΟΒΟΑ για την ερώτηση 1.
Το διάγραμμα 3.4 απεικονίζει την κατανομή συχνοτήτων (σε ποσοστό) ανά προσέγγιση για την ερώτηση 1. Είναι φανερή η προτίμηση των ειδικών για την προσέγγιση ΚΒΟ όπου το 50% των ειδικών θεωρεί ότι έχει αρκετή εσωτερική συνέπεια και συνάφεια και το 36,4% πολύ καλή. Αντίθετα για την προσέγγιση της μη φθίνουσας χρησιμότητας το

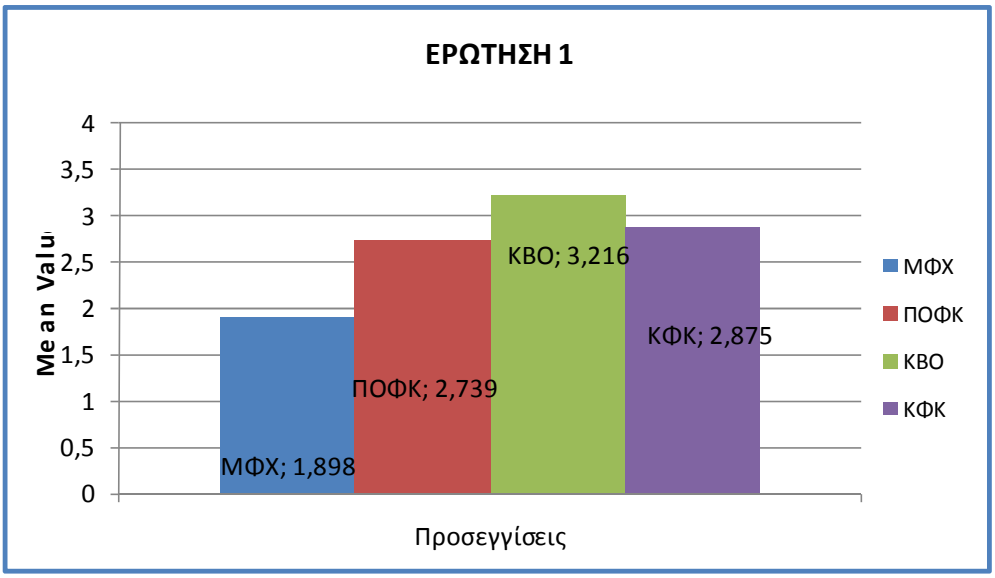
40,9% θεωρεί ότι δεν έχει καθόλου εσωτερική συνέπεια και συνάφεια και μόλις το 2,3% θεωρεί ότι έχει πολύ καλή. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την προσέγγιση του ΚΦΚ δεν υπήρξε κανένας ειδικός που να θεώρησε ότι δεν έχει καθόλου εσωτερική συνέπεια και συνάφεια (0%), ενώ το 30,7% θεωρεί ότι έχει λίγη, το 51,1% αρκετή και το 18,2% πολύ καλή.

Για την ερώτηση 1 πραγματοποιήθηκε έλεγχος t-test κατά ζεύγη (paired samples test) για να εξεταστεί εάν υπάρχει διαφορά μεταξύ των βαθμών που λαμβάνονται από το ίδιο άτομο για κάθε μία από τις προσεγγίσεις OBOA (παράρτημα 2). Από την ανάλυση μας προκύπτει ότι με στατιστική σημαντικότητα p-value=0 απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0: Οι μέσες τιμές των δύο πληθυσμών δεν διαφέρουν σημαντικά (μ_1-μ_2=0)) για όλα τα ζευγάρια που σχηματίζονται από την ερώτηση 1 εκτός από το ζευγάρι ΠΟΦΚ και ΚΦΚ. Για το ζευγάρι των προσεγγίσεων ΠΟΦΚ και ΚΦΚ προκύπτει ότι με στατιστική σημαντικότητα p-value=0,268 οι μέσες τιμές δεν διαφέρουν. Συνεπώς φαίνεται ότι για την ερώτηση 1 οι ειδικοί αξιολογούν με διαφορετικό τρόπο τα διάφορα ζευγάρια προσεγγίσεων που σχηματίζονται, ενώ τείνουν να έχουν την άποψη ότι οι προσεγγίσεις ΠΟΦΚ και ΚΦΚ παρουσιάζουν τον ίδιο βαθμό εσωτερικής συνέπειας και συνάφειας.

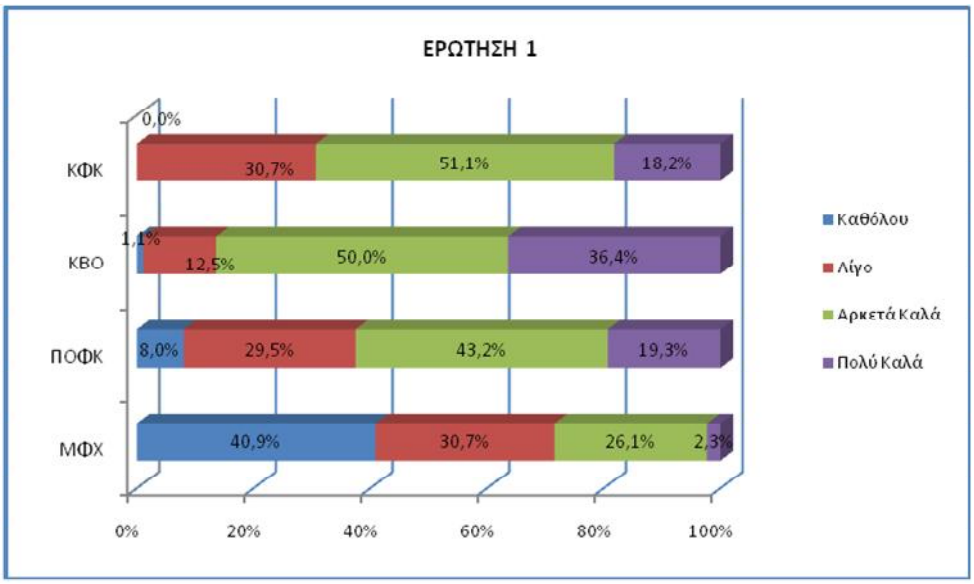
Στο Παράρτημα 2 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου.

Πίνακας 3.4: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 1

	N	Mean	Std. Deviation
q1_ΜΦΧ	88	1,90	,872
q1_ΠΟΦΚ	88	2,74	,864
q1_ΚΒΟ	88	3,22	,702
q1_ΚΦΚ	88	2,88	,692
Valid N (listwise)	88		



Διάγραμμα 3.3: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 1



Διάγραμμα 3.4: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 1 σε ποσοστά

ii. **Ερώτηση 2: Πόσο καλά περιγράφει κάθε προσέγγιση τις συνθήκες επίτευξης της ΟΒΟΑ;**

Η πιο θεμελιώδης ερώτηση του ερωτηματολογίου είναι η ερώτηση 2. Με την ερώτηση 2 διερευνάτε πόσο καλά κάθε προσέγγιση περιγράφει τις συνθήκες επίτευξης ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Από το πίνακα 3.5 φαίνεται ότι, όμοια με την ερώτηση 1, η προσέγγιση ΜΦΧ έχει τον χαμηλότερο αριθμητικό μέσο (1,5) ενώ η προσέγγιση ΚΒΟ τον υψηλότερο (3,2). Οι προσεγγίσεις ΠΟΦΚ και ΚΦΚ έχουν αριθμητικούς μέσους 2,75 και 2,92 αντίστοιχα.

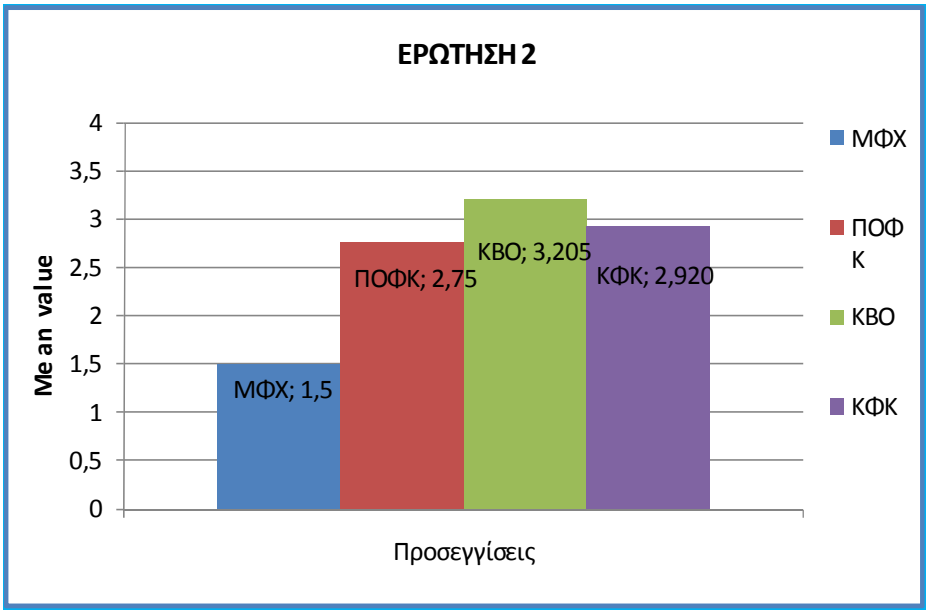
Επιπλέον από το διάγραμμα 3.6 φαίνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτώμενων (65,9%) θεωρεί ότι η προσέγγιση της μη φθίνουσας χρησιμότητας δεν προτείνει τις κατάλληλες συνθήκες για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Αντίθετα για την προσέγγιση ΚΒΟ δεν υπήρχε κανένας ερωτώμενος (0%) που να θεώρησε ότι δεν περιγράφει καθόλου καλά τις συνθήκες για ΟΒΟΑ, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τις προσεγγίσεις ΠΟΦΚ και ΚΦΚ είναι μόλις 6,8% και 2,3% αντίστοιχα. Επιπλέον από το διάγραμμα φαίνεται ότι η επιλογή 3 (αρκετά καλά) είναι αυτή που έχει προτιμηθεί από τους ερωτώμενους για την αξιολόγηση των προσεγγίσεων ΠΟΦΚ (38,6%), ΚΦΚ (51,1%) και ΚΒΟ (50%). Ωστόσο η προσέγγιση ΚΒΟ συγκεντρώνει όπως και στην προηγούμενη ερώτηση το μεγαλύτερο ποσοστό ερωτώμενων (35,23%) που την θεωρεί 'πολύ καλή' για να περιγράψει τις συνθήκες επίτευξης ΟΒΟΑ σε σύγκριση με τις άλλες προσεγγίσεις.

Για την ερώτηση 2 πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 2). Από την ανάλυση μας προκύπτει ότι για τις προσεγγίσεις ANC και CNC με στατιστική σημαντικότητα p-value=0,212 γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση που σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τιμές των δειγμάτων. Δηλαδή για την ερώτηση 2, όμοια με την ερώτηση 1, οι προσεγγίσεις ΠΟΦΚ και ΚΦΚ αξιολογούνται με τον ίδιο τρόπο από τους ειδικούς. Για όλα τα υπόλοιπα ζεύγη με στατιστική σημαντικότητα p-value=0.05 απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση.

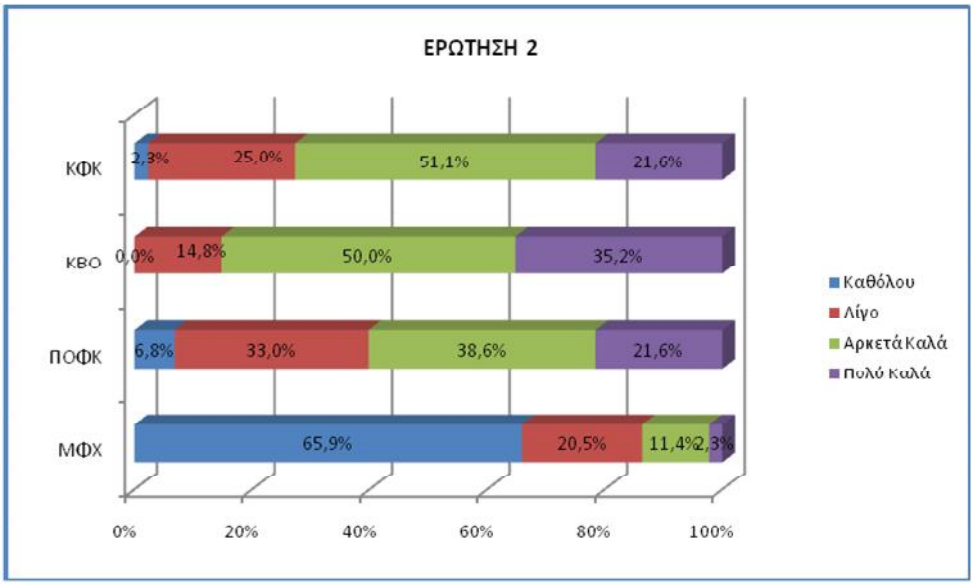
Συνεπώς είναι ξεκάθαρο από την ερώτηση 2 ότι οι ειδικοί θεωρούν ότι η προσέγγιση ΚΒΟ θέτει τις καταλληλότερες συνθήκες για την επίτευξη της ΟΒΟΑ σε επιχειρησιακό επίπεδο σε σύγκριση με τις υπόλοιπες υπό αξιολόγηση προσεγγίσεις ΟΒΟΑ. Αντίθετα η προσέγγιση της ΜΦΧ φαίνεται ότι δεν θέτει κατά την άποψη των ειδικών το κατάλληλο πλαίσιο για την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Πίνακας 3.5: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 2

	N	Mean	Std. Deviation
q2_ΜΦΧ	88	1,50	,788
q2_ΠΟΦΚ	88	2,75	,874
q2_ΚΒΟ	88	3,20	,681
q2_ΚΦΚ	88	2,92	,746
Valid N (listwise)	88		



Διάγραμμα 3.5: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 2



Διάγραμμα 3.6: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 2 σε ποσοστά

iii. **Ερώτηση 3: Πόσο ικανή είναι κάθε προσέγγιση να αποτελέσει την βάση για το σχεδιασμό αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής στα παράκτια οικοσυστήματα;**

Η ερώτηση 3 διερευνά ποια προσέγγιση θα μπορούσε να αποτελέσει την βάση για τον σχεδιασμό αποτελεσματικής πολιτικής για τα παράκτια οικοσυστήματα. Συνεπώς, με την ερώτηση 3 αξιολογούνται οι προσεγγίσεις σε επιχειρησιακό επίπεδο καθώς απώτερος σκοπός κάθε προσέγγισης είναι να επηρεάσει στον σχεδιασμό αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής με άξονα την ΟΒΟΑ. Από τον πίνακα 3.6 και το διάγραμμα 3.7 είναι ξεκάθαρο ότι οι ειδικοί θεωρούν ότι η προσέγγιση ΚΒΟ, με αριθμητικό μέσο 3,18 μπορεί να αποτελέσει την βάση για τον σχεδιασμό αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής για τα παράκτια οικοσυστήματα. Ακολουθεί η προσέγγιση ΚΦΚ με αριθμητικό μέσο 2,98 και η ΠΟΦΚ προσέγγιση με αριθμητικό μέσο 2,63. Η προσέγγιση της ΜΦΧ έχει τον χαμηλότερο αριθμητικό μέσο (1,63).

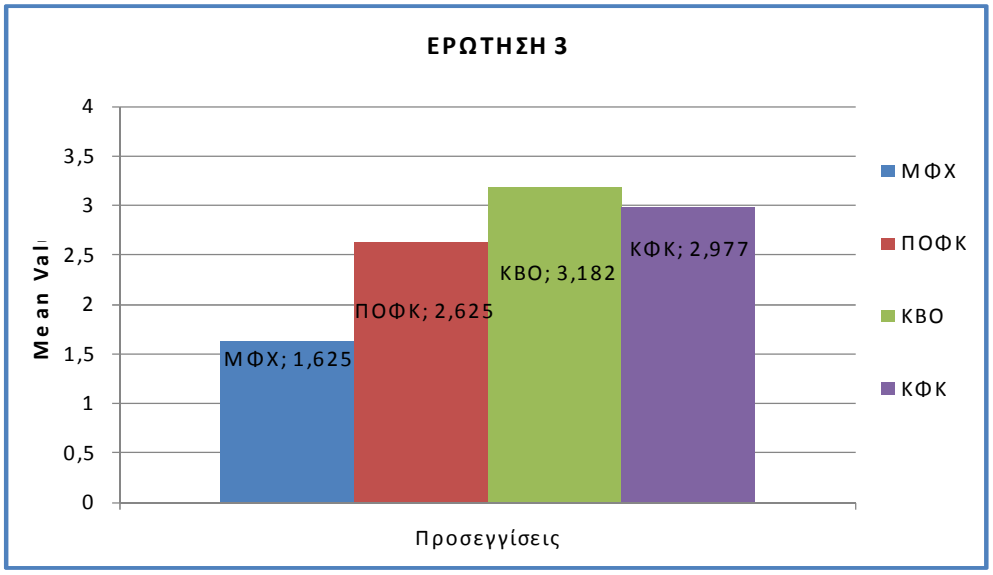
Από το διάγραμμα 3.8 φαίνεται ότι για την ερώτηση 3, όμοια με την ερώτηση 2, η προσέγγιση ΚΒΟ δεν θεωρείται από κανέναν ειδικό ακατάλληλη για τον σχεδιασμό περιβαλλοντικής πολιτικής για τα παράκτια οικοσυστήματα. Σε αντίθεση το 54,55% των ειδικών θεωρεί ότι η προσέγγιση ΜΦΧ δεν είναι η κατάλληλη βάση για τον σχεδιασμό πολιτικής. Επιπλέον από το διάγραμμα 3.8 προκύπτει ότι η πλειοψηφία των ειδικών για

τις προσεγγίσεις ΚΒΟ (47,7%) και ΚΦΚ (44,8%) θεωρεί ότι μπορούν να αποτελέσουν την βάση για τον σχεδιασμό αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής με άξονα την ΟΒΟΑ. Συνεπώς προκύπτει ότι οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ μπορούν να αποτελέσουν την βάση για τον σχεδιασμό πολιτικών για τα παράκτια οικοσυστήματα.

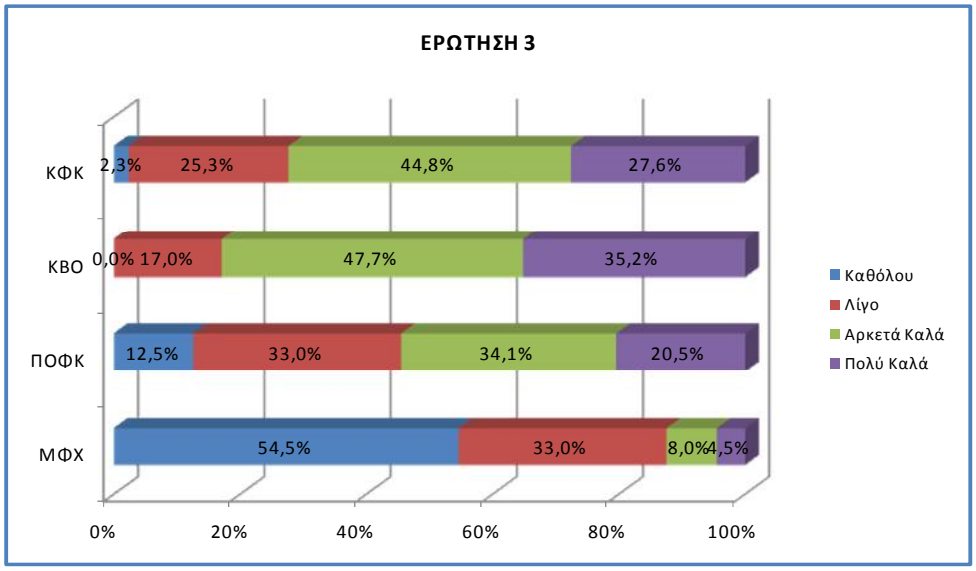
Για την ερώτηση 3 πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 2), όπου απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για το σύνολο των ζευγών με στατιστική σημαντικότητα p-vale<0,05. Δηλαδή υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τιμές των προσεγγίσεων. Προκύπτει ότι η προτίμηση των ειδικών για τις προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ είναι σαφής και ξεκάθαρη.

Πίνακας 3.6: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 3

	N	Mean	Std. Deviation
q3_ΜΦΧ	88	1,63	,821
q3_ΠΟΦΚ	88	2,63	,951
q3_ΚΒΟ	88	3,18	,704
q3_ΚΦΚ	87	2,98	,792
Valid N (listwise)	87		



Διάγραμμα 3.7: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 3



Διάγραμμα 3.8: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 3 σε ποσοστά

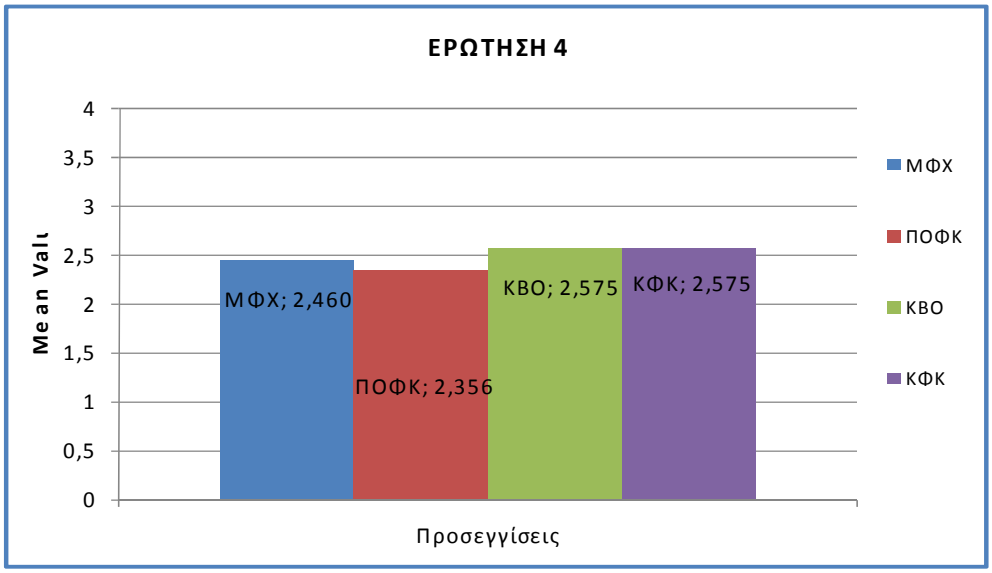
iv. **Ερώτηση 4: Κατά πόσο είναι κάθε προσέγγιση εφαρμόσιμη στην πράξη;**

Με την ερώτηση 4 στόχος είναι να αξιολογηθούν οι προσεγγίσεις ως προς το βαθμό που είναι εφαρμόσιμες. Από τον πίνακα 3.7 και το διάγραμμα 3.9 είναι φανερό ότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις στους αριθμητικούς μέσους των προσεγγίσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΠΟΦΚ προσέγγιση έχει τον χαμηλότερο αριθμητικό μέσο, αποτέλεσμα λογικό εάν αναλογιστούμε ότι η προστασία ολόκληρου του φυσικού κεφαλαίου στις δυτικές οικονομίες αποτελεί ουτοπική συνθήκη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Αντίστοιχα οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ έχουν τον ίδιο αριθμητικό μέσο (2,57) και η προσέγγιση ΜΦΧ 2,46. Η ερώτηση 4 είναι η μοναδική ερώτηση της έρευνας όπου η προσέγγιση ΜΦΧ απέχει ελάχιστα από τις προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ

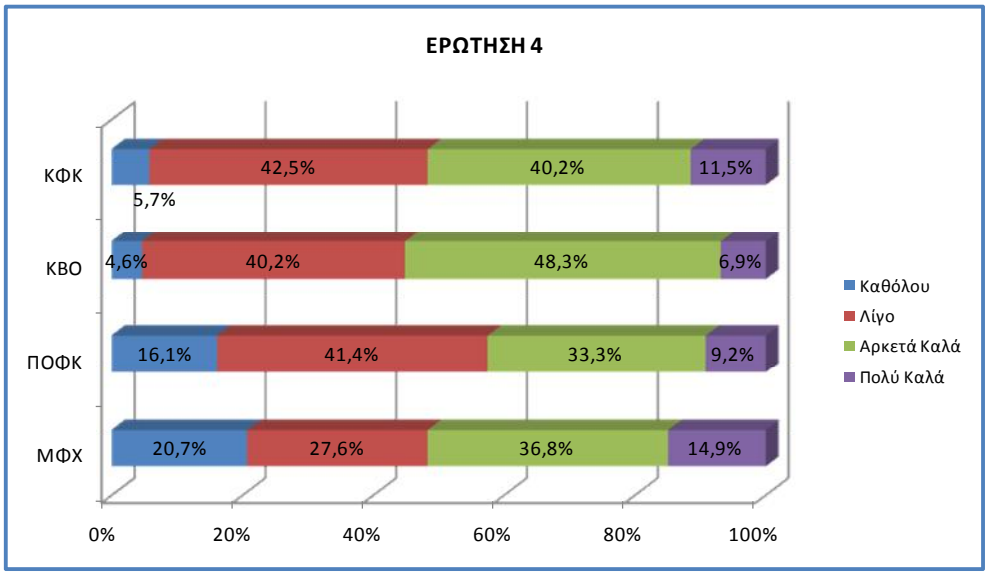
Για την ερώτηση 4 πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 2). Από την ανάλυση μας προκύπτει ότι σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05 γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση για όλα τα ζεύγη των προσεγγίσεων. Συνεπώς δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των δειγμάτων. Με αυτά τα δεδομένα προκύπτει ότι δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην αξιολόγηση των προσεγγίσεων στην ερώτηση 4 και δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Πίνακας 3.7: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 4

	N	Mean	Std. Deviation
q4_ΜΦΧ	87	2,46	,986
q4_ΠΟΦΚ	87	2,36	,862
q4_ΚΒΟ	87	2,57	,693
q4_ΚΦΚ	87	2,57	,772
Valid N (listwise)	87		



Διάγραμμα 3.9: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 4



Διάγραμμα 3.10: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 4 σε ποσοστά

v. **Ερώτηση 5: Πόσο κατάλληλη είναι κάθε προσέγγιση είναι να περιγράψει την γενικότερη φιλοσοφία της βιώσιμης ανάπτυξης;**

Με την ερώτηση 5 οι ειδικοί καλούνται να αξιολογήσουν κατά πόσο κάθε προσέγγιση είναι κατάλληλη για να περιγράψει την γενικότερη φιλοσοφία του ζητήματος της βιώσιμης ανάπτυξης. Από τον πίνακα 3.8 και το διάγραμμα 3.11 είναι ξεκάθαρο πως οι ειδικοί θεωρούν ότι οι ΚΒΟ και ΚΦΚ προσεγγίσεις είναι καταλληλότερες να περιγράψουν την γενικότερη φιλοσοφία της βιώσιμη ανάπτυξης. Συγκεκριμένα η προσέγγιση ΚΒΟ έχει τον υψηλότερο αριθμητικό μέσο (3,22) και ακολουθεί η προσέγγιση του ΚΦΚ (3,05), η ΠΟΦΚ 92,72) και τέλος η προσέγγιση ΜΦΧ (1,39). Συνεπώς όμοια με τις προηγούμενες ερωτήσεις η προσέγγιση ΚΒΟ έχει τον υψηλότερο αριθμητικό μέσο και η προσέγγιση ΜΦΧ τον χαμηλότερο.

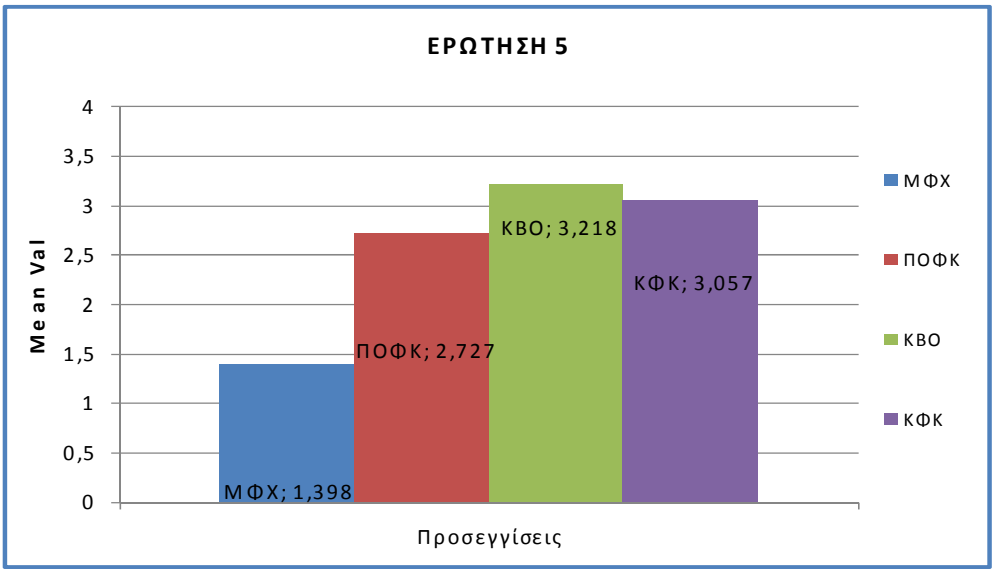
Επιπλέον από το διάγραμμα 3.12 προκύπτει ότι το 70,5% των ειδικών που συμμετείχαν στην έρευνα θεωρεί ότι η προσέγγιση ΜΦΧ δεν εκφράζει καθόλου την φιλοσοφία της ΟΒΟΑ. Το αντίστοιχο ποσοστό για τις προσεγγίσεις ΚΦΚ και ΚΒΟ είναι μόλις 1,1. Να σημειωθεί ότι για την ερώτηση 5 η ΚΒΟ συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ειδικών (40,2%) που θεωρεί ότι περιγράφει την φιλοσοφία της ΟΒΟΑ ‘πολύ καλά’.

Για την ερώτηση 5 πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη, όπου απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για το σύνολο των ζευγών με p=0 και με p=0.016 για το ζεύγος ΠΟΦΚ-ΚΦΚ.

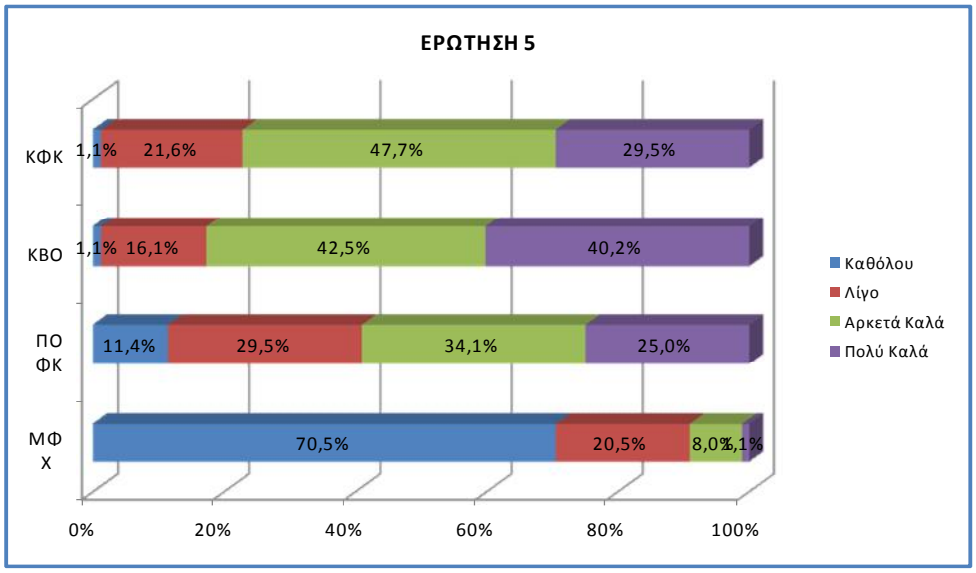
Εξαιρείται το ζεύγος ΚΒΟ-ΚΦΚ. Για το ζεύγος ΚΒΟ-ΚΦΚ με στατιστική σημαντικότητα p=0,071 γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση, που σημαίνει ότι οι μέσες τιμές δεν διαφέρουν σημαντικά. Με δεδομένο ότι οι διαφορές των προσεγγίσεων ΚΒΟ-ΚΦΚ είναι ελάχιστες, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι λογικό.

Πίνακας 3.8: Περιγραφικά Στατιστικά μέτρα για την ερώτηση 5

	N	Mean	Std. Deviation
q5_ΜΦΧ	88	1,40	,687
q5_ΠΟΦΚ	88	2,73	,968
q5_ΚΒΟ	87	3,22	,754
q5_ΚΦΚ	88	3,06	,748
Valid N (listwise)	87		



Διάγραμμα 3.11: Μέση τιμή ανά προσέγγιση για την ερώτηση 5



Διάγραμμα 3.12: Κατανομή συχνοτήτων για την ερώτηση 5 σε ποσοστά

3.7.2.2 Ανάλυση Ερωτηματολογίου ανά Προσέγγιση ΟΒΟΑ

Σε δεύτερο επίπεδο το ερωτηματολόγιο αναλύθηκε ανά προσέγγιση προκειμένου για την πληρέστερη αξιολόγηση των προσεγγίσεων. Στο υποκεφάλαιο 3.7.2.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για κάθε προσέγγιση. Για κάθε προσέγγιση ΟΒΟΑ δίνεται: (i) ο πίνακας με τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα (N, Mean, Std. Deviation), (ii) το διάγραμμα των αριθμητικών μέσων ανά ερώτηση και (iii) το διάγραμμα της κατανομής συχνοτήτων σε ποσοστά ανά ερώτηση.

i. Η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας (ΜΦΧ)

Η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας ανά πολίτη (ΜΦΧ) προέρχεται από την σχολή της Νεοκλασικής οικονομικής σκέψης και θέτει ως αναγκαία συνθήκη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ τη μη φθίνουσα χρησιμότητα ανά πολίτη. Η ΜΦΧ, που είναι η ουσιαστική και αντιπροσωπευτική έκφραση της ασθενούς βιωσιμότητας, βασίζεται στην υπόθεση ότι υφίστανται εξαιρετικά μεγάλα περιθώρια υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές κεφάλαιο στη διαδικασία δημιουργίας οικονομικής χρησιμότητας.

Από τον πίνακα 3.9 παρατηρώ ότι η προσέγγιση της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας (ΜΦΧ) έχει την χαμηλότερη μέση τιμή στις ερωτήσεις 2 (1,5) και 5 (1,4) και για την

υψηλότερη μέση τιμή στην ερώτηση 4 (2,46). Με δεδομένο ότι οι ερωτήσεις 2 και 5 άμεσα αξιολογούν τις προσεγγίσεις ως προς την ικανότητα τους να οδηγήσουν στην επίτευξη της ΟΒΟΑ, φαίνεται ότι οι ειδικοί θεωρούν ότι η προσέγγιση ΜΦΧ δεν θέτει τις κατάλληλες συνθήκες για την ΟΒΟΑ. Να σημειωθεί ότι η προσέγγιση ΜΦΧ έχει τον μεγαλύτερη μέση τιμή στην ερώτηση 4 που, όπως προαναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 2.7.2.1, οι ειδικοί αξιολογούν με τον ίδιο τρόπο όλες την δυνατότητα εφαρμογής των προσεγγίσεων.

Το διάγραμμα 3.14 δείχνει την κατανομή συχνοτήτων για την ΜΦΧ προσέγγιση για κάθε ερώτηση σε ποσοστά. Είναι φανερό από το διάγραμμα ότι η πλειοψηφία των ειδικών για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 έχει βαθμολογήσει την προσέγγιση ΜΦΧ με την επιλογή "καθόλου". Αντίθετα για τις ίδιες ερωτήσεις το ποσοστό των ειδικών που αξιολογούν την ΜΦΧ με "πολύ καλά" είναι πολύ χαμηλά.

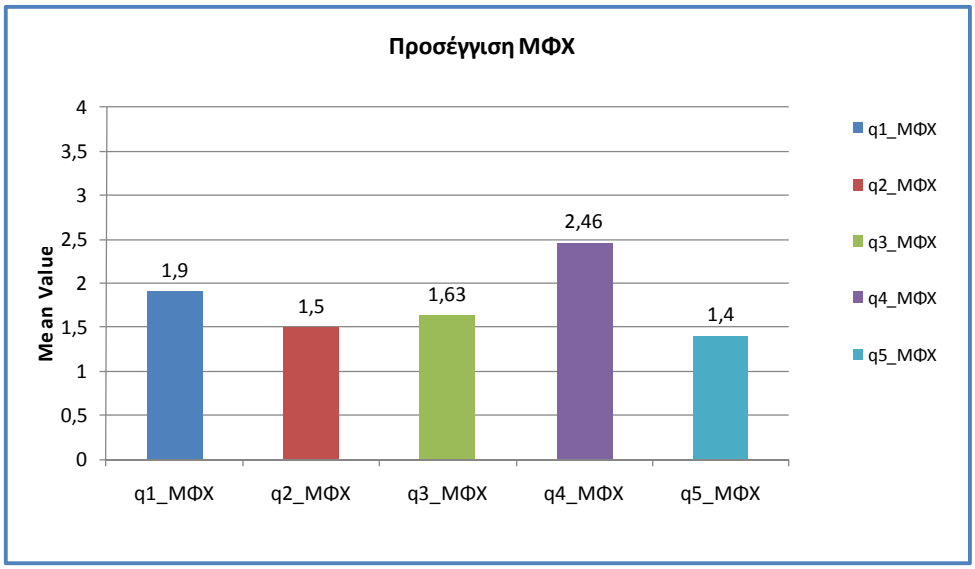
Για την ΜΦΧ πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 3) από το οποίο προέκυψε ότι p=0 για τα ζευγάρια ερωτήσεων q1-q2, q1-q4,q1-q5,q2-q4, q3-q4 και q4-q5, p=0,04 για το ζεύγος των ερωτήσεων q1-q3 και p=0.001 για το ζεύγος των ερωτήσεων q3-q5 που σημαίνει ότι για τα εν λόγω ζευγάρια ερωτήσεων απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση. Αποδεχόμαστε τη

ν μηδενική υπόθεση για τα ζευγάρια q2-q3 (p=0,086)και q2-q5 (p=0,095). Δηλαδή για τα ζευγάρια q2-q3 και q2-q5 θεωρώ ότι οι μέσοι είναι ίσοι.

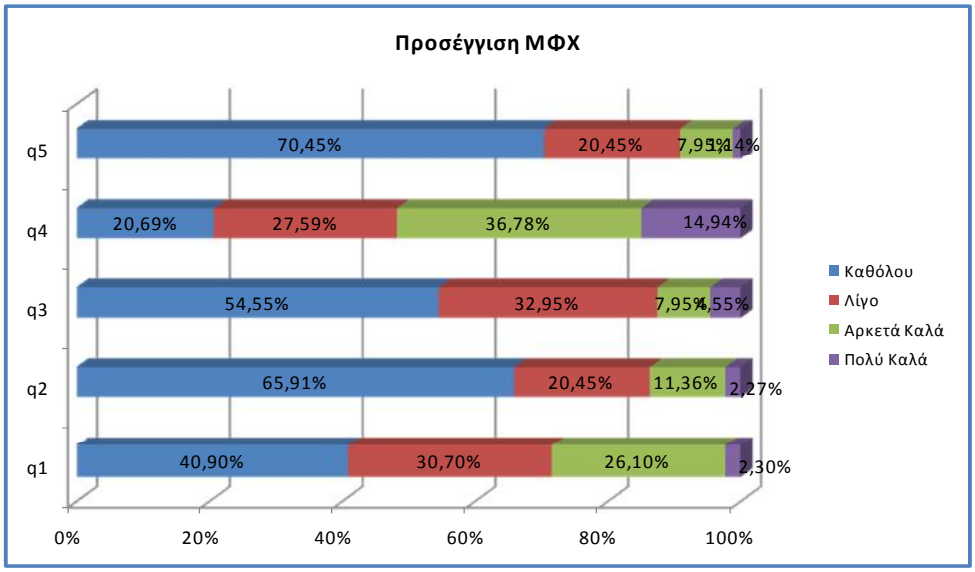
Συνεπώς για την προσέγγιση ΜΦΧ διαπιστώνεται ότι οι ειδικοί αξιολογούν με τον ίδιο τρόπο την αποτελεσματικότητα τους σε επίπεδο περιβαλλοντικής και τις επιχειρησιακές συνθήκες που θέτουν για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Επιπλέον οι ειδικοί αξιολογούν με τον ίδιο βαθμό την συγκεκριμένη προσέγγιση ως προς τις ερωτήσεις 2 και 5 που ουσιαστικά εξετάζουν το κατά πόσο κάθε προσέγγιση βρίσκεται κοντά στην φιλοσοφία της ΟΒΟΑ προτείνοντας το κατάλληλο επιχειρησιακό πλαίσιο για την επίτευξη της.

Πίνακας 3.9: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΜΦΧ προσέγγιση

	N	Mean	Std. Deviation
q1_ΜΦΧ	88	1,90	,872
q2_ΜΦΧ	88	1,50	,788
q3_ΜΦΧ	88	1,63	,821
q4_ΜΦΧ	87	2,46	,986
q5_ΜΦΧ	88	1,40	,687
Valid N (listwise)	87		



Διάγραμμα 3.13: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΜΦΧ προσέγγιση



Διάγραμμα 3.14: Κατανομή συχνοτήτων για ΜΦΧ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά

ii.Η προσέγγιση της Προστασίας Ολόκληρου του Φυσικού Κεφαλαίου (ΠΟΦΚ)

Η προσέγγιση της Προστασίας Ολόκληρου του Φυσικού Κεφαλαίου (ΠΟΦΚ) βασίζεται στην υπόθεση ότι η υποκατάσταση διαφορετικών μορφών κεφαλαίου είναι μια αβάσιμη υπόθεση και η επίτευξη της ΟΒΟΑ απαιτεί την προστασία ολόκληρου του φυσικού κεφαλαίου. Η ΠΟΦΚ παρόλο που δεν υπάρχει αυτούσια στην διεθνή βιβλιογραφία

συμπεριλήφθηκε στο ερωτηματολόγιο προκειμένου να εξεταστεί εάν μια τόσο ακραία άποψη είναι αποδεκτή από τους ειδικούς επιστήμονες της βιολογίας και της οικολογίας οι οποίοι εκ των πραγμάτων υιοθετούν οικοκεντρικές απόψεις.

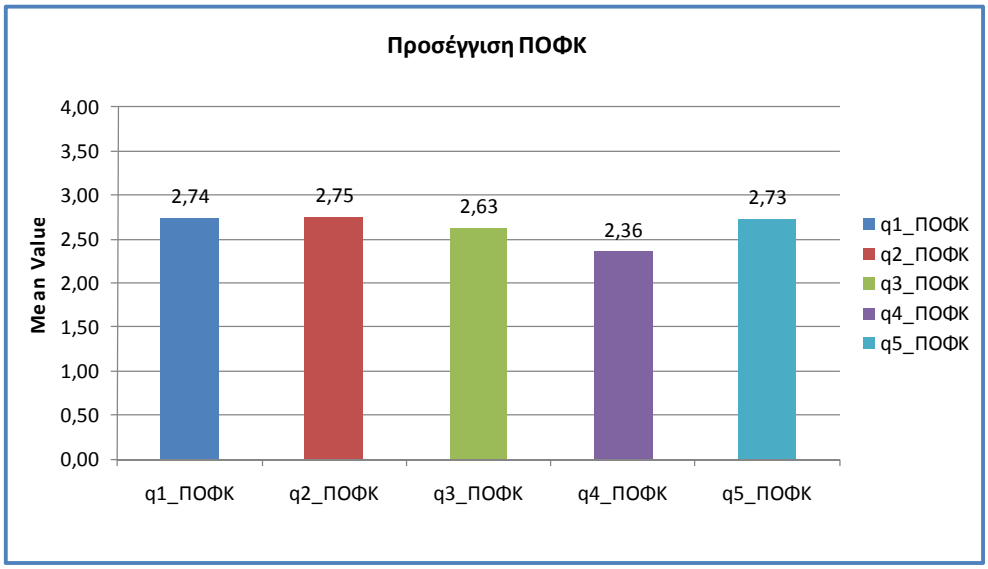
Από τον πίνακα 3.10 παρατηρώ ότι η προσέγγιση ΠΟΦΚ έχει σχεδόν ίσους αριθμητικούς μέσους για τις ερωτήσεις 1 (2,74), 2 (2,75), 3 (2,63) και 5 (2,73). Για τις συγκεκριμένες ερωτήσεις ο αριθμητικός μέσος βρίσκεται κοντά στο 3 που αντιστοιχεί στην επιλογή 'αρκετά καλά' του ερωτηματολογίου. Το γεγονός ότι για καμία ερώτηση ο αριθμητικός μέσος δεν είναι μεγαλύτερος του 3 φανερώνει την αδυναμία της συγκεκριμένης προσέγγισης να είναι σε συνολικό επίπεδο κατάλληλη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Το διάγραμμα 3.16 απεικονίζει την κατανομή συχνοτήτων ανά ερώτηση για την προσέγγιση ΠΟΦΚ. Για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 η πλειοψηφία των ειδικών έχει βαθμολογήσει την προσέγγιση με την επιλογή 'αρκετά καλά'. Για τις ίδιες ερωτήσεις το ποσοστό των ειδικών που έχει επιλέξει την επιλογή 'καθόλου' είναι σχετικά χαμηλό. Στην ερώτηση 4 αντιστοιχεί το χαμηλότερο ποσοστό (9,2%) των ειδικών που έχει επιλέξει την επιλογή 'πολύ καλά'. Το αποτέλεσμα αυτό κρίνεται λογικό καθώς η συνθήκη ΠΟΦΚ είναι αρκετά περιοριστική για την οικονομική διαδικασία.

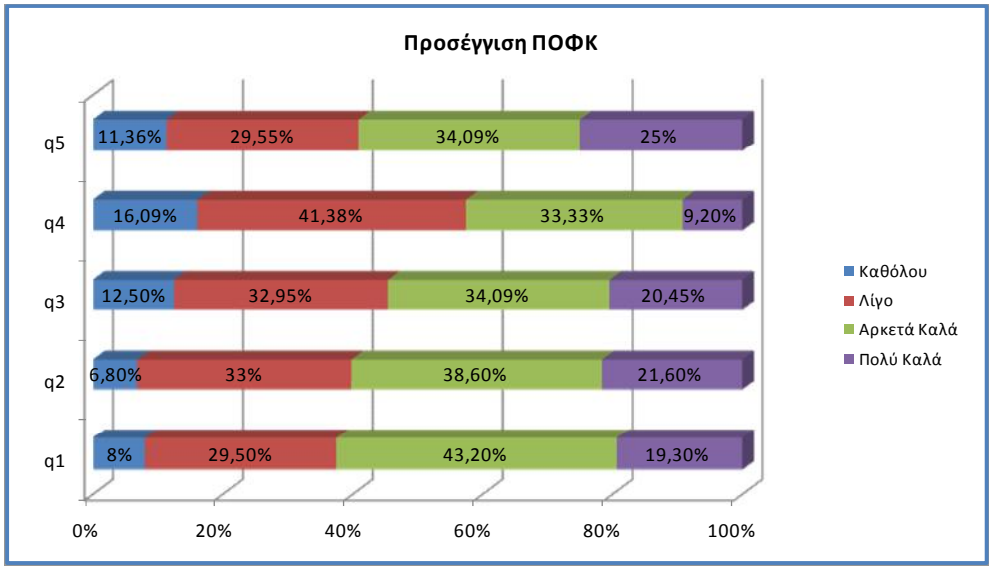
Για την ΠΟΦΚ πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 3) από το οποίο προέκυψε ότι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για τα ζευγάρια των ερωτήσεων q1-q4 (p=0,001), q2-q4 (p=0), q3-q4 (p=0,017) και q4-q5 (p=0,003). Δηλαδή για την ερώτηση 4 οι ειδικοί φαίνεται να δίνουν διαφορετική τιμή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τέσσερις ερωτήσεις. Για τα ζευγάρια των ερωτήσεων q1-q2 (p=0,892), q1-q3 (p=0,206), q1-q5 (p=0,902), q2-q3 (p=0,132), q2-q5 (p=0,779) q3-q5 (p=0,161) γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση και θεωρώ ότι οι μέσοι είναι ίσοι. Συνεπώς οι ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 αξιολογούνται με τον ίδιο τρόπο από τους ειδικούς για την προσέγγιση ΠΟΦΧ.

Πίνακας 3.10: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΠΟΦΚ προσέγγιση

	N	Mean	Std. Deviation
q1_ΠΟΦΚ	88	2,74	,864
q2_ΠΟΦΚ	88	2,75	,874
q3_ΠΟΦΚ	88	2,63	,951
q4_ΠΟΦΚ	87	2,36	,862
q5_ΠΟΦΚ	88	2,73	,968
Valid N (listwise)	87		



Διάγραμμα 3.15: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΠΟΦΚ προσέγγιση



Διάγραμμα 3.16: Κατανομή συχνοτήτων για ΠΟΦΚ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά

iii. Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων

Η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) θέτει ως αναγκαία συνθήκη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ την διατήρηση των κρίσιμων βιολογικών και οικολογικών ορίων των περιβαλλοντικών ειδών και διαδικασιών που διασφαλίζουν την βιολογική και οικολογική ακεραιότητα και εξέλιξη των οικοσυστημάτων. Η ΚΒΟ προσέγγιση

βασίζεται στην υπόθεση ότι το κοινωνικοοικονομικό σύστημα είναι υποσύστημα του φυσικού συστήματος και ως εκ τούτου η λειτουργία του κοινωνικοοικονομικού συστήματος προϋποθέτει την ομαλή λειτουργία και εξέλιξη του φυσικού συστήματος.

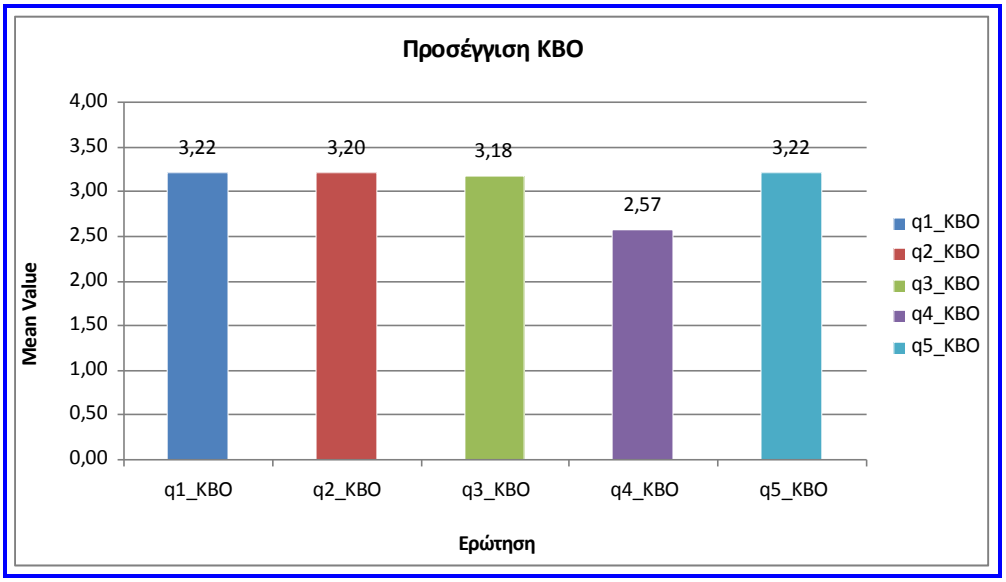
Η ΚΒΟ προσέγγιση όπως φαίνεται από τον πίνακα 3.11 και το διάγραμμα 3.17 έχει για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 αριθμητικούς μέσους μεγαλύτερους του 3. Συνεπώς οι ειδικοί αξιολογούν θετικά την εν λόγω προσέγγιση ως προς το περιεχόμενο της και την ικανότητα της να αποτελέσει το κατάλληλο πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την επίτευξη της ΟΒΟΑ.

Από το διάγραμμα 3.18 είναι φανερό ότι το ποσοστό των ειδικών που έχουν βαθμολογήσει την προσέγγιση με την επιλογή 'καθόλου' είναι πολύ χαμηλό και κυμαίνεται από το 0% (ερώτηση 2 και ερώτηση 3) μέχρι 4,6% (ερώτηση 4). Η πλειοψηφία των ειδικών έχει βαθμολογήσει για κάθε ερώτηση την εν λόγω προσέγγιση με την επιλογή ‘αρκετά καλά’.

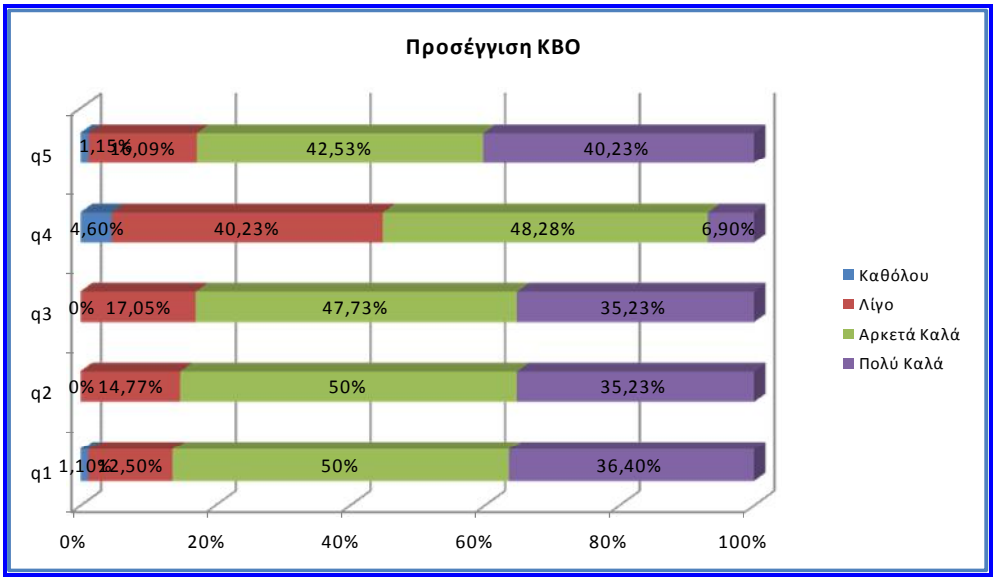
Πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη για την ΚΒΟ προσέγγιση (παράρτημα 3) από το οποίο προέκυψε ότι γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση για τα ζευγάρια των ερωτήσεων q1-q2 (p=0,836), q1-q3 (p=0,625), q1-q5 (p=0,863), q2-q3 (p=0,754), q2-q5 (p=0,76) και q4-q5 (p=0,54). Για αυτά τα ζευγάρια αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση ότι οι μέσοι τους είναι ίσοι. Δηλαδή για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 κάθε ειδικός έχει βαθμολογήσει με τον ίδιο τρόπο την προσέγγιση ΚΒΟ. Για τα ζευγάρια των ερωτήσεων q1-q4, q2-q4 και q4-q5 απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση με p=0. Είναι ξεκάθαρο ότι για την ερώτηση 4 οι ειδικοί έχουν διαφορετική άποψη σε σχέση με τις υπόλοιπες ερωτήσεις.

Πίνακας 3.11: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την ΚΒΟ προσέγγιση

	N	Mean	Std. Deviation
q1_KBO	88	3,22	,702
q2_KBO	88	3,20	,681
q3_KBO	88	3,18	,704
q4_KBO	87	2,57	,693
q5_KBO	87	3,22	,754
Valid N (listwise)	86		



Διάγραμμα 3.17: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΚΒΟ προσέγγιση



Διάγραμμα 3.18: Κατανομή συχνοτήτων για ΚΒΟ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά

iv. Η προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου

Η προσέγγιση του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου (ΚΦΚ) προτείνει την προστασία του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου ως αναγκαία συνθήκη για την ΟΒΟΑ. Κρίσιμο φυσικό κεφάλαιο ορίζεται το απόθεμα (μέρος) του φυσικού κεφαλαίου που επιτελεί κρίσιμες περιβαλλοντικές λειτουργίες και διαδικασίες που δεν μπορούν να υποκατασταθούν από άλλες μορφές κεφαλαίου. Η κρισιμότητα του φυσικού κεφαλαίου ορίζεται με βάση οικο-κεντρικά και ανθρωποκεντρικά κριτήρια.

Από τον πίνακα 3.12 και το διάγραμμα 3.19 παρατηρώ ότι οι προσέγγιση ΚΦΚ έχει σχεδόν ίσους αριθμητικούς μέσους για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 με υψηλότερο αριθμητικό μέσο στην ερώτηση 5 (3,06).

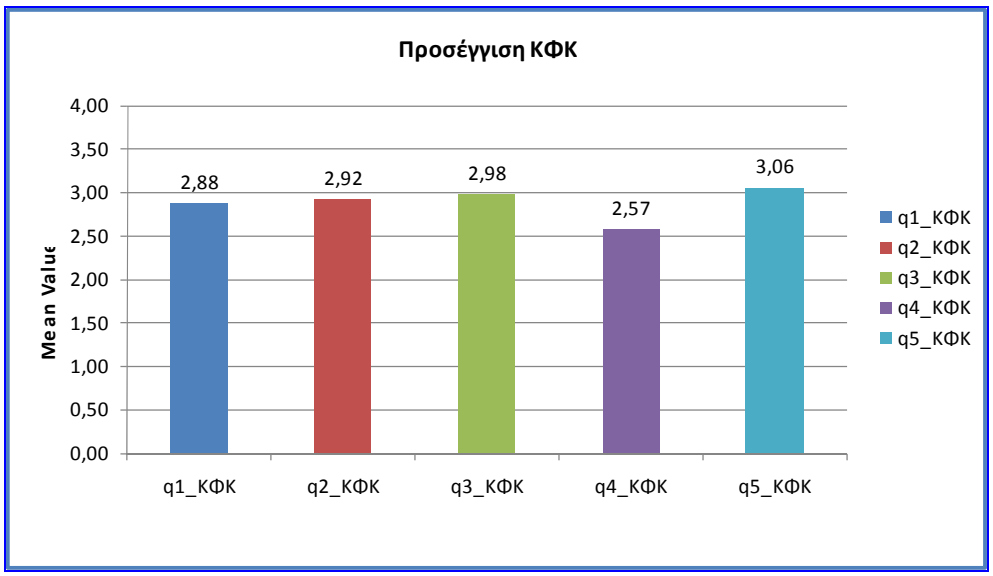
Επιπλέον για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των ειδικών έχει βαθμολογήσει την εν λόγω προσέγγιση με την επιλογή 'αρκετά καλά'. Στις αντίστοιχες ερωτήσεις το ποσοστό των ειδικών που έχει βαθμολογήσει την ΚΦΚ προσέγγιση με την επιλογή 'καθόλου' είναι πολύ χαμηλά, με το χαμηλότερο ποσοστό στο 0% που αφορά την ερώτηση 1.

Για την ΚΦΚ προσέγγιση πραγματοποιήθηκε t-test κατά ζεύγη (παράρτημα 3) από το οποίο προέκυψε ότι γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση για τα ζεύγη των ερωτήσεων q1-q2 (p=0,53), q1-q3(p=0,209) , q2-q3 (p=0,449), q2-q5 (p=0,07) και q3-q5(p=0,31). Συνεπώς για αυτά τα ζευγάρια γίνεται αποδεκτή η υπόθεση ότι οι μέσοι είναι ίσοι. Για τα ζευγάρια των ερωτήσεων q1-q4 (p=0,001), q1-q5 (p=0,007), q2-q4 (p=0,001), q3-q4 (p=0) και q4-q5 (p=0) απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση. Για τα συγκεκριμένα ζευγάρια ερωτήσεων οι ειδικοί έχουν βαθμολογήσει με διαφορετικό τρόπο τις ερωτήσεις για προσέγγιση ΚΦΚ.

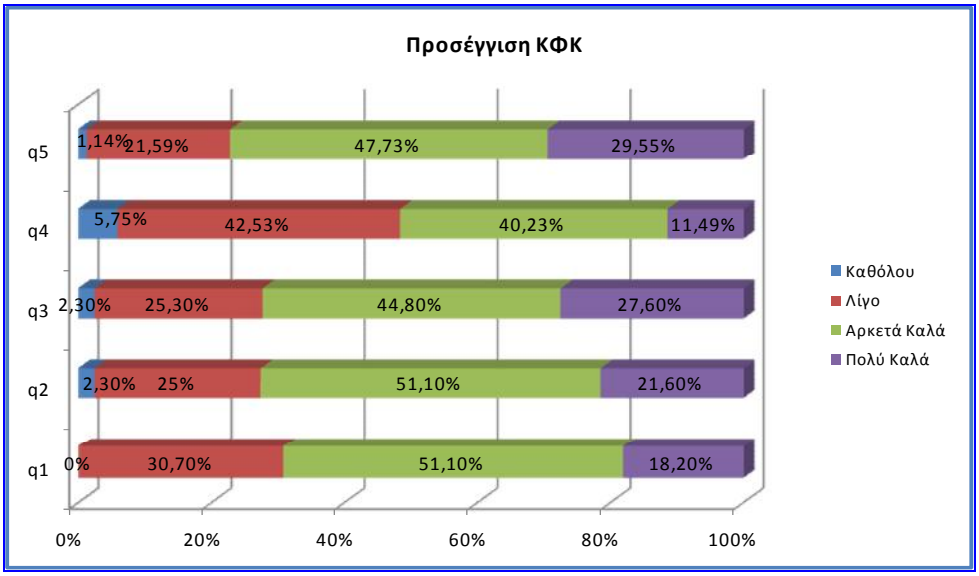
Γενικά προκύπτει ότι για την προσέγγιση ΚΦΚ όλες οι ερωτήσεις έχουν αριθμητικό μέσο κοντά στο 3 που αντιστοιχεί στην επιλογή 'αρκετά καλά'. Τον χαμηλότερο αριθμητικό μέσο τον έχει η ερώτηση 4 (2,57) όπου είναι ίσος με τον αντίστοιχο αριθμητικό μέσο της προσέγγισης ΚΒΟ.

Πίνακας 3.12: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για την προσέγγιση ΚΦΚ

	N	Mean	Std. Deviation
q1_ΚΦΚ	88	2,88	,692
q2_ΚΦΚ	88	2,92	,746
q3_ΚΦΚ	87	2,98	,792
q4_ΚΦΚ	87	2,57	,772
q5_ΚΦΚ	88	3,06	,748
Valid N (listwise)	85		



Διάγραμμα 3.19: Μέση τιμή ανά ερώτηση για την ΚΦΚ προσέγγιση



Διάγραμμα 3.20: Κατανομή συχνοτήτων για ΚΦΚ προσέγγιση ανά ερώτηση σε ποσοστά

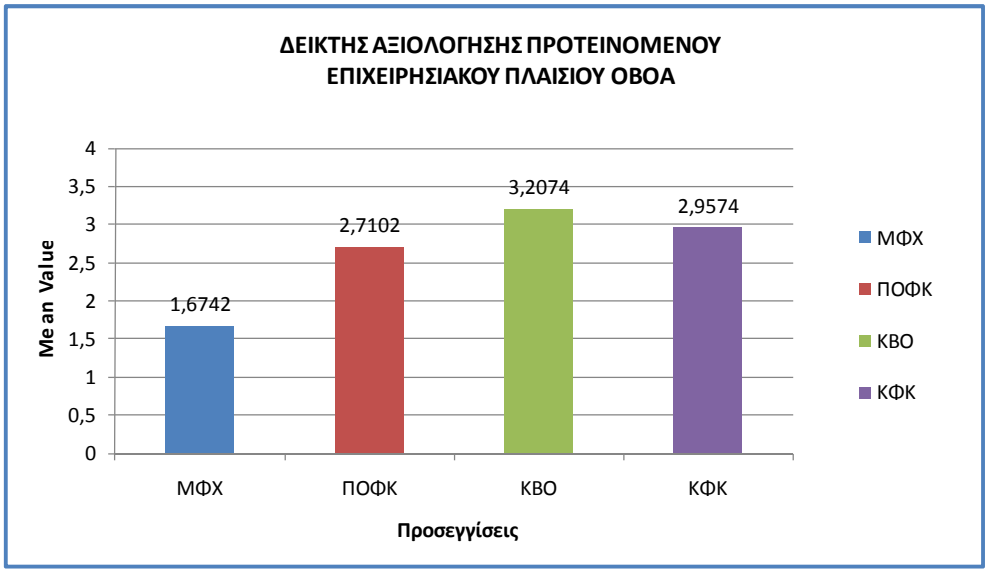
3.7.3 Ειδικοί Δείκτες

Από την ανάλυση που προηγήθηκε στα υποκεφάλαια 3.7.2.1 και 3.7.2.2 προκύπτει για τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 5 ένας ειδικός δείκτης που αντανακλά την ικανότητα των προσεγγίσεων να ορίσουν το ζήτημα της ΟΒΟΑ ανάπτυξης επιχειρησιακά ώστε να αποτελέσουν την βάση για την άσκηση αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής για τα παράκτια οικοσυστήματα. Τον δείκτη αυτόν τον ονομάζουμε 'δείκτης αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων' (δείκτης 1).

Ο δείκτης «αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων» (δείκτης 1) είναι ο αριθμητικός μέσος των ερωτήσεων 1,2,3 και 5 σε κάθε προσέγγιση και συμβολίζεται με ΜΦΧ_ Δείκτης 1, ΠΟΦΚ_ Δείκτης 1, ΚΒΟ_ Δείκτης 1, και ΚΦΚ_ Δείκτης 1 στον πίνακα 3.13 και το διάγραμμα 3.21 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.13: Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα για τον «δείκτη αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων» ανά προσέγγιση

	N	Mean	Std. Deviation
ΜΦΧ_Δείκτης 1	88	1,6742	,69660
ΠΟΦΚ_Δείκτης 1	88	2,7102	,77948
ΚΒΟ_ Δείκτης 1	88	3,2074	,59115
ΚΦΚ_ Δείκτης 1	88	2,9574	,60910
Valid N (listwise)	88		



Διάγραμμα 3.21: Αριθμητικός Μέσος ανά προσέγγιση για τον δείκτη αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων

Ο πίνακας 3.13 δείχνει τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα για τον δείκτη αξιολόγησης προτεινόμενου επιχειρησιακού πλαισίου ΟΒΟΑ των προσεγγίσεων. Από τον πίνακα 3.13 και το διάγραμμα 3.21 είναι φανερό ότι η προσέγγιση ΚΒΟ έχει τον υψηλότερο αριθμητικό μέσο (3,20) ενώ αντίθετα η ΜΦΧ προσέγγιση τον χαμηλότερο (1,67). Συνεπώς σε συνολικό επίπεδο οι ειδικοί θεωρούν ότι οι προσέγγιση ΚΒΟ θέτει σε σύγκριση με τις υπόλοιπες προσεγγίσεις το καταλληλότερο επιχειρησιακό πλαίσιο για την επίτευξη ΟΒΟΑ και τον σχεδιασμό περιβαλλοντικής πολιτικής. Ακολουθούν οι προσεγγίσεις του ΚΦΚ και του ΠΟΦΚ με αριθμητικούς μέσους 2,957 και 2,702 αντίστοιχα.

Γενικά ισχύει η ανισότητα : ΜΦΧ<ΠΟΦΚ<ΚΦΚ<ΚΒΟ

Συνεπώς φαίνεται ότι οι ειδικοί στα παράκτια και γενικότερα θαλάσσια οικοσυστήματα θεωρούν ότι οι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ που προτείνουν την προστασία συγκεκριμένων λειτουργιών και διαδικασιών του φυσικού περιβάλλοντος είναι κατάλληλες για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και εξέλιξης του παράκτιου οικοσυστήματος. Το εύρημα αυτό είναι πολύτιμο καθώς φαίνεται ότι προσεγγίσεις ΟΒΟΑ που θέτουν συγκεκριμένα οικολογικά και βιολογικά όρια στην οικονομική διαδικασία χωρίς ωστόσο να παραβλέπουν την σπουδαιότητα που έχει η οικονομική διαδικασία για την ανθρώπινη ύπαρξη είναι κατάλληλες για την ερμηνεία και την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Με δεδομένο ότι οι ειδικοί έχουν την κατάλληλη επιστημονική γνώση και εμπειρία για τις συνθήκες που πρέπει να πληρούνται στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα ώστε να μην διαταράσσονται καίριες οικολογικές λειτουργίες, φαίνεται ότι οι προσεγγίσεις ΚΒΟ και ΚΦΚ ενσωματώνουν αυτή την γνώση ενώ ταυτόχρονα παρέχουν ένα πλαίσιο για την υποστήριξη της οικονομικής διαδικασίας.

3.8 Συμπεράσματα

Με αφετηρία την παραδοχή ότι η επίτευξη της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (ΟΒΟΑ) αφορά στον ίδιο βαθμό τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιστήμες το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί να συμβάλλει στον διεπιστημονικό διάλογο γύρω από το ζήτημα της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο διεξήχθη έρευνα με ερωτηματολόγιο προκειμένου να αξιολογηθούν τέσσερις αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις ΟΒΟΑ, ως προς συγκεκριμένες διαστάσεις τους, από ειδικούς επιστήμονες τους περιβάλλοντος Θαλάσσιους Βιολόγους, οικολόγους κα).

Το ‘διεπιστημονικό πείραμα’ που διεξήχθη παρουσιάζει ενδιαφέρον σε πολλαπλά επίπεδα. Πρώτον, τροφοδοτεί με μοναδικής αξίας γνώση και εμπειρία τον έντονο διεπιστημονικό διάλογο μεταξύ των διαφορετικών προσεγγίσεων ΟΒΟΑ που έχουν προταθεί κυρίως από οικονομολόγους και λήπτες αποφάσεων. Οι προσεγγίσεις αυτές κυριαρχούν στον επιστημονικό χώρο και επηρεάζουν τους πολιτικούς και τους πολίτες. Σε αυτό το πλαίσιο η αξιολόγηση των προσεγγίσεων ΟΒΟΑ από τις επιστήμες του περιβάλλοντος είναι τρομερής σπουδαιότητας και ιδιαίτερα αποκαλυπτική καθώς μπορεί

να προσφέρει τα θεμέλια για τον προσανατολισμό της έρευνας της ΟΒΟΑ από τους οικονομολόγους.

Δεύτερον, τα αποτελέσματα της έρευνας αποτελούν σημαντικό αποτέλεσμα για τις επιστήμες του περιβάλλοντος με εξειδίκευση τα παράκτια οικοσυστήματα. Η συστηματική αποκωδικοποίηση και αξιολόγηση των προσεγγίσεων των κυρίαρχων και νέων προσεγγίσεων ΟΒΟΑ συνεισφέρει στην τροφοδότηση της έρευνας σχετικά με την ΟΒΟΑ από τις επιστήμες του περιβάλλοντος. Τρίτον, τα αποτελέσματα της έρευνας ενισχύουν τον διεπιστημονικό διάλογο μεταξύ οικονομολόγων-ληπτών αποφάσεων και επιστημόνων της θάλασσας. Οι δύο χώροι οφείλουν να επικοινωνήσουν ουσιαστικά μέσω της κατανόησης των κύριων μεθοδολογιών, υποθέσεων, περιορισμών και συμπερασμάτων κάθε πλευράς.

Οι οικονομολόγοι δεν μπορούν να ορίζουν την ΟΒΟΑ χωρίς την ουσιαστική συνεισφορά από τις επιστήμες του περιβάλλοντος διότι εξ' ορισμού αυτές γνωρίζουν τα οικοσυστήματα εντός των οποίων λαμβάνουν χώρα οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Από την άλλη πλευρά οι επιστήμες του περιβάλλοντος δεν μπορούν να παραβλέψουν ότι η ανάπτυξη έχει στόχο την εξασφάλιση της κοινωνικής ευημερίας τόσο των σημερινών όσο και των μελλοντικών γενεών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι αρκετά ενδιαφέροντα και επιβεβαιώνουν την άποψη ότι το ζήτημα της ΟΒΟΑ απαιτεί διεπιστημονική διερεύνηση. Οι ειδικοί στα παράκτια οικοσυστήματα είναι ξεκάθαρο ότι θεωρούν τις βιο-οικονομικές προσεγγίσεις (ΚΒΟ και ΚΦΚ) πιο κατάλληλες για να: (i) ορίσουν το εννοιολογικό περιεχόμενο και πλαίσιο για την επίτευξη της ΟΒΟΑ (ii) αποτελέσουν την βάση για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών πολιτικών για τα παράκτια οικοσυστήματα. Οι προσεγγίσεις ΚΦΚ και ΚΒΟ προτείνουν ένα πλαίσιο για τον καθορισμό επιχειρησιακών συνθηκών ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα σε οικολογικούς και βιολογικούς όρους. Η προσέγγιση των ΚΒΟ απαιτεί την εξασφάλιση της ελάχιστης βιολογικής ακεραιότητας και η προσέγγιση του ΚΦΚ την προστασία του κρίσιμου φυσικού κεφαλαίου. Από την ανάλυση μας προκύπτει ότι η προσέγγιση ΚΒΟ σε σύγκριση με την προσέγγιση ΚΦΚ είναι πιθανόν περισσότερο προσιτή στους ειδικούς ως προς την επιστημονική της επάρκεια και τους περιβαλλοντικούς στόχους που θέτει για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Πιθανόν η συγκεκριμένη προτίμηση να οφείλεται στο γεγονός ότι η προσέγγιση ΚΒΟ προσδιορίζει περιβαλλοντικούς στόχους ανεξάρτητα από κοινωνικοοικονομικά κριτήρια και το οικονομικό κόστος που θα επιφέρει.

Από την άλλη πλευρά οι προσεγγίσεις ΜΦΧ και ΠΟΦΚ σύμφωνα με τους ειδικούς φαίνονται να μην είναι κατάλληλες για την επίτευξη της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Συγκεκριμένα η προσέγγιση ΜΦΧ θεωρείται σχεδόν για κάθε διάσταση που διερευνήθηκε μέσα από το ερωτηματολόγιο ως η λιγότερο κατάλληλη. Το αποτέλεσμα αυτό είναι λογικό εάν αναλογιστούμε ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν θέτει σαφείς περιβαλλοντικούς στόχους και θέτει ως κριτήριο για την επίτευξη της ΟΒΟΑ την μη φθίνουσα χρησιμότητα ανά πολίτη. Η λογική αυτή σε γενικές γραμμές δεν είναι αποδεκτή από τις επιστήμες του περιβάλλοντος που προτάσσουν την υγιή λειτουργία των οικοσυστημάτων ως προϋπόθεση για την οικολογική βιωσιμότητα.

Όσον αφορά την προσέγγιση ΜΦΧ, που είναι αρκετά περιοριστική για την οικονομική διαδικασία και την λειτουργία των ανθρωπογενών συστημάτων, η άποψη των ειδικών είναι αρκετά αποκαλυπτική. Για κάθε υπό διερεύνηση διάσταση της εν λόγω προσέγγισης, η προσέγγιση ΠΟΦΚ έχει ενδιάμεσες μέσες τιμές. Η προσέγγιση ΠΟΦΚ ενώ αντανακλά σε μεγάλο βαθμό την άποψη των οικολόγων, φαίνεται ότι σε επιχειρησιακό επίπεδο αναγνωρίζεται ότι προϋποθέτει αυστηρούς και πολλές φορές μη αναγκαίους περιορισμούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι προσεγγίσεις αξιολογήθηκαν το ίδιο ως προς την δυνατότητα εφαρμογής τους στην πράξη, με μέσο όρο περίπου 2.5. Πιθανόν η συγκεκριμένη άποψη να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ειδικοί αναγνωρίζουν ότι η δυνατότητα εφαρμογής μιας συγκεκριμένης προσέγγισης ΟΒΟΑ εξαρτάται περισσότερο από το θεσμικό πλαίσιο και λιγότερο από το επιχειρησιακό της περιεχόμενο. Άλλωστε πρακτικά πολλές πολιτικές διακατέχονται από τις αρχές που διέπουν συγκεκριμένες προσεγγίσεις ΟΒΟΑ, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, όπου στην πράξη είναι δύσκολο να εφαρμοστούν. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι από την φύση τους οι πολιτικές είναι ανθρωποκεντρικές και εξυπηρετούν ανθρώπινα συμφέροντα, προτιμήσεις και ανάγκες.

Από την συγκεκριμένη έρευνα προκύπτει ότι οι βιο-οικονομικές προσεγγίσεις είναι κατάλληλες να περιγράψουν σε επιχειρησιακό επίπεδο τις συνθήκες ΟΒΟΑ και να επηρεάσουν τον σχεδιασμό περιβαλλοντικών πολιτικών για τα παράκτια οικοσυστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο προτείνεται ότι η έρευνα και ο διάλογος γύρω από το ζήτημα της ΟΒΟΑ πρέπει να επικεντρωθεί γύρω από την βελτίωση και εξέλιξη των βιοοικονομικών προσεγγίσεων.

ΜΕΡΟΣ Β: Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο Προσομοίωσης. Θεωρία και Εφαρμογή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η Μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής ως πλαίσιο διερεύνησης της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης

The best explanation is as simple as possible……
but no simpler (Einstein)

4.1 Γενικά

Η μέθοδος της συστημικής προσέγγισης αναπτύχθηκε στα μέσα του 20ου αιώνα με κυρίαρχο στόχο την ερμηνεία πολύπλοκων συστημάτων ολιστικά. Σύμφωνα με την θεωρία της συστημικής προσέγγισης κάθε σύστημα αποτελεί μια «ολότητα» που είναι κάτι περισσότερο από το άθροισμα των μερών της, ενώ ταυτόχρονα το ίδιο αποτελεί μέρος ευρύτερων συστημάτων (Decleris, 1991˙ Meadows, 2008). Συνεπώς σύστημα είναι ένα πολύπλοκο και διασυνδεόμενο δίκτυο στοιχείων, το οποίο ως σύνολο παρουσιάζει ιδιότητες που δεν ενυπάρχουν στα μέρη που το αποτελούν (Flood και Jackson, 1991).
Κάθε σύστημα αποτελείται από τα στοιχεία του, από τις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα στοιχεία του και τον σκοπό του. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων: τα ανοικτά και τα κλειστά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα οι εκροές επηρεάζονται από τις εισροές χωρίς ωστόσο να τις επηρεάζουν. Αντίθετα, στα κλειστά συστήματα οι εκροές επηρεάζουν τις εισροές με αποτέλεσμα να έχουμε ανάδραση (feedback). Με άλλα λόγια, η δραστηριότητα που έλαβε χώρα κατά το παρελθόν δεν ασκεί καμία επίδραση στα ανοικτά συστήματα ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τα κλειστά συστήματα. Επιπλέον, ο χαρακτηρισμός ενός συστήματος ανοικτού ή κλειστού εξαρτάται από τον σκοπό του. Για παράδειγμα ας εξετάσουμε το αποχετευτικό σύστημα μιας πόλης. Στην περίπτωση που ο σκοπός είναι του συστήματος είναι να εξετάσουμε τον όγκο των λυμάτων που εξυπηρετεί το αποχετευτικό δίκτυο τότε ο πληθυσμός της πόλης το επηρεάζει αλλά δεν επηρεάζεται από αυτό. Στην περίπτωση που ο σκοπός του συστήματος είναι να μην ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του αποχετευτικού συστήματος, που σημαίνει ότι ο όγκος των λυμάτων δεν πρέπει να ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο, το σύστημα είναι κλειστό καθώς δημιουργείται μηχανισμός ανάδρασης. Συγκεκριμένα, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που συμβάλλουν στην εκροή λυμάτων

όχι μόνο επηρεάζουν αλλά επηρεάζονται από τον σκοπό του συστήματος που είναι να μην ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του συστήματος.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο αναδύθηκε η προσέγγιση της συστημικής δυναμικής (System Dynamics) που βασίζεται στις αρχές της θεωρίας της συστημικής προσέγγισης και μελετά την συμπεριφορά των δυναμικών συστημάτων. Η συστημική δυναμική επικεντρώνεται στην ανάλυση της δομής και συμπεριφοράς συστημάτων που συνδέονται μεταξύ τους μέσω του μηχανισμού της ανάδρασης. Σύμφωνα με την εν λόγω προσέγγιση τα στοιχεία κάθε συστήματος αλληλεξαρτώνται με αποτέλεσμα όταν μεταβάλλεται ένα στοιχείο να επηρεάζονται και τα υπόλοιπα στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα (Γεωργιάδης, 2006). Με βάση αυτή την παραδοχή αν τα συστήματα εξετάζονται ολιστικά είναι δυνατός ο σχεδιασμός πολιτικών που μακροπρόθεσμα είναι βιώσιμες και προλαμβάνουν μη αντιστρεπτές καταστάσεις.

Η διαδικασία της δημιουργίας ενός μοντέλου που βασίζεται στις αρχές της συστημικής δυναμικής ξεκινά είτε από την διατύπωση ενός προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί ή μια κατάσταση που πρέπει να κατανοηθεί, είτε από μια ανεπιθύμητη κατάσταση που πρέπει να διορθωθεί η να αποφευχθεί. Η εν λόγω μεθοδολογία επιτρέπει την αποτύπωση των υπό εξέταση συστημάτων και την διερεύνηση των σχέσεων αλληλεξάρτησης που αναπτύσσονται ανάμεσα στις μεταβλητές τους. Οι μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στο δυναμικό μοντέλο εξαρτώνται από το υπό διερεύνηση πρόβλημα. Ένα δυναμικό μοντέλο μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλαμβάνει νέες μεταβλητές εάν κατά την διαμόρφωση του προκύπτουν νέα ερωτήματα. Αντίστοιχα μεταβλητές που θεωρητικά διαφαινόταν ότι επιδρούν στο υπό διερεύνηση πρόβλημα αλλά κατά την διαμόρφωση του δυναμικού μοντέλου αποδεικνύεται ότι δεν έχουν καμία επίδραση στην δυναμική συμπεριφορά του συστήματος παραλείπονται.

Η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής είναι λιγότερο χρήσιμη στην πρόβλεψη με ακρίβεια των τιμών των υπό διερεύνηση μεταβλητών και περισσότερο χρήσιμη στον προσδιορισμό εναλλακτικών πολιτικών που μεταβάλλουν την τάση του συστήματος (Simonovic, 2002). Επιπλέον ο πραγματικός κόσμος είναι μη γραμμικός και πολύπλοκος ώστε να μπορούμε να προβλέψουμε με ακρίβεια την μελλοντική του συμπεριφορά. Άλλωστε τα περισσότερα προβλήματα προκύπτουν εξαιτίας της μη γραμμικότητας. Συνεπώς οποιαδήποτε προσπάθεια σχεδιασμού που στηρίζεται στην δυνατότητα πρόβλεψης του μέλλοντος είναι πολύ πιθανό να αποτύχει. Σε αυτό το πλαίσιο, θα πρέπει ο σχεδιασμός να έχει ως στόχο τον έλεγχο και την δημιουργία ενός επιθυμητού

μέλλοντος και όχι για την προετοιμασία για αυτό που έχει προβλεφθεί (Horthy & Bagheri, 2006). Συνεπώς μπορούμε να διαχειριστούμε πιο αποτελεσματικά το μέλλον με υποθέσεις για το πως το επιθυμούμε παρά με προβλέψεις για το πως πιθανόν θα είναι. Η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής προσφέρεται για την αναπαράσταση του συστήματος πάνω στο οποίο μπορεί να γίνει ο σχεδιασμός και για την ανάδειξη του βασικού χαρακτηριστικού των συστημάτων που είναι ο μηχανισμός της ανάδρασης. Σκοπός της προσομοίωσης του συστήματος είναι η αναζήτηση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης που οδηγούν στην επιθυμητή κατάσταση.

Η κατασκευή ενός δυναμικού μοντέλου βασίζεται σε τρεις πηγές 'πληροφορίας': τα αριθμητικά δεδομένα, την επιστημονική γνώση και την γνώση των 'ειδικών'. Αναφορικά με την γνώση των ειδικών, πρέπει να σημειωθεί ότι αποτελεί σημαντική πηγή πληροφορίας που βοηθά στην αναπαράσταση μεταβλητών που θα είχαν παραληφθεί από το σύστημα λόγω έλλειψης αριθμητικών δεδομένων (Sterman, 2000). Το πρώτο βήμα που πρέπει να ακολουθηθεί είναι η άντληση πληροφοριών που βρίσκονται μέσα στο ανθρώπινο μυαλό κάτι το οποίο οι κοινωνικές επιστήμες τείνουν να παραμελούν καθώς βασίζονται κυρίως σε μετρήσιμα στοιχεία.

Θεμελιωτής της μεθοδολογικής προσέγγισης της συστημικής προσέγγισης είναι ο Jay W. Forrester σύμφωνα με τον οποίο η συγκεκριμένη μεθοδολογία συνδυάζει την θεωρία, της μεθόδους και την απαραίτητη φιλοσοφία για την ανάλυση της συμπεριφορά των συστημάτων σε διάφορους τομείς όπως είναι η Οικονομία, η Κοινωνία, η Ιατρική κ.α. Η συστημική δυναμική προσφέρει ένα θεωρητικό πλαίσιο που μπορεί να εφαρμοστεί οπουδήποτε θέλουμε να κατανοήσουμε και να επηρεάσουμε την απόκριση ενός συστήματος στις μεταβολές του περιβάλλοντος του μέσα στο χρόνο.

Ο Forrester, εφάρμοσε την μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής στον βιομηχανικό τομέα και εξέδωσε το πρώτο του σχετικό βιβλίο το 1961 με τον τίτλο 'Industrial Dynamics'. Αργότερα, το 1969 ακολούθησε η έκδοση του βιβλίου του 'Urban Dynamics' με το οποίο εφαρμόζοντας την συστημική δυναμική θέλησε να διερευνήσει τα τμήματα που συνθέτουν το αστικό σύστημα με στόχο την εκ των προτέρων πρόβλεψη που πιθανές πολιτικές θα έχουν στον σύστημα (Forrester, 1969). Το βασικό συμπέρασμα του βιβλίου είναι ότι τα διάφορα προγράμματα-πολιτικές διαχείρισης του αστικού συστήματος έχουν πολλές φορές αντίθετα αποτελέσματα από τα επιθυμητά εξαιτίας της παράβλεψης κρίσιμων αλληλεξαρτήσεων ανάμεσα στα μέρη που συνθέτουν το αστικό σύστημα. Το 1971 και το 1972 ακολούθησε η έκδοση δύο βιβλίων που χρηματοδοτήθηκε

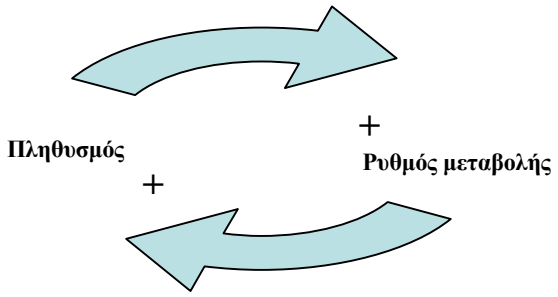
από την «Λέσχη της Ρώμης», το “World Dynamics” (Forrester,1971) και το κλασικό πλέον βιβλίο “Limits to Growth”(Meadows et al., 1972). Την έκδοση του Limits to Growth ακολούθησαν οι εκδόσεις του “Beyond the Limits” (Meadows et al. ,1992) και “Limits to Growth, The 30-year Update” (Meadows et al., 2004) που ουσιαστικά αποτελούν επέκταση και ενημέρωση με τα νεότερα δεδομένα του αρχικού βιβλίου.
Από τότε μέχρι σήμερα η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής χρησιμοποιείται ευρέως για την περιγραφή συστημάτων σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους.

4.2 Η μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής

4.2.1 Τύποι Αναδράσεων

Η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής στηρίχτηκε στην θεωρία της μη γραμμικότητας και στο μηχανισμό των αναδράσεων που αναπτύχθηκαν από τις επιστήμες των μαθηματικών, της Φυσικής και της Μηχανικής. Η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής, είναι μια διεπιστημονική μέθοδος που μελετά την συμπεριφορά των συστημάτων μέσα στο χρόνο βασιζόμενη στην παραδοχή ότι δεν μπορείς να αλλάξεις ένα στοιχείο του συστήματος χωρίς να επηρεαστούν τα υπόλοιπα στοιχεία του.
Η συμπεριφορά ενός συστήματος εξαρτάται από την δομή του συστήματος την οποία συνθέτουν οι μεταβλητές του συστήματος και οι σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα τους. Η διερεύνηση της συμπεριφοράς ενός δυναμικού συστήματος απαιτεί την διαμόρφωση ενός μαθηματικού μοντέλου όπου με την βοήθεια συμβόλων και κατάλληλων εξισώσεων γίνεται αναπαράσταση των σχέσεων των στοιχείων που συνθέτουν το σύστημα. Το πιο σημαντικό στοιχείο για την διαμόρφωση ενός δυναμικού μοντέλου είναι ο προσδιορισμός και η αναπαράσταση των αναδράσεων που υπάρχουν ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος.
Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αναδράσεων: θετική και η αρνητική ανάδραση. Θετική ανάδραση έχουμε όταν η μεταβολή της κατάστασης του συστήματος είναι προς την ίδια φορά με την μεταβολή του ρυθμού εισόδου. Για παράδειγμα, η σχέση ανάμεσα στον πληθυσμό μιας πόλης και το ρυθμό μεταβολής του χαρακτηρίζεται από θετική ανάδραση. Εάν ο ρυθμός μεταβολής είναι θετικός (ετήσιος ρυθμός γέννησης μεγαλύτερος από τον ετήσιο ρυθμό θνησιμότητας) τότε ο πληθυσμός θα αυξάνεται συνεχώς. Αντίστοιχα, εάν ο ρυθμός μεταβολής είναι αρνητικός (ετήσιος ρυθμός γέννησης μικρότερος από τον ετήσιο ρυθμό θνησιμότητας) τότε ο πληθυσμός θα μειώνεται συνεχώς. Σε οποιαδήποτε από τις

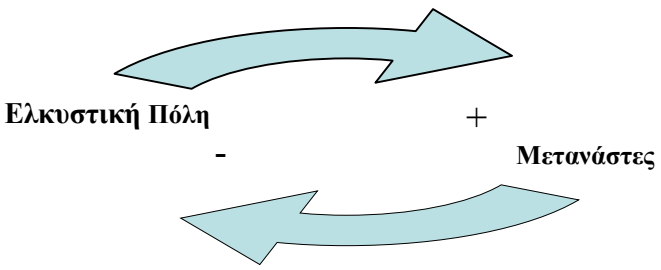
δύο περιπτώσεις έχουμε θετική ανάδραση. Το σχήμα 5.1 απεικονίζει την σχέση θετικής ανάδρασης ανάμεσα στον πληθυσμό και το ρυθμό μεταβολής του.



Σχήμα 4.1: Παράδειγμα Θετικής Ανάδρασης

Εάν στο σύστημα που περιγράφει το σχήμα 4.1 δεν υπήρχαν άλλες μεταβλητές που να δρουν σταθεροποιητικά ο πληθυσμός θα αυξανόταν η θα μειωνόταν με εκθετικό ρυθμό τείνοντας στο άπειρο ή στο μείον άπειρο αντίστοιχα.

Αντίθετα στην περίπτωση της αρνητικής ανάδρασης, ο ρυθμός μεταβολής επηρεάζει την κατάσταση του συστήματος προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ένα κλασικό παράδειγμα αρνητικής ανάδρασης είναι η σχέση ανάμεσα στο ελκυστικότητα μιας περιοχής για μετανάστευση και τον αριθμό των μεταναστών σε αυτή. Όσο πιο ελκυστική είναι μια περιοχή τόσο αυξάνεται ο αριθμός του νεοεισερχόμενου πληθυσμού ο οποίος σταδιακά θα οδηγήσει στην υποβάθμιση της περιοχής (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Παράδειγμα Αρνητικής Ανάδρασης

4.2.2 Στάδια Διαμόρφωσης Δυναμικών Μοντέλων Προσομοίωσης

Η διαμόρφωση ενός δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια (Sterman, 2000):

1. Προσδιορισμός του προβλήματος.

Σε αυτό το στάδιο ο ερευνητής καλείται να προσδιορίσει το πρόβλημα που σκοπεύει να μελετήσει και να αποσαφηνίσει γιατί το ορίζει ως πρόβλημα. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο γίνεται οριοθέτηση του συστήματος και προσδιορίζονται οι κύριες μεταβλητές που το συνθέτουν. Συνεπώς, για την επαρκή οριοθέτηση του συστήματος απαιτείται να είναι ενδογενείς οι μεταβλητές που οδηγούν στην προβληματική συμπεριφορά του συστήματος. Στόχος κάθε δυναμικού μοντέλου είναι όχι η λεπτομερειακή απεικόνιση του πραγματικού συστήματος αλλά η απλοποίηση του χωρίς να παραλείπονται τα στοιχεία που δημιουργούν προβληματική συμπεριφορά. Με άλλα λόγια στόχος είναι όχι η μοντελοποίηση του υπό εξέταση συστήματος αλλά η μοντελοποίηση των αιτιών της προβληματικής συμπεριφοράς του υπό εξέταση συστήματος (Sterman, 2000). Επιπλέον σε αυτό το στάδιο ορίζεται ο χρονικός ορίζοντας του προβλήματος ενώ ο ερευνητής καλείται με βάση την κατάσταση αναφοράς (reference mode) να προβλέψει την πιθανή εξέλιξη των μεταβλητών που το συνθέτουν στο μέλλον. Κρίνεται απαραίτητο ο χρονικός ορίζοντας που θα επιλεχθεί να εκτείνεται τόσο ώστε να λαμβάνει υπόψη πιθανές στερήσεις στην απόκριση της κατάστασης του συστήματος.

2. Διαμόρφωση της δυναμικής υπόθεσης.

Αρχικά στο δεύτερο στάδιο αναζητούνται οι αιτίες που ερμηνεύουν την προβληματική συμπεριφορά του συστήματος. Ακολουθεί η ερμηνεία του προβλήματος μέσα από την διαμόρφωση μιας ‘δυναμικής υπόθεσης’ (dynamic hypothesis) που εξηγεί το πρόβλημα ως ενδογενή συνέπεια των αναδράσεων του συστήματος. Η δυναμική υπόθεση μπορεί να επανακαθοριστεί κατά την διαδικασία δημιουργίας του δυναμικού μοντέλου καθώς μπορεί να διαψευστεί κατά τον έλεγχο του μοντέλου με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία. Τέλος με βάση την δυναμική υπόθεση και τα διαθέσιμα στοιχεία αποτυπώνεται η λειτουργία του συστήματος την βοήθεια εργαλείων όπως τα αιτιακά επαναληπτικά διαγράμματα (casual loop diagrams), διαγράμματα υποσυστημάτων, διαγράμματα ροής και αποθεμάτων κ.α..

3. Δημιουργία του μοντέλου με την χρήση ειδικής προσομειωτικής γλώσσας.

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αποτύπωση του συστήματος με την χρήση ειδικής προσομειωτικής γλώσσας προγραμματισμού. Ο στόχος είναι να αποτυπωθούν οι σχέσεις που συνδέουν τα στοιχεία/μεταβλητές του συστήματος, να δοθούν τιμές στις εν λόγω μεταβλητές καθώς επίσης να οριστούν οι αρχικές συνθήκες. Επιπλέον, προσδιορίζονται οι αναδράσεις που δημιουργούνται ανάμεσα στις μεταβλητές του συστήματος. Οι σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές μπορούν να εκμαιευτούν με διάφορες μεθόδους όπως είναι η στατιστική, η οικονομετρία, η γνώση των ειδικών κ.α. Τέλος σε αυτό το στάδιο ελέγχεται η συνέπεια του μοντέλου προσομοίωσης ως προς το στάδιο 1 και 2.

4. Έλεγχος αξιοπιστίας.

Σε αυτό το στάδιο γίνεται έλεγχος αναφορικά με την αξιοπιστία του μοντέλου. Σε αυτό το πλαίσιο ελέγχεται εάν το μοντέλο αναπαράγει την πραγματική συμπεριφορά του υπό εξέταση συστήματος καθώς και πως αντιδρά σε ακραίες καταστάσεις. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι ο έλεγχος αξιοπιστίας του μοντέλου δεν περιορίζεται στην αναπαραγωγή των ιστορικών στοιχείων καθώς επεκτείνεται στον έλεγχο της συνέπειας των εξισώσεων και των μονάδων μέτρησης των παραμέτρων του μοντέλου ώστε να έχουν νόημα στον πραγματικό κόσμο. Επιπλέον ελέγχεται η ευαισθησία της συμπεριφοράς του σε ενδεχόμενες ακραίες τιμές των παραμέτρων του. Για παράδειγμα, τι θα συμβεί αν ο πληθυσμός μιας πόλης δεκαπλασιαστεί ή αν το κατά κεφαλήν εισόδημα ανά πολίτη μηδενιστεί;

5. Σχεδιασμός εναλλακτικών πολιτικών/σεναρίων και αξιολόγηση.

Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει τον έλεγχο του μοντέλου κάτω από εναλλακτικά σενάρια πολιτικής ή εξέλιξης των στοιχείων που το απαρτίζουν. Σε αυτό το πλαίσιο αξιολογούνται οι εναλλακτικές πολιτικές ως προς την αποτελεσματικότητα τους για το υπό επίλυση πρόβλημα ή διερευνάται για κάθε προτεινόμενο σενάριο η κατάσταση του συστήματος. Σε αυτό το στάδιο ο ερευνητής καλείται να επαναπροσδιορίσει τις αναδράσεις του συστήματος καθώς νέες αναδράσεις δύναται να προκύψουν κατά την διερεύνηση του εξεταζόμενου προβλήματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα στάδια που περιγράφηκαν επαναλαμβάνονται αρκετές φορές μέχρι την ολοκλήρωση του μοντέλου καθώς νέα ερωτήματα προκύπτουν καθώς τα αποτελέσματα ενός σταδίου μπορεί να οδηγήσουν σε αλλαγές σε ένα ή όλα τα υπόλοιπα στάδια. Συνεπώς, η διαμόρφωση ενός μοντέλου αποτελεί μια δυναμική διαδικασία όπου τίποτα δεν είναι δεδομένο και υπάρχει δυνατότητα αλλαγής των υποθέσεων που το

οριοθετούν. Το σημαντικότερο είναι να είναι ξεκάθαρος ο σκοπός του δυναμικού μοντέλου ώστε να μην συμπεριλαμβάνει μεταβλητές που δεν παίζουν ρόλο στην διαμόρφωση της προβληματικής συμπεριφοράς που εξετάζεται και να είναι όσο το δυνατόν πιο απλό και κατανοητό στο ευρύ κοινό.

4.2.3 Βασικές Μορφές Δομής και Συμπεριφοράς Δυναμικών Συστημάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η συμπεριφορά ενός συστήματος εξαρτάται από την δομή του. Η δομή του συστήματος αποτελείται από τις αναδράσεις του, από της καταστάσεις, τις ροές προς τις καταστάσεις και την διαδικασία λήψης αποφάσεων που μεταβάλλουν ανάλογα τις ροές του συστήματος. Για να γίνει πιο ξεκάθαρη η δομή των δυναμικών συστημάτων, είναι χρήσιμο να περιγράψουμε τις βασικές μορφές δυναμικής συμπεριφοράς που προκύπτουν ανάλογα μέσω του μηχανισμού ανάδρασης. Οι βασικότερες μορφές δυναμικής συμπεριφοράς είναι η εκθετική μεταβολή, η εκθετική μεταβολή που τείνει σε όριο και η ταλαντευόμενη.

1. Εκθετική Μεταβολή (exponential growth)

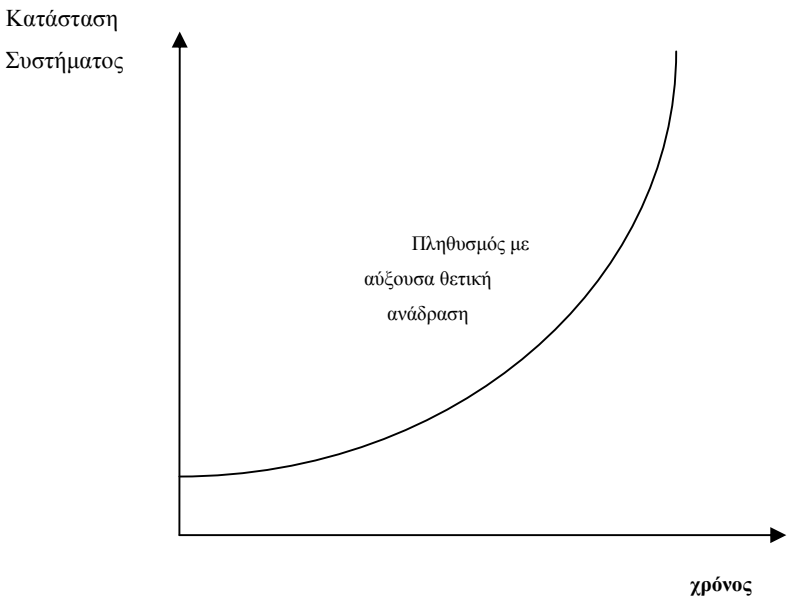
Η εκθετική μεταβολή της κατάστασης ενός συστήματος προκύπτει όταν έχουμε θετική ανάδραση. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυξάνεται (ή μειώνεται) η κατάσταση του συστήματος, η τιμή της μεταβλητής που την επηρεάζει θα αυξάνεται (ή θα μειώνεται) δηλαδή θα μεταβάλλεται προς την ίδια κατεύθυνση. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.1, με θετικό ρυθμό μεταβολής, όσο θα αυξάνεται ο πληθυσμός, ο ρυθμός μεταβολής θα αυξάνεται και αυτό θα οδηγεί σε έναν συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό. Στην ουσία ο μηχανισμός της θετικής ανάδρασης επαναλαμβάνεται συνεχώς και το σύστημα δεν περιλαμβάνει άλλα στοιχεία που θα μπορούσαν να δρουν σταθεροποιητικά ώστε να αναχαιτίσουν την εν λόγω αύξηση. Αντίστοιχα όταν ο ρυθμός μεταβολής είναι αρνητικός τότε η κατάσταση του συστήματος θα μειώνεται. Σε αυτή την περίπτωση ο μηχανισμός της θετικής ανάδρασης θα οδηγεί σε συνεχή μείωση της κατάστασης του συστήματος και του ρυθμού μεταβολής.

Συνεπώς ο μηχανισμός της θετικής ανάδρασης λειτουργεί αποσταθεροποιητικά για το σύστημα και δεν μπορεί να το οδηγήσει σε κατάσταση ισορροπίας όπου η κατάσταση του συστήματος παραμένει σταθερή.

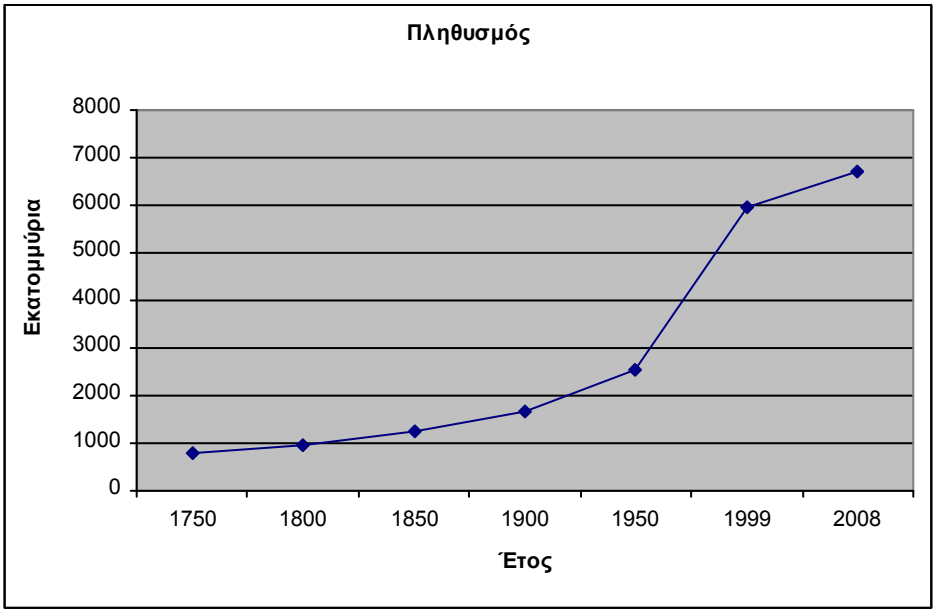
Η βασική ιδιότητα της εκθετικής μεταβολής είναι ότι ο χρόνος που διπλασιάζεται η κατάσταση του συστήματος είναι σταθερός ανεξάρτητα από το μέγεθος της κατάστασης

(Sterman, 2000). Με άλλα λόγια το ίδιο χρονικό διάστημα χρειάζεται για να αυξηθεί ο πληθυσμός μιας περιοχής από 100 σε 200 κατοίκους ,από 200 σε 400 κατοίκους και από 400 σε 800 κατοίκους. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η κατάσταση ενός συστήματος που χαρακτηρίζεται από θετική ανάδραση μόνο δυνητικά μπορεί να μεταβάλλεται εκθετικά καθώς υπάρχουν παράγοντες που μπορούν να περιορίσουν την εν λόγω μεταβολή. Για παράδειγμα, η εκθετική μεταβολή του πληθυσμού μπορεί να περιοριστεί είτε από μια μεταβολή στις προτιμήσεις η τους σκοπούς του πληθυσμού είτε από τυχαία γεγονότα όπως μια φυσική καταστροφή ή μια επιδημία(Meadows et al. 2004) .

Το σχήμα 5,4 περιγράφει την μεταβολή του παγκόσμιου πληθυσμού από το 1750 έως το 2008. Παρατηρούμε ότι η τάση του παγκόσμιου πληθυσμού είναι να αυξάνεται εκθετικά, γεγονός που οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτον, ο ρυθμός θνησιμότητας μειώθηκε και δεύτερον παρόλο που και ο ρυθμός γεννητικότητας μειώθηκε παραμένει σε επίπεδα υψηλότερα από τον ρυθμό θνησιμότητας (Meadows et al. 2004).



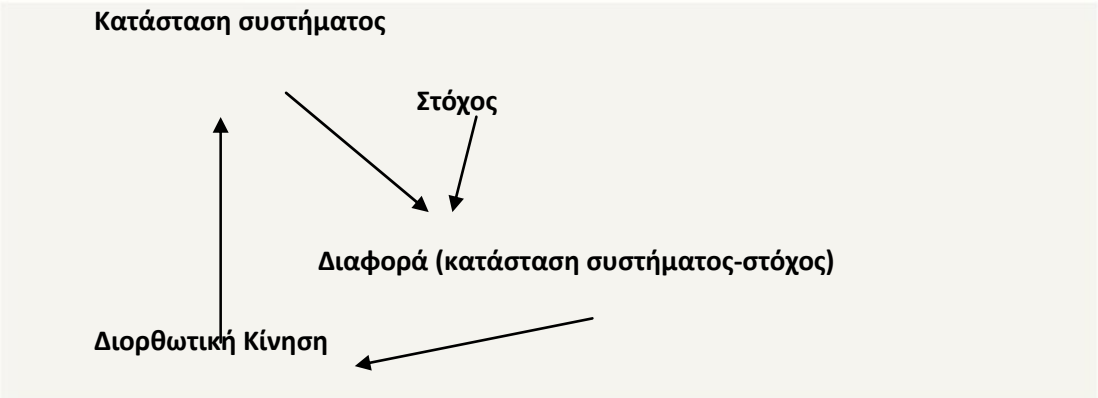
Σχήμα 4.3: Εκθετική μεταβολή με θετικό ρυθμό ανάδρασης



Σχήμα 4.4: Παγκόσμια Πληθυσμιακή Αύξηση (1750-2008)

2. Εκθετική μεταβολή που τείνει σε όριο

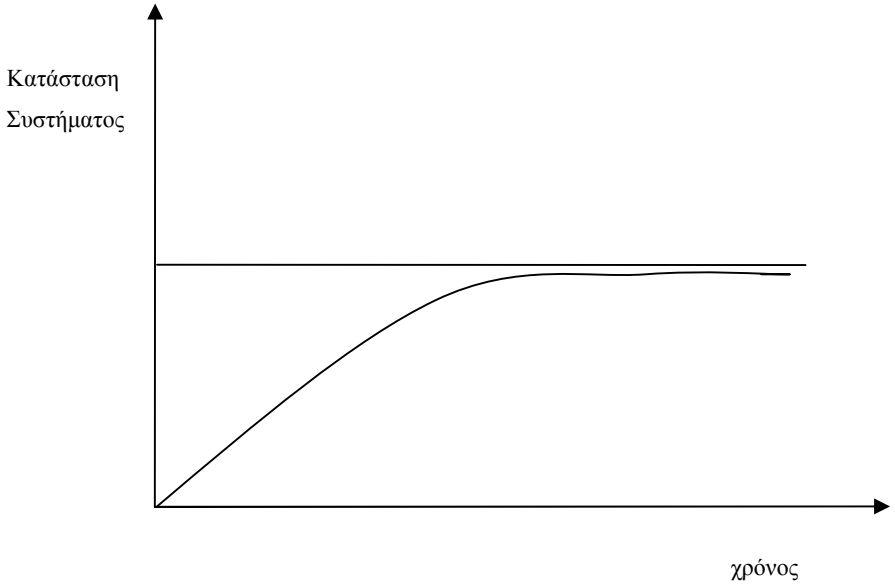
Η εκθετική μεταβολή που τείνει σε όριο προκύπτει όταν η ανάδραση με την οποία ορίζεται ο ρυθμός μεταβολής είναι αρνητική. Η αρνητική ανάδραση τείνει να εξισορροπεί το σύστημα και να το οδηγεί στην ισορροπία. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα ισορροπεί σε μια προκαθορισμένη τιμή. Η κατάσταση του συστήματος συγκρίνεται με τον στόχο του συστήματος και όταν υπάρχει διαφορά μεταξύ επιθυμητού στόχου και κατάστασης, το σύστημα ενεργοποιείται για να βρεθεί σε ισορροπία. Στην ισορροπία ο επιθυμητός στόχος ισούται με την πραγματική κατάσταση.



Σχήμα 4.5: Αρνητική Ανάδραση που τείνει σε ισορροπία

Όταν η σχέση ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος είναι γραμμική, ο ρυθμός της διορθωτικής κίνησης προς τον στόχο θα είναι ανάλογος με την διαφορά του στόχου από την κατάσταση του συστήματος και η διαδικασία επίτευξης του στόχου θα είναι εκθετικά φθίνουσα.

Όμοια με την περίπτωση της εκθετικής μεταβολής που η κατάσταση του συστήματος διπλασιάζεται σε δεδομένο χρόνο ανεξάρτητα από την αρχική τιμή της κατάστασης του συστήματος, στην εκθετική μεταβολή που τείνει σε όριο η διαφορά προς τον στόχο μειώνεται κατά το ήμισυ σε δεδομένο χρόνο ανεξάρτητα από την αρχική κατάσταση του συστήματος.



Σχήμα 4.6: Εκθετική Μεταβολή που τείνει σε όριο

Προκύπτει από την περιγραφή μας ότι τα συστήματα που διέπονται από τον μηχανισμό της αρνητικής ανάδρασης αποκλίνουν από την ισορροπία όταν η κατάσταση του συστήματος διαφέρει από τον επιθυμητό στόχο και τείνουν να επαναφέρουν το σύστημα σε κατάσταση ισορροπίας.

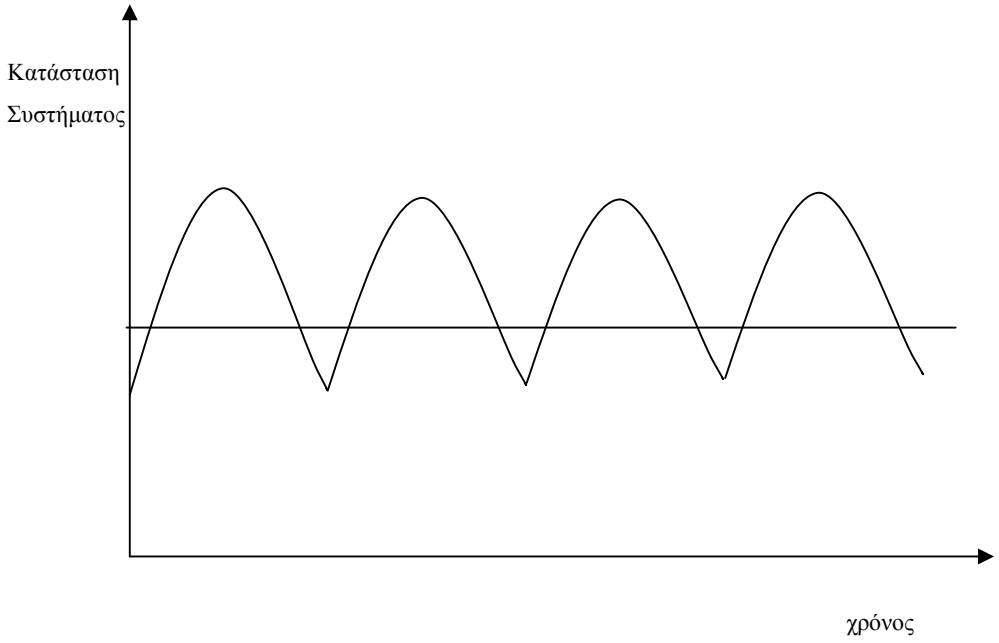
3. Ταλαντευόμενη Μορφή

Η τελευταία από τις τρεις βασικότερες μορφές δυναμικής συμπεριφοράς είναι η ταλαντευόμενη μορφή (oscillation). Η ταλαντευόμενη μορφή χαρακτηρίζει την

συμπεριφορά συστημάτων με αρνητική ανάδραση και καθυστερήσεις στην λήψη αποφάσεων. Σε αυτή την περίπτωση η κατάσταση του συστήματος, ταλαντεύεται γύρω από τον στόχο του συστήματος με σταθερή, αύξουσα ή φθίνουσα τάση ανάλογα με τις τιμές των καθυστερήσεων. Οι χρονικές καθυστερήσεις προκαλούν στο σύστημα να ταλαντεύεται ακόμα και ύστερα από την επίτευξη του στόχου.

Οι χρονικές καθυστερήσεις μπορούν να οφείλονται σε διάφορους λόγους: α. Χρονική καθυστέρηση στην λήψη της απόφασης για διορθωτική κίνηση. β. Χρονική καθυστέρηση που προκαλείται λόγω του συστήματος αναφοράς και μέτρησης. γ. Χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην διορθωτική κίνηση και στην κατάσταση του συστήματος καθώς μπορεί να χρειάζεται κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να υπάρχει επίδραση της διορθωτικής κίνησης στην κατάσταση του συστήματος.

Ανεξάρτητα από την αιτία των χρονικών καθυστερήσεων, προκειμένου το σύστημα να βρεθεί σε κατάσταση ισορροπίας θα πρέπει η ταλαντευόμενη μορφή να μην έχει αύξουσα τάση (Γεωργιάδης, 2006).



Σχήμα 4.7: Ταλαντευόμενη μορφή

4.3 Εργαλεία Ανάπτυξης Προτύπων Δυναμικών Συστημάτων

Τα βασικότερα εργαλεία ανάπτυξης προτύπων δυναμικών συστημάτων είναι η απεικόνιση του συστήματος σε πρώτο επίπεδο με διαγράμματα επιρροής και σε δεύτερο επίπεδο με διαγράμματα ροής και καταστάσεων.

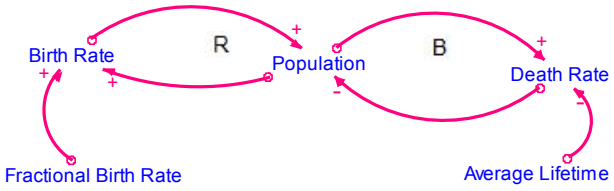
i. Διαγράμματα Επιρροής

Αρχικά, η ανάπτυξη ενός μοντέλου απαιτεί την δημιουργία διαγράμματος επιρροής. Το διάγραμμα επιρροής είναι απαραίτητο εργαλείο για την ανάδειξη του μηχανισμού ανάδρασης που διέπει το σύστημα. Ένα διάγραμμα επιρροής περιλαμβάνει τις μεταβλητές του συστήματος και τις σχέσεις επιρροής που αναπτύσσονται ανάμεσα τους. Οι μεταβλητές συνδέονται μεταξύ τους με την γραμμή επιρροής η οποία ανάλογα με το πρόσημο (+/-) που έχει στην κορυφή της δείχνει την σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή.

Σχήμα 4.8 Παράδειγμα συμβολισμού σε διάγραμμα επιρροής

Ένα θετικό πρόσημο σημαίνει ότι η μεταβολή της μεταβλητής που βρίσκεται στην κορυφή μεταβάλλεται προς την ίδια κατεύθυνση με τη μεταβολή της μεταβλητής που βρίσκεται στην αρχή της γραμμής επιρροής. Ένα αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι η μεταβολή της μεταβλητής που βρίσκεται στην γραμμή επιρροής είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση με την μεταβολή στην αρχή της γραμμής επιρροής. Σημειώνουμε ότι κάθε γραμμή επιρροής συνδέει μόνο δύο μεταβλητές. Συνεπώς η απεικόνιση ενός συστήματος

μέσω διαγράμματος επιρροής θα περιλαμβάνει τις μεταβλητές του συστήματος και τις γραμμές επιρροής.



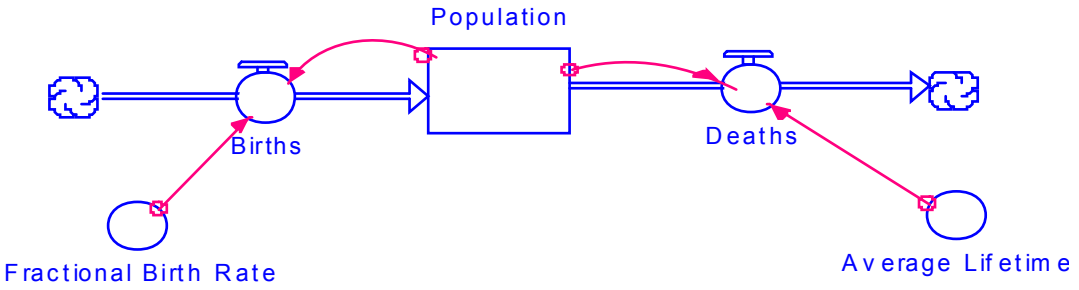
Σχήμα 4.9: Παράδειγμα Διαγράμματος Επιρροής

Επιπλέον μέσω διαγραμμάτων επιρροής μπορούμε να προσδιορίσουμε τις αναδράσεις που διέπουν το σύστημα. Το σχήμα 4.9 αποτελεί ένα απλοποιημένο και κλασικό παράδειγμα διαγράμματος επιρροής. Η μεταβλητή πληθυσμός περιγράφει την κατάσταση του συστήματος που μεταβάλλεται ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλει τον ρυθμό γεννήσεων και θανάτων. Λαμβάνοντας υπόψη τον ορισμό και τους τύπους των αναδράσεων που έχουμε ήδη αναφέρει, στο σχήμα 4.9 παρατηρούμε μια θετική (Reinforcing-R) και μία αρνητική (Balancing-B) ανάδραση. Συγκεκριμένα, η θετική ανάδραση υπάρχει ανάμεσα στο ρυθμό γεννήσεων και τον πληθυσμό καθώς οποιαδήποτε μεταβολή του ρυθμού γεννήσεων μεταβάλλει τον πληθυσμό προς την ίδια κατεύθυνση που με την σειρά του οδηγεί σε μεταβολή του ρυθμού γεννήσεων πάλι προς την ίδια κατεύθυνση. Η αρνητική ανάδραση υπάρχει ανάμεσα στον ρυθμό θανάτων και τον πληθυσμό, όπου μια μεταβολή στο ρυθμό θανάτων μεταβάλλει τον πληθυσμό προς την αντίθετη κατεύθυνση (αυξάνεται ο ρυθμός θανάτων μειώνεται ο πληθυσμός, μειώνεται ο ρυθμός θανάτων αυξάνεται ο πληθυσμός) και εν συνεχεία αυτή η μεταβολή οδηγεί σε μεταβολή του ρυθμού των θανάτων στην αντίθετη κατεύθυνση. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει και εναλλακτικός τρόπος προσδιορισμού των αναδράσεων που είναι και πιο σύντομος. Για να ορίσουμε εάν μια επιρροή έχει θετική ή αρνητική ανάδραση, υπολογίζουμε τον αριθμό των αρνητικών γραμμών επιρροής. Εάν ο αριθμός είναι μονός έχουμε αρνητική ανάδραση ενώ εάν ο αριθμός είναι ζυγός η ανάδραση είναι θετική.

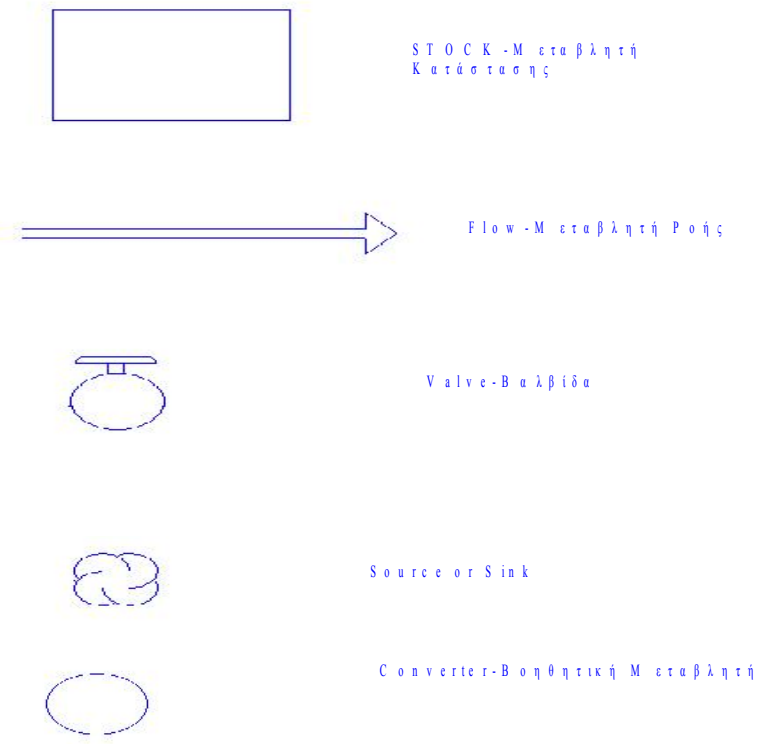
ii. Διαγράμματα ροής και καταστάσεων

Όπως αναφέρθηκε τα διαγράμματα επιρροής περιλαμβάνουν όλες τις μεταβλητές του συστήματος χωρίς ωστόσο να υποδεικνύουν της ιδιότητες κάθε μεταβλητής και το ρόλο της στην διαμόρφωση της προβληματικής συμπεριφοράς του συστήματος. Βασικά στοιχεία της δομής και της συμπεριφοράς των δυναμικών συστημάτων είναι οι

καταστατικές εξισώσεις και εξισώσεις ροών. Για παράδειγμα ένα θέλουμε να αναπαραστήσουμε το διάγραμμα επιρροής του σχήματος 4.9 σε διάγραμμα ροής και καταστάσεων, θα είχαμε το σχήμα 4.10. Το νέο σχήμα συμπεριλαμβάνει τις ίδιες μεταβλητές με το σχήμα 4.9, με την διαφορά ότι η κάθε μεταβλητή συμβολίζεται με συγκεκριμένα σχήματα που υποδεικνύουν τις βασικές ιδιότητες της μεταβλητής.



Όπου:



Σχήμα 4.10: Βασικά Στοιχεία Συστήματος

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 4.10, τα βασικά στοιχεία του συστήματος είναι:

1. Οι μεταβλητές κατάστασης, που συμβολίζονται με ορθογώνιο.
2. Ροές εισροής που συμβολίζονται με το βέλος που εισέρχεται στην κατάσταση του συστήματος.
3. Ροές εκροής που συμβολίζονται με το βέλος που εξέρχεται από την κατάσταση του συστήματος.
4. Βαλβίδες που συμβολίζουν ότι οι ροές ρυθμίζονται.
5. Σύννεφο/νέφος που συμβολίζει καταστατικές εξισώσεις εκτός των ορίων του συστήματος που υποθέτουμε ότι έχουν τιμή ίση με ∞ και δεν μπορούν να περιορίσουν τις ροές που υποστηρίζουν. Συγκεκριμένα οι εν λόγω μεταβλητές αναφέρονται είτε ως πηγή (source) εάν από αυτές ξεκινάει μια ροή ή καταβόθρα (sink) εάν σε αυτέ καταλήγει μια ροή.

Αναλυτικότερα, οι μεταβλητές κατάστασης (stocks) περιγράφουν την κατάσταση του συστήματος. Οι μεταβλητές κατάστασης συσσωρεύουν/ολοκληρώνουν την διαφορά που προκύπτει από τις ροές εισροής και εκροής κάθε χρονική στιγμή. Για παράδειγμα την χρονική στιγμή t, ν τιμή της κατάστασης του πληθυσμού ισούται με την τιμή του πληθυσμού την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή t-1, στο οποίο προσθέτουμε τις εισροές (αριθμό γεννήσεων) και αφαιρούμε τις εκροές (αριθμός θανάτων) που μεσολάβησαν το χρονικό διάστημα t-1 μέχρι t. Η χρήση των μεταβλητών κατάστασης είναι κρίσιμη για την αποτύπωση των δυναμικών συστημάτων για τους ακόλουθους λόγους (Mass 1980, Sterman 2000):

- Οι μεταβλητές κατάστασης χαρακτηρίζουν την κατάσταση του συστήματος και προσφέρουν την βάση για δράση. Οι μεταβλητές κατάστασης του συστήματος ενημερώνουν τους λήπτες αποφάσεων την παρούσα κατάσταση του συστήματος ώστε να γνωρίζουν σε ποια κατάσταση οι ενέργειες των αποφάσεων τους θα έχουν επίδραση.
- Οι μεταβλητές κατάστασης τροφοδοτούν το σύστημα με αδράνεια και μνήμη. Μια μεταβλητή κατάστασης μπορεί να αλλάξει μόνο μέσω των ροών εισροής και εκροής. Εάν οι ροές είναι μηδέν, η μεταβλητή της κατάστασης παραμένει σταθερή. Για παράδειγμα, εάν οικολογική ποιότητα ενός οικοσυστήματος (μεταβλητή κατάστασης) είναι κακή και αυτό οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με την διακοπή των δραστηριοτήτων που ρυπαίνουν το οικοσύστημα, η κατάσταση του οικοσυστήματος δεν

θα βελτιωθεί αυτόματα. Αντίθετα, θα πρέπει να περάσει κάποιο χρονικό διάστημα προκειμένου το σύστημα να έρθει στην επιθυμητή κατάσταση αποβάλλοντας τους ρύπους που έχει συσσωρεύσει.

- Οι μεταβλητές κατάστασης είναι πηγές χρονικής καθυστέρησης. Οποιαδήποτε χρονική καθυστέρηση συμπεριλαμβάνει μια μεταβλητή κατάστασης. Για παράδειγμα, υπάρχει χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην μεταβολή της ροής προς μια κατάσταση και στην μεταβολή της ίδιας της κατάστασης.
- Οι μεταβλητές κατάστασης δημιουργούν ανισορροπία καθώς η κατάσταση του συστήματος εξαρτάται από τις ροές εισροής και εκροής. Στην ισορροπία η κατάσταση του συστήματος παραμένει σταθερή που σημαίνει ότι στην ισορροπία η ροή εισροής ισούται με την ροή εκροής. Ωστόσο αυτή η περίπτωση αποτελεί την εξαίρεση καθώς στην πραγματικότητα οι ροές εισροής και εκροής εξαρτώνται από διαφορετικούς παράγοντες και διαφορετικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Συνεπώς οι μεταβλητές κατάστασης παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς συσσωρεύουν την ανισορροπία που προέρχεται από την διαφορά ανάμεσα στην ροή εκροής από την ροή εισροής.

Οι μεταβλητές κατάστασης μπορούν να μεταβληθούν μόνο μέσω της μεταβολής των ροών εισροής και εκροής από αυτές. Οι ροές προσδιορίζουν τον ρυθμό μεταβολής της κατάστασης και αντανακλούν την δραστηριότητα του συστήματος. Στην ουσία οι ροές (flows) υποδεικνύουν τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν για να μεταβληθεί η κατάσταση του συστήματος ή να διατηρηθεί στην ισορροπία. Η διάκριση ανάμεσα σε μεταβλητές κατάστασης και ροών είναι εξαιρετικά σημαντική για την δημιουργία δυναμικών συστημάτων. Ο βασικός κανόνας είναι ότι οι μεταβλητές κατάστασης είναι μετρήσιμες εάν μηδενίσουμε τον χρόνο. Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσαμε να δώσουμε π.χ. μια τιμή στον πληθυσμό αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσαμε να γνωρίζουμε εάν ο πληθυσμός αυξάνεται ή μειώνεται (τον ρυθμό μεταβολής του πληθυσμού).

Επιπλέον, η περιγραφή ενός συστήματος μπορεί να συμπεριλαμβάνει βοηθητικές μεταβλητές (auxiliary variables). Οι βοηθητικές μεταβλητές μπορούν να είναι συναρτήσεις των μεταβλητών κατάστασης του συστήματος, εξωγενείς μεταβλητές ή μεταβλητές με σταθερή τιμή μέσα στο χρόνο. Για παράδειγμα ο ρυθμός γεννήσεων εξαρτάται από το ποσοστό γεννήσεων ανά έτος. Σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό γεννήσεων είναι η βοηθητική μεταβλητή.

4.4 Η μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής ως Πλαίσιο Διερεύνησης της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Με αφετηρία την αποδοχή ότι κάθε σύστημα αποτελεί μια «ολότητα» που είναι κάτι παραπάνω από το άθροισμα των μερών του, το ζήτημα της Βιώσιμης Ανάπτυξης απαιτεί την διεπιστημονική διερεύνηση της ολότητας των συστημάτων που το αποτελούν που συνιστά κάτι παραπάνω από την ανάλυση του οικολογικού και οικονομικού συστήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την κατανόηση και την διαχείριση συστημάτων με στόχο την βιώσιμη ανάπτυξη καθώς διαθέτει τα κατάλληλα εργαλεία για την εξέταση των συστημάτων ολιστικά (Chang, 2008).

Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί μια διαδικασία κατά την οποία σε όρους συστημικής δυναμικής οι ροές που ευθύνονται για την αποσταθεροποίηση του συστήματος και προκαλούν την προβληματική συμπεριφορά του συστήματος πρέπει να ελεγχθούν ώστε η κατάσταση του συστήματος να βρίσκεται στο επιθυμητό επίπεδο. Συνεπώς η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής προσφέρεται για τον προσδιορισμό των viability loops και των προσδιορισμό των κατάλληλων ενεργειών για να διατηρηθούν στην επιθυμητή κατάσταση (Hjorth και Bagheri, 2006). Με αυτό τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού πολιτικών που εξυπηρετούν τον στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης και οδηγούν στην ισορροπία του συστήματος.

Η συστημική δυναμική έχει προταθεί στην διεθνή βιβλιογραφία ως το κατάλληλο μεθοδολογικό εργαλείο για την διερεύνηση του ζητήματος της βιώσιμης ανάπτυξης διότι δίνει την δυνατότητα της αναπαράστασης των συστημάτων, του μηχανισμού αναδράσεων που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στις μεταβλητές τους και της μη γραμμικότητας που χαρακτηρίζει τον πραγματικό κόσμο (Forrester, 1971˙Meadows et al, 1972,1992,2004˙ Shen et al. 2009˙ Hjorth και Bagheri, 2006).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην ομάδα του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης (M.I.T) που εφάρμοσε την μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής για μια εκτεταμένη έρευνα τα αποτελέσματα της οποίας οδήγησαν στην έκδοση των βιβλίων “Limits to Growth”(Meadows et al. ,1972, “Beyond the Limits” (Meadows et al. ,1992) και “Limits to Growth, The 30-year Update” (Meadows et al., 2004). Αντικειμενικός σκοπός του Limits to Growth ήταν να απαντήσει στο ερώτημα εάν

οι παρούσες πολιτικές μπορούν να οδηγήσουν σε ένα βιώσιμο μέλλον για την ανθρωπότητα ή στην κατάρρευση της, καθώς και ποιες είναι οι διορθωτικές κινήσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε μια «ανθρώπινη οικονομία» (human economy) ώστε το ανθρώπινο και γήινο σύστημα να βρίσκονται σε αρμονία. Για τον εν λόγω σκοπό, το Limits to Growth διερευνά τις σχέσεις αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης που αναπτύσσονται ανάμεσα στα ανθρώπινα και γήινα συστήματα και προσπαθεί να τις προσομοιώσει μέσω του World3 model (Meadows et al. ,1972).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, τον 21^{ο} αιώνα η ανθρωπότητα θα αναγκαστεί να περιορίσει την οικονομική της μεγέθυνση εξαιτίας της αδυναμίας του οικολογικού συστήματος να την υποστηρίξει είτε με την προσφορά φυσικών πόρων είτε (ή και) με την δυνατότητα αφομοίωσης ρύπων. Το τέλος της μεγέθυνσης μπορεί να επέλθει με διάφορους τρόπους όπως μια κατάρρευση του συστήματος που οδηγεί σε ανεξέλεγκτη μείωση του πληθυσμού και της κοινωνικής ευημερίας. Ωστόσο το μοντέλο διαθέτει εναλλακτικές διεξόδους από την κρίση όπου ο πληθυσμός ομαλά και σταδιακά προσαρμόζεται στην φέρουσα ικανότητα της βιόσφαιρας και δεν ξεπερνά ένα ορισμένο όριο οικολογικού αποτυπώματος. Μια από τις προτάσεις του βιβλίου στην έκδοση του 1972, σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούσαν την δεδομένη χρονική στιγμή, ήταν ότι εφόσον η κατάρρευση του συστήματος λόγω της υπέρβασης των ορίων δεν έχει επέλθει ακόμα υπάρχει το χρονικό περιθώριο για υιοθέτηση διορθωτικών κινήσεων που θα οδηγήσουν σε βιωσιμότητα χωρίς δραματικές συνέπειες για την κοινωνική ευημερία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο σκοπός του World3 model δεν ήταν η πρόβλεψη αλλά η διερεύνηση διαφορετικών διαδρομών οικονομικής μεγέθυνσης κάτω από εναλλακτικά σενάρια περιβαλλοντικής διαχείρισης με στόχο την ανάδειξη εκείνων που οδηγούν σε ένα βιώσιμο μέλλον, δηλαδή εκείνων που μπορούν να υποστηρίξουν την ίδια κοινωνικοοικονομική μεγέθυνση στο μέλλον δίχως να παραβιάζουν συγκεκριμένα οικολογικά όρια.

Το 1992 ακολούθησε η αναθεωρημένη έκδοση του Limits to Growth, το "Beyond the Limits" όπου κατέληγε στα ίδια συμπεράσματα με την πρώτη έκδοση, με μια βασική διαφορά: η ανθρωπότητα είχε ήδη ξεπεράσει την φέρουσα ικανότητα υποστήριξης της από την γη. Οπότε το βασικό ζητούμενο κατά τον σχεδιασμό σεναρίων στην εν λόγω έκδοση ήταν η αναζήτηση πολιτικών και στρατηγικών ώστε να οδηγηθεί η ανθρωπότητα από μη βιώσιμα σε βιώσιμα μονοπάτια.

Η πιο πρόσφατη έκδοση του βιβλίου “Limits to Growth, The 30-year Update” (Meadows et al., 2004) οδηγείται ακριβώς στα ίδια συμπεράσματα με τις προηγούμενες δύο εκδόσεις και προσφέρει επιπλέον εργαλεία για την μετάβαση στην βιωσιμότητα.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή διερευνά το ζήτημα της οικολογικά βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης στα παράκτια οικοσυστήματα, με μελέτη περίπτωσης τον Σαρωνικό Κόλπο. Το δυναμικό μοντέλο , που παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5, περιλαμβάνει 4 υποσυστήματα: το υποσύστημα του πληθυσμού, το υποσύστημα των αστικών λυμάτων, το οικονομικό υποσύστημα και το βιο-οικολογικό υποσύστημα. Στόχος του δυναμικού μοντέλου είναι να ερμηνεύσει εκείνους τους παράγοντες που δημιουργούν την προβληματική συμπεριφορά και να προτείνει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την επίτευξη της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης. Όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε και τεκμηριώθηκε στο κεφάλαιο 2 και 3, η θεωρία των ‘Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων’ (ΚΒΟ) αντικατοπτρίζει την παρούσα Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα και θεωρείται κατάλληλο πλαίσιο για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης στα παράκτια οικοσυστήματα από τους ειδικούς επιστήμονες. Με δεδομένο αυτό, η παρούσα διατριβή διερεύνα το ζήτημα της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα υιοθετώντας την θεωρία των ΚΒΟ ως το καταλληλότερο πλαίσιο για την επίτευξη της. Η μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε το μέλλον που επιθυμούμε-να μην ξεπεραστούν τα ΚΒΟ-και να διερευνήσουμε τις συνθήκες επίτευξής αυτού του μέλλοντος που οδηγεί στην οικολογικά βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο: Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη στα Παράκτια Οικοσυστήματα.

Η Οικονομική είναι μια επιστήμη της ζωής, περισσότερο

κοντινή με τη Βιολογία παρά με τη Μηχανική (Marshall, 1890).

5.1 Γενικά- Περιγραφή της Προβληματικής Κατάστασης

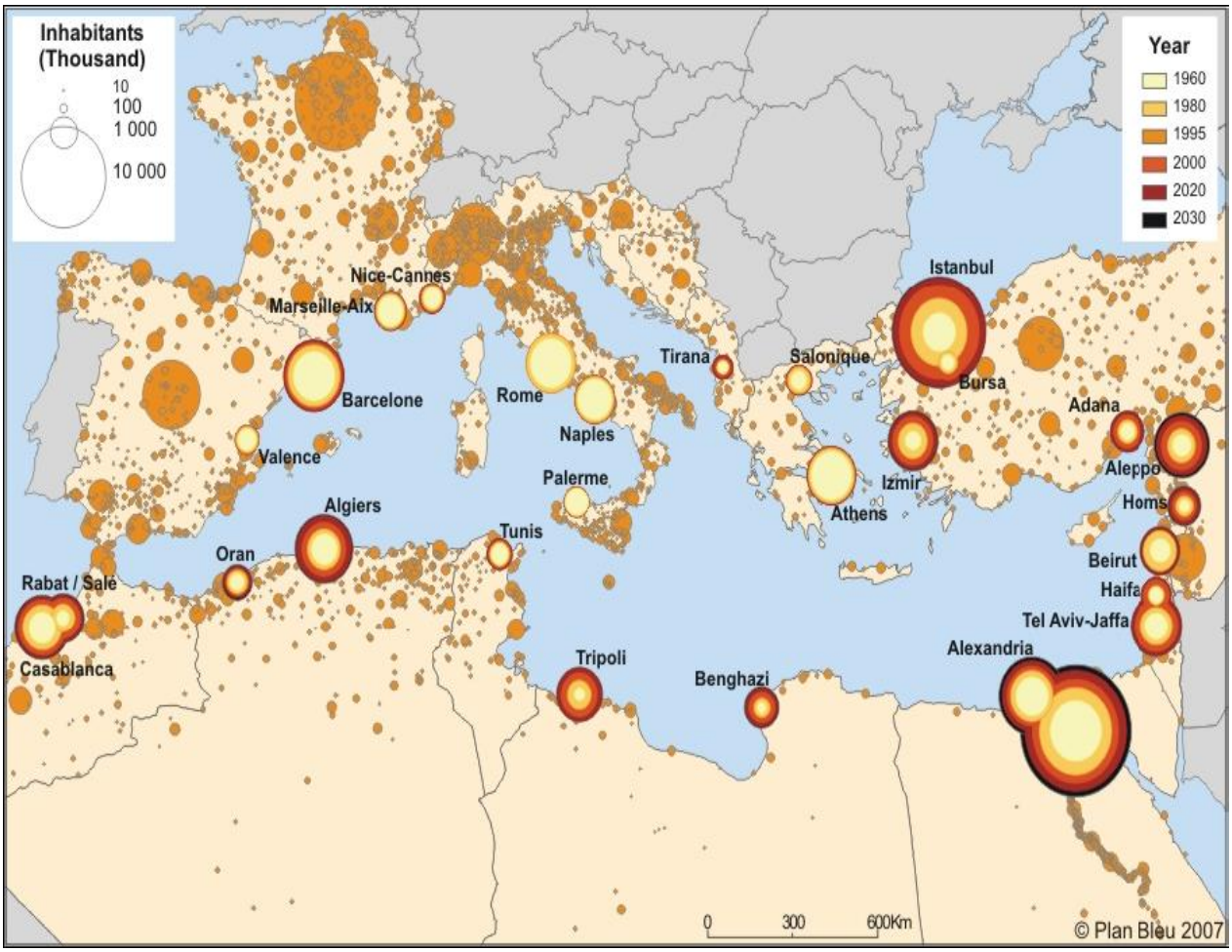
Η επίτευξη της Οικολογικά Βιώσιμης Οικονομικής Ανάπτυξης (OBOA) στα παράκτια οικοσυστήματα παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον και χρήζει ιδιαίτερης διερεύνησης. Γενικά, ο παράκτιος χώρος αποτελεί πόλο έλξης ποικίλων κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων καθώς στον ίδιο χώρο βρίσκονται τα παράκτια οικοσυστήματα που από βιολογική άποψη είναι πολύ σημαντικά αφού περιλαμβάνουν ένα μεγάλο φάσμα από ποικιλία βιοτόπων. Ουσιαστικά, ο παράκτιος χώρος είναι φυσικός πόρος που προσφέρει αγαθά και υπηρεσίες στον άνθρωπο ενώ ταυτόχρονα περικλείει από βιολογική άποψη, παραγωγικά οικοσυστήματα που αποτελούν προϋπόθεση για την ανάπτυξη πληθώρα κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα κατά μήκος της παράκτιας ζώνης αλλά και στον αστικό χώρο γενικότερα. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται έντονη περιβαλλοντική υποβάθμιση των παράκτιων οικοσυστημάτων που οφείλεται κυρίως στην τάση συγκέντρωσης του πληθυσμού και των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στον παράκτιο χώρο.

Το παράκτιο οικοσύστημα της Μεσογείου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα οικοσυστήματος που έχει υποστεί δραματικές μεταβολές τα τελευταία 50 χρόνια. Υπολογίζεται ότι το 7% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί στην Μεσόγειο (460 εκατομμύρια άνθρωποι), με τα δύο τρίτα (2/3) αυτού του πληθυσμού να κατοικεί στην ακτογραμμή (εικόνα 5.1, UNEP, 2009). Αντίστοιχα, στην ακτογραμμή της Ελλάδας κατοικεί τα δύο τρίτα (2/3) του πληθυσμού σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (εικόνα 5.2). Δεδομένου του πληθυσμού των παράκτιων αστικών κέντρων της Μεσογείου, φαίνεται ότι η επεξεργασία των αστικών λυμάτων θα μπορούσε να περιορίσει σημαντικά το ρυπαντικό φορτίο που υποβαθμίζει την ποιότητα των υδάτων της Μεσογείου (Stamou και Kamizoulis, 2009).

Το παρόν κεφάλαιο διερευνά την ΟΒΟΑ στον Σαρωνικό κόλπο όπου παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον γιατί δέχεται ποικίλες πιέσεις από το μεγαλύτερο αστικό κέντρο της Ελλάδας (π.χ. αστικά λύματα) που κατοικεί τουλάχιστον το 1/3 του πληθυσμού της χώρας και κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του λαμβάνουν χώρα ποικίλες δραστηριότητες, όπως η οικιστική και τουριστική ανάπτυξη, που έχουν σοβαρές συνέπειες στα αβαθή νερά. Η έρευνα επικεντρώνεται στον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο.

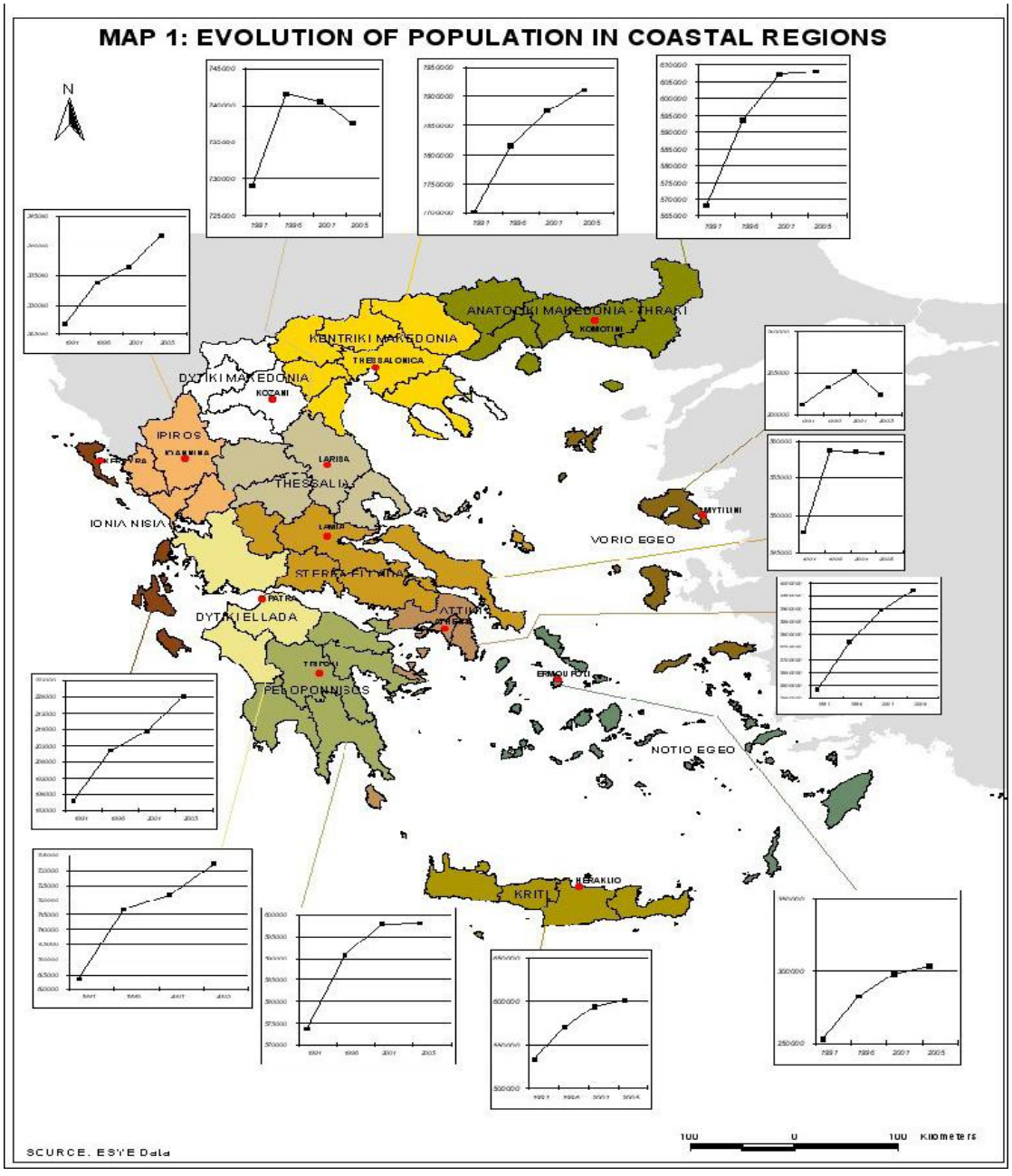
Η έρευνα αφορά την διερεύνηση των σχέσεων αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης ανάμεσα στην λειτουργία της πόλης της Αθήνας και του εσωτερικού Σαρωνικού Κόλπου. Στόχος είναι να διερευνηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την επίτευξη της ΟΒΟΑ. Σε πρώτο επίπεδο είναι απαραίτητο να οριστεί το ζήτημα της ΟΒΟΑ. Όπως τεκμηριώθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι σύγχρονες βιοοικονομικές προσεγγίσεις θεωρούνται κατάλληλες για την επίτευξη της ΟΒΟΑ σε επιχειρησιακό επίπεδο. Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει ένα Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο Προσομοίωσης (ΒΟΔΜΠ) ΟΒΟΑ στον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο με άξονα τις συνθήκες που θέτει η προσέγγιση των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ). Η παρούσα έρευνα υιοθετεί την προσέγγιση των ΚΒΟ στην βάση τριών κριτηρίων. Το πρώτο κριτήριο αφορά το επιστημονικό ενδιαφέρον για την δυνατότητα εφαρμογής την δυνατότητα εφαρμογής της ΚΒΟ προσέγγισης σε επιχειρησιακό επίπεδο. Δεδομένου ότι απώτερος σκοπός κάθε προσέγγισης- θεωρίας είναι να θέσει τους άξονες και το πλαίσιο για την επίτευξη της ΟΒΟΑ, η διερεύνηση των συνθηκών που θέτει η ΚΒΟ προσέγγιση είναι καίριας σημασίας για την θεμελίωσης πέρα από το θεωρητικό σε επιχειρησιακό επίπεδο. Το δεύτερο κριτήριο έχει σχέση με την αξιολόγηση της ΚΒΟ προσέγγισης από τους ειδικούς επιστήμονες όπως διεξοδικά παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3. Σύμφωνα με τους 'ειδικούς' η προσέγγιση ΚΒΟ αποτελεί σε σύγκριση με τις προσεγγίσεις της Μη Φθίνουσας Χρησιμότητας, της Προστασίας Ολόκληρου του Φυσικού Κεφαλαίου και του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου το καταλληλότερο πλαίσιο ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Τέλος, η προσέγγιση ΚΒΟ φαίνεται, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2, να αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό τις σύγχρονες πολιτικές για τα Ύδατα σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Ιδιαίτερα όσον αφορά το πλαίσιο καθορισμού περιβαλλοντικών στόχων, η ΚΒΟ προσέγγιση προτάσσοντας ως αναγκαία συνθήκη για την επίτευξη της ΟΒΟΑ την βιολογική βιωσιμότητα μέσα από την διατήρηση των κρίσιμων βιολογικών ορίων των κρίσιμων ειδών, λειτουργιών και ειδών

ταυτίζεται με τον στόχο της καλής οικολογικής κατάστασης και τον στόχο της οικολογικής ακεραιότητας που θέτει η ΟΠΥ και η ΠΚΥ αντίστοιχα.



Σχήμα 5.1. Πληθυσμιακές μεταβολές σε Αστικά Κέντρα της Μεσογείου. Προβλέψεις μέχρι το 2030. Πηγή: Blue Plan from Geopolis 1998 and United Nations Population Division, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision

Σε αυτό το πλαίσιο με βάση τις συνθήκες που θέτει η προσέγγιση ΚΒΟ προσδιορίστηκαν κρίσιμες φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι που αντανακλούν την οικολογική ποιότητα του Σαρωνικού κόλπου καθώς και τα κρίσιμα επίπεδα αυτών που εάν ξεπεραστούν οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας του οικοσυστήματος. Η μεθοδολογία προσδιορισμού των κρίσιμων φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε οικοσύστημα με κατάλληλη προσαρμογή στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καθώς και στις ανθρωπογενείς πιέσεις που δέχεται.



Σχήμα 5.2 Πληθυσμιακές Μεταβολές στον παράκτιο χώρο της Ελλάδας.

Πηγή: ΕΣΥΕ, 2001

Σε δεύτερο επίπεδο η ανάπτυξη του Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου προϋποθέτει την διερεύνηση των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων που οδηγούν σε παραβίαση των ΚΒΟ και δημιουργούν την προβληματική συμπεριφορά του συστήματος. Στην περίπτωση του εσωτερικού Σαρωνικού Κόλπου η μεγαλύτερη πίεση στο οικοσύστημα

είναι τα αστικά λύματα όπου υποθέτουμε ότι αποτελούν και την κυρίαρχη πίεση που δέχεται το οικοσύστημα.

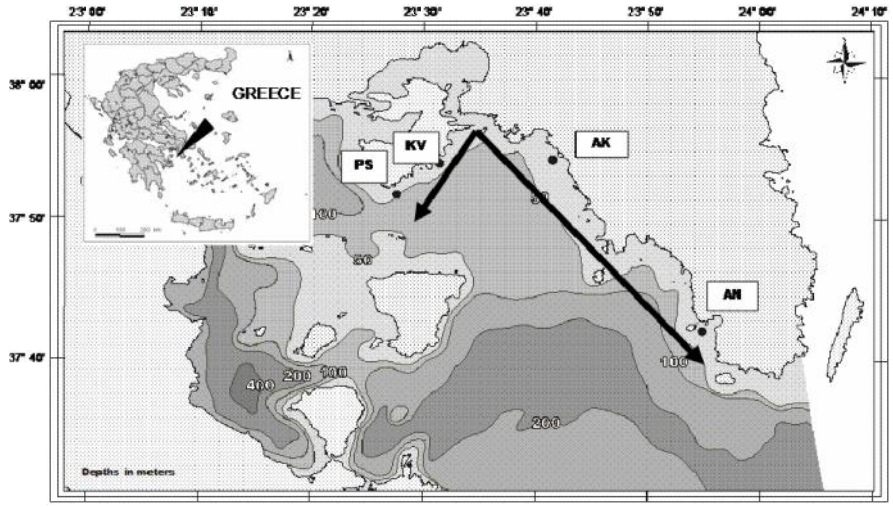
Ειδικότερα, το δυναμικό μοντέλο , που παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο, αποτυπώνει τις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες και τον Σαρωνικό κόλπο από το 1987 μέχρι το 2030. Μέσα σε αυτό διάστημα εξετάζεται η επίδραση του πληθυσμού της Αθήνας στο οικοσύστημα του Σαρωνικού σε βάθος χρόνου όπου έχουν λάβει χώρα ποικίλες αλλαγές ιδιαίτερα σε επίπεδο περιβαλλοντικής πολιτικής όπως η Κοινοτική Οδηγία για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (91/271/ΕΟΚ) και η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ) (2000/60/ΕΕ). Η ΟΠΥ παρουσιάστηκε διεξοδικά στο κεφάλαιο 2. Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ ρυθμίζει το θέμα της απαιτούμενη επεξεργασίας προσδιορίζοντας συγκεκριμένα όρια για την απόρριψη επεξεργασμένων λυμάτων στους υδατικούς αποδέκτες. Σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ η απαιτούμενη απομάκρυνση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD5), του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) και των ολικών στερεών είναι 70-90%, 75% και 90% αντίστοιχα (91/271/ΕΟΚ, πίνακας 1). Στην περίπτωση απόρριψης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές απαιτείται επιπρόσθετα η απομάκρυνση του ολικού φωσφόρου ή/και η απομάκρυνση του ολικού αζώτου κατά 70-80% και 80% αντίστοιχα (πίνακας 2). Η ενσωμάτωση της Οδηγίας 91/271 στην ελληνική νομοθεσία πραγματοποιήθηκε με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 5673/400/1987. Να σημειωθεί ότι αρχικά ο εσωτερικός Σαρωνικός δεν συμπεριλαμβανόταν στον κατάλογο των ευαίσθητων περιοχών και χαρακτηρίστηκε ως ευαίσθητη περιοχή το 2002. Σε συμφωνία με την Κοινοτική Οδηγία (91/271/ΕΟΚ), από τον Νοέμβριο του 1994 λειτουργεί το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ) και αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στην Ευρώπη. Το ΚΕΛΨ υποστηρίζει την επεξεργασία λυμάτων τουλάχιστον του 80% του πληθυσμού της Αττικής και κατά μέσο όρο η καθημερινή επεξεργασία είναι 750.000 m3/d. Αντίστοιχα η ΟΠΥ υποχρεώνει τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης την επίτευξη της Καλής Οικολογικής Κατάστασης (ΚΟΚ) σε όλα τα υδάτινα οικοσυστήματα, ως εκ τούτου και στα παράκτια οικοσυστήματα, μέχρι το 2015.

Το ΒΟΔΜΠ που παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο ενσωματώνει τις μεταβολές που έχουν πραγματοποιηθεί σε επίπεδο πολιτικής. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην ανάλυση της οικολογικής κατάστασης του Σαρωνικού κόλπου πριν

και μετά την λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας καθώς και στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Επιπλέον, ο ορισμός της οικολογικής κατάστασης γίνεται σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς στόχους που θέτει η ΟΠΥ, όπου στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας ταυτίζονται με τους περιβαλλοντικούς στόχους που θέτει η προσέγγιση ΚΒΟ. Ο στόχος του ΒΔΜΠ είναι η διευκόλυνση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, έτσι ώστε να μην παραβιάζονται τα ΚΒΟ και να διασφαλίζεται η επίτευξη της ΚΟΚ στον Σαρωνικό Κόλπο. Εξετάζονται εναλλακτικά σενάρια πολιτικής για την επίτευξη ΟΒΟΑ και αξιολογείται η αποτελεσματικότητας τους σε ένα προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα (1987-2030). Με δεδομένο ότι η ΟΒΟΑ του Σαρωνικού κόλπου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την υποστήριξη της αστικής λειτουργίας, το δυναμικό μοντέλο δίνει την δυνατότητα πρόβλεψης της τάσης κρίσιμων μεταβλητών για το μέλλον και σχεδιασμού πολιτικών με άξονα την ΟΒΟΑ.

5.2 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής είναι ο Σαρωνικός κόλπος και ιδιαίτερα ο εσωτερικός Σαρωνικός (εικόνα 5.1). Ο εσωτερικός Σαρωνικός κόλπος αποτελεί το θαλάσσιο μέτωπο της Αθήνας και περιλαμβάνει το κοντινό στην περιοχή της πρωτεύουσας τμήμα του Σαρωνικού που οριοθετείται στα δυτικά από τη γραμμή Σαλαμίνα-Αίγινα και νότια από την γραμμή Αίγινα- Βουλιαγμένη. Ο εσωτερικός Σαρωνικός καταλαμβάνει έκταση 468km^2, έχει σχετικά ομαλό ανάγλυφο και βάθη που δεν υπερβαίνουν τα 100 m.



Σχήμα 5.3 Περιοχή Μελέτης. PS (Σταθμός Ψυτάλλειας), KV (Κακή Βίγλα), ΑΚ (Άγιος Κοσμάς), ΑΝ (Άγιος Νικόλαος).

Ο εσωτερικός Σαρωνικός κόλπος χαρακτηρίζεται από κυκλοφορία θαλάσσιων μαζών που οφείλεται αποκλειστικά στους ανέμους (Hopkins και Couchman, 1975). Οι άνεμοι αναπτύσσουν δύο μορφές κυκλοφορίας, την κυκλωνική που οφείλεται σε βόρειους ή νότιους ανέμους και την αντικυκλωνική που προκαλείται από νοτιοδυτικούς έως βορειοδυτικούς ανέμους. Για το κεντρικό τμήμα του κόλπου απαιτείται ένας μήνας για την ανανέωση των υδάτων ενώ για το δυτικό τμήμα δύο ή περισσότεροι μήνες (Διαπουλής, 1984).

Η σημαντικότερη πηγή ρύπανσης για τον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο είναι η διάθεση αστικών λυμάτων από τον ΚΑΑ της Ψυτάλλειας, τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση των θρεπτικών και οδηγούν σε φαινόμενα ευτροφισμού. Ωστόσο η απόσταση του εσωτερικού κόλπου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και η συχνή ανανέωση των υδάτων επιδρούν θετικά στην διατήρηση των θρεπτικών σε σχετικά χαμηλές τιμές με αποτέλεσμα να μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεσότροφη προς ολιγότροφη περιοχή. Εξαίρεση αποτελεί η περιοχή γύρω από την Ψυτάλλεια που επιβαρύνεται άμεσα με αστικά λύματα καθώς βρίσκεται στο σημείο εκβολής του αγωγού λυμάτων. Διακρίνουμε τρεις χρονικές περιόδους από το 1987 έως σήμερα (2010) για την περιοχή μελέτης:

1. Από το 1987 έως το 1995 τα λύματα δεν υφίσταται καμία επεξεργασία. Η ανθρωπογενής δραστηριότητα που αφορά την εκροή αστικών λυμάτων δεν λαμβάνεται υπόψη στο πλαίσιο διαχείρισης του οικοσυστήματος του Σαρωνικού.

2. Από το 1995 έως το 2004 τίθεται σε λειτουργία η πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων του Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ). Στην Ψυττάλεια τα λύματα υποβάλλονται σε κυρίως επεξεργασία, δηλαδή σε πρωτοβάθμια καθίζηση. Στη συνέχεια, μέσω των αγωγών διάθεσης οδηγούνται σε ικανοποιητικό βάθος και διαχέονται στον αποδέκτη, το Σαρωνικό Κόλπο, επιτυγχάνοντας υψηλή αραίωση τόσο κατά το καλοκαίρι, όσο και κατά το χειμώνα. Μέσω της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας τα αιωρούμενα στερεά των λυμάτων μειώνονται κατά 60% περίπου και το οργανικό φορτίο (BOD) κατά 35% περίπου και φθάνουν σε μέσες συγκεντρώσεις 160 mg/l και 250 mg/l αντίστοιχα, στα επεξεργασμένα λύματα.

3. Από το 2004 έως σήμερα λειτουργεί η δευτεροβάθμια επεξεργασία στο ΚΕΛΨ. Με την δευτεροβάθμια επεξεργασία, η μείωση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων υπερβαίνει το 90% και φτάνει σε μέσες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου (BOD) σε 13 mg/l και των αιωρουμένων στερεών σε 12 mg/l στην εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων (με βάση διαθέσιμα στοιχεία για τα έτη 2005-2008), καθώς επίσης και σε μείωση του ολικού αζώτου κατά 80-90%.

5.3 Διατύπωση του Προβλήματος και της Δυναμική υπόθεσης

Όπως προαναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 5.1 βασικός στόχος του ΒΔΜΠ είναι η αποτύπωση των σχέσεων αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης που αναπτύσσονται ανάμεσα στο κοινωνικοοικονομικό σύστημα της Αθήνας και την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου. Σε αυτό το πλαίσιο το ΒΟΔΜΠ διερευνά τις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στις κοινωνικοοικονομικό σύστημα (αστικό σύστημα)- που περιγράφονται από τον πληθυσμό, τα αστικά λύματα και την ζήτηση νερού και το βιο-οικολογικό σύστημα που περιγράφεται από βιολογικούς και οικολογικούς δείκτες σύμφωνα με την προσέγγιση ΚΒΟ και την ΟΠΥ.

Η προβληματική συμπεριφορά του συστήματος προκύπτει όταν παραβιάζονται τα κρίσιμα επίπεδα των κρίσιμων βιολογικών ειδών, λειτουργιών και διαδικασιών που

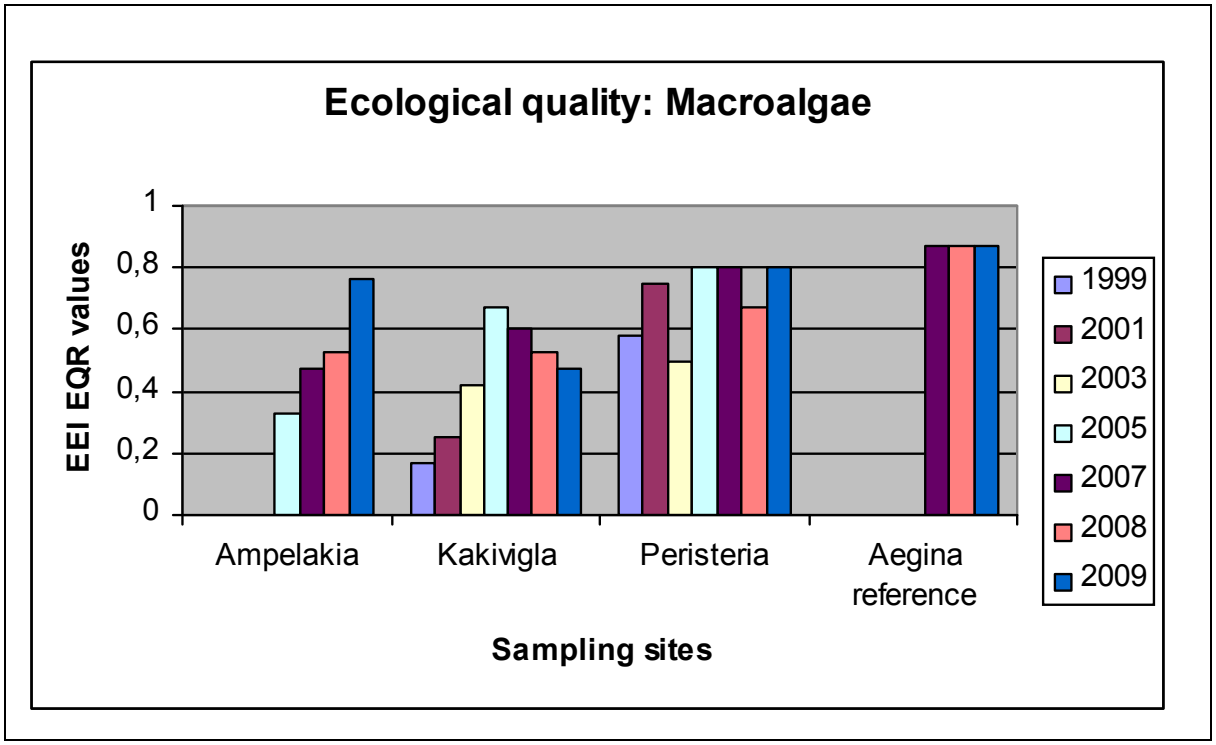
υποστηρίζουν την λειτουργία της πόλης και κατ' επέκταση επηρεάζουν το ανθρώπινο και οικονομικό σύστημα. Συνεπώς ο στόχος του δυναμικού μοντέλου είναι η διασφάλιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πρέπει να ρυθμιστούν οι αιτίες που προκαλούν την υποβάθμιση του παράκτιου οικοσυστήματος που στην παρούσα εργασία ταυτίζεται με την προβληματική συμπεριφορά του συστήματος.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας οι αιτίες που διαταράσσουν το οικοσύστημα και οδηγούν σε παρέκκλιση από τα ΚΒΟ είναι οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στον αστικό χώρο. Συγκεκριμένα η βασική αιτία υποβάθμισης του Σαρωνικού κόλπου είναι τα αστικά λύματα. Η υπόθεση αυτή (δυναμική υπόθεση) βασίζεται στην αισθητή βελτίωση της δομής και λειτουργίας του οικοσυστήματος του Σαρωνικού έπειτα από την λειτουργία του ΚΕΛΨ και ιδιαίτερα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων (διάγραμμα 5.1 και διάγραμμα 5.2). Ωστόσο το ΚΕΛΨ έχει συγκεκριμένη φέρουσα ικανότητα (1000.000m^3/d) και δεν μπορεί να υποστηρίξει την μεγέθυνση του αστικού ιστού πέρα από ένα συγκεκριμένο όριο. Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη διερεύνησης εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν τον όγκο και το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων.

Επιπλέον, η παρούσα έρευνα επιχειρεί την σύνδεση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων με συγκεκριμένα βιολογικά στοιχεία ποιότητας που προτείνει η ΟΠΥ. Ουσιαστικά συνδέοντας τα χαρακτηριστικά του αγωγού με τα βιολογικά στοιχεία ποιότητας γίνεται σύνδεση του κοινωνικοοικονομικού συστήματος με το βιο-οικολογικό σύστημα. Η προσπάθεια αυτή, που αποτελεί καινοτόμο στοιχείο της έρευνας, βασίστηκε στην διεπιστημονική συνεργασία. Με το ΒΟΔΜΠ που παρουσιάζει το παρόν κεφάλαιο δίνεται η δυνατότητα-μέχρι ενός βαθμού- αναζήτησης των αιτιών που οδηγούν σε παρέκκλιση από τον στόχο της ΚΟΚ. Το ΒΟΔΜΠ δεν ενσωματώνει ολόκληρο το κοινωνικοοικονομικό σύστημα της Αττικής παρά μόνο τα στοιχεία εκείνα που επηρεάζουν άμεσα το βιο- οικολογικό σύστημα.

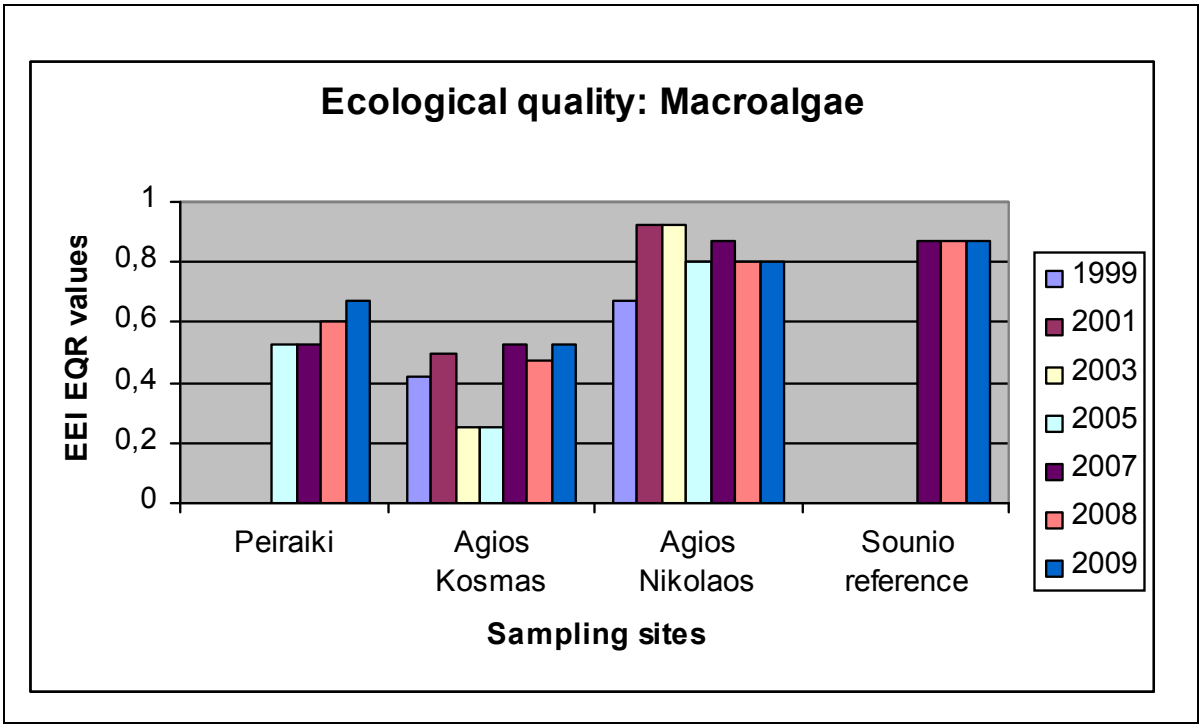
Η εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας του Σαρωνικού κόλπου από το 1999-2009 με βάση τον δείκτη οικολογικής εκτίμησης που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της ΟΠΥ στην Ελλάδα απεικονίζεται στο διάγραμμα 5.1 και 5.2. Οι τιμές του δείκτη ΕΕΙ είναι εκφρασμένες σε Ecological Quality Ratio (EQR). Οι στόχοι της ΟΠΥ ικανοποιούνται

όταν ο δείκτης έχει τιμή πάνω από 0.6, που υποδηλώνει μέτρια προς καλή οικολογική κατάσταση. Στον ανατολικό άξονα δειγματοληψίας, στα δέκα χρόνια παρακολούθησης (1999-2009) παρατηρείται σαφής τάση βελτίωσης της οικολογικής ποιότητας, που μπορεί να αποδοθεί στην επιτυχή επεξεργασία των αστικών αποβλήτων από το ΚΕΛΨ. Στα περισσότερα σημεία η τιμή του δείκτη ΕΕΙ (EQR) ξεπερνά το 0.6, συνεπώς ικανοποιεί τις απαιτήσεις της ΟΠΥ. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο Άγιος Κοσμάς όπου παρατηρείται μια υποβάθμιση γύρω στο 2004, που πιθανόν να σχετίζεται με την φάση κατασκευής των Ολυμπιακών εγκαταστάσεων ιστιοπλοΐας. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι διακρίνεται μια τάση πτώσης της οικολογικής ποιότητα στον Άγιο Νικόλαο Αναβύσσου όπου δεν καταγράφονται πλέον τιμές που να αντιστοιχούν στην υψηλή ποιότητα γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην επέκταση της μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών προς την ανατολική Αττική, χωρίς αντίστοιχη επέκταση των υποδομών (Παναγιωτίδης, 2010)



Διάγραμμα 5.1: Τιμές του δείκτη ΕΕΙ στον δυτικό άξονα δειγματοληψίας, από Ψυττάλεια προς Αίγινα.

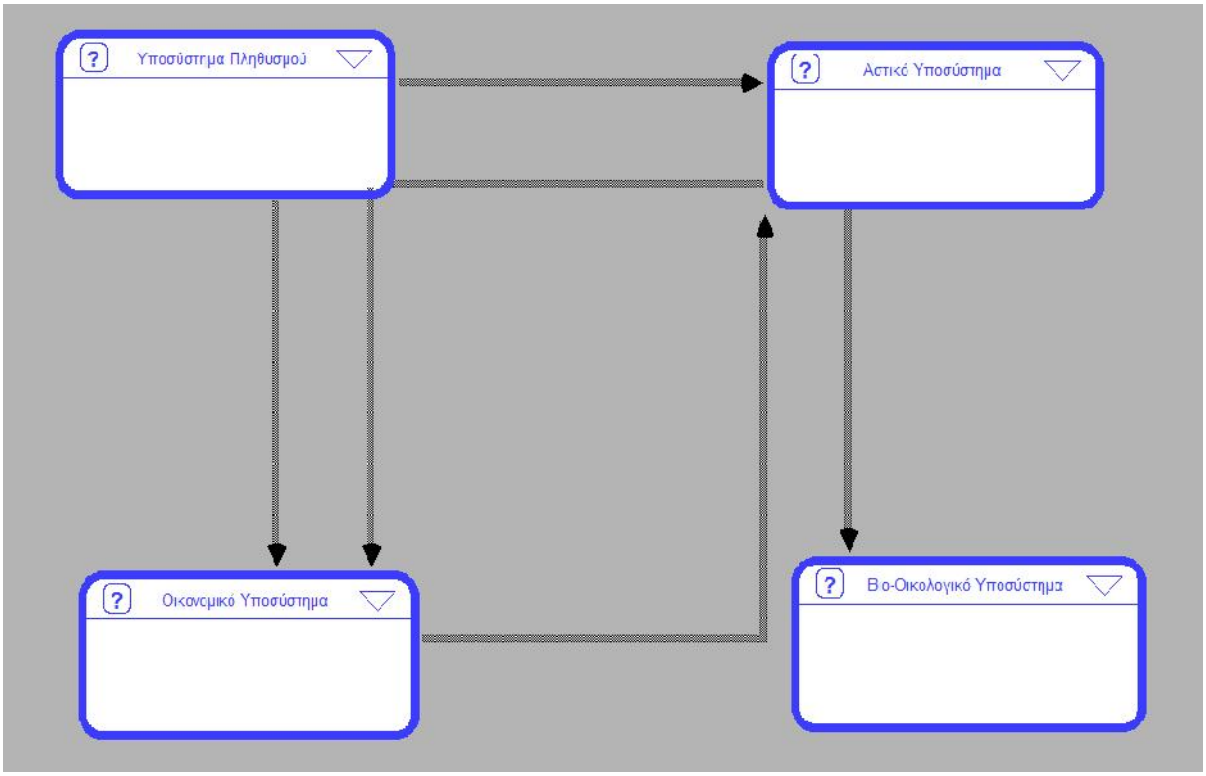
Πηγή:ΕΛΚΕΘΕ



Διάγραμμα 5.2: Τιμές του δείκτη ΕΕΙ στον ανατολικό άξονα δειγματοληψίας, από Ψυττάλεια προς Σούνιο.

Πηγή: ΕΛΚΕΘΕ

Να σημειωθεί ότι το ΒΟΔΜΠ περιγράφει τις τάσεις των παραμέτρων του συστήματος και όχι με ακρίβεια τις τιμές τους. Για την ενίσχυση της αριθμητικής ακρίβειας του ΒΟΔΜΠ απαιτείται η ενσωμάτωση περισσότερων στοιχείων και επιστημονικής γνώσης. Ωστόσο το ΒΟΔΜΠ αποτελεί ένα πρώτο εγχείρημα για την κατανόηση των σχέσεων αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης του κοινωνικοοικονομικού και του βιοοικολογικού συστήματος και μπορεί να αποτελέσει την βάση για την δημιουργία πιο αναλυτικών ΒΟΔΜΠ.



Σχήμα 5.4: Τα υποσυστήματα που συνθέτουν το Βιο-οικονομικό μοντέλο

5.4 Αποτύπωση του Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου Προσομοίωσης

Το παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζει τα υποσυστήματα του Βιο-Οικονομικού Δυναμικού Μοντέλου προσομοίωσης (ΒΟΔΜΠ) που διαμορφώνουν την συνολική συμπεριφορά του συστήματος. Το ΒΟΔΜΠ αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα: το υποσύστημα του πληθυσμού, το υποσύστημα των αστικών λυμάτων, το βιοοικολογικό υποσύστημα και το οικονομικό υποσύστημα (σχήμα 5.4).

Για την αποτύπωση των μεταβλητών του ΒΟΔΜΠ χρησιμοποιήθηκε η προσομειωτική γλώσσα προγραμματισμού STELLA 9.1.2. Η γλώσσα STELLA αποτελεί μια απλή και φιλική για τον χρήστη γλώσσα προγραμματισμού σχεδιασμένη για περιβάλλον Windows και Macintosh. Η γλώσσα STELLA επιτρέπει τον σχεδιασμό συστημάτων και την εξαγωγή αποτελεσμάτων μέσα από γραφήματα και πίνακες. Τα σχήματα και η σημασία των εικονιδίων της προσομειωτικής γλώσσας παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 (σχήμα 4.10).

Η ανάλυση που ακολουθεί εκτείνεται χρονικά από το 1987 μέχρι το 2030, με χρονικό βήμα (Delta Time-DT) 0.25. Η επίλυση των καταστατικών εξισώσεων και των εξισώσεων ροής γίνεται με τη μέθοδο του αλγόριθμου Euler.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά την πολυπλοκότητα του υπό εξέταση συστήματος, η παρούσα έρευνα προσπάθησε να επικεντρώσει την προσοχή της σε μεταβλητές που δημιουργούν την προβληματική συμπεριφορά του συστήματος – την παραβίαση των κρίσιμων βιολογικών ορίων. Συνεπώς μεταβλητές που δεν επηρεάζουν ουσιαστικά το υπό εξέταση σύστημα δεν συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα περιλαμβάνει αρκετές εξωγενείς μεταβλητές που λόγω έλλειψης στοιχείων ή γνώσης θεωρήθηκε προτιμότερο να μην μετατραπούν ενδογενείς μέσα από την σύνδεση τους με άλλες μεταβλητές του συστήματος και την υιοθέτηση αυθαίρετων υποθέσεων.

Οι εξωγενείς μεταβλητές εισάγονται στο μοντέλο με βάση τα επίσημα στοιχεία από επίσημες πηγές (ΕΣΥΕ, EUROSTAT, ΕΥΔΑΠ, ΥΠΕΧΩΔΕ) μέχρι το έτος 2008. Για τα υπόλοιπα έτη γίνεται πρόβλεψη τιμών με βάση τις τιμές των παρελθόντων ετών.

Στην συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα υποσυστήματα που απαρτίζουν το ΒΟΔΜΠ καθώς και οι μεταβλητές που το συνθέτουν.

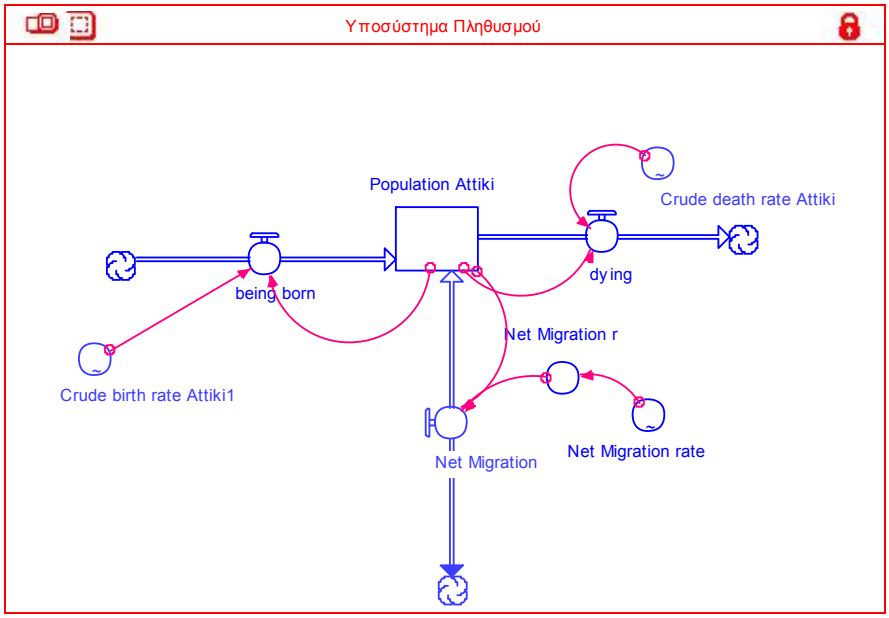
5.4.1 Υποσύστημα Πληθυσμού

Το υποσύστημα του πληθυσμού είναι πάρα πολύ σημαντικό για το δυναμικό μοντέλο καθώς καθορίζει το μέγεθος της πόλης και συνεπώς τις πιέσεις που ασκούνται στον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Συγκεκριμένα ο πληθυσμός επηρεάζει το οικοσύστημα του Σαρωνικού μέσα από την κατανάλωση νερού που προσδιορίζει τον όγκο και το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων (Γερμανόπουλος, 1990˙ Yuan et al., 2007˙ Kato, 2005˙Neto et al, 2006). Η μεταβολή του μεγέθους της πόλης εξαρτάται από την φυσική μεταβολή του πληθυσμού (γεννήσεις και θάνατοι) και την καθαρή μετανάστευση. Η διερεύνηση των παραγόντων που καθορίζουν την φυσική μεταβολή του πληθυσμού και την καθαρή μετανάστευση (κοινωνικοί, οικονομικοί, ιστορικοί κ.α) ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας και απαιτεί πληθώρα στοιχείων για να διερευνηθεί. Για αυτούς τους λόγους στην παρούσα διδακτορική διατριβή θεωρήθηκε ότι το μέγεθος της πόλης εξαρτάται από τρεις εξωγενείς βοηθητικές μεταβλητές: το αδρό ποσοστό γεννητικότητας,

το αδρό ποσοστό θνησιμότητας και το αδρό ποσοστό καθαρής μετανάστευσης. Το υποσύστημα του πληθυσμού περιγράφεται από μια μεταβλητή κατάστασης, τρεις μεταβλητές ροής και 3 βοηθητικές μεταβλητές.

Η παράμετρος της καθαρής μετανάστευσης είναι αρκετά σημαντική καθώς επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση νερού καθώς η πλειονότητα των μεταναστών που εισέρχονται: (i) ασχολούνται με επαγγέλματα που συνδέονται άμεσα με το νερό (οικιακοί βοηθοί, βοηθητικές εργασίες) (ii) είναι άγνωστη η αντίδραση τους σε προσπάθειες μείωσης της κατανάλωσης νερού και (iii) είναι δύσκολο να υπολογιστεί η εξέλιξη του πληθυσμού τους στο μέλλον (Γερμανόπουλος, 1990˙Κουτσογιάννης κ.α, 2000).

Στο σχήμα 5.5 παρουσιάζεται η δομή του υποσυστήματος του πληθυσμού σύμφωνα με τα σύμβολα της προσομειωτικής γλώσσας STELLA.



Σχήμα 5.5: Υποσύστημα Πληθυσμού

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με μελέτη που αφορούσε την εκτίμηση του όγκου των αλλοδαπών που διαμένουν παράνομα στην Ελλάδα, προκύπτει ότι κατά μέσο όρο το 2007 διέμεναν 95413 παράνομοι μετανάστες στην Ελλάδα (Ι.ΜΕ.ΠΟ, 2008). Σε αυτό το πλαίσιο θεωρήθηκε απαραίτητο να γίνει προσαύξηση του Net Migration κατά 15% προκειμένου να προσδιοριστεί με περισσότερη ακρίβεια ο πληθυσμός που ασκεί πιέσεις

στον Σαρωνικό κόλπο. Επιπλέον σημειώνεται ότι θεωρούμε ότι ο πληθυσμός που εκρέει τα λύματα του στον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο είναι τουλάχιστον ίσος με τον πληθυσμό της Αττικής (περιφέρεια πρωτευούσης) το 1987. Η υπόθεση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι η πλειονότητα του πληθυσμού της Αττικής εργάζεται στο κέντρο της Αθήνας και σε περιοχές που εξυπηρετούνται από το ΚΕΛΨ καθώς επίσης υπάρχουν παράνομες συνδέσεις στο δίκτυο που πρέπει με κάποιο τρόπο να συμπεριληφθούν στην παρούσα ανάλυση. Ο πίνακας 5.1 περιγράφει κάθε μεταβλητή αναλυτικά για το υποσύστημα του πληθυσμού. Η περιγραφή των μεταβλητών βασίστηκε στα στοιχεία που προέρχονται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ) και την Eurostat.

Πίνακας 5.1: Μεταβλητές υποσυστήματος πληθυσμού

Μεταβλητή	**Περιγραφή**	**Υπόθεση Εργασίας**	**Μονάδα μέτρησης**
Πληθυσμός/population **(μεταβλητή κατάστασης)**	Ο μόνιμος πληθυσμός της περιφέρειας πρωτευούσης. Το σύνολο των ατόμων που έχουν την συνήθη διαμονή τους σε κάθε περιφέρεια, νομό, δήμο/κοινότητα, δημοτικό/κοινοτικό διαμέρισμα και αυτοτελή οικισμό.	Αρχική τιμή 3469976. Ο πληθυσμός της περιφέρειας πρωτευούσης το 1987 (Πηγή: ΕΣΥΕ).	Άνθρωποι
Γεννήσεις/births (ροή εισροής)	Οι ροές του συστήματος εξαρτώνται άμεσα από την κατάσταση του συστήματος και τις βοηθητικές μεταβλητές.	Ενδογενείς Μεταβλητές.	Άνθρωποι/ έτος
Θάνατοι/deaths (ροή εκροής)			
Καθαρή Μετανάστευση/net migration (ροή εισροής)			
Αδρό Ποσοστό Γεννητικότητας/crude birth rate 0/00	Είναι ο λόγος των γεννήσεων ενός έτους προς το μέσο πληθυσμό του ίδιου έτους και γενικότερα, ο λόγος των γεννήσεων μιας περιόδου στο μέσο πληθυσμό της ίδιας περιόδου.	Εξωγενής Μεταβλητή- Πηγή: Eurostat	1/έτος
Αδρό Ποσοστό Θνησιμότητας/crude	Είναι ο λόγος των θανάτων ενός έτους προς το μέσο πληθυσμό του	Εξωγενής Μεταβλητή-	1/έτος

death rate 0/00	ίδιου έτους και γενικότερα, ο λόγος των θανάτων μιας περιόδου στο μέσο πληθυσμό της ίδιας περιόδου.	Πηγή: Eurostat	
Αδρό Ποσοστό Καθαρής Μετανάστευσης/crude net migration rate 0/00	Είναι ο λόγος της καθαρής μετανάστευσης ενός έτους προς το μέσο πληθυσμό του ίδιου έτους. Η καθαρή μετανάστευση θεωρείται μέρος της μεταβολής του πληθυσμού μη οφειλόμενη σε θανάτους η γεννήσεις. Υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο γιατί η είσοδος ή έξοδος είναι άγνωστες ή δεν είναι αρκετά ακριβείς.	Εξωγενής Μεταβλητή-Πηγή: Eurostat	1/έτος

Η μεταβλητή κατάστασης πληθυσμός περιγράφεται με την ακόλουθη εξίσωση:

Population_Attiki(t) = Population_Attiki(t - dt) + (being_born + Net_Migration - dying) * dt (1)

5.4. 2 Υποσύστημα Αστικών Λυμάτων

Οι επιπτώσεις του όγκου και του ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων στην ποιότητα των υδάτων αποτελεί ένα ζήτημα καίριας σημασίας για την διαχείριση του παράκτιου χώρου. Η διερεύνηση του ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων απαιτεί την ενδελεχή εξέταση του πληθυσμού και των βιομηχανιών που εκρέουν λύματα στον υπό διερεύνηση υδατικό αποδέκτη. Ο σκοπός του εν λόγου υποσυστήματος είναι να περιγράψει τον όγκο και το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων σε σχέση με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό και τις βιομηχανίες.

Οι επιπτώσεις του ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων της Αττικής στην ποιότητα των υδάτων του Σαρωνικού κόλπου έχει μελετηθεί αρκετές φορές μέχρι σήμερα (Scoullos et al, 2007˙ Dassenakis et al, 2003˙ Andreadakis et al, 1992˙ Lekkas et al, 2007. Στην παρούσα έρευνα έχουμε υποθέσει ότι όγκος των αστικών λυμάτων εξαρτάται πρωτίστως από την οικιακή κατανάλωση νερού (76%) και δευτερευόντως από την βιομηχανική κατανάλωση νερού (24%) καθώς η οικιακή κατανάλωση νερού αποτελεί κατά μέσο όρο το 65% της συνολικής κατανάλωσης νερού στην Αττική (ΕΥΔΑΠ,

στοιχεία καταναλώσεων νερού ανά κατηγορία κατανάλωσης 1987-2008). Επιπλέον δεδομένου του παντοροϊκού συστήματος αποχέτευσης της Αθήνας, έχουμε υποθέσει ότι το ύψος της βροχής επηρεάζει τον όγκο των αστικών λυμάτων και τα αντίστοιχα ρυπαντικά φορτία. Η μεταβλητή που εμπεριέχεται στο μοντέλο με την ονομασία Inflow due to rain περιγράφει τις εισροές ομβρίων στο δίκτυο. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την περιγραφή της συγκεκριμένης μεταβλητής βασίζεται σε πιλοτικές εφαρμογές που έχουν λάβει χώρα στον Ελλαδικό χώρο σχετικά με τις παρασιτικές εισροές σε Δίκτυα Ακαθάρτων (Ζαλαχώρη κ α., 2008). Επιγραμματικά σημειώνεται ότι έγινε σύγκριση ανάμεσα στις εισροές ακαθάρτων σε βροχερούς και ξηρούς μήνες όπου η κατά κεφαλή ζήτηση νερού δεν παρουσιάζει σοβαρές διαφοροποιήσεις.

Συνεπώς για την περιγραφή του όγκου των αστικών λυμάτων το μοντέλο του αστικού υποσυστήματος βασίζεται στις ακόλουθες σχέσεις:

Ημερήσιος Όγκος Ανεπεξέργαστων Λυμάτων: Ημερήσιος Όγκος Ομβρίων + Ημερήσιος Όγκος Ακαθάρτων **(5.2)**

Ημερήσιος Όγκος Ομβρίων= f (ημερήσιο ύψος Υετού), f (0)=0 **(5.3)**

Ημερήσιος Όγκος Ακαθάρτων= Ημερήσιος όγκος λυμάτων από οικιακή κατανάλωση νερού + Ημερήσιο όγκος λυμάτων από μη οικιακή κατανάλωση νερού (βιομηχανική κατανάλωση) **(5.4)**

*Ημερήσιος όγκος λυμάτων από οικιακή κατανάλωση νερού= 0.8*Πληθυσμός*κατα κεφαλή κατανάλωση νερού* **(5.5)**

Ημερήσιο όγκος λυμάτων από μη οικιακή κατανάλωση νερού= 0.8 0.35 * Ημερήσιος όγκος λυμάτων από οικιακή κατανάλωση νερού* **(5.6)**

Στις σχέσεις 5.5 και 5.6 ο συντελεστής 0.8 αντανακλά τις απώλειες νερού του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης.

Τα χαρακτηριστικά των ανεπεξέργαστων λυμάτων δηλαδή το ρυπαντικό τους φορτίο συνδέεται σε μεγάλο βαθμό από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην Αττική και τα καταναλωτικά πρότυπα του εξυπηρετούμενου

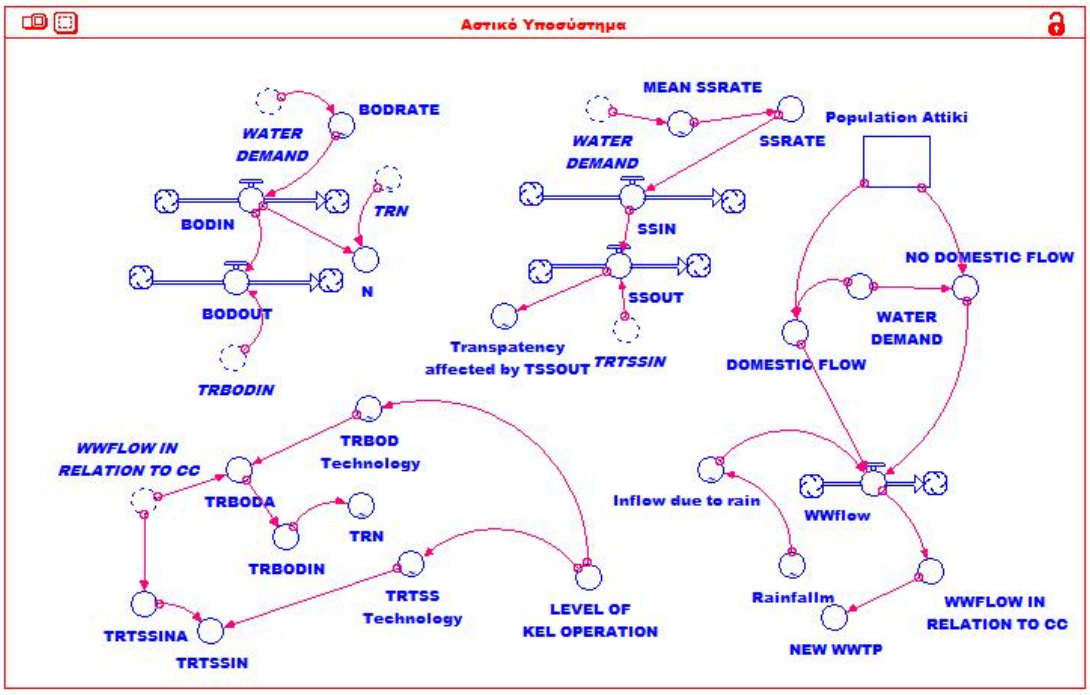
πληθυσμού. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και αφορούν λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, έχει διαπιστωθεί ότι το ρυπαντικό φορτίο ανά κάτοικο αποτελεί ένα αποτελεσματικό δείκτη για την συμμετοχή της οικιακής κατανάλωσης νερού στην ρύπανση των υδάτων (Tsuzuki, 2006). Ωστόσο παραμένει υπό διερεύνηση η σχέση ανάμεσα στο ρυπαντικό φορτίο ανά κάτοικο και στο κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ανά κάτοικο (Tsuzuki, 2008). Όσον αφορά το ρυπαντικό φορτίο από την μη οικιακή κατανάλωση νερού υποθέτουμε ότι έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το ρυπαντικό φορτίο που προέρχεται από οικιακή κατανάλωση νερού. Το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων που εισέρχεται στον υδάτινο αποδέκτη που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο Εσωτερικός Σαρωνικός εξαρτάται από τον βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων. Όπως ήδη αναφέρθηκε ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων προσδιορίζεται από την εύρωστη λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυττάλειας. Το αστικό υποσύστημα περιλαμβάνει δύο μεταβλητές που αφορούν το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων: το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Η βασική εξίσωση που περιγράφει τις δύο μεταβλητές κατά την εκροή των λυμάτων στον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο είναι:

Ρυπαντικό φορτίο κατά την εκροή = ρυπαντικό φορτίο εισροής * (1-βαθμός επεξεργασίας λυμάτων) **(5.7)**

Μέχρι το 1995 τα αστικά λύματα Αττικής εισέρχονταν ανεπεξέργαστα στο κόλπο του Κερατσινίου διαμέσου του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού (ΚΑΑ) αφού προηγουμένως είχαν υποστεί προεπεξεργασία στον Ακροκέραμο. Από το 1995 τέθηκε σε κανονική λειτουργία το ΚΕΛΨ όπου τα λύματα επεξεργάζονται και το ρυπαντικό τους φορτίο μειώνεται σημαντικά. Υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο εισέρχονται 700.000 m3 ανά ημέρα στον ΚΑΑ. Το μέγιστο ρυπαντικό φορτίο παρατηρείται τον Φεβρουάριο και το ελάχιστο τον Αύγουστο (Dassenakis et al., 2003).

Οι αρχικές τιμές των μεταβλητών του αστικού συστήματος βασίζονται στην Μελέτη Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Σαρωνικού Κόλπου που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια σχεδιασμού του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ) (Χριστούλας και Ανδρεαδάκης, 1989). Για τις υπόλοιπες μεταβλητές οι τιμές βασίστηκαν στα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) και την Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας

(ΕΥΔΑΠ). Η δομή και οι σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές του αστικού υποσυστήματος παρουσιάζονται στο σχήμα 5.6. Ο πίνακας 5.2 περιγράφει τις μεταβλητές του συστήματος αναλυτικά.



Σχήμα 5.6: Υποσύστημα Αστικών Λυμάτων

Πίνακας 5.2: Μεταβλητές Αστικού υποσυστήματος

Μεταβλητή	Περιγραφή	Υπόθεση Εργασίας	Μονάδα μέτρησης
Μέσος ημερήσιος όγκος αστικών λυμάτων/wwflow (μεταβλητή ροής)	«Λύματα» καλούνται εν γένει τα απόβλητα υγρά των κατοικιών, ιδρυμάτων, εργοστασίων ή άλλων εγκαταστάσεων που συλλέγει το δημοτικό δίκτυο της περιοχής	Τα λύματα της Αττικής έχουν χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων.	m^3/day
Όγκος αστικών λυμάτων από οικιακή	Τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών	Υποθέτουμε ότι η εκροή από την οικιακή	m^3/day

χρήση/ DOMESIC FLOW	που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες Εξαρτάται από την ζήτηση νερού και τον πληθυσμό.	κατανάλωση νερού αποτελεί το 80% της συνολικής κατανάλωσης νερού.	
Όγκος αστικών λυμάτων από μη οικιακή χρήση/ NO DOMESIC FLOW	Οποιαδήποτε λύματα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα, και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα	Υποθέτουμε ότι αποτελεί το 35% της κατανάλωσης νερού.	m^3/day
Εισροή οβριών υδάτων/ inflow due to rain	Όγκος των όμβριων λυμάτων που εισέρχεται στον αγωγό. Μέρος του αποχετευτικού δικτύου της Αθήνας είναι παντορροϊκό	Εξαρτάται από το ύψος του Υετού.	m^3/day
Πληθυσμός/population **(Μεταβλητή κατάστασης)**	Εξυπηρετούμενος πληθυσμός.	Ενδογενής μεταβλητή από το υποσύστημα του πληθυσμού	people
Εισερχόμενα Αιωρούμενα Στερεά (SSIN)	Τα αιωρούμενα στερεά που εισέρχονται στον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό.	Εξαρτώνται από τον όγκο λυμάτων, την κατανάλωση νερού και το ημερήσιο ύψος βροχής	mg/l
Εξερχόμενα Αιωρούμενα Στερεά (SSOUT)	Τα αιωρούμενα στερεά που εξέρχονται από τον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό	Εξαρτώνται από τα εισερχόμενα στερεά και τον βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων.	mg/l
Φορτίο Αιωρούμενων Στερεών (SSRATE)	Οι συγκεντρώσεις SSIN για κάθε κυβικό αστικών λυμάτων	Το SSRATE εξαρτάται από τον όγκο των αστικών λυμάτων, την ζήτηση νερού και το ύψος βροχής	(mg/l)/m3
Μέσο Φορτίο Αιωρούμενων Στερεών (MEAN SSRATE)		Εξαρτάται από την ζήτηση νερού και κυμαίνεται σε ένα εύρος τιμών σύμφωνα με τον λόγο SSIN/WWFLOW	(mg/l)/m3
Βροχόπτωση/ Rainfallm **(βοηθητική μεταβλητή)**	Μέσο ύψος βροχής ανά τρίμηνο σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία από Εθνική Μετεωρολογική	Εξωγενής Μεταβλητή. Μ ε την περαιτέρω ανάλυση της βροχόπτωσης	Μηνιαίο Ύψος Υετού σε χιλιοστά

	Υπηρεσία (ΕΜΥ). Για τα έτη από το 2010 μέχρι το 2030 υποθέτουμε ότι η βροχοπτώσεις έχουν το ίδιο ύψος με το έτος 2009.	μπορώ να εισάγω τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην προβληματική συμπεριφορά του συστήματος. Υποθέτουμε ότι η ένταση της βροχής επηρεάζει την διαφάνεια αλλά και τον όγκο των αστικών λυμάτων.	
Βαθμός επεξεργασίας των Αιωρούμενων Στερεών (TRSSIN)	Ο βαθμός επεξεργασίας των αιωρούμενων στερεών. Διακρίνουμε τρείς χρονικές περιόδους: ▪ 1987-1995 (δεν γίνεται επεξεργασία) TRSSIN Technology=0 ▪ 1995-2004 (πρωτοβάθμια επεξεργασία) TRSSIN Technology =0.61 ▪ 2004-2010 (δευτεροβάθμια επεξεργασία) TRSSIN Technology =0.965	Ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων μηδενίζεται όταν ο όγκος των λυμάτων υπερβαίνει την φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ (TRSSINA). Συνεπώς ο βαθμός επεξεργασίας των αιωρούμενων στερεών εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε κάθε στάδιο επεξεργασίας λυμάτων στο ΚΕΛΨ.	-
Εισερχόμενο Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BODIN)	Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο πριν την επεξεργασία των λυμάτων	Εξαρτάται από τον όγκο των λυμάτων, την κατανάλωση νερού και το ημερήσιο ύψος βροχής.	mg/l
Εξερχόμενο Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BODOUT)	Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο μετά την επεξεργασία των λυμάτων	Εξαρτάται από το εισερχόμενο βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο και τον βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων.	mg/l
Φορτίο BODIN (BODRATE)	Οι συγκεντρώσεις BOD για κάθε κυβικό αστικών λυμάτων	Το φορτίο BOD εξαρτάται από τον όγκο των αστικών λυμάτων, τα καταναλωτικά πρότυπα του πληθυσμού και την ζήτηση νερού	$(mg/l)/m_3$
Βαθμός επεξεργασίας	Ο βαθμός επεξεργασίας	Ο βαθμός επεξεργασίας	(mg/l)/m3

του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (TRBODIN)	του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου. Διακρίνουμε τρεις χρονικές περιόδους: ▪ 1987-1995 (δεν γίνεται επεξεργασία) TRBODIN Technology=0 ▪ 1995-2004 (πρωτοβάθμια επεξεργασία) TRBODIN Technology =0.389 ▪ 2004-2010 (δευτεροβάθμια επεξεργασία) TRBODIN Technology =0.965	των λυμάτων μηδενίζεται όταν ο όγκος των λυμάτων υπερβαίνει την φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ (TRBODINA). Συνεπώς ο βαθμός επεξεργασίας των αιωρούμενων στερεών εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε κάθε στάδιο επεξεργασίας λυμάτων στο ΚΕΛΨ.	
Θρεπτικά/N (nutrients) **(Βοηθητική Μεταβλητή)**	Οι πρώτες ύλες για τη δημιουργία βιομάζας. Μεγάλες ποσότητες θρεπτικών δημιουργούν φαινόμενα ευτροφισμού.	Ενδογενής μεταβλητή. Εξαρτάται από το BODIN	mg/l
Βαθμός Επεξεργασίας των Θρεπτικών/ TRN **(Βοηθητική Μεταβλητή)**	Ο βαθμός επεξεργασίας των θρεπτικών. Εξαρτάται από τον βαθμό επεξεργασίας του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου.	Ενδογενής μεταβλητή. Εξαρτάται από το TRBOD IN – μη γραμμική σχέση.	
Ζήτηση νερού/ WATER DEMAND **(Βοηθητική Μεταβλητή)**	Ζήτηση νερού ανά κάτοικο για την Αττική.	Ενδογενής μεταβλητή από το οικονομικό υποσύστημα. Εξαρτάται κυρίως από το κατά κεφαλήν ΑΕΠ, την βροχή, την τιμολόγηση του νερού. Χαρακτηρίζεται από εποχικότητα.	m^3/day
Αστικά Λύματα ως προς την φέρουσα ικανότητα/ WWFLOW IN RELATION TO CC. **(Βοηθητική Μεταβλητή)**	Ο λόγος του όγκου των αστικών λυμάτων ως προς την φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ. Η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ είναι 1000000	Ενδογενής Μεταβλητή που εξαρτάται από τον όγκο των αστικών λυμάτων και την φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ	
Νέο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων/NEW WWTP **(Βοηθητική**	Περιγράφει την αναγκαιότητα για κατασκευή νέου κέντρου επεξεργασίας λυμάτων και εξαρτάται από την	Ενδογενής μεταβλητή απόφασης που παίρνει τιμές 0 και 1.	

Μεταβλητή)	μεταβλητή WWFLOW IN RELATION TO CC.		

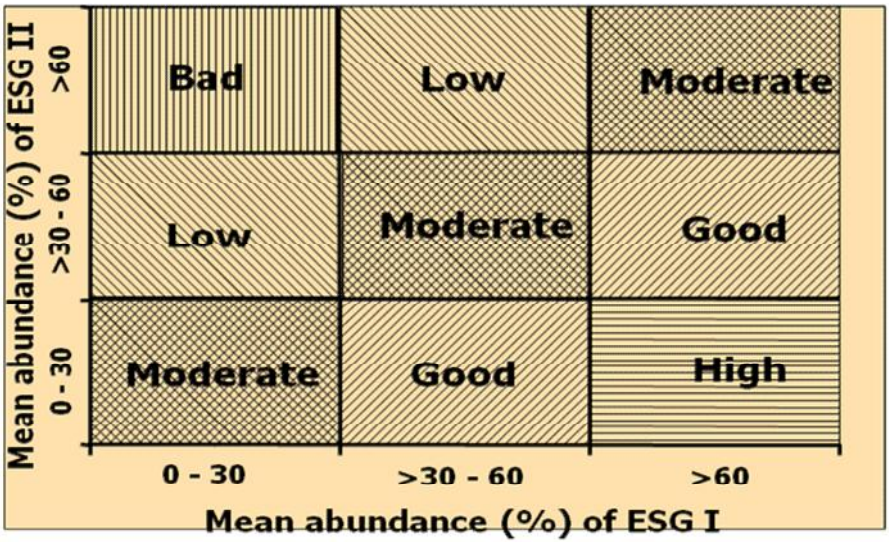
5.4.3 Βιο-οικολογικό Υποσύστημα

Το Βιο-οικολογικό υποσύστημα περιγράφει τα κρίσιμα βιολογικά όρια των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων καθώς και την οικολογική κατάσταση του Σαρωνικού κόλπου. Η περιγραφή γίνεται σύμφωνα με την πρώτη συνθήκη (αναγκαία συνθήκη) που θέτει η προσέγγιση ΚΒΟ και απαιτεί την διασφάλιση της βιολογικής ακεραιότητας των κρίσιμων βιολογικών ειδών και διαδικασιών του οικοσυστήματος (η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας). Σύμφωνα με το κεφάλαιο 2, ο στόχος της βιολογικής βιωσιμότητας ταυτίζεται με τον στόχο της Καλής Οικολογικής Κατάστασης (ΚΟΚ) που θέτει η ΟΠΥ.

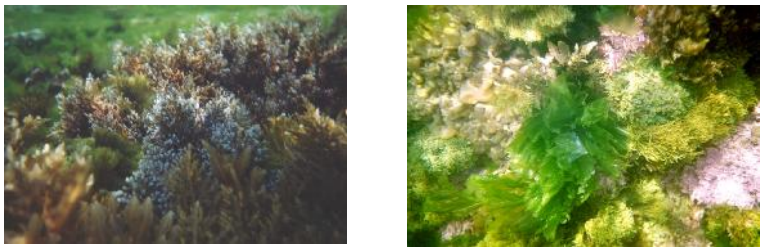
Ταυτίζοντας την έννοια της βιολογικής βιωσιμότητας με την έννοια της καλής οικολογικής κατάστασης, ο προσδιορισμός των κρίσιμων βιολογικών ειδών γίνεται με βάση τα βιολογικά στοιχεία ποιότητας που θέτει η ΟΠΥ ως προϋπόθεση για την επίτευξη της ΚΟΚ στα παράκτια οικοσυστήματα. Σύμφωνα με την ΟΠΥ, τα μακροφύκη αποτελούν στοιχείο βιολογικής ποιότητας. Τα μακροφύκη είναι φυτά του βυθού που ζουν στον βραχώδη πυθμένα της θάλασσας σχηματίζοντας καλά οργανωμένες κοινωνίες βιοκοινωνίες με δομή, σύνθεση και λειτουργία που εξαρτώνται από τις εκάστοτε περιβαλλοντικές λειτουργίες (Panayiotidis et al., 2004).

Η ΟΠΥ ορίζει πέντε κατηγορίες οικολογικής ποιότητας (Υψηλή, Καλή, Μέτρια, Χαμηλή, Κακή) προκειμένου να εκτιμηθεί η ένταση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στις βιοκοινωνίες των υδάτινων οικοσυστημάτων. Για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των μακροφυκών, στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείται ο Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης (ΕΕΙ) που αναπτύχθηκε στα πλαίσια εφαρμογής της ΟΠΥ στην Ελλάδα (Orfanidis et al, 2001˙ Orfanidis et al, 2003). Ο ΕΕΙ εκτιμά την οικολογική ποιότητα των υδάτινων σωμάτων με βάση την σχέση της αφθονίας δύο ομάδων μακροφυκών όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.7. Για την εκτίμηση του ΕΕΙ τα μακροφύκη διακρίνονται σε δύο ομάδες: Ecological Status Group I (ESG I) και Ecological Status Group I (ESG II). Τα είδη που συμπεριλαμβάνονται στο ESG I έχουν περισσότερες απαιτήσεις από το περιβάλλον και αντανακλούν καλή οικολογική

κατάσταση (k strategy). Αντίθετα τα είδη του ESG II έχουν λιγότερες απαιτήσεις από το περιβάλλον και αποτελούν δείκτη κακής οικολογικής κατάστασης (r strategy).



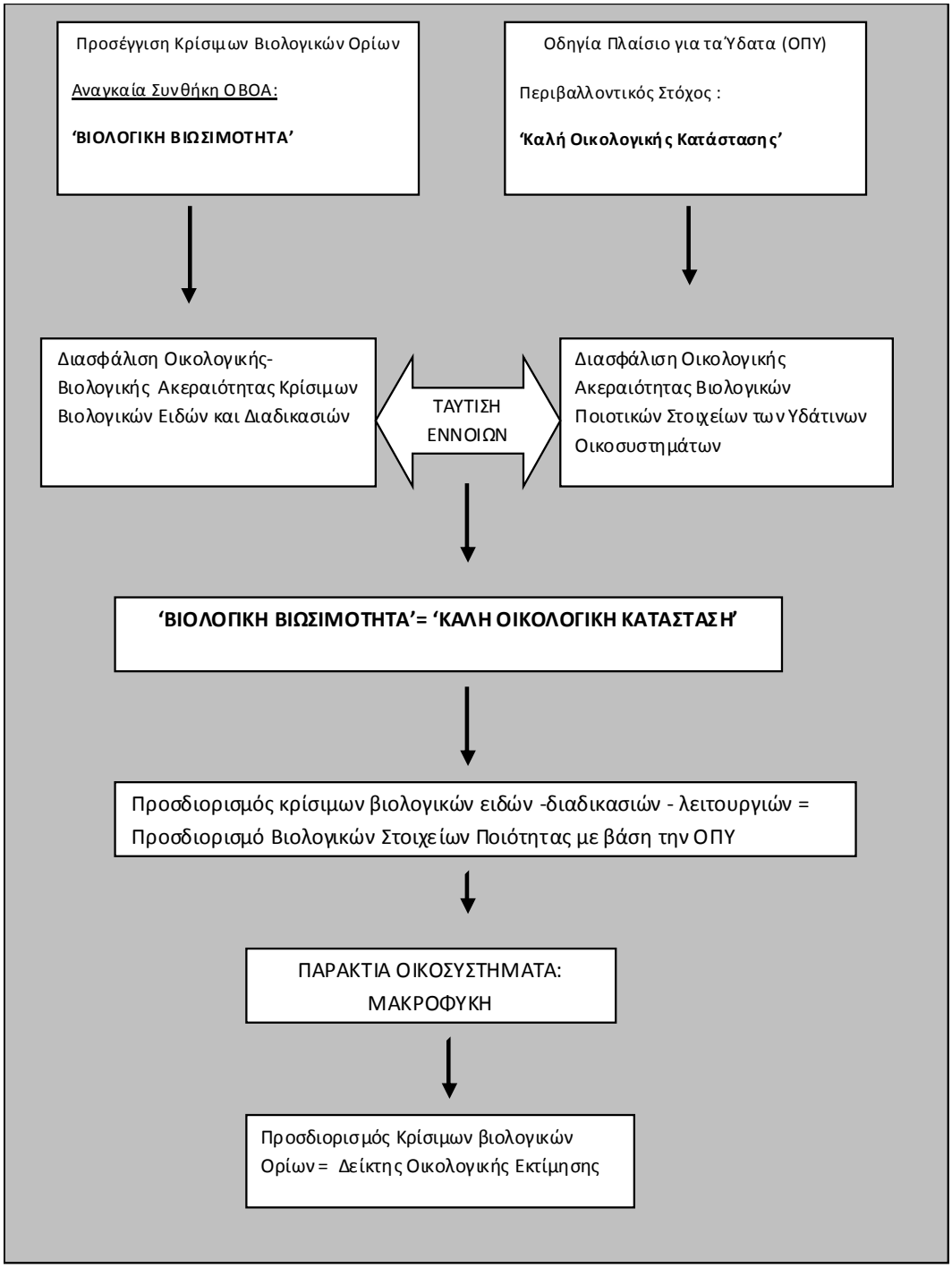
Σχήμα 5.7: Μήτρα Εκτίμησης της Οικολογικής Κατάστασης. High (υψηλή), Good (καλή), Moderate (Μέτρια), Low (χαμηλή), Bad (κακή). Πηγή: Orfanidis et al., 2001



Σχήμα 5.8: Μακροφύκη.

Αριστερή φωτογραφία (ESG I) και Δεξιά φωτογραφία (ESG I)

Το εννοιολογικό πλαίσιο προσδιορισμού των βιολογικών μεταβλητών και οικολογικών δεικτών του βιο-οικολογικού υποσυστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 5.9 με βάση την ανάλυση των κεφαλαίων 1, 2 και 3.



Σχήμα 5.9 : Εννοιολογικό Πλαίσιο προσδιορισμού βιολογικών μεταβλητών και των οικολογικών δεικτών στο Βιο-οικολογικό Υποσύστημα.

Ο βασικός σκοπός του βιο-οικολογικού υποσυστήματος είναι να περιγράψει το παράκτιο οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου με βάση τον δείκτη EEI. Στην πραγματικότητα η

λειτουργία των οικοσυστημάτων είναι πολύπλοκη, διέπεται από αβεβαιότητα και χαρακτηρίζεται από πολλές ιδιότητες που παραμένουν άγνωστες στους επιστήμονες.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η παρούσα εργασία προσδιορίζει την οικολογική κατάσταση του Σαρωνικού με βάση το ποσοστό αφθονίας δύο ομάδων μακροφυκών, το ESG I και το ESG II αντίστοιχα. Το βιο-οικολογικό υποσύστημα βασίζεται στην υπόθεση ότι οι δύο ομάδες ανταγωνίζονται για τον ίδιο χώρο, το υπόστρωμα του βυθού, που σημαίνει ότι όταν αυξάνεται το ESG I μειώνεται το ESG II και αντίστροφα. Το ESG I – k strategy εμφανίζεται σε σταθερό περιβάλλον και έχει την ικανότητα όταν το επιτρέπουν οι περιβαλλοντικές συνθήκες να εκτοπίζει τα είδη του ESG II σταδιακά. Από την άλλη πλευρά, τα είδη του ESG II αναπτύσσονται σε ασταθές περιβάλλον και καταλαμβάνουν τον χώρο. Ωστόσο τα είδη του ESG II εξαφανίζονται εύκολα εάν μεταβληθούν οι συνθήκες- r strategy. Το παράρτημα 2 περιγράφει τα χαρακτηριστικά των ειδών που απαρτίζουν το ESG I και το ESG II. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η αφθονία των φυτών ως προς τον ευτροφισμό. Η υπόθεση εργασίας που υιοθετείται είναι ότι ο ευτροφισμός εκφράζεται από την συγκέντρωση νιτρικών και την διαφάνεια των νερών. Η επιλογή της εν λόγω υπόθεσης εργασίας βασίζεται στο γεγονός ότι τα φυτά για να φωτοσυνθέσουν χρειάζονται φως και θρεπτικά συστατικά (κυρίως άζωτο). Συγκεκριμένα η ανάπτυξη του ESG I περιορίζεται όσο μειώνεται το φως (δηλαδή όσο μειώνεται η διαφάνεια). Το ESG II αυξάνεται όσο αυξάνεται το άζωτο (δηλαδή όσο αυξάνονται τα νιτρικά).

Για να προσεγγίσουμε το θέμα της αφθονίας επιλέξαμε την αναλογία τους πάνω σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια δειγματοληψίας. Η επιφάνεια είναι $400 cm^2$ αλλά η αφθονία είναι εκφρασμένη σε ποσοστό (%) της συγκεκριμένης επιφάνειας. Η επιλογή αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με την επιλογή του δείκτη που αναπτύχθηκε για την ΟΠΥ. Βασικό στοιχείο της προσέγγισης είναι ότι τα μακροφύκη που χρησιμοποιούνται ως βιολογικό στοιχείο ποιότητας έχουν ετήσιο κύκλο ζωής.

Με βάση την σχέση των ποσοστών αφθονίας των δύο ομάδων μακροφυκών, η κατάσταση του οικολογικού συστήματος παίρνει μια αριθμητική τιμή που κυμαίνεται ανάμεσα στο 0 (κακή) μέχρι το 1 (καλή). Αριθμητικές τιμές κοντά στο 0.2 αντανακλούν κακή οικολογική κατάσταση, ενώ τιμές κοντά στο 1 συναντώνται σε οικοσυστήματα με ελάχιστη ανθρώπινη επίδραση και αντιστοιχεί σε συνθήκες αναφοράς. Για την επίτευξη

της OBOA, ο στόχος είναι η αριθμητική τιμή του EEI να μην πέσει κάτω από την τιμή 0.6 που αντιστοιχεί στην καλή οικολογική κατάσταση του οικοσυστήματος. Τιμές κάτω του 0.6 οδηγούν σε παραβίαση των κρίσιμων βιολογικών ορίων και διατάραξη του κοινωνικοοικονομικού και ανθρώπινου συστήματος.

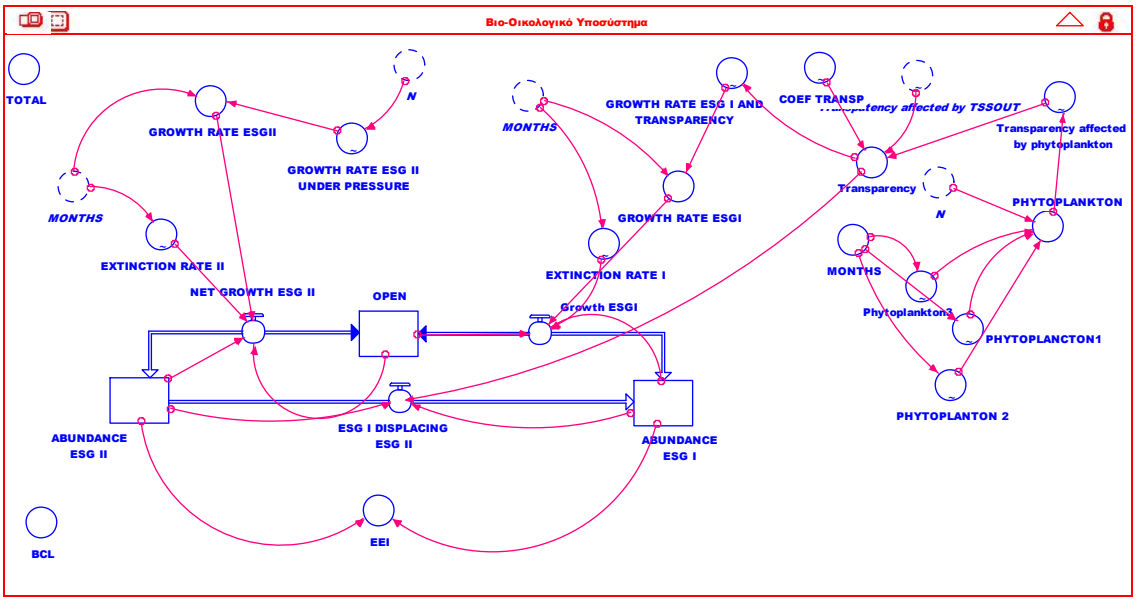
Το βιο-οικολογικό υποσύστημα του σχήματος 5.9 βασίζεται στο 'Two species colonization model' που αναπτύχθηκε από τους Hannon και Ruth και έχει χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές έκτοτε για να περιγράψει τον ανταγωνισμό των ειδών για χώρο (Hannon και Ruth, 1997˙ Chang et al, 2008).

Οι βασικές εξισώσεις του βιο-οικολογικού υποσυστήματος είναι:

ABUNDANCE_ESG_II(t) = ABUNDANCE_ESG_II(t - dt) + (NET_GROWTH_ESG_II - ESG_I_DISPLACING__ESG_II) * dt **(5.8)**

OPEN(t) = OPEN(t - dt) + (- Growth_ESGI - NET_GROWTH_ESG_II) * dt **(5.9)**

ABUNDANCE__ESG_I(t)=ABUNDANCE__ESG_I(t - dt) + (E
SG_I_DISPLACING__ESG_II+Growth_ESGI)*dt **(5.10)**



Σχήμα 5.10: Βιοοικολογικό Υποσύστημα

Ο πίνακας 5.3 περιγράφει τις μεταβλητές του βιο-οικολογικού υποσυστήματος αναλυτικά.

Πίνακας 5.3: Μεταβλητές του Βιο-οικολογικού Υποσυστήματος

Μεταβλητή	Περιγραφή	Υπόθεση Εργασίας	Μονάδα μέτρησης
Σύνολο/ TOTAL	Περιγράφει το σύνολο του χώρου που είναι διαθέσιμος στις δύο ομάδες μακροφυκών	Σταθερή τιμή 100 % επιφάνειας	$400cm^2$ Επιφάνεια δειγματοληψίας
Ελεύθερος χώρος/OPEN **(μεταβλητή κατάστασης)**	Ο διαθέσιμος ελεύθερος χώρος που μπορεί να καλυφθεί από το ESG I και ESG II	Υποθέτουμε ότι ο ελεύθερος χώρος εξαρτάται από την εξής εξίσωση: TOTAL-ABUNDANCE_ESG_II-ABUNDANCE__ESG_I	$400cm^2$
Μέση Αφθονία ESG I/ ABUNDANCE	Το ποσοστό κάλυψης του χώρου από το ESG I.	Αρχική τιμή 5 (Πηγή : Personal	% αφθονίας

ESG I (μεταβλητή κατάστασης)		Communication, Panayiotidis, ΕΛΚΕΘΕ)	
Μέση Αφθονία ESG II/ ABUNDANCE ESGII **(μεταβλητή κατάστασης)**	Το ποσοστό κάλυψης του χώρου από το ESG II.	Αρχική τιμή 25 (Πηγή : Personal Communication, Panayiotidis, ΕΛΚΕΘΕ)	% αφθονίας
Καθαρή αύξηση του ESG I / NET GROWTH ESG I **(μεταβλητή ροής)**	Οι ροές του συστήματος εξαρτώνται άμεσα από τις μεταβλητές κατάστασης και τις βοηθητικές μεταβλητές.	Ενδογενής Μεταβλητή	% αφθονίας/ τρίμηνο
Καθαρή αύξηση του ESG I / NET GROWTH ESG II (μεταβλητή ροής)	Οι ροές του συστήματος εξαρτώνται άμεσα από τις μεταβλητές κατάστασης και τις βοηθητικές μεταβλητές.	Ενδογενής Μεταβλητή	% αφθονίας/ τρίμηνο
Εκτόπιση του ESG II από το ESG I/ ESG I DISPLACING ESG II (μεταβλητή ροής)	Οι ροές του συστήματος εξαρτώνται άμεσα από τις μεταβλητές κατάστασης και τις βοηθητικές μεταβλητές.	Ενδογενής Μεταβλητή	% αφθονίας/ τρίμηνο
Βαθμός Εξαφάνισης/ Extinction Rate **Extinction Rate I** **Extinction Rate II**	Το ποσοστό εξαφάνισης(μείωση της αφθονίας) των δύο ομάδων φυτών	Τα ποσοστά εξαφάνισης έχουν διαμορφωθεί με βάση τον ετήσιο κύκλο των υπό διερεύνηση βιολογικών στοιχείων	1/ τρίμηνο
Βαθμός Μεγέθυνσης / Growth Rate	Το ποσοστό μεγέθυνσης (αύξησης της αφθονίας) των δύο ομάδων φυτών	Τα ποσοστά μεγέθυνσης εξαρτώνται από φυσικοχημικές παραμέτρους	1/ τρίμηνο
Growth Rate I	Ποσοστό αύξησης της αφθονίας	Εξαρτάται από την Διαφάνεια και τον ετήσιο κύκλο του ESG	1/ τρίμηνο

GROWTH RATE ESGI **AND TRANSPARENCY**	του ESG I	I. Διαφάνεια κάτω από τα 10 m είναι σχεδόν απαγορευτική για το ESG I.	
Growth Rate II	Ποσοστό αύξησης της αφθονίας του ESG II. Χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών είναι απαγορευτικές για την ανάπτυξη του ESG II.	Εξαρτάται από τα Νιτρικά και τον ετήσιο κύκλο του ESG I	1/ τρίμηνο
Growth Rate ESG II **UNDER PRESSURE**			
Νιτρικά/ N	Περιγράφεται στο αστικό υποσύστημα	Ενδογενής μεταβλητή του αστικού υποσυστήματος	Mg/l
Διαφάνεια/ **Transparency**	Δείκτης που δηλώνει την διαύγεια των υδάτων	Ενδογενής Μεταβλητή. Εξαρτάται από τα ολικά στερεά και το φυτοπλαγκτόν	βάθος του δίσκου Secchi
Διαφάνεια που επηρεάζεται α **Από τα ολικά στερεά/ Transparency affected by TSSOUT**		Ενδογενής μεταβλητή του αστικού υποσυστήματος- εξαρτάται από τα ολικά στερεά	βάθος του δίσκου Secchi
Διαφάνεια που επηρεάζεται από το φυτοπλαγκτόν/ Transparency affected by Phytoplankton. Το φυτοπλαγκτόν εξαρτάται από τα νιτρικά (τα νιτρικά εξαρτώνται από το BODout).		Ενδογενής μεταβλητή. Εξαρτάται από το φυτοπλαγκτόν	βάθος του δίσκου Secchi
Φυτοπλαγκτόν/ **PHYTOPLANKTON**	Μικροσκοπικοί μονοκύτταροι οργανισμοί που αποτελούν την βασική πηγή τροφής που εφοδιάζει με ενέργεια όλο το θαλάσσιο	Ενδογενής μεταβλητή. Επηρεάζεται από τα Νιτρικά	

Διακρίνουμε τρεις **Περιπτώσεις φυτοπλαγκτόν:** **PHYTOPLANKTON1** **PHYTOPLANKTON2** **PHYTOPLANKTON3**	οικοσύστημα και ζουν στην επιφάνεια των υδάτινων οικοσυστημάτων. Με βάση μετρήσεις 20 ετών υποθέσαμε ότι: **PHYTOPLANKTON1: παίρνει τιμές από το 0 έως το 100.** **PHYTOPLANKTON2: παίρνει τιμές από το 0 έως το 10.** **PHYTOPLANKTON3 παίρνει τιμές από το 0 έως το 1.**		
Months/μήνες	Χρησιμοποιείται για να εκφράσει εποχικότητα	Εξωγενής μεταβλητή	Τρίμηνα
Οικολογική κατάσταση σύμφωνα με την ΟΠΥ/ ΕΕΙ	Δείκτης οικολογικής Κατάστασης σύμφωνα με την ΟΠΥ και τον δείκτη Οικολογικής εκτίμησης. Ο στόχος της Οδηγίας είναι ΕΕΙ<=0.6	Ενδογενής μεταβλητή που εξαρτάται από την αφθονία του ESGI και ESGII	Οικολογική ποιότητα
Βιολογικά Κρίσιμα όρια /BCL	Σταθερή τιμή ίση με 0.6. Τιμές χαμηλότερες του 0.6 παραβιάζουν την συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας της προσέγγισης των κρίσιμων βιολογικών ορίων.	Εξωγενής Μεταβλητή	Οικολογική ποιότητα

5.4.4 Οικονομικό Υποσύστημα

Το οικονομικό υποσύστημα προσομοιώνει την εξέλιξη των οικονομικών στοιχείων του συστήματος διαχείρισης των αστικών λυμάτων προσδιορίζοντας την κατά κεφαλή ζήτηση νερού και το κατά κεφαλή κόστος αποχέτευσης. Το κατά κεφαλήν κόστος αποχέτευσης αφορά το ποσό που πληρώνουν οι καταναλωτές για την διάθεση και επεξεργασία των λυμάτων τους και ισούται με ένα ποσοστό επί της τιμής του

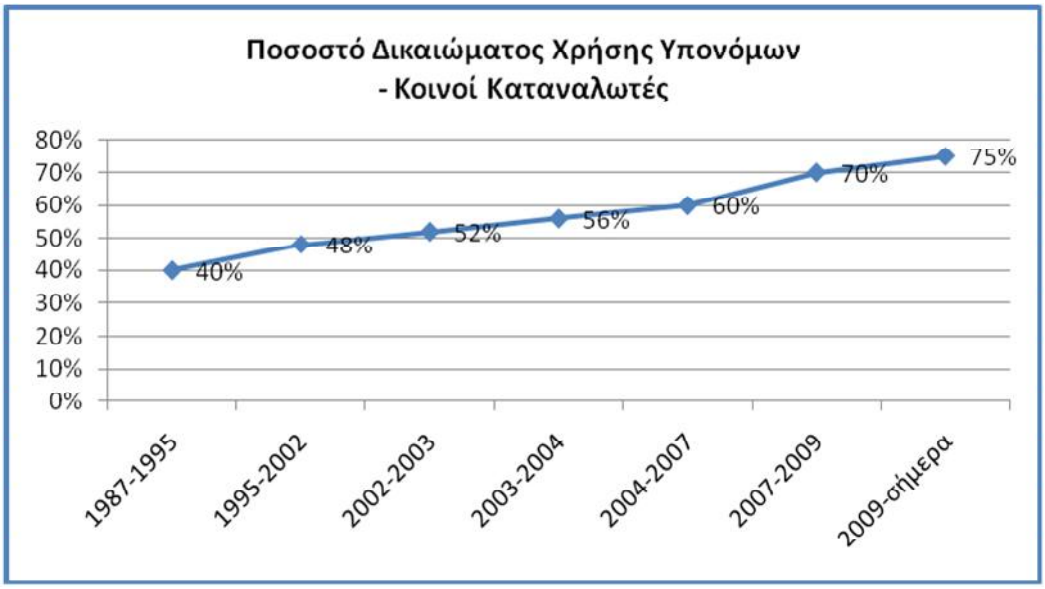
καταναλισκόμενου νερού. Το ποσοστό αυτό καλείται ‘ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων’ που συνδέεται άμεσα με το επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων. Συνεπώς, η περιγραφή και η ερμηνεία των μεταβλητών που συνθέτουν το οικονομικό υποσύστημα εξαρτάται από τις φάσεις κατασκευής και λειτουργίας του ΚΕΛΨ.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην περιγραφή του αστικού υποσυστήματος, η κατασκευή των έργων του ΚΕΛΨ έγινε σε δύο φάσεις. Το κόστος κατασκευής των έργων Α’ Φάσης, που αφορά την μελέτη και την κατασκευή των εγκαταστάσεων πρωτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων, ανήλθε περίπου σε 80 εκατομμύρια Ευρώ (τιμές 1994). Αντίστοιχα, το κόστος κατασκευής των έργων Β’ Φάσης, που αφορά την μελέτη και την κατασκευή των εγκαταστάσεων για την δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία των πρωτοβαθμίως επεξεργασμένων λυμάτων ανήλθε σε περίπου 205 εκατομμύρια Ευρώ (τιμές 2004). Το μέσο ετήσιο κόστος λειτουργίας του ΚΕΛΨ είναι περίπου 40 εκατομμύρια Ευρώ ενώ το μέσο ενεργειακό κόστος της λειτουργίας των εγκαταστάσεων της Ψυττάλειας στην παρούσα συγκρότηση τους με την λειτουργία μονάδων συμπαραγωγής ενέργειας ανέρχεται σε 13.8 εκατομμύρια Ευρώ[2] (ΕΥΔΑΠ, Διεύθυνση ΚΕΛΨ).

Το διάγραμμα 5.3 περιγράφει από το 1987 μέχρι σήμερα την εξέλιξη του ποσοστού δικαιώματος χρήσης των υπονόμων σύμφωνα με το τιμολόγιο της ΕΥΔΑΠ για τους κοινούς καταναλωτές. Από το διάγραμμα είναι φανερό ότι το ποσοστό δικαιώματος χρήσης των υπονόμων αυξάνει ανάλογα με το επίπεδο επεξεργασίας λυμάτων. Παρατηρούμε ότι για τα έτη πριν από την λειτουργία του ΚΕΛΨ, το ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων είναι 40%. Από το 1995, όπου λειτουργεί η πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων, το ποσοστό δικαιώματος χρήσης των υπονόμων αυξάνει σταδιακά μέχρι με τελική τιμή από το 2009 και έπειτα 75%. Η συγκεκριμένη αύξηση οφείλεται σε

[2] Στην περίπτωση που δεν λειτουργούσαν οι ως άνω μονάδες το ενεργειακό κόστος εκτιμάται ότι θα ανερχόταν σε 17,4 εκατομμύρια Ευρώ (ΕΥΔΑΠ, Διεύθυνση ΚΕΛΨ).

διάφορους λόγους εκ των οποίων οι βασικότεροι είναι ο όγκος των λυμάτων (εξυπηρετούμενο πληθυσμό από ΚΕΛΨ), το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του ΚΕΛΨ καθώς και οι ανάγκες αναβάθμισης ή/και επέκτασης του ΚΕΛ. Για τις ανάγκες του μοντέλου έχουμε υποθέσει ότι σε περίπτωση κατασκευής νέου ΚΕΛ το ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων θα αυξηθεί κατά 30%.



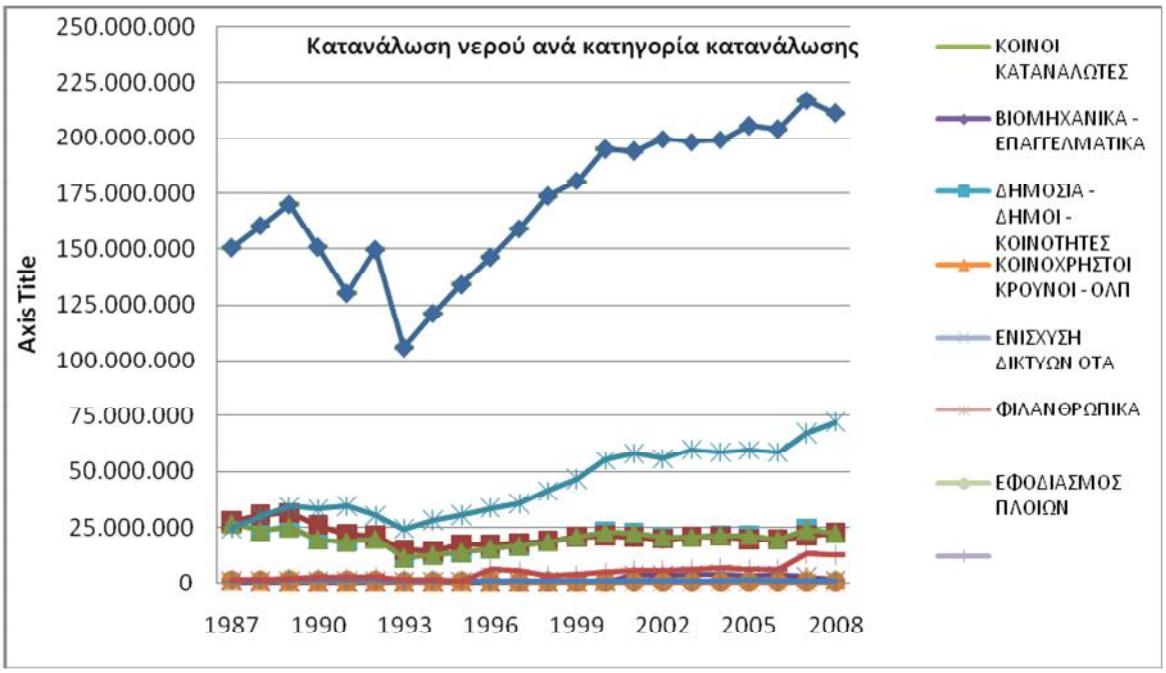
Διάγραμμα 5.3: Ποσοστό Δικαιώματος Χρήσης Υπονόμων

για τους Κοινούς Καταναλωτές

Παράλληλα με την αύξηση του ποσοστού δικαιώματος χρήσης για τους υπονόμους, παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης νερού από τις διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης νερού. Σύμφωνα με την ΕΥΔΑΠ διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες αστικής κατανάλωσης νερού:

- Κοινοί Καταναλωτές
- Βιομηχανικά-επαγγελματικά
- Δημόσια, Δήμοι, Κοινότητες
- Ενίσχυση Δικτύων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης
- Κοινόχρηστοι κρούνοι, Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς

- Φιλανθρωπικά
- Εφοδιασμός Πλοίων
- Διάφορα



Διάγραμμα 5.4: Κατανάλωση νερού ανά κατηγορία κατανάλωσης. Πηγή Δεδομένων: ΕΥΔΑΠ

Όπως είναι φανερό από το διάγραμμα, οι κοινοί καταναλωτές καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής ζήτησης νερού και αποτελούνται από τα νοικοκυριά και τους επαγγελματίες που τιμολογούνται με οικιακό τιμολόγιο. Με βάση τα στοιχεία του διαγράμματος 5.4 υπολογίζεται ότι οι κοινοί καταναλωτές (οικιακή κατανάλωση νερού) καλύπτουν το 65% της συνολικής ζήτησης νερού.

Η βασική υπόθεση εργασίας του οικονομικού υποσυστήματος είναι ότι η κατανάλωση νερού επηρεάζει τον όγκο των αστικών λυμάτων. Άρα η ζήτηση νερού παίζει καθοριστικό ρόλο σε ένα αστικό σύστημα καθώς προσδιορίζει τον όγκο των λυμάτων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία.

Η συνάρτησης ζήτησης νερού αντανακλά την ημερήσια κατά κεφαλή ζήτηση νερού και εκτιμήθηκε με την χρήση στοιχείων πραγματικών καταναλώσεων από την ΕΥΔΑΠ (ΕΥΔΑΠ, στοιχεία κοινής κατανάλωσης, 1987-2008). Η εκτίμηση της κατά κεφαλήν

ζήτησης νερού (q_1) για οικιακή κατανάλωση έγινε με το μοντέλο log-log που είναι γραμμικό στους λογαρίθμους και εξαρτάται από την τιμή του νερού (p) και το κατά κεφαλή εισόδημα τον καταναλωτών (y). Η γενική μορφή της συνάρτησης ζήτησης νερού περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\ln q_1 = \ln\beta_0 - \beta_1 * \ln p_1 + \beta_2 * \ln y \qquad \textbf{(5.11)}$$

Οι συντελεστές β_1 και β_2 εκφράζουν τον βαθμό ανταπόκρισης των καταναλωτών σε μεταβολές της τιμής του νερού και του εισοδήματος τους, δηλαδή είναι οι ελαστικότητες ζήτησης ως προς την τιμή και ως προς το εισόδημα του καταναλωτή αντίστοιχα. Με βάση το μοντέλο log-log η ελαστικότητες παραμένουν σταθερές σε όλα τα σημεία της καμπύλης ζήτησης.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία από την ΕΥΔΑΠ η συνάρτηση ζήτησης για οικιακή κατανάλωση νερού στην Αττική περιγράφεται από την ακόλουθη συνάρτηση ζήτησης:

$$q_w = 0.694^{3} - 0.231 * p + 0.443 * GDP \qquad \textbf{(5.12)}$$

$$\mathbf{R^2 = 0.798}$$

Std. Error of the Estimate=0,082

όπου: q_w=κατά κεφαλή οικιακή κατανάλωση νερού

p=Πραγματική μέση σταθμισμένη τιμή νερού

GDP=Πραγματικό κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

---

[3] Όπου $e^{-6.323}=0.694$. Στο μοντέλο η εισαγωγή της συνάρτησης 5.11 έγινε με αντιλογαριθμική μορφή.

Σημειώνεται ότι όλες οι μεταβλητές της συνάρτησης 5.12 είναι λογαριθμισμένες.

Συνεπώς με βάση την εξίσωση 5.12 η ελαστικότητα ζήτησης νερού ως προς την τιμή είναι -0.231 και η ελαστικότητα ζήτησης νερού ως προς το εισόδημα είναι 0.443. Το αρνητικό πρόσημο της ελαστικότητας ζήτησης ως προς την τιμή προκύπτει από την αντίστροφη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην τιμή του νερού και την ζητούμενη ποσότητα (όταν αυξάνεται η τιμή του νερού μειώνεται η ζητούμενη ποσότητα και το αντίστροφο). Επιπλέον, η ελαστικότητα της τιμής είναι ανελαστική ($|ez|<1$)που σημαίνει ότι το ποσοστό μεταβολής της ζητούμενης ποσότητας για νερό είναι μικρότερο από το ποσοστό μεταβολής της τιμής. Ο βαθμός ελαστικότητας έχει μεγάλη σημασία για τις εταιρείες ύδρευσης καθώς με βάση την ελαστικότητα τιμής μπορεί να προβλεφθεί ο αντίκτυπος που έχει μια μεταβολή της τιμής στα συνολικά έσοδα της επιχείρησης. Όταν η ζήτηση είναι ανελαστική τα έσοδα μεταβάλλονται προς την ίδια κατεύθυνση με την τιμή που σημαίνει ότι μειώνονται όταν μειώνεται η τιμή και το αντίθετο. Αντίστοιχα, η τιμή της ελαστικότητας εισοδήματος έχει θετικό πρόσημο και είναι μικρότερη της μονάδας υποδηλώνοντας ότι καθώς αυξάνεται το εισόδημα θα αυξάνεται η ζητούμενη ποσότητα νερού αλλά σε μικρότερο ποσοστό από την μεταβολή του εισοδήματος.

Οι ελαστικότητες της συνάρτησης 5.12 συμφωνούν με την σχετική διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία (Bithas και Stoforos, 2006˙ Arbues et al., 2003˙ Dalhusen et al., 2003˙ Μεντές, 2001).

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την συνάρτηση ζήτηση νερού όπως είναι οι κλιματικοί παράγοντες (βροχοπτώσεις, θερμοκρασία κ.α), η τεχνολογία, τα καταναλωτικά πρότυπα, οι απώλειες νερού κ.α. Επιπλέον, παρατηρείται εποχική και ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης νερού που οφείλεται σε τρεις κυρίως λόγους. Συγκεκριμένα, η κοινή κατανάλωση μειώνεται τους θερινούς μήνες λόγω της μετακίνησης του πληθυσμού της Αττικής για διακοπές. Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις πραγματοποιούνται τον Σεπτέμβριο , που συνδυάζει υψηλή συγκέντρωση του πληθυσμού και μετεωρολογικές συνθήκες (πχ υψηλές θερμοκρασίες) που ευνοούν την κατανάλωση νερού (Koytsoyiannis et al. 2000). Με βάση τα διαθέσιμα μηνιαία στοιχεία από την ΕΥΔΑΠ και την τιμή βήματος 0.25 που έχει επιλεχθεί για το μοντέλο η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή που

αποτυπώνει την εποχική (τριμηνιαία) διακύμανση της ζήτησης νερού (Demand Coefficient).

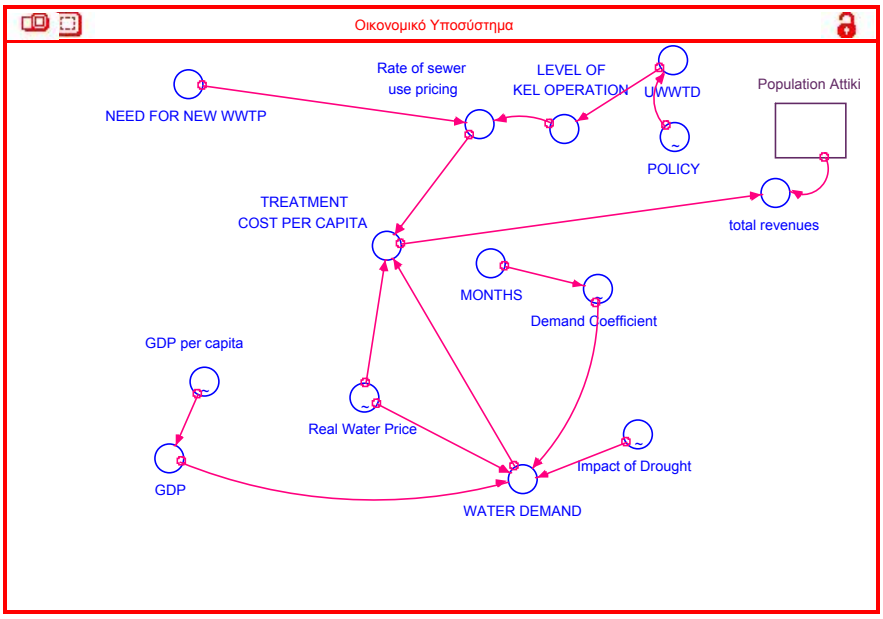
Επιπλέον, όπως γνωρίζουμε και φαίνεται από το διάγραμμα 5.4 η κατανάλωση νερού μειώθηκε το 1991 και το 1993 λόγω των εκτάκτων μέτρων λειψυδρίας. Προκειμένου η συνάρτηση ζήτησης να αντανακλά αυτή την μείωση το οικονομικό υποσύστημα συμπεριλαμβάνει μια επιπλέον μεταβλητή (impacts of drought) που μειώνει με ένα σταθερό ποσό την κατά κεφαλή ζήτηση νερού για τα εν λόγω έτη.

Συνεπώς με βάση όσα αναφέρθηκαν η κατά κεφαλή συνάρτηση ζήτησης νερού για την Αττική έχει την ακόλουθη μορφή με βάση την σχέση (5.12)

$q_w=(0.694^4-0.231*p+0.443*GDP+\text{impact of drought})*\text{demand coefficient}$
(5.13)

Το οικονομικό υποσύστημα αποτυπώνεται στο σχήμα 5.11 και βασίζεται στην ανάλυση που προηγήθηκε.

[4] Όπου $e^{-6.323}=0.694$. Στο μοντέλο η εισαγωγή της συνάρτηση 5.11 έγινε με αντιλογαριθμική μορφή.



Σχήμα 5.11: Το Οικονομικό Υποσύστημα

Οι μεταβλητές του σχήματος 5.11 περιγράφονται στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Μεταβλητές Οικονομικού Υποσυστήματος

Μεταβλητή	**Περιγραφή**	**Υπόθεση Εργασίας**	**Μονάδα μέτρησης**
Πληθυσμός/population **(Μεταβλητή κατάστασης)**	Εξυπηρετούμενος πληθυσμός.	Ενδογενής μεταβλητή από το υποσύστημα του πληθυσμού	people
Κατά κεφαλή ζήτηση νερού/WATER DEMAND (βοηθητική μεταβλητή)	Η κατά κεφαλή ζήτηση νερού της Αττικής	Ενδογενής μεταβλητή	m_3/day
Κατά κεφαλή ΑΕΠ/GDP per capita	Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν για την Περιφέρεια Πρωτευούσης	Εξωγενής Μεταβλητή	€/έτος
Πραγματική Τιμή νερού/Real Water Price	Η μέση σταθμισμένη τιμή νερού με βάση τον Εναρμονισμένο Δείκτη	Εξωγενής μεταβλητή. Πηγή: ΕΥΔΑΠ	€/m_3

(βοηθητική μεταβλητή)	Καταναλωτή με έτος βάσης το 2005		
Συντελεστής Διακύμανσης/Demand Coefficient **(βοηθητική μεταβλητή)**	Εκφράζει την εποχική διακύμανση της ζήτησης νερού	Ενδογενής μεταβλητής που εξαρτάται από τους μήνες	
Μήνες/Months **(βοηθητική μεταβλητή)**	Εκφράζει τα τρίμηνα κάθε έτους	Εξωγενής μεταβλητή	τρίμηνα
Συνολικά έσοδα από αποχέτευση/total revenues **(βοηθητική μεταβλητή)**	Συνολικά έσοδα από την αποχέτευση με βάση τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό	Ενδογενής μεταβλητή που εξαρτάται από την κατά κεφαλή δαπάνη για την επεξεργασία λυμάτων και τον συνδεδεμένο πληθυσμό	€/έτος
Πολιτική/Policy **(βοηθητική μεταβλητή)**	Δηλώνει την ύπαρξη και την υλοποίηση πολιτικών που θέτουν περιβαλλοντικά ζητήματα	Εξωγενής μεταβλητή. Παίρνει τιμή 0 όταν δεν υιοθετούνται πολιτικές και τιμή 1 όταν εφαρμόζονται. Από το έτος 1995 παίρνει την τιμή 1.	
Λειτουργία μονάδων επεξεργασίας λυμάτων/UNWED **(βοηθητική μεταβλητή)**	Μεταβλητή που παίρνει τιμή 0 ή Policy	Ενδογενής μεταβλητή Μεταβλητή που παίρνει τιμή 0 ή Policy ανάλογα με το υπό εξέταση σενάριο	
Βαθμός Επεξεργασίας Λυμάτων/LEVEL OF KEEL OPERATION **(βοηθητική μεταβλητή)**	Δηλώνει το βαθμό επεξεργασίας λυμάτων που μπορεί να είναι μηδενικό, πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος.	Ενδογενής μεταβλητή. Εξαρτάται από το UNWED	
Ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων/Rate of sewer use pricing **(βοηθητική μεταβλητή)**	Δηλώνει το ποσοστό επί του καταναλισκόμενου νερού που είναι το πληρώνει ο καταναλωτής για την αποχέτευση.	Ενδογενής Μεταβλητή. Εξαρτάται από το LEVEL OF KEL OPERATION	
Κατά Κεφαλή Κόστος Αποχέτευσης/ TREATMENT COST PER CAPITA **(βοηθητική μεταβλητή)**	Το κόστος αποχέτευσης ανά έτος	Ενδογενής Μεταβλητή. Εξαρτάται από το WATER DEMAND και Rate of sewer use pricing	€/έτος

Συνολικά Έσοδα Αποχέτευσης/Total revenues **(βοηθητική μεταβλητή)**	Συνολικά έσοδα αποχέτευσης	Ενδογενής μεταβλητή. Εξαρτάται από το TREATMENT COST PER CAPITA και τον Population	€/έτος
Δημιουργία νέου κέντρου επεξεργασίας λυμάτων **(βοηθητική μεταβλητή)**	Εκφράζει την ανάγκη κατασκευής νέου κέντρου επεξεργασίας λυμάτων και αποτελεί μεταβλητή που εισέρχεται από το αστικό υποσύστημα. Επηρεάζει το ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων.	Ενδογενής μεταβλητή.	

5.5 Έλεγχος Εγκυρότητας του Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου

Όπως αναφέρει ένας από τους θεμελιωτές της μεθοδολογίας της συστημικής δυναμικής, η επαλήθευση της εγκυρότητας ενός μοντέλου είναι σχεδόν αδύνατη (Sterman, 2000). Ωστόσο με την βοήθεια της στατιστικής μπορεί να ελεγχθεί σε ποιο βαθμό το μοντέλο αναπαριστά την πραγματικότητα με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία για κάποιες από τις μεταβλητές του.

Για το Βιο-οικονομικό Δυναμικό Μοντέλο πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθοι έλεγχοι:

i. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος συνέπειας των εξισώσεων και των μονάδων μέτρησης των παραμέτρων του μοντέλου. Συγκεκριμένα ελέγχθηκαν ότι όλες οι παράμετροι του μοντέλου έχουν συμβατές μονάδες μέτρησης (unit consistency) και έχουν νόημα στον πραγματικό κόσμο. Σε αυτό το πλαίσιο ελέγχθηκαν όλες οι εξισώσεις σε κάθε υποσύστημα του μοντέλου.

ii. Εκτίμηση Παραμέτρων. Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου έγινε με διάφορες μεθόδους. Πρώτον εκτιμήθηκαν παράμετροι με οικονομετρικές και στατιστικές μεθόδους με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία από διάφορες πηγές (ΕΣΥΕ, Eurostat, ΥΠΕΚΑ,

ΕΛΚΕΘΕ, ΕΜΥ, ΕΥΔΑΠ). Οι εν λόγω παράμετροι αφορούν μεταβλητές του υποσυστήματος του πληθυσμού καθώς και του οικονομικού και αστικού υποσυστήματος. Δεύτερο, η εκτίμηση των παραμέτρων προήλθε από επιστημονική γνώση και αφορά κυρίως το βιο-οικολογικό υποσύστημα (personal communication, Panayiotidis, ΕΛΚΕΘΕ).

iii. Έλεγχος Ολοκλήρωσης. Όπως ήδη αναφέρθηκε η μέθοδος ολοκλήρωσης που χρησιμοποιήθηκε για το ΒΔΜ είναι του Euler με τιμή βήματος 0.25. Ελέγχτηκε εάν τα αποτελέσματα του μοντέλου αλλάζουν σημαντικά με την μέθοδο Runga-Kutta και με μικρότερη τιμή βήματος 0.125. Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις.

iv. Έλεγχος αναπαραγωγής του συστήματος. Διάφοροι στατιστικοί δείκτες προτείνονται για τον έλεγχο της αναπαραγωγής του συστήματος (R^2, MAE, RMSE, Theils Inequality Statistics).

Οι τύποι των παραπάνω στατιστικών δεικτών είναι οι ακόλουθοι:

R^2 (συντελεστής συσχέτισης) =r, $r = {}^{1}/_{n} * \sum (X_d - \bar{X}_d) * (X_m - \bar{X}_m) / {}_{S_d * S_m}$

MAE (Mean Absolute Error- μέσο απόλυτο σφάλμα)

=

RMSE= $\sqrt{MSE}$ όπου $MSE = {}^{1}/_{n} * \sum (X_m - X_d)2$

Ο δείκτης του Theil: (αναλύει) τον δείκτη MSE σε τρία μέρη όπου:

$U^M = \bar{X}_m^2 - \bar{X}_d^2 \,/_{MSE}$

$U^S = s_m^2 - s_d^2 \,/_{MSE}$

$U^M+U^S+U^C=1$

$$U^{C}_{\square} = 2(1-r)\, s_m^2\, s_d^2 \,/_{MSE}$$

X_m: οι τιμές του μοντέλου

X_d: οι πραγματικές τιμές

Σε σχέση με τον δείκτη του Theil αξίζει να σημειωθεί ότι υψηλές τιμές του UM αντανακλούν ένα συστηματικό σφάλμα που πιθανόν να οφείλεται σε λάθος υποθέσεις του μοντέλου. Αντίθετα όταν το UC είναι σχετικά μεγάλο αυτό σημαίνει ότι τα πραγματικά δεδομένα έχουν ίδια μέση τιμή με του μοντέλου και διαφέρουν μόνο στα σημεία, το σφάλμα είναι σημαντικό μόνον όταν θέλουμε να διερευνήσουμε εξειδικευμένα θέματα. Η ερμηνεία των στατιστικών δεικτών εξαρτάται από τον σκοπό του συστήματος.

Συνεπώς με βάση τον πίνακα 5.5 προκύπτει ότι η συμπεριφορά των βασικών μεταβλητών του μοντέλου συμβαδίζει με τα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία.

Πίνακας 5.5: Στατιστικός Έλεγχος

Στατιστικός Δείκτης / Μεταβλητή	R^2	MAE	RMSE	Theils Inequality Statistics ($U_M+U_S+U_C=1$)	
Πληθυσμός	0,99	277,6	9100	U^M	**0,097094482**
				U^S	0,0023694
				U^C	0,9

Κατά κεφαλήν ζήτηση νερού	0,95	0,02	0,026	$\mathbf{U^M}$	0
				$\mathbf{U^S}$	0,999558863
				$\mathbf{U^C}$	0,000441137
Όγκος Αστικών Λυμάτων	0,6	32618,62	45367	$\mathbf{U^M}$	0
				$\mathbf{U^S}$	0,12945501
				$\mathbf{U^C}$	0,87048719
BODOUT	0,904	26,445	102,058	$\mathbf{U^M}$	0,0000931
				$\mathbf{U^S}$	0,0254861
				$\mathbf{U^C}$	0,9744208
SSOUT	0,962	18,2	65,148	$\mathbf{U^M}$	0,051
				$\mathbf{U^S}$	0,064
				$\mathbf{U^C}$	0,885
EEI (σταθμός Πειραϊκής)	0,974	0,024	0,0006	$\mathbf{U^M}$	0,0132
				$\mathbf{U^S}$	0,0133

				$\mathbf{U}^{C}$	0,9735

5.6 Συμπεριφορά Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου Προσομοίωσης - Σενάρια

Το παρόν υποκεφάλαιο διερευνά την δυναμική συμπεριφορά του βιοοικονομικού δυναμικού μοντέλου κάτω από διαφορετικά εναλλακτικά σενάρια εξέλιξης των εξωγενών μεταβλητών που το συνθέτουν. Το βασικό ερώτημα είναι κάτω από ποιες συνθήκες παραβιάζονται τα κρίσιμα βιολογικά όρια των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων που έχουν προσδιορισθεί και αποτυπωθεί στο μοντέλο με βάση την ΟΠΥ και την προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων.

Στα σχήματα που ακολουθούν περιγράφονται για κάθε σενάριο από το 1987 έως το 2030 η εξέλιξη των ακολούθων μεταβλητών:

1. Population Attiki: Εξυπηρετούμενος πληθυσμός από το ΚΕΛΨ- Μεταβλητή υποσυστήματος πληθυσμού.
2. WATER DEMAND: Ημερήσια Κατά κεφαλήν ζήτηση νερού- Μεταβλητή οικονομικού υποσυστήματος.
3. TREATMENT COST PER CAPITA: Μέσο Κατά Κεφαλήν Ετήσιο Κόστος Αποχέτευσης.
4. BODOUT: Εξερχόμενο Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο.
5. SSOUT: Εξερχόμενα Αιωρούμενα Στερεά.
6. WWflow: Ημερήσιος Όγκος Αστικών Λυμάτων.
7. N: Νιτρικά.
8. Transparency: Διαφάνεια Νερού.
9. ABUNDANCE ESG I: Μέση Αφθονία Ecological Status Group I.
10. ABUNDANCE ESG II: Μέση Αφθονία Ecological Status Group II.
11. EEI: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης.
12. BCL: Βιολογικά Κρίσιμα Όρια.

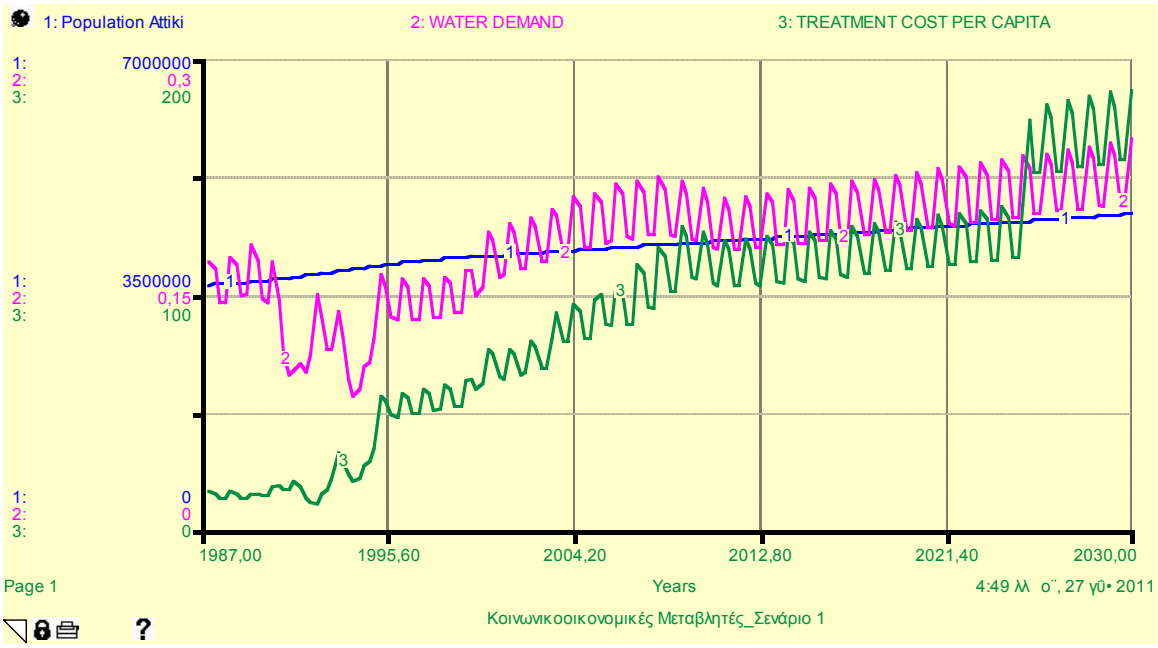
Σημείωση: Οι αυξομειώσεις που παρατηρούνται στα σχήματα που ακολουθούν οφείλονται για τις μεν κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές στην ετήσια διακύμανση της ζήτησης νερού και για τις δε οικο-βιολογικές μεταβλητές στον ετήσιο κύκλο των υπό διερεύνηση βιολογικών στοιχείων.

5.6.1 Σενάριο 1: Σενάριο Αναφοράς

Το Σενάριο Αναφοράς (baseline or business-as-usual scenario) διερευνά την εξέλιξη των μεταβλητών του βιοοικονομικού δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης εάν υποθέσουμε ότι θα συνεχισθούν οι τάσεις που παρατηρήθηκαν για στο πρόσφατο παρελθόν καθώς και τα μέτρα πολιτικής που έχουν ήδη υιοθετηθεί. Ουσιαστικά το σενάριο αναφοράς δείχνει τις σημερινές τάσεις του υπό εξέταση συστήματος.

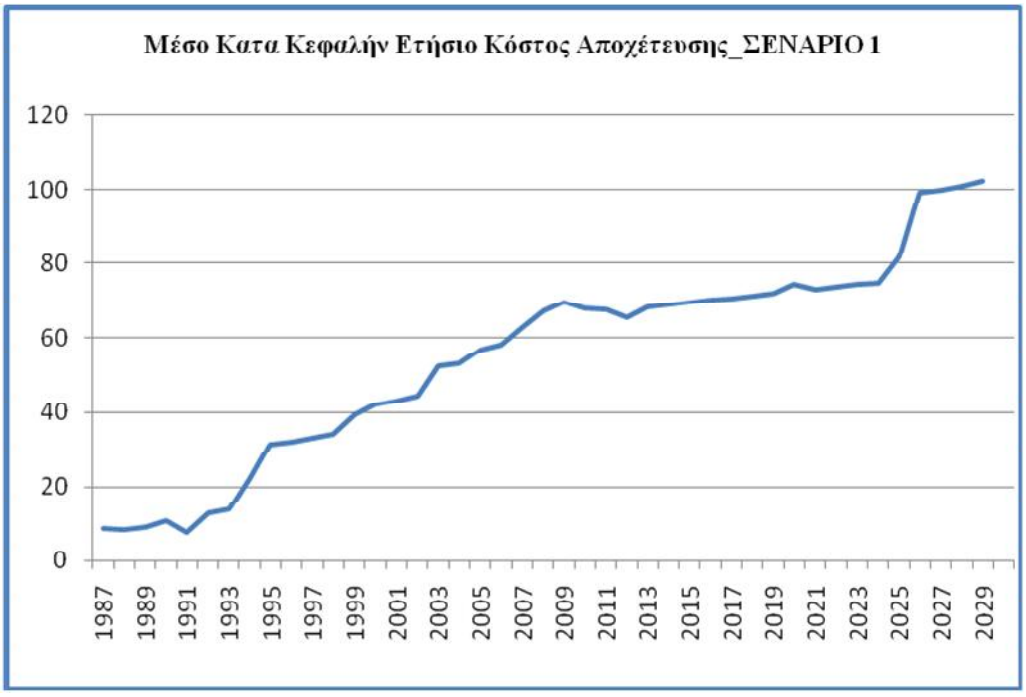
Αναλυτικότερα, το σενάριο 1 υποθέτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της Αθήνας θα συνεχίσει να εξυπηρετείται από το ΚΕΛΨ που σημαίνει ότι τα λύματα θα υφίστανται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων. Επιπλέον, στην περίπτωση που ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ θα δημιουργηθεί νέο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων. Για τις εξωγενείς μεταβλητές που συνθέτουν τα υποσυστήματα του μοντέλου υποθέτουμε ότι ακολουθούν μια μεταβολή με βάση τις ιστορικές τους τιμές (trend). Εξαίρεση αποτελεί το κατά κεφαλήν ΑΕΠ όπου μειώνεται για τα έτη 2010-2012 ακολουθώντας τον αρνητικό ρυθμό ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας και από το 2013 ανακάμπτει με ετήσια αύξηση του ΑΕΠ κατά 2% (υπόθεση εργασίας). Με βάση το σενάριο αναφοράς το τιμολόγιο της ΕΥΔΑΠ ακολουθεί την αύξηση του δείκτη τιμών (2%) καταναλωτή έτσι ώστε η μέση πραγματική σταθμισμένη τιμή νερού να παραμένει σταθερή. Διακρίνονται δύο υποσενάρια:

Το σχήμα 5.12 παρουσιάζει την εξέλιξη του πληθυσμού, της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού και του μέσου κατά κεφαλήν κόστους αποχέτευσης με βάση το σενάριο 1 από το 1987 έως το 2030. Παρατηρούμε, ότι όλες οι μεταβλητές ακολουθούν μια ανοδική τάση με εξαίρεση την κατά κεφαλή ζήτηση νερού που μειώνεται την περίοδο 2010-2012 και από το 2013 αυξάνει. Η μείωση της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού για αυτά τα έτη 2010-2012 με βάση την δομή του ΒΔΜ οφείλεται στην μείωση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ.

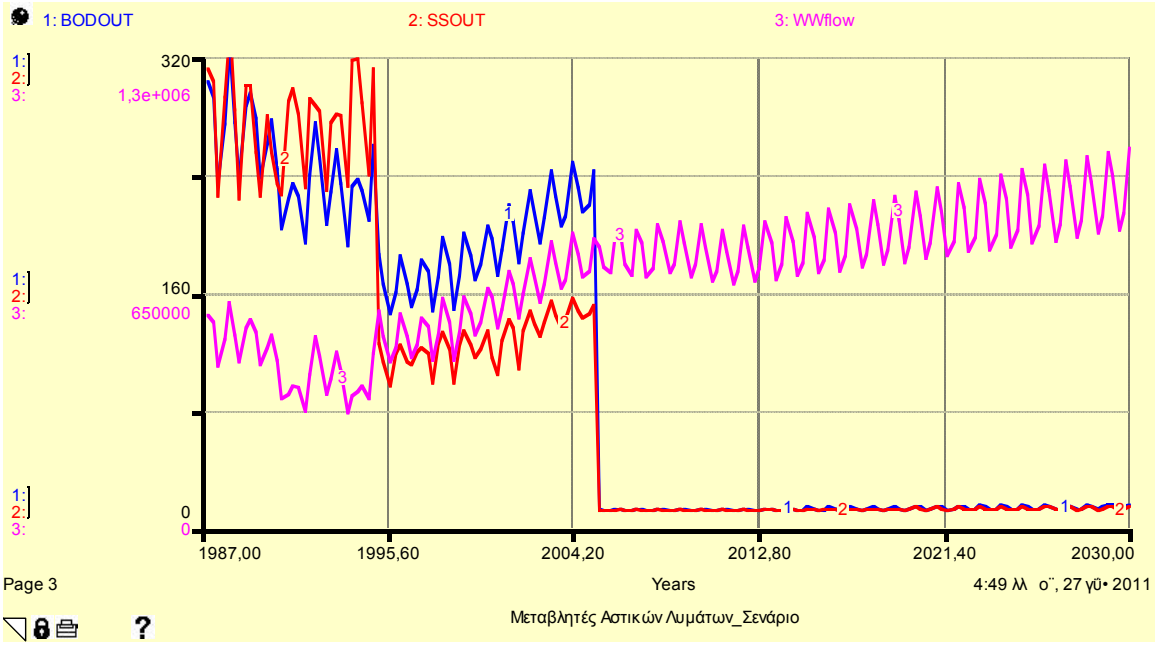


Σχήμα 5.12: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 1

Το διάγραμμα 5.5 παρουσιάζει το μέσο κόστος αποχέτευσης για τους κοινούς καταναλωτές στην Αττική από το 1987 έως το 2030. Παρατηρούμε ότι το μέσο κόστος αποχέτευσης ανά κάτοικο αυξάνει καθώς αυξάνεται ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων. Από το 2028 και πέρα το κόστος ανά κάτοικο αυξάνεται κατά 30% (υπόθεση εργασίας) προκειμένου να καλυφτεί το κόστος κατασκευής και λειτουργίας νέου κέντρου επεξεργασίας λυμάτων (ή το κόστος αναβάθμισης του ΚΕΛΨ) καθώς το ΚΕΛΨ πρόκειται να ξεπεράσει την φέρουσα ικανότητα του (1000000m3/ημέρα). Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί για τον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο η προθυμία πληρωμής τριών ομάδων συμφερόντων (λήπτες αποφάσεων, εμπειρογνώμονες και θιγόμενα επαγγέλματα) το 2005 για οικολογικές υπηρεσίες για την περίπτωση του ΚΕΛΨ είναι 93,94 € στην περίπτωση που οι απόψεις που είναι αντίθετες στην τεχνική προθυμίας πληρωμής ενσωματώνομαι ως μηδενικές προθυμίες πληρωμής και 129,23€ στην περίπτωση που οι απόψεις που είναι αντίθετες στην τεχνική προθυμίας πληρωμής δεν λαμβάνονται υπόψη (Ξενάριος, 2009). Είναι φανερό πως και στις δύο περιπτώσεις το ποσό της προθυμίας πληρωμής είναι μεγαλύτερο από το ποσό που πλήρωσαν οι καταναλωτές για την επεξεργασία των λυμάτων τους (56,7 € το 2005).

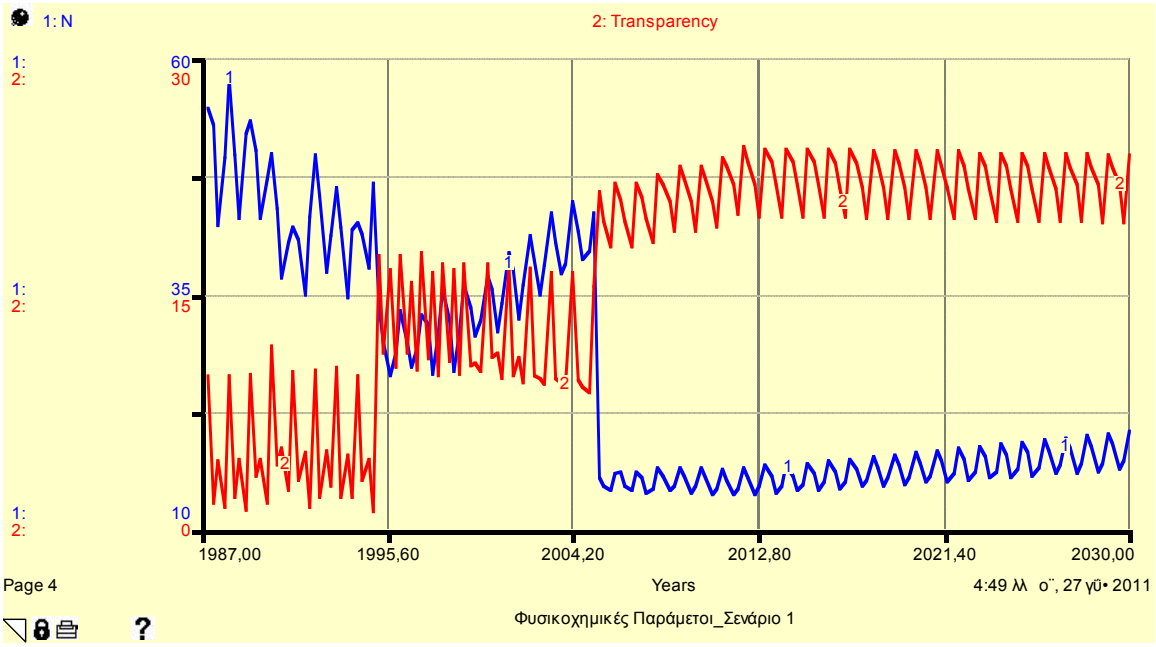


Διάγραμμα 5.5: Μέσο Κατά Κεφαλήν Ετήσιο Κόστος Αποχέτευσης_Σενάριο 1.



Σχήμα 5.13: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 1

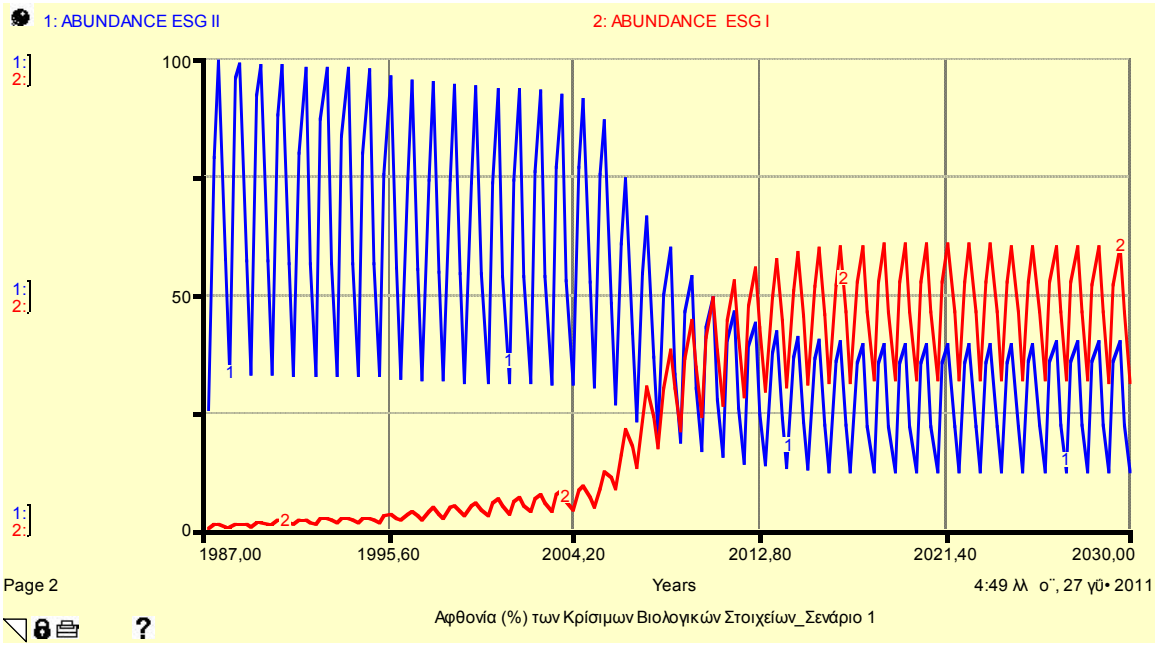
Το σχήμα 5.13 αποτυπώνει την εξέλιξη του όγκου των λυμάτων (WWflow) και του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων (BODOUT, SSOUT) που εξέρχεται από τον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό στον εσωτερικό Σαρωνικό Κόλπο. Ο όγκος του ρυπαντικού φορτίου ακολουθεί αύξουσα τάση ακολουθώντας την αύξηση του πληθυσμού και της κατά κεφαλή ζήτησης νερού που παρουσιάστηκε στο διάγραμμα 5.12. Από το 1987 μέχρι το 1995, τα λύματα δεν υφίστανται καμία επεξεργασία και το ρυπαντικό φορτίο τους είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα. Από το 1995 μέχρι το 2005, όπου λειτουργεί η πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων τα αιωρούμενα στερεά (SSOUT) μειώνεται περίπου κατά 60% και το οργανικό φορτίο (BODOUT) των λυμάτων κατά 35% και φθάνουν σε μέσες συγκεντρώσεις 160 mg/l και 250 mg/l στα επεξεργασμένα λύματα. Από το 2005 μέχρι το 2030 το ρυπαντικό φορτίο των επεξεργασμένων λυμάτων μειώνεται ακόμα περισσότερο (κατά 90-95%) με την λειτουργία της δευτεροβάθμιας επεξεργασία λυμάτων. Να σημειωθεί ότι στο σενάριο αναφοράς η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ ξεπερνιέται το 2028.



Σχήμα 5.14: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 1

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 5.14, η μείωση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων οδηγεί στην μεταβολή των τιμών των κρίσιμων φυσικοχημικών παραμέτρων του

Βιοοικονομικού Δυναμικού Μοντέλου Προσομοίωσης (ΒΔΜΠ). Συγκεκριμένα, οι τιμές των νιτρικών (N) που σχετίζονται άμεσα με το BODOUT μειώνονται με την λειτουργία της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων κατά 30% και με την λειτουργία της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων κατά 80%. Η παρουσία νιτρικών συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη ευτροφισμού στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αντίστοιχα, οι τιμές διαφάνειας (Transparency) αυξάνονται με την λειτουργία του ΚΕΛΨ και όσο αυξάνεται ο βαθμός επεξεργασίας λυμάτων. Η διαφάνεια, όπως αναφέρθηκε στο βιοοικολογικό υποσύστημα, εξαρτάται από το φυτοπλαγκτόν και τα αιωρούμενα στερεά (Scout). Όσο αυξάνεται το φυτοπλαγκτόν μειώνεται η διαφάνεια και όσο μειώνονται τα αιωρούμενα στερεά αυξάνεται η διαφάνεια. Με την λειτουργία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων το φυτοπλαγκτόν μειώνεται (ακολουθώντας την μείωση των νιτρικών από τα οποία εξαρτάται) ενώ παράλληλα μειώνονται τα αιωρούμενα στερεά οδηγώντας σε αισθητή αύξηση των τιμών διαφάνειας.

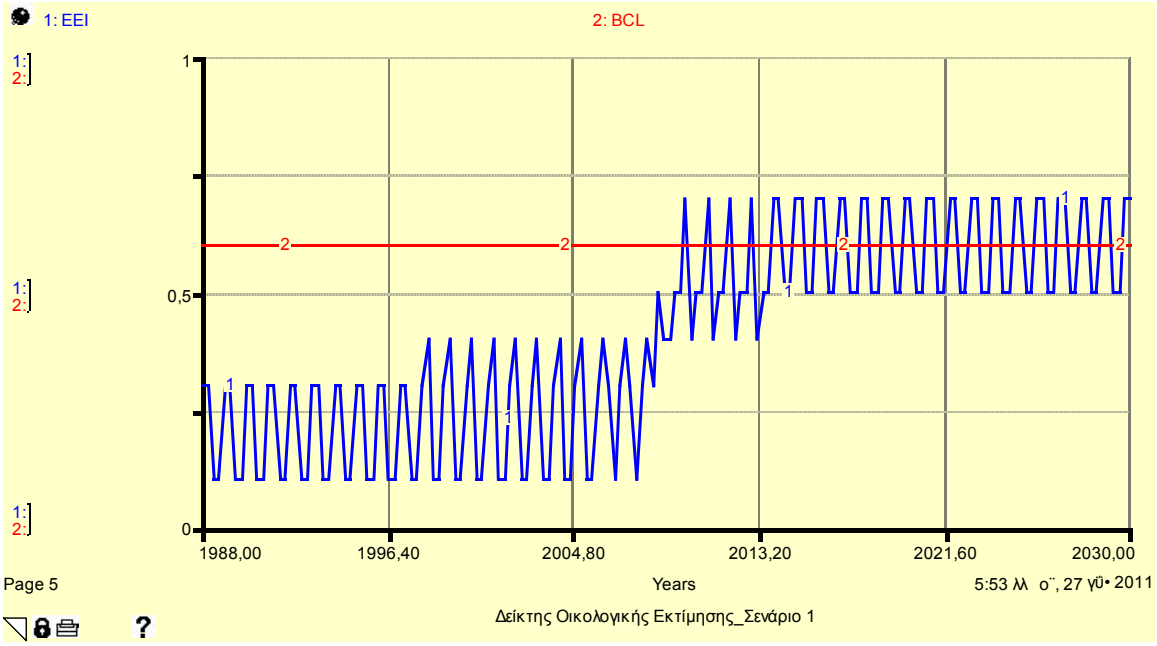


Σχήμα 5.15: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 1

Όπως ήδη αναφέρθηκε το ΒΔΜΠ εξετάζει τον ευτροφισμό ως προς την συγκέντρωση νιτρικών και την διαφάνεια που επηρεάζουν την αφθονία του ESG II και ESG I αντίστοιχα. Στο σχήμα 5.15 παρατηρούμε ότι μέχρι το 2005, το ESG II (δείκτης κακής

οικολογικής ποιότητας) καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του χώρου με μια μικρή τάση μείωσης μετά το 1995 όπου λειτουργεί η πρωτοβάθμια επεξεργασία του ΚΕΛΨ. Από το 2005 και έπειτα, αρχίζει και αυξάνεται η αφθονία του ESG I (δείκτης κακής οικολογικής κατάστασης) αντανακλώντας την αισθητή μείωση των νιτρικών, την αύξηση της διαφάνειας αλλά και την βελτίωση της ικανότητας του ESG I να ανταγωνιστεί με το ESGII για την κάλυψη του πυθμένα της θάλασσας. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η οικολογική ποιότητα του υπό εξέταση οικοσυστήματος βελτιώνεται.

Το σχήμα 5.16 δείχνει βάση τον Δείκτη Οικολογικής Εκτίμησης (ΕΕΙ) που αποτυπώνει την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού με βάση την μήτρα οικολογικής εκτίμησης. Ο δείκτης ΕΕΙ, που παρουσιάστηκε διεξοδικά στο υποκεφάλαιο 5.4.3υπολογίζεται με βάση το ποσοστό αφθονίας του ESG I και ESG II. Για την διεξαγωγή συμπερασμάτων λαμβάνουμε υπόψη τις μέσες τιμές του σχήματος 5.16. Είναι φανερό ότι ο ΕΕΙ παίρνει πολύ χαμηλές τιμές για την περίοδο πριν την δημιουργία του ΚΕΛΨ όπου για κάθε χρονική στιγμή είναι χαμηλότερος από τον στόχο της βιολογικής βιωσιμότητας που ισούται με την αριθμητική τιμή 0.6. Ο ΕΕΙ αρχίζει και αυξάνει από το 1998 και έπειτα που λειτουργεί το ΚΕΛΨ. Ιδιαίτερα, από το 2006 και έπειτα ο ΕΕΙ πλησιάζει τιμές στο 0.6. τις Δεδομένου ότι ο στόχος της ΟΠΥ είναι η επίτευξης της ΚΟΚ-που αντιστοιχεί σε τιμές ίσες οι μεγαλύτερες του 0.6- φαίνεται ότι υποθέτοντας ότι δεν θα προστεθούν νέα φορτία ρύπανσης, η συνολική ποιότητα του Σαρωνικού θα είναι συμβατή με τους εν λόγω στόχους.



Σχήμα 5.16: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 1

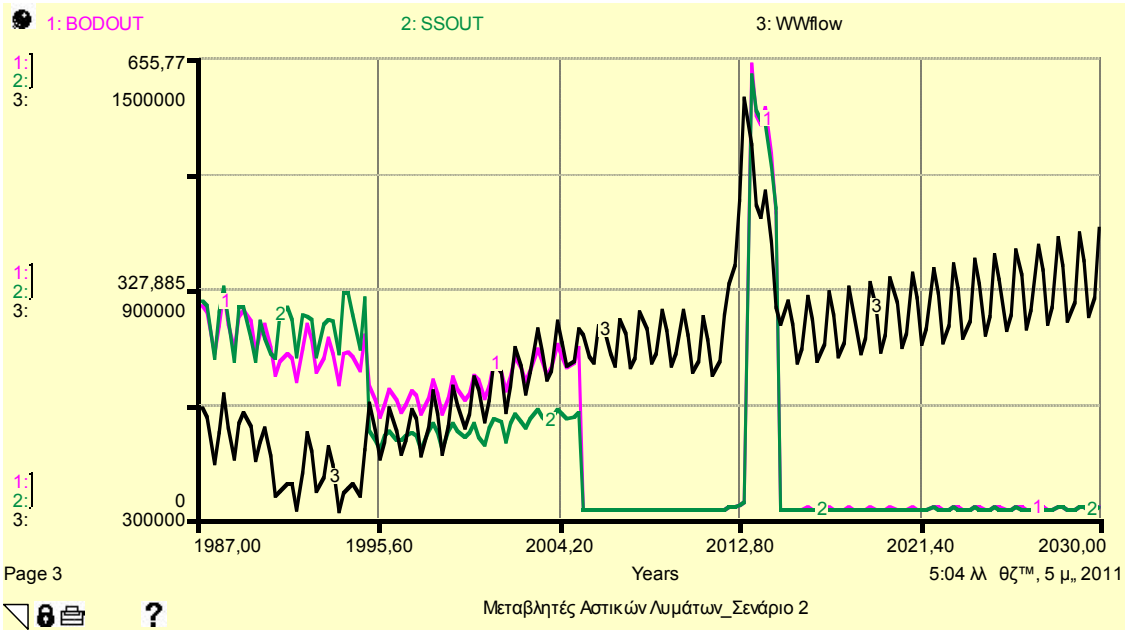
Άρα με βάση το σενάριο αναφοράς τα ΚΒΟ του ΒΔΜΠ δεν ξεπερνιούνται και η επίτευξη της συνθήκης της βιολογικής βιωσιμότητας που θέτει η προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων είναι εφικτή. Ο στόχος της ΟΒΟΑ απαιτεί: (i) τουλάχιστον την δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων (ii) χαμηλούς ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού και (iii) σταθερή κατά κεφαλή ζήτηση νερού εντός ενός συνετού πλαισίου.

5.6.2 Σενάριο 2: Υπερχείλιση Λυμάτων

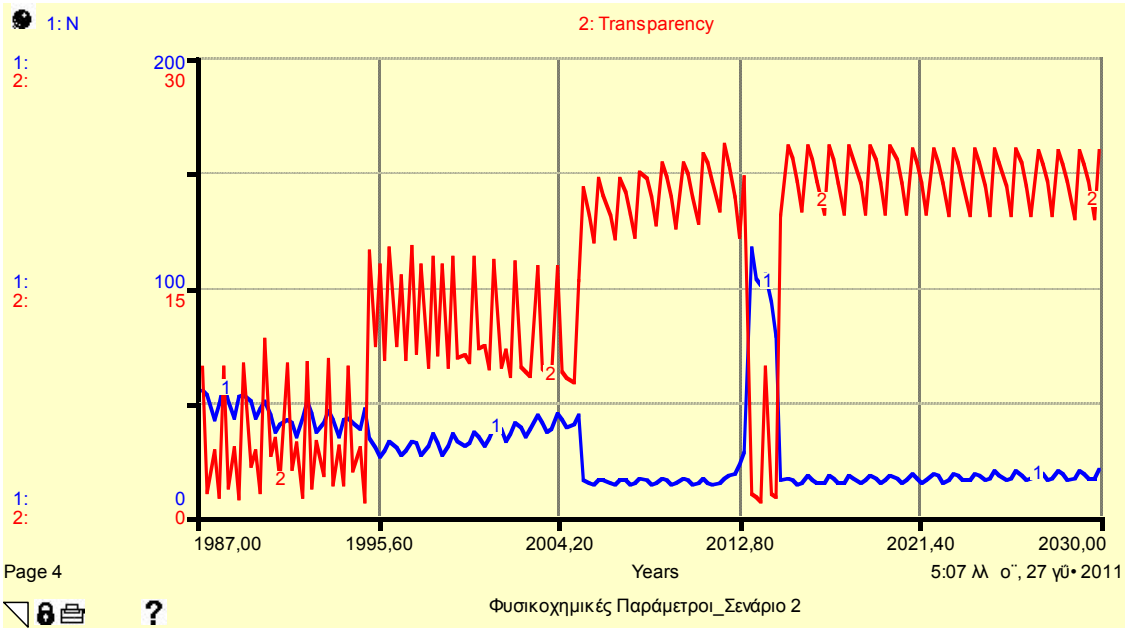
Το σενάριο 2 υιοθετεί τις ίδιες υποθέσεις με το σενάριο 1 με την διαφορά ότι για τα έτη 2013 και 2014 υποθέτουμε υπερχείλιση λυμάτων που οφείλεται σε αύξηση των ομβρίων υδάτων που εισέρχονται μέσω του παντοροϊκού συστήματος αποχέτευσης στο κεντρικό αποχετευτικό αγωγό. Με βάση το σενάριο 2 όλες οι εξωγενείς μεταβλητές του συστήματος έχουν τις ίδιες τιμές με το σενάριο 1 με εξαίρεση την εισροή ομβρίων που την αυξάνουμε τόσο όσο ώστε ο όγκος λυμάτων να ξεπερνάει την φέρουσα (1000000 m^3) του ΚΕΛΨ.

Οι κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές του συστήματος έχουν τις ίδιες ακριβώς τιμές με το σενάριο 1 που παρουσιάζονται στο σχήμα 5.12. Μεταβολές παρατηρούνται στις μεταβλητές του αστικού συστήματος που περιγράφονται στο σχήμα 5.17. Για τα έτη 2013 και 2014 οι συγκεντρώσεις BODOUT και SSOUT είναι πολύ μεγάλες καθώς τα λύματα ξεπερνούν την φέρουσα ικανότητα του συστήματος και μέρος αυτών εισέρχονται ανεπεξέργαστα στο υδάτινο αποδέκτη του Σαρωνικού Κόλπου. Για λόγους απλούστευσης υποθέτουμε ότι όλα τα λύματα εισέρχονται ανεπεξέργαστα στον υδάτινο αποδέκτη. Άμεση συνέπεια της αύξησης του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων είναι η αύξηση του ευτροφισμού που ευνοεί την αύξηση της αφθονίας του ESG II και την μείωση της αφθονίας του ESG I που οδηγούν στην μείωση του δείκτη οικολογικής εκτίμησης και παραβίαση των κρίσιμων βιολογικών ορίων για τα σχετικά έτη. Όπως απεικονίζει το σχήμα 5.20, το 2014 ο EEI μειώνεται και παραβιάζονται τα κρίσιμα βιολογικά όρια των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων.

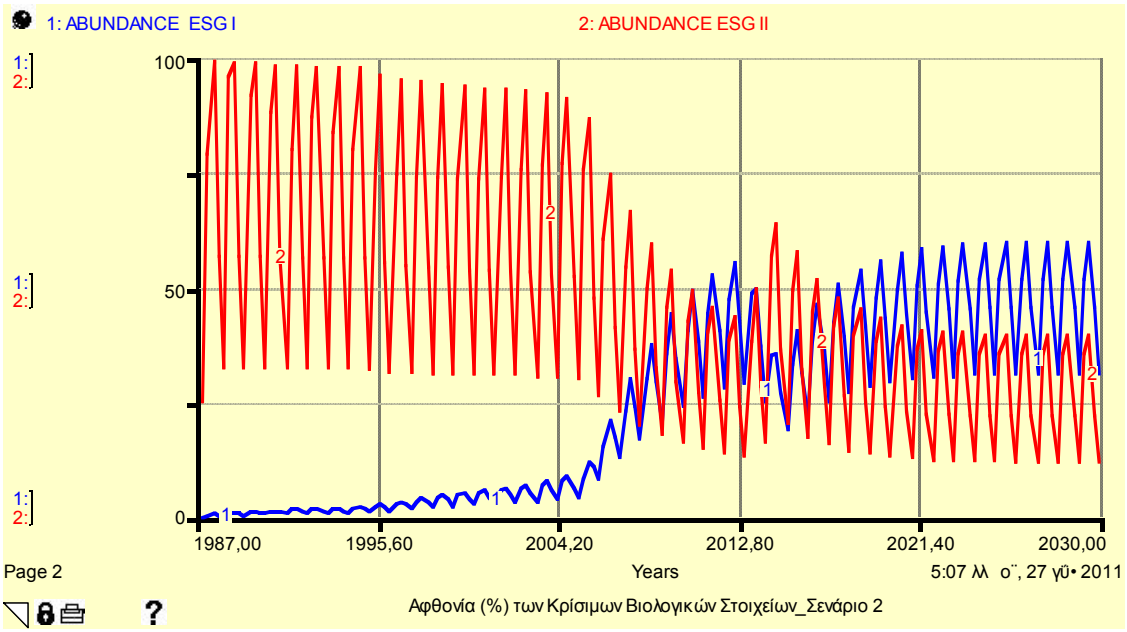
Η παρουσίαση του συγκεκριμένου σεναρίου κρίθηκε απαραίτητη – ακόμα κι αν δεν φαίνεται αρκετά πιθανή- προκειμένου να δούμε κατά πόσο είναι ευαίσθητες οι συνθήκες που επηρεάζουν την οικολογική κατάσταση του Εσωτερικού Σαρωνικού. Είναι φανερό ότι όσο κι αν ο στόχος της απαιτούμενης ΚΟΚ που θέτει η ΟΠΥ φαίνεται να είναι εφικτός για το υπό διερεύνηση οικοσύστημα, υπάρχει το ενδεχόμενο απόκλισης από τον στόχο εάν συντρέχουν οι κατάλληλες συνθήκες. Απόρροια του συγκεκριμένου σεναρίου είναι το συμπέρασμα ότι η κατασκευή και λειτουργία ενός κέντρου επεξεργασίας λυμάτων δεν εξασφαλίζει την επίτευξη του στόχου της βιολογικής βιωσιμότητας ακόμα κι αν ο πληθυσμός και οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες δεν μεταβληθούν. Κλιματολογικοί παράγοντες (αύξηση της έντασης των βροχοπτώσεων που επιφέρει η κλιματική αλλαγή) καθώς και τυχαίοι παράγοντες (π.χ Πετρελαιοκηλίδα) μπορούν να οδηγήσουν σε απόκλιση από την καλή οικολογική κατάσταση.



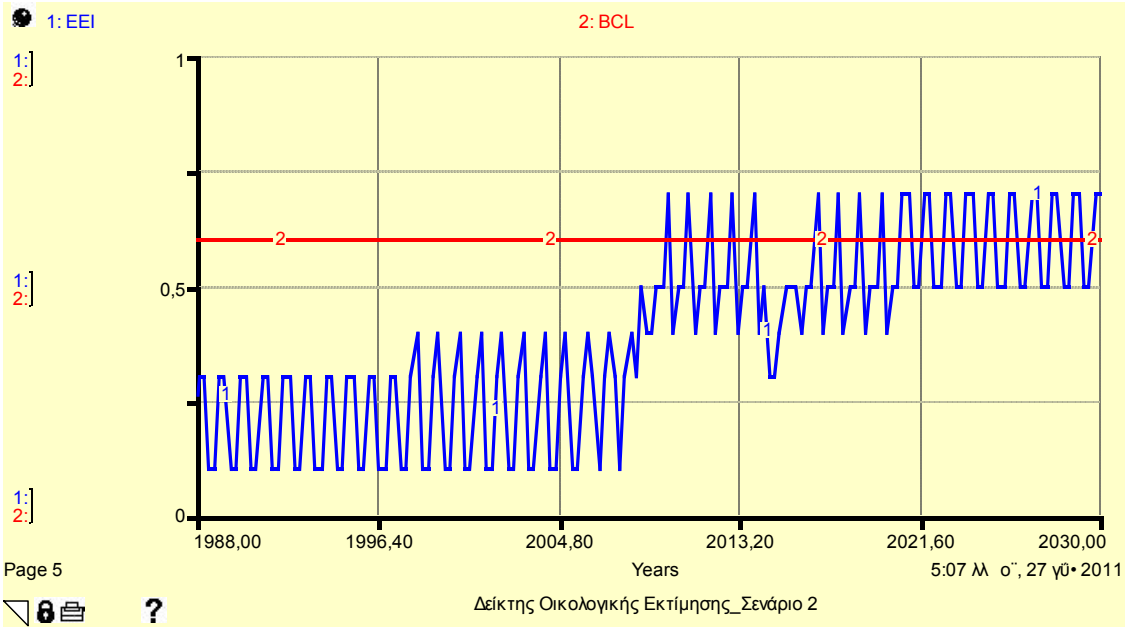
Σχήμα 5.17: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 2



Σχήμα 5.18: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 2



Σχήμα 5.19: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογιών Στοιχείων_Σενάριο 2



Σχήμα 5.20: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 2

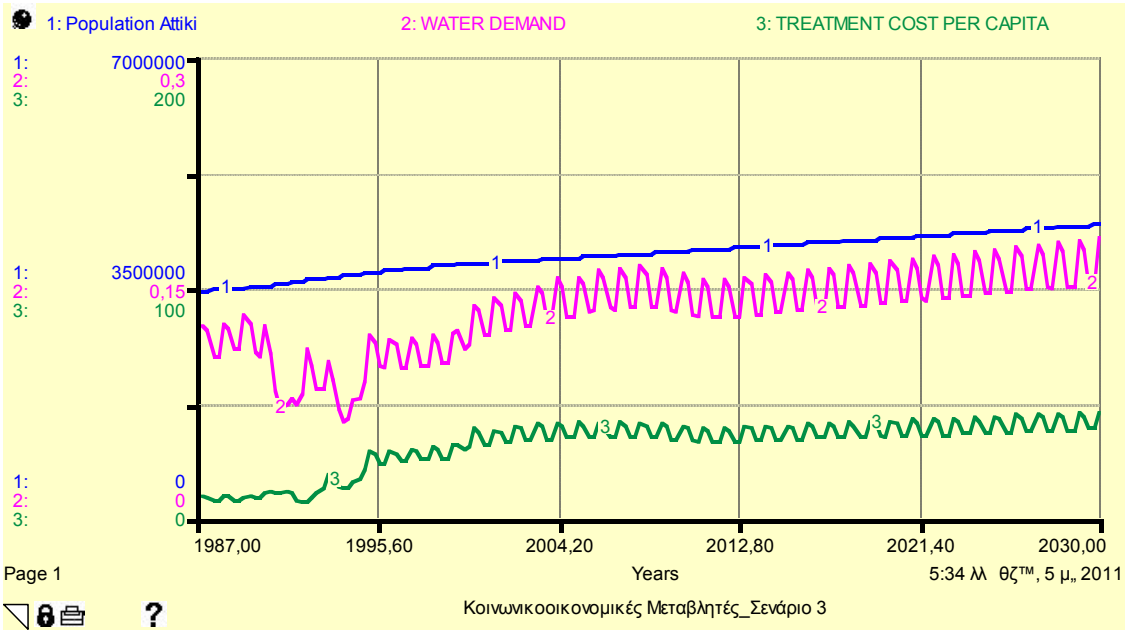
5.6.3 Σενάριο 3: Μη Υιοθέτηση Περιβαλλοντικών Πολιτικών

Η βασική υπόθεση του σεναρίου 3 είναι ότι δεν υιοθετείται καμία περιβαλλοντική πολιτική τόσο για την επεξεργασία λυμάτων όσο και για την οικολογική κατάσταση των

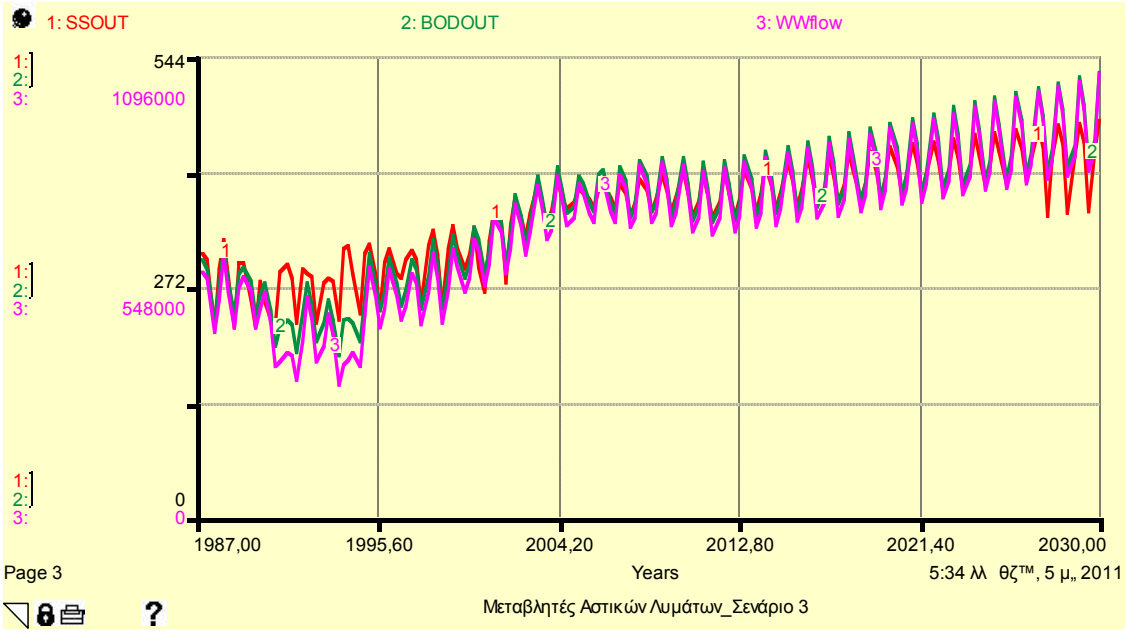
υδάτινων οικοσυστημάτων. Ουσιαστικά το σενάριο 3 διερευνά ποια θα ήταν η υφιστάμενη κατάσταση εάν δεν είχε ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο η Κοινοτική Οδηγία (91/271/ΕΟΚ) και η ΟΠΥ (2000/60/ΕΕ) που θέτουν το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο για την επίτευξη της ΟΒΟΑ σε επίπεδο εφαρμογής. Όπως είναι λογικό η μη υιοθέτηση πολιτικών, που στο ΒΔΜΠ εκφράζεται με την μεταβλητή POLICY του οικονομικού υποσυστήματος, σημαίνει ότι υπάρχουν νομικές και οικονομικές κυρώσεις για την χώρα σε περίπτωση υποβάθμισης των υδάτινων οικοσυστημάτων της. Συνεπώς η μη τήρηση της κοινοτικής νομοθεσίας δημιουργεί εκτός από περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος.

Το σενάριο 3 υποθέτει ότι το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων δεν υφίστανται καμία επεξεργασία. Σε αυτή την περίπτωση όπως φαίνεται από το σχήμα 5.24 ο δείκτης οικολογικής ποιότητας είναι πολύ χαμηλός και παραβιάζονται τα ΚΒΟ και συνεπώς ο στόχος της καλής οικολογικής κατάστασης. Γνωρίζουμε από σχετική έρευνα που αφορά τον Σαρωνικό κόλπο ότι η μέση συνεισφορά των οικολογικών λειτουργιών και υπηρεσιών που δημιούργησε το ΚΕΛΨ στο κατά κεφαλή ΑΕΠ των κατοίκων είναι περίπου 2,35% (Ξενάριος, 2009). Συνεπώς θα μπορούσαμε να πούμε ότι εάν ίσχυε το σενάριο 3 το κατά κεφαλήν ΑΕΠ των κατοίκων θα μειώνονταν κατά 2,35% ενώ ταυτόχρονα οι πολίτες της χώρας θα επωμίζονταν το οικονομικό κόστος που θα προέκυπτε από την μη τήρησης της εθνικής νομοθεσίας. Ωστόσο δεν συμπεριλάβαμε την συγκεκριμένη υπόθεση στο μοντέλο καθώς θεωρούμε ότι η διερεύνηση των επιπτώσεων της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες απαιτεί την πλήρη καταγραφή των χαρακτηριστικών οικονομικών δραστηριοτήτων που επηρεάζονται από τις οικολογικές λειτουργίες και υπηρεσίες (πχ τουρισμός, ψάρεμα κ.α) για μια σειρά ετών. Κάτι τέτοιο εκτός από χρονοβόρο ήταν σχεδόν αδύνατο για την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης αλλά αποτελεί ενδιαφέρον ερευνητικό ερώτημα για μελλοντική επέκταση του ΒΔΜΠ.

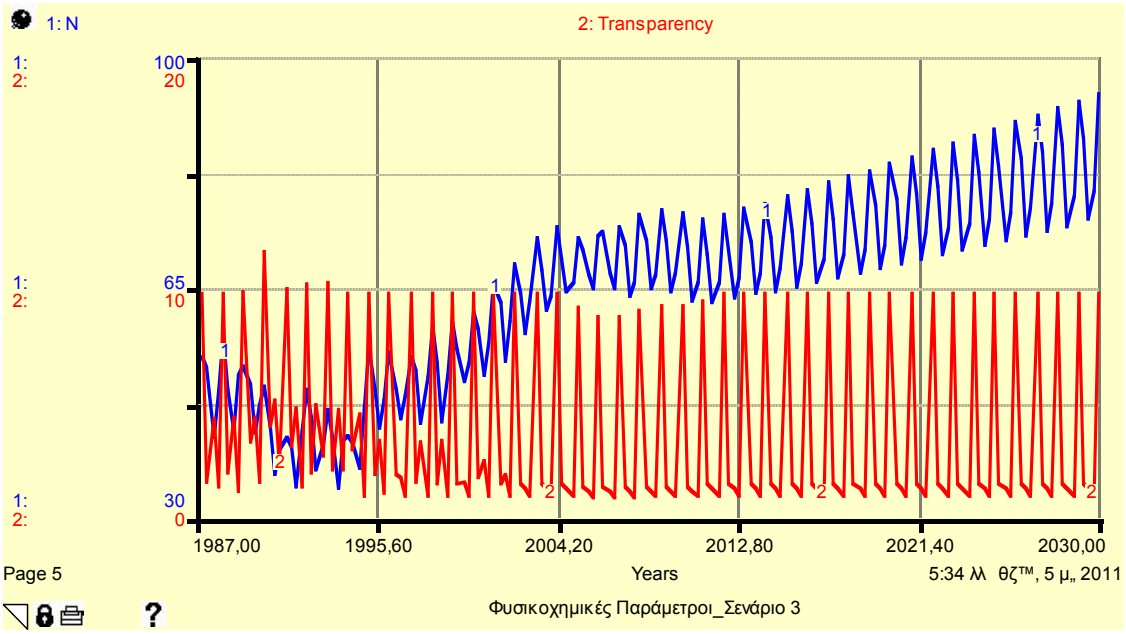
Τα σχήματα 5.20-5.24 παρουσιάζουν τις μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα σενάρια. Το μέσο κατά κεφαλήν κόστος αποχέτευσης είναι για όλα τα έτη χαμηλότερο από το σενάριο αναφοράς καθώς υποθέτουμε ότι το ποσοστό δικαιώματος χρήσης υπονόμων παραμένει στο ίδιο επίπεδο με το έτος 1987 (40% επί της τιμής του καταναλισκόμενου νερού). Η οικολογική κατάσταση του Εσωτερικού Σαρωνικού είναι για όλα τα έτη χαμηλή (χαμηλότερη από το κρίσιμο όριο 0.6) αντανακλώντας την πίεση που δέχεται το οικοσύστημα από το αστικό υποσύστημα.



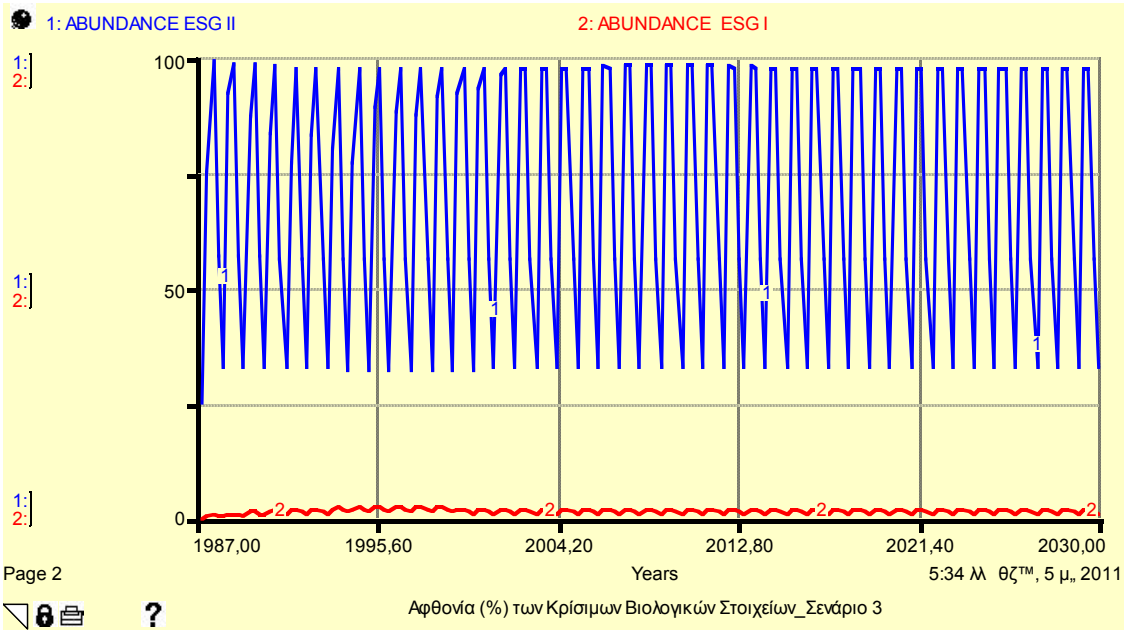
Σχήμα 5.20: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_3



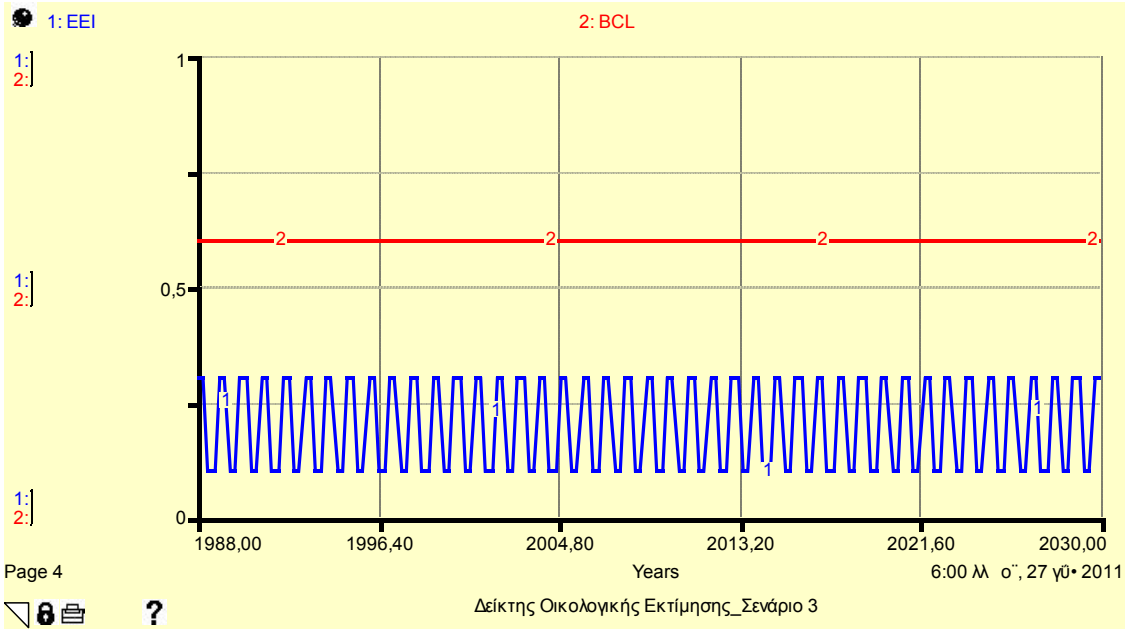
Σχήμα 5.21: Μεταβλητές Αστικού Συστήματος _Σενάριο 3



Σχήμα 5.22: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency) _Σενάριο 3



Σχήμα 5.23: Αφθονία % των Κρίσιμων Βιολογιών Στοιχείων_Σενάριο 3



Σχήμα 5.24: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 3

5.6.4 Σενάριο 4: Αύξηση του Πραγματικού Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ και του Πληθυσμού

Το σενάριο 4 υποθέτει αύξηση του πληθυσμού με ταυτόχρονη αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας που εκφράζεται μέσω της αύξηση του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Η αύξηση του πληθυσμού προέρχεται από την αύξηση του αδρού ποσοστού καθαρής μετανάστευσης, η οποία είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αύξηση που υποθέσαμε στο σενάριο 3. Συγκεκριμένα υποθέτουμε ότι από το 2012 το αδρό ποσοστό καθαρής μετανάστευσης αυξάνεται ετησίως κατά 1,4% και ότι από το 2015 το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ αυξάνεται ετησίως κατά 4%. Για τα προηγούμενα έτη υιοθετούνται οι ίδιες υποθέσεις με το σενάριο αναφοράς (σενάριο 1). Σε κάθε υποσενάριο η εξέλιξη των μεταβλητών είναι ίδια με το σενάριο αναφοράς μέχρι το 2015. οπότε περιγραφή που ακολουθεί επικεντρώνεται από το 2015 μέχρι το 2030. Διακρίνονται οι ακόλουθες τέσσερις περιπτώσεις στο σενάριο 4:

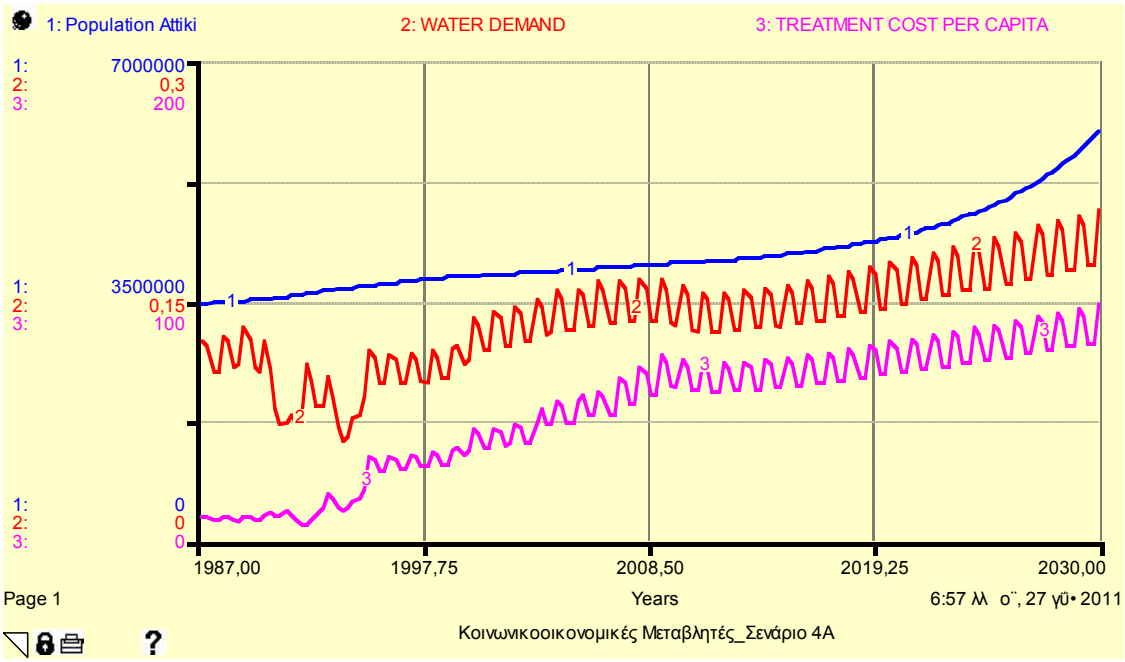
i. Σενάριο 4Α: Αύξηση του ΑΕΠ και του Πληθυσμού χωρίς την δημιουργία νέου ΚΕΛ:

Υιοθετούνται οι βασικές υποθέσεις του σεναρίου 4 και η επιπρόσθετη υπόθεση ότι δεν δημιουργείται νέο ΚΕΛ σε περίπτωση που ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ.

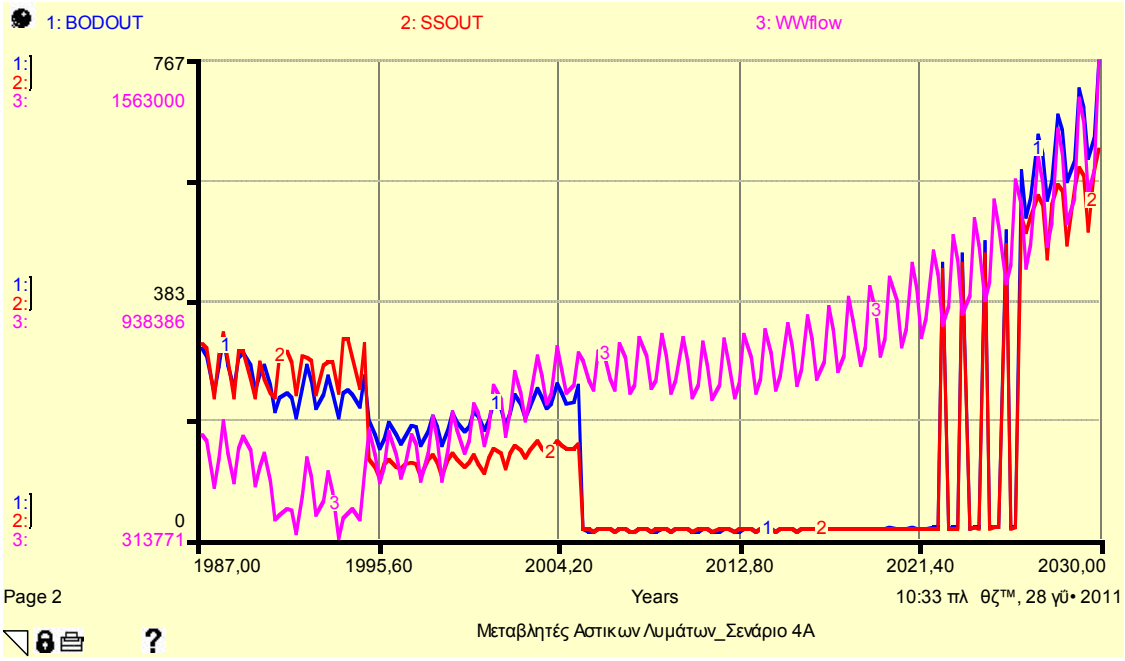
Όπως φαίνεται από το σχήμα 5.25 η αύξηση του αδρού ποσοστού μετανάστευσης οδηγεί σε μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού συγκριτικά με αυτήν που υπήρχε στα προηγούμενα σενάρια. Επιπλέον, η αύξηση του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ αυξάνει την κατά κεφαλήν ζήτηση νερού καθώς η εισοδηματική ελαστικότητα όπως αναφέρθηκε ήδη στο υποκεφάλαιο 5.5 είναι θετική. Άμεση συνέπεια της αύξησης του πληθυσμού και της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού είναι η αύξηση του όγκου των αστικών λυμάτων και του ρυπαντικού τους φορτίου. Όπως φαίνεται από το σχήμα 5.26, από το 2023 και έπειτα φαίνεται ότι η ικανότητα του ΚΕΛΨ ξεπερνιέται υποδεικνύοντας την ανάγκη για την επέκταση του υπάρχοντος ΚΕΛ ή την κατασκευή νέου. Ωστόσο στο σενάριο 4Α υποθέτουμε ότι δεν δημιουργείται νέο ΚΕΛ με αποτέλεσμα την εισροή ακαθάρτων στον Εσωτερικό Σαρωνικό Κόλπο. Υιοθετώντας την υπόθεση ότι η ικανότητα επεξεργασίας των λυμάτων μηδενίζεται όταν ξεπερνιέται η φέρουσα ικανότητα του συστήματος, ουσιαστικά το BODOUT και το SSOUT ισούται με το BODIN και SSIN[5]. Η αύξηση του BODOUT και του SSOUT οδηγεί σε αύξηση του ευτροφισμού που εκφράζεται στο ΒΔΜΠ μέσα από τα νιτρικά και την διαφάνεια. Συγκεκριμένα το σχήμα 5.27 δείχνει ότι από το 2023 και έπειτα οι συγκεντρώσεις νιτρικών αυξάνονται και η διαφάνεια μειώνεται οδηγώντας σε αύξηση της αφθονίας του ESGII και μείωση του ESG I. Σε όρους οικολογικής ποιότητας η οικολογική κατάσταση του Εσωτερικού Σαρωνικού μειώνεται από το 2023 και έπειτα. Ωστόσο η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας που θέτει η προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων

[5] Η συγκεκριμένη υπόθεση υιοθετείται για λόγους απλοποίησης. Στην πραγματικότητα αυτό που θα συνέβαινε είναι ότι το ΚΕΛΨ θα εξυπηρετούσε τον όγκο των λυμάτων που αντιστοιχεί στη φέρουσα ικανότητα του (και λίγο μικρότερη) και τα υπόλοιπα λύματα θα διοχετευόντουσαν ανεπεξέργαστα στην θάλασσα. Ωστόσο το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων που θα εισέρχονταν ανεπεξέργαστα στην θάλασσα επαρκεί για την υποβάθμιση της οικολογικής ποιότητας στα επίπεδα του 1987.

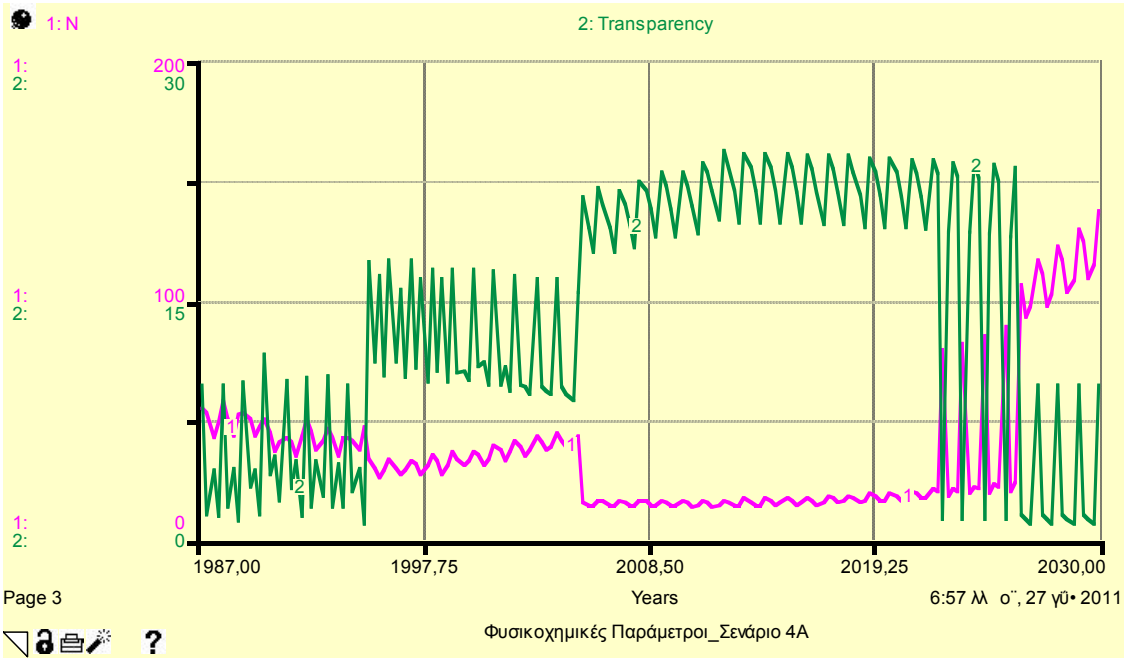
παραβιάζεται όπως απεικονίζει το σχήμα 5.29, από το 2028 παίρνοντας τιμές χαμηλότερες του 0.6.



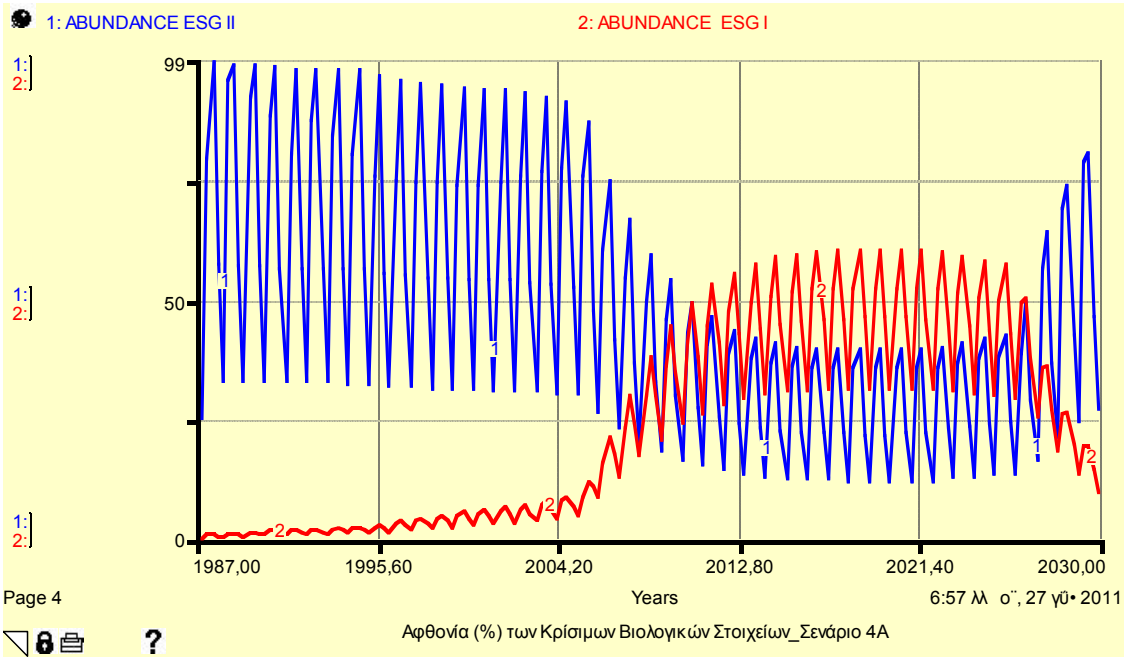
Σχήμα 5.25: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_4A



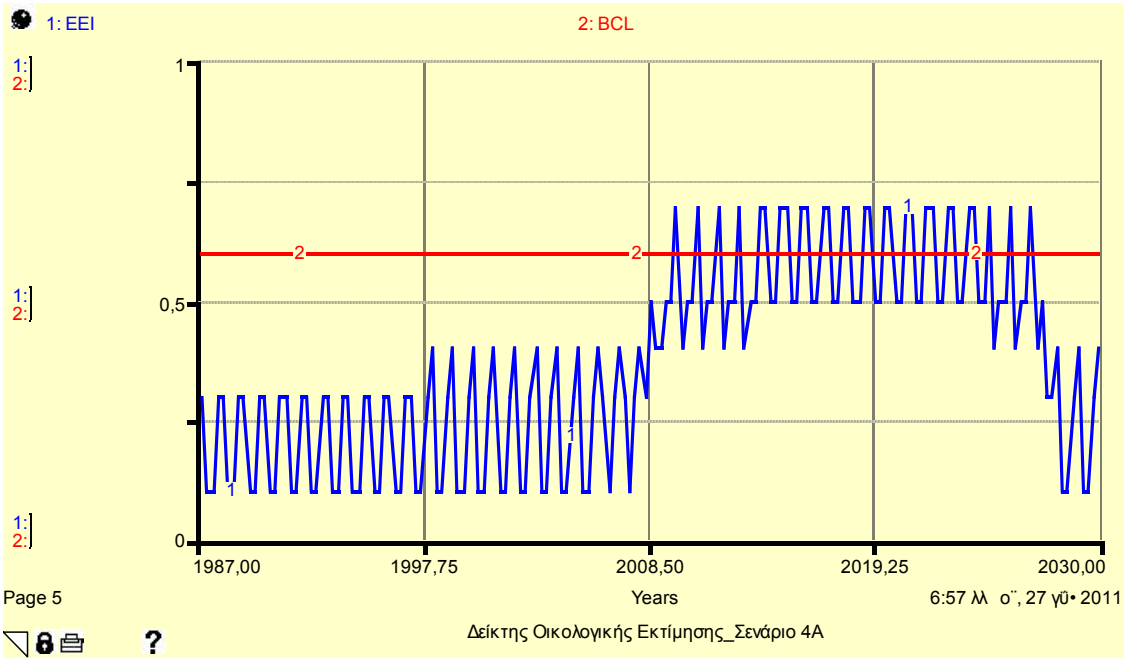
Σχήμα 5.26:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο_4A



Σχήμα 5.27: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4A



Σχήμα 5.28: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4A



Σχήμα 5.29: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4Α

ii. Σενάριο 4Β: Αύξηση του ΑΕΠ, της μέσης τιμής νερού και του πληθυσμού με την δημιουργία νέου ΚΕΛ:

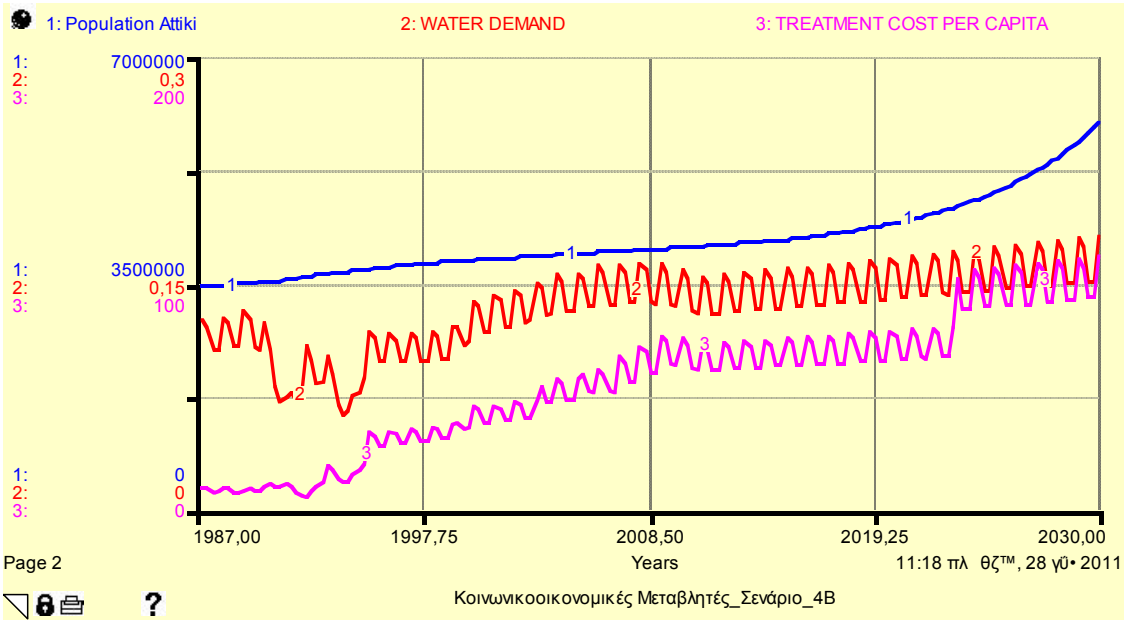
Στο σενάριο 4Β υιοθετούνται οι βασικές υποθέσεις του σεναρίου 4 και δύο επιπρόσθετες υποθέσεις. Πρώτον, σε περίπτωση που ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του συστήματος δημιουργείται νέο ΚΕΛ. Δεύτερον, η μέση πραγματική τιμή του νερού από το 2015 αυξάνεται κατά 4%.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των σεναρίων 4Α και 4Β φαίνεται ότι όσον αφορά την κατά κεφαλή ζήτηση νερού, η αύξηση των τιμών έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της ζήτησης νερού περίπου στα ίδια επίπεδα που συναντώνται στο σενάριο αναφοράς. Άμεση συνέπεια του περιορισμού της ζήτησης νερού είναι η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ να ξεπερνιέται σε σχέση με το σενάριο 4Α δύο χρόνια αργότερα, το 2022 (σχήμα 5.26 και 5.27).

Η δημιουργία νέου ΚΕΛ περιορίζει το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και κατά συνέπεια τον ευτροφισμό που εκφράζεται μέσα από τις συγκεντρώσεις νιτρικών και την διαφάνεια

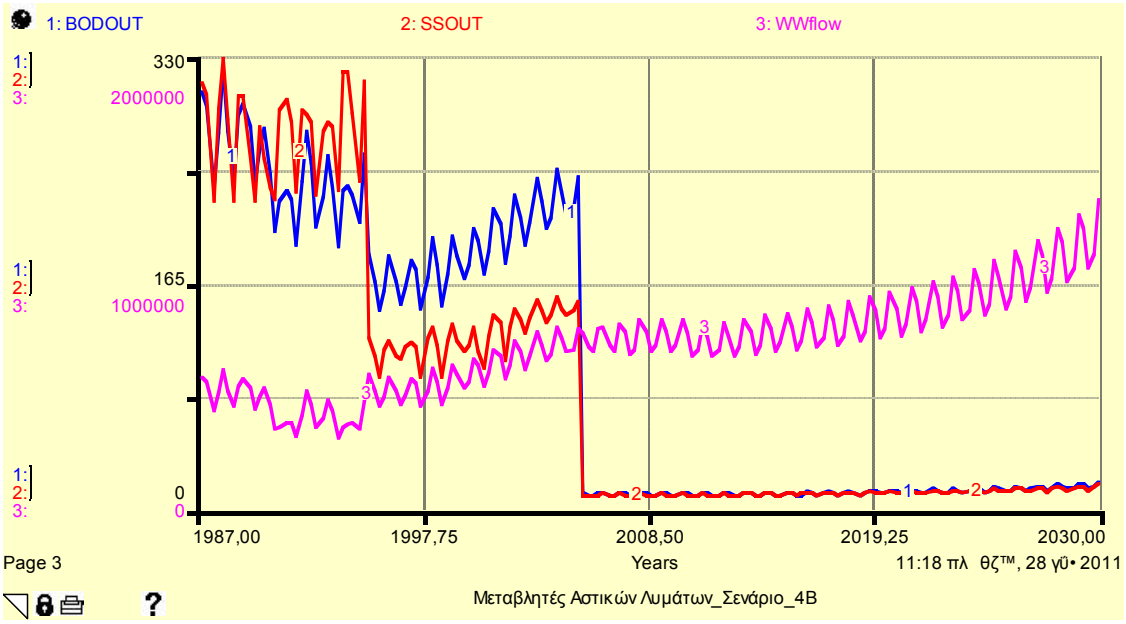
στον εσωτερικό Σαρωνικό. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μια τάση αύξησης των νιτρικών και μείωση της διαφάνειας από το 2025 που αντανακλά ότι η πίεση που δέχεται ο Εσωτερικός Σαρωνικός, παρά την ύπαρξη ΚΕΛ που εξυπηρετεί το σύνολο του όγκου των λυμάτων, αυξάνει.

Σε όρους οικολογικής ποιότητας η δημιουργία νέου ΚΕΛ εξασφαλίζει την συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας που θέτει η προσέγγιση των ΚΒΟ. Όπως απεικονίζουν τα σχήματα 5.29 και 5.30 η σχέση αφθονίας των δύο ομάδων φυτών εξασφαλίζει με βάση τον δείκτη οικολογικής εκτίμησης την καλή οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού.

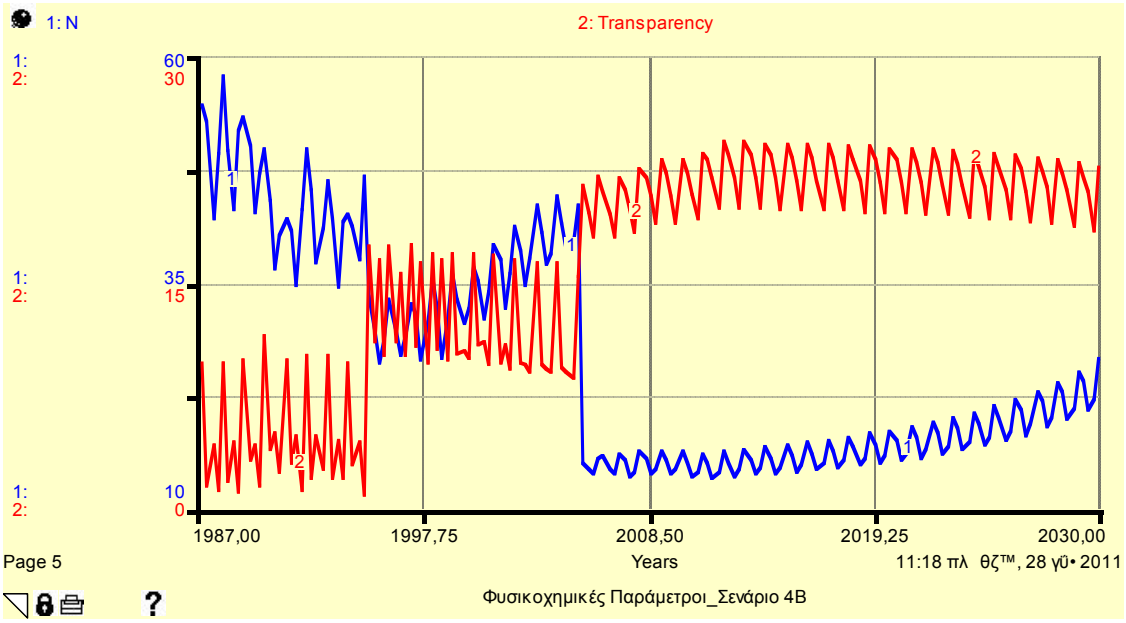


Σχήμα 5.26: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο_4B

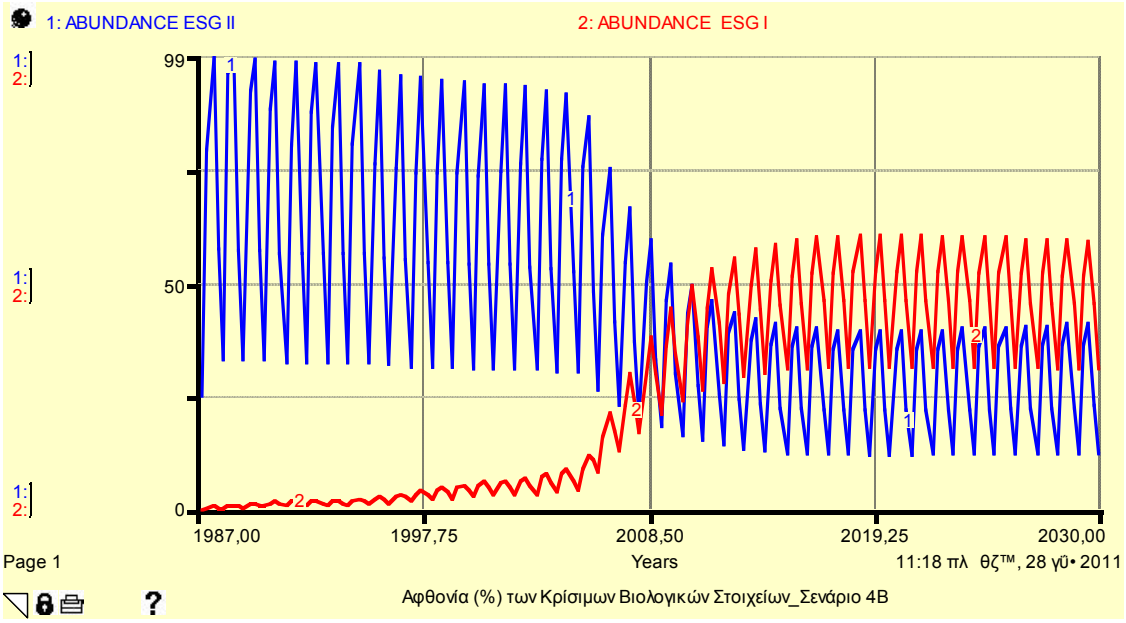
Συνεπώς προκύπτει ότι εάν αυξηθεί ο πληθυσμός και η συνάρτηση ζήτησης περιγράφεται όπως στην σχέση 5.11, τότε η επίτευξη των στόχων της ΟΠΥ είναι εφικτή. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταβάλλοντας την ελαστικότητα ζήτησης νερού ως προς την τιμή από -0.231 σε -0.1, δηλαδή μειώνοντας την αντίδραση των καταναλωτών στην αύξηση τιμών, τα αποτελέσματα του σχήματος 5.30 παραμένουν ίδια. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η οριακή μεταβολή της ζήτησης νερού έχει μικρή επίδραση στο ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων που επηρεάζει την οικολογική κατάσταση του υπό εξέταση οικοσυστήματος.



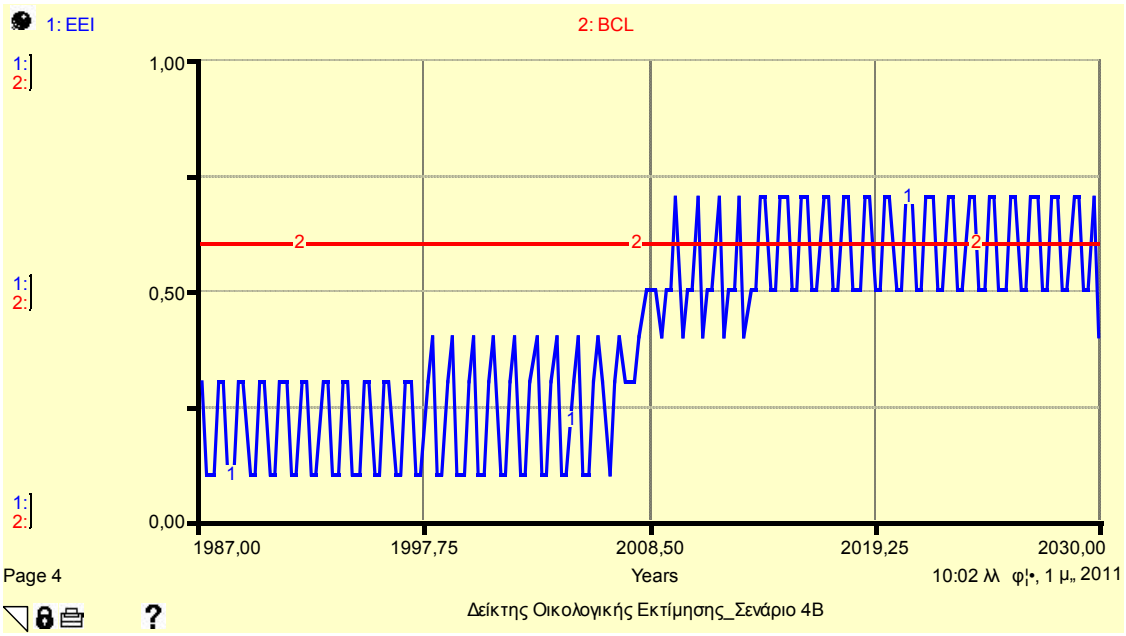
Σχήμα 5.27:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο_4B



Σχήμα 5.28: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4B



Σχήμα 5.29: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4Β

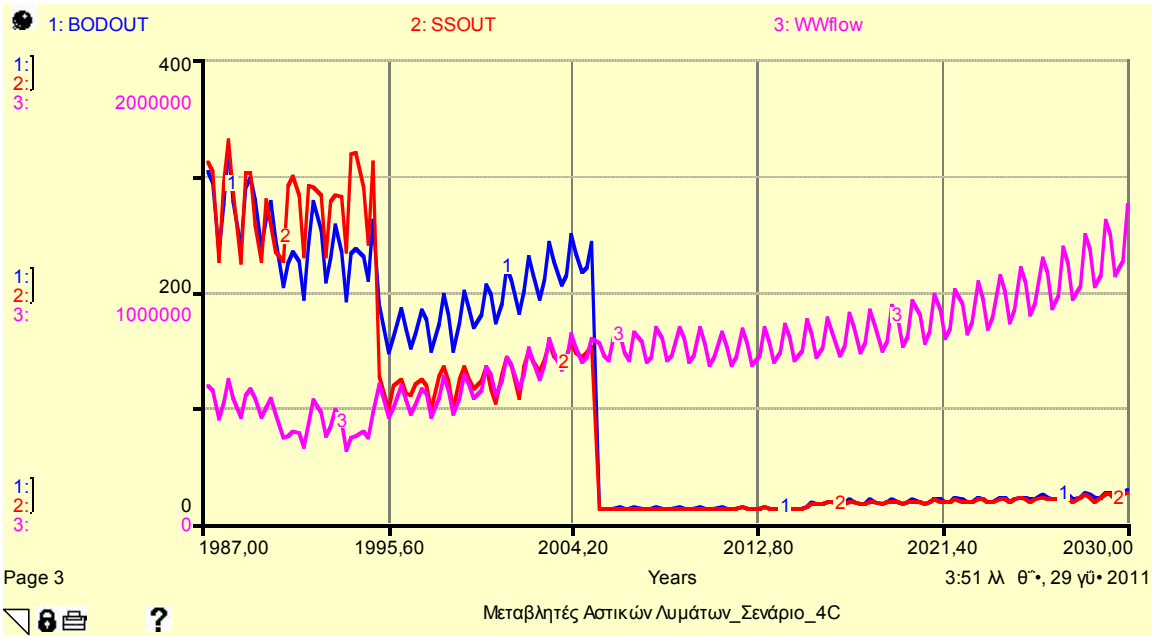


Σχήμα 5.30: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4Β

iii. Σενάριο 4C: Αύξηση του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ, της πραγματικής μέσης τιμής νερού, του Πληθυσμού και της βιομηχανικής συνιστώσας με την δημιουργία νέου ΚΕΛ:

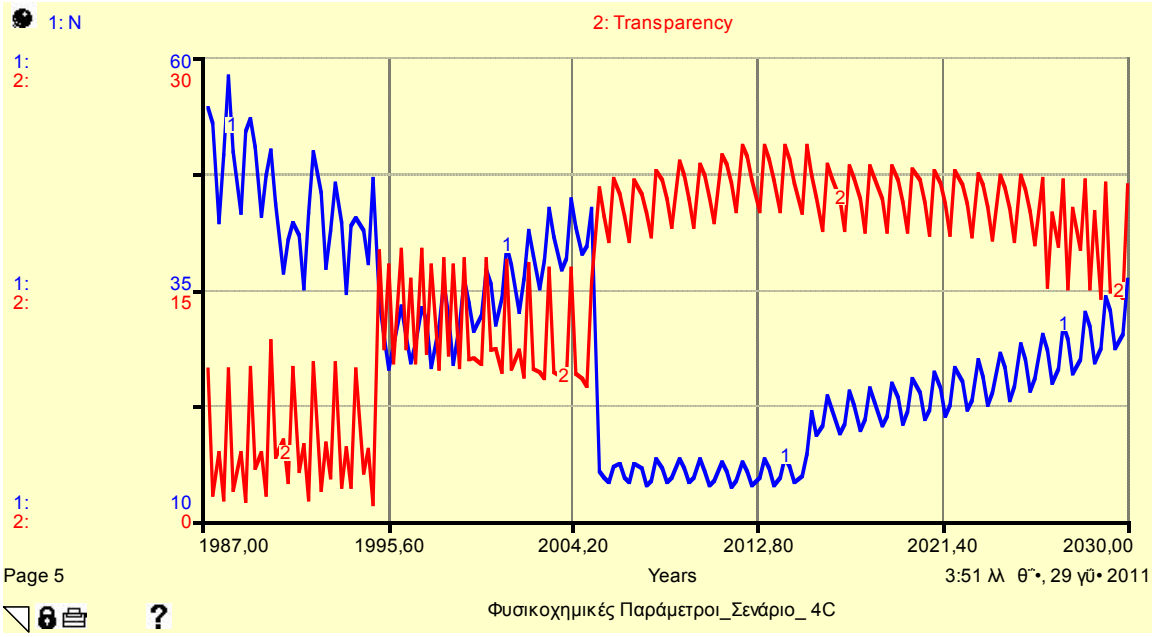
Το σενάριο 4C υιοθετεί τις υποθέσεις του σεναρίου 4B με την διαφορά ότι υποθέτει ότι αύξηση του ΑΕΠ οφείλεται κυρίως σε αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας η οποία έχει υψηλότερο ρυπαντικό φορτίο. Σε αυτή την περίπτωση η συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο έχουμε υποθέσει ότι αυξάνεται από το 2015 και εκφράζεται μέσα από την αύξηση των μεταβλητών του αστικού συστήματος SSRATE και BODRATE κατά 30%.

Σε αυτή την περίπτωση οι κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές παραμένουν στα ίδια επίπεδα με το σενάριο 4B (σχήμα 5.26) και παρατηρούνται μεταβολές στο ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων που εκφράζεται μέσα από τις μεταβλητές των αστικών λυμάτων (BODOUT, SSOUT) του σχήματος 5.31.



Σχήμα 5.31:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο4C

Όπως παρατηρείται από το σχήμα 5.32 το ρυπαντικό φορτίο αυξάνεται από το 2015 επηρεάζοντας οριακά τις φυσικοχημικές παραμέτρους του σχήματος 5.32. Συγκεκριμένα, η διαφάνεια αρχίζει να μειώνεται και τα νιτρικά να αυξάνονται.



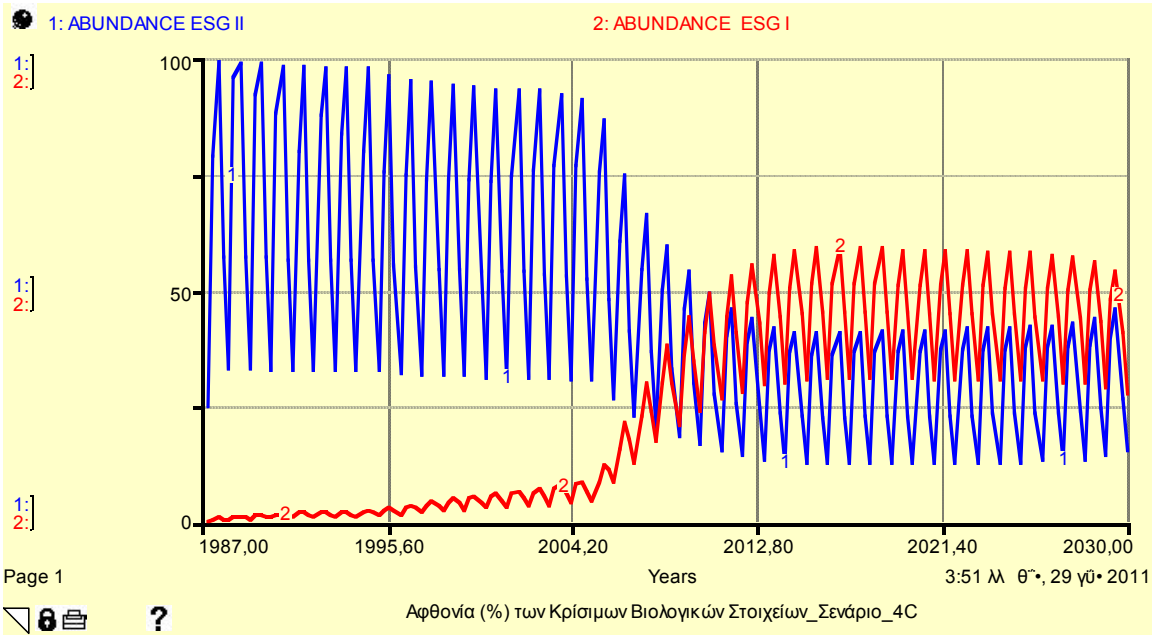
Σχήμα 5.32: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4C

Άμεση συνέπεια της μεταβολής των φυσικοχημικών παραμέτρων είναι η μεταβολή των ποσοστών αφθονίας των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων (σχήμα 5.33) και η οριακή μείωση της οικολογικής ποιότητας του Εσωτερικού Σαρωνικού (σχήμα 5.34). Συγκεκριμένα, όπως απεικονίζει το σχήμα 5.34, από το 2028 και πέρα υπάρχει μια τάση μείωσης της οικολογικής ποιότητας που οφείλεται στην οριακή αύξηση του ποσοστού αφθονίας του ESG II και στην οριακή μείωση του ποσοστού αφθονίας του ESG I. Άμεση συνέπεια της συγκεκριμένη μεταβολής είναι η μείωση του δείκτη οικολογικής εκτίμησης για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Συνεπώς προκύπτει ότι ο στόχος της καλής οικολογικής κατάστασης που θέτει η ΟΠΥ οριακά ικανοποιείται υποδηλώνοντας ότι η εξασφάλιση και διατήρηση της βιολογικής βιωσιμότητας που θέτει η προσέγγιση των ΚΒΟ είναι αρκετά εύθραυστη και απαιτεί πέρα από την δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων την συγκράτηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων σε χαμηλά επίπεδα.

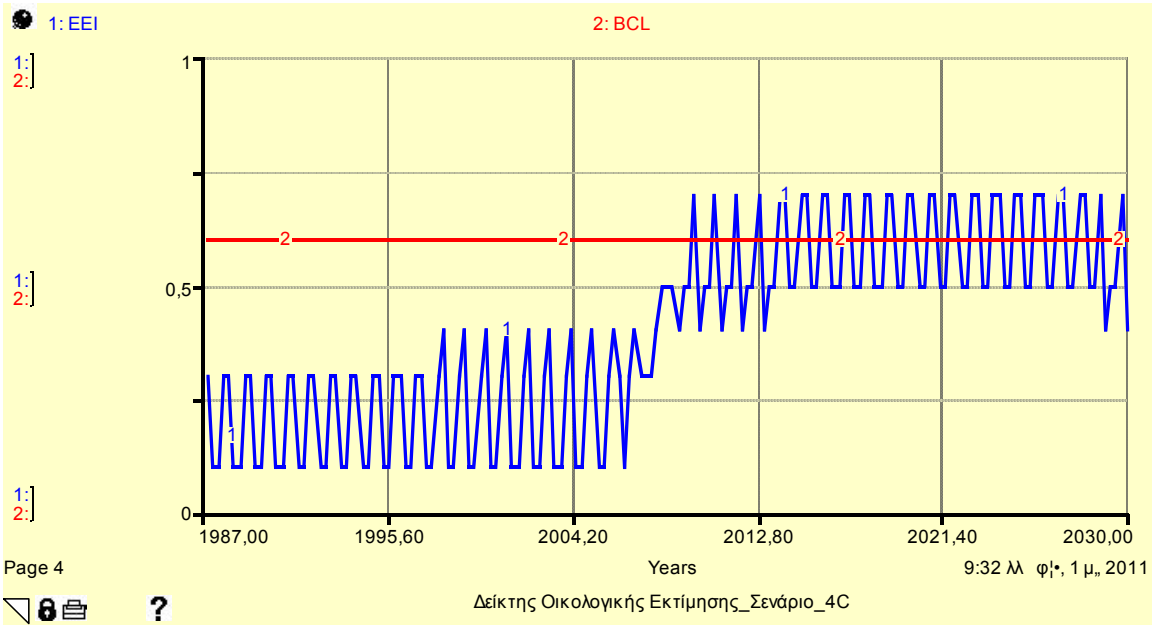
Το συγκεκριμένο σενάριο σε τυπικούς όρους είναι σχετικά απίθανο να συμβεί καθώς το ΚΕΛΨ επεξεργάζεται υγρά βιομηχανικών αποβλήτων με χαρακτηριστικά που διαφέρουν ελάχιστα από αυτά των οικιακών λυμάτων. Όμως παρατηρείται συχνά ότι το εισερχόμενο ρυπαντικό φορτίο στο ΚΕΛΨ έχει ασυνήθιστα υψηλό BODIN και SSIN φανερώνοντας ότι η συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας δεν είναι αμελητέα.

Να σημειωθεί ότι δοκιμές που έγιναν για μεγαλύτερες (0.275) και μικρότερες (0.1) ελαστικότητες ζήτησης ως προς την τιμή επισπεύδουν η αντίστοιχα επιβραδύνουν την

μείωση της τιμής του δείκτη οικολογικής εκτίμησης. Σε κάθε περίπτωση η αύξηση του πληθυσμού με την παράλληλη αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας και του ΑΕΠ είναι καθοριστική και η υποβάθμιση του παράκτιου οικοσυστήματος αναπόφευκτη.



Σχήμα 5.33: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4C

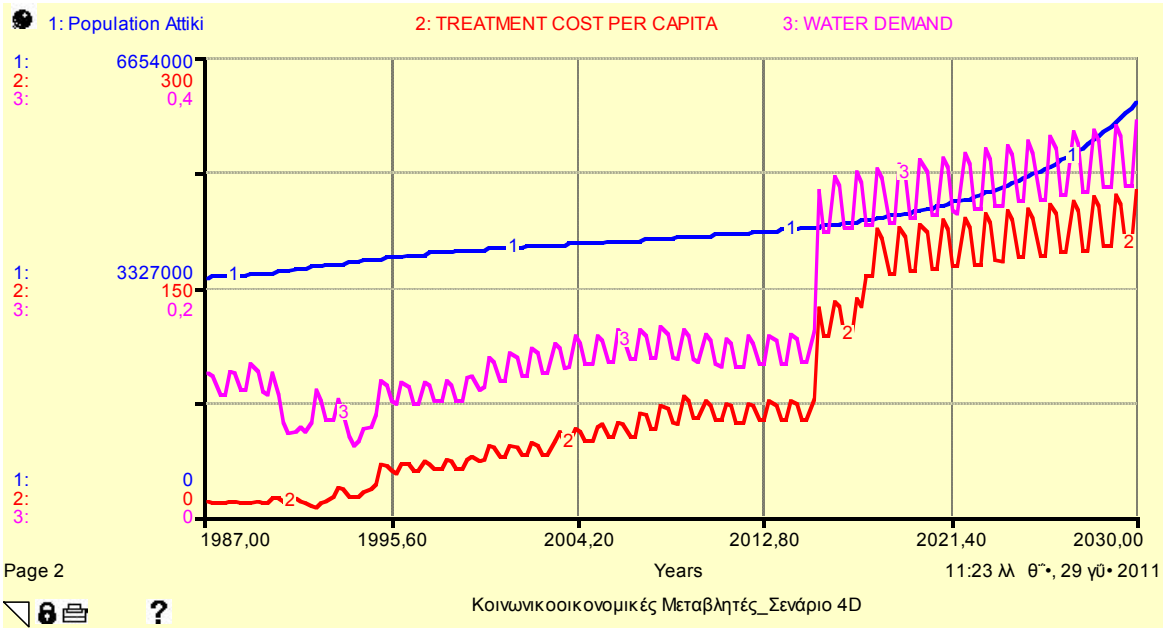


Σχήμα 5.34: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4C

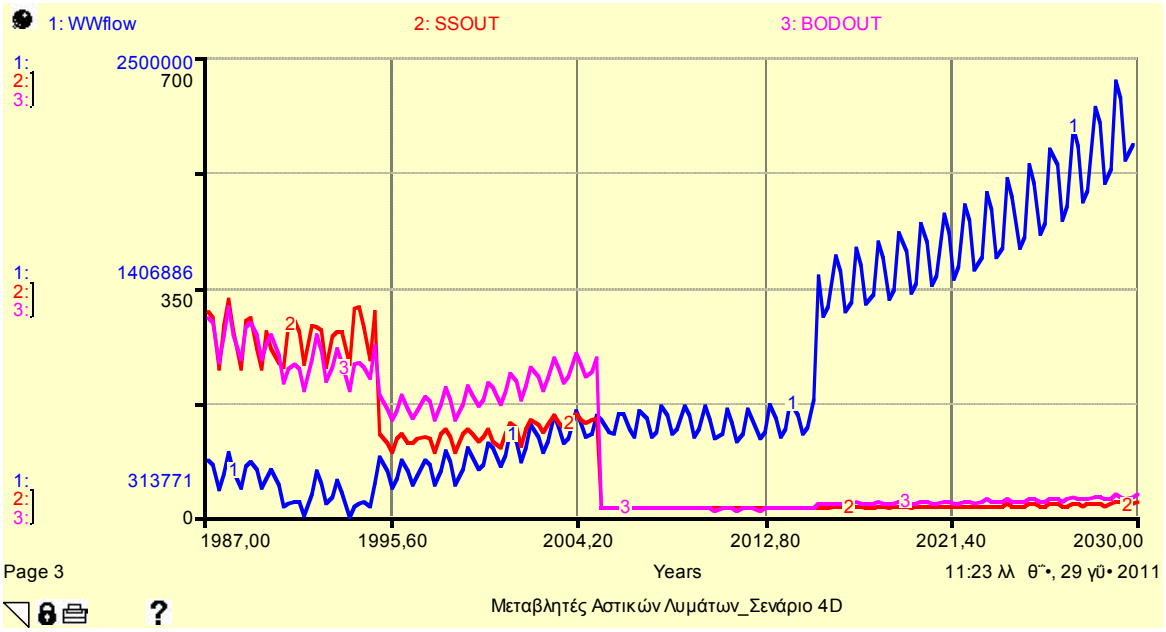
iv. Σενάριο 4D: Αύξηση του ΑΕΠ, της μέσης τιμής νερού, του πληθυσμού και μεταβολή της εισοδηματικής ελαστικότητας με την δημιουργία νέου ΚΕΛ:

Το σενάριο 4D υιοθετεί τις ίδιες υποθέσεις με το σενάριο 4Β και επιπρόσθετα θεωρεί ότι η εισοδηματική ελαστικότητα της ζήτησης νερού από 0.44 μεταβάλλεται το 2015 σε 0.5. Θεωρούμε ότι οι συγκεκριμένη μεταβολή οφείλεται σε αλλαγή των προτιμήσεων των καταναλωτών/μεταβολή των καταναλωτικών τους προτύπων.

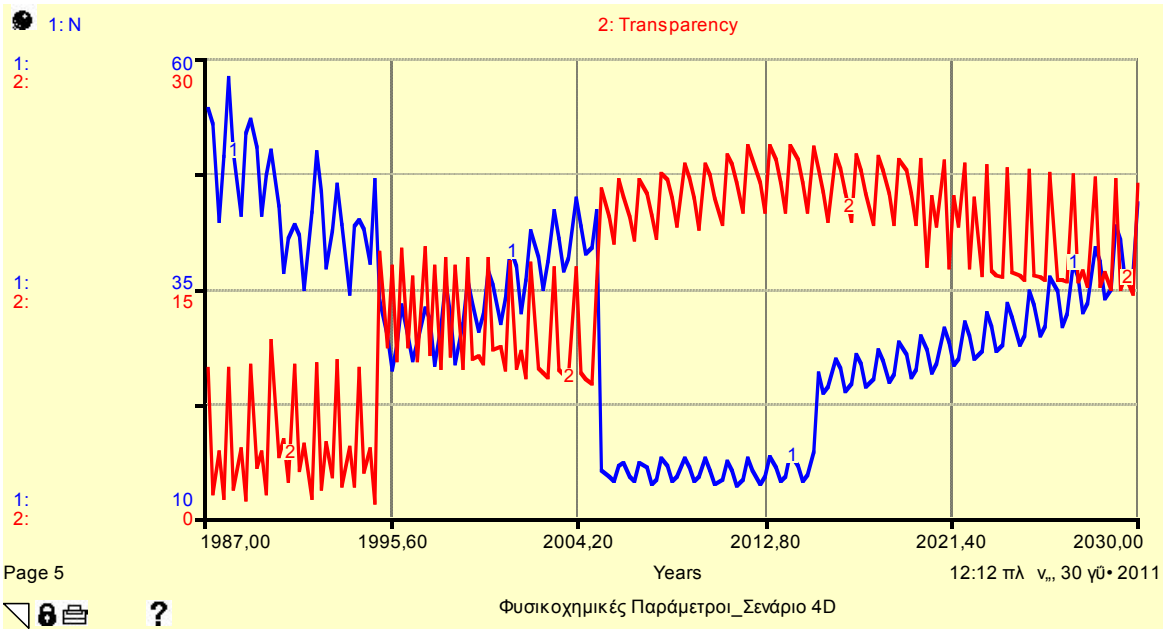
Η αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητας των καταναλωτών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια, η αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητα σε συνδυασμό με την αύξηση του εισοδήματος έχει ως αποτέλεσμα την κατακόρυφη άνοδο της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού όπου από το 2015 κατά μέσο όρο είναι 0.29 m^3/κάτοικο/ημέρα. Να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη κατά κεφαλήν κατανάλωση είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτήν που αναφέρεται στην βιβλιογραφία για τις ΗΠΑ (0.575 m^3/κάτοικο/ημέρα) και άλλες χώρες της Δύσης (United Nations Development Program - Human Development Report, 2006).



Σχήμα 5.35: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 4D



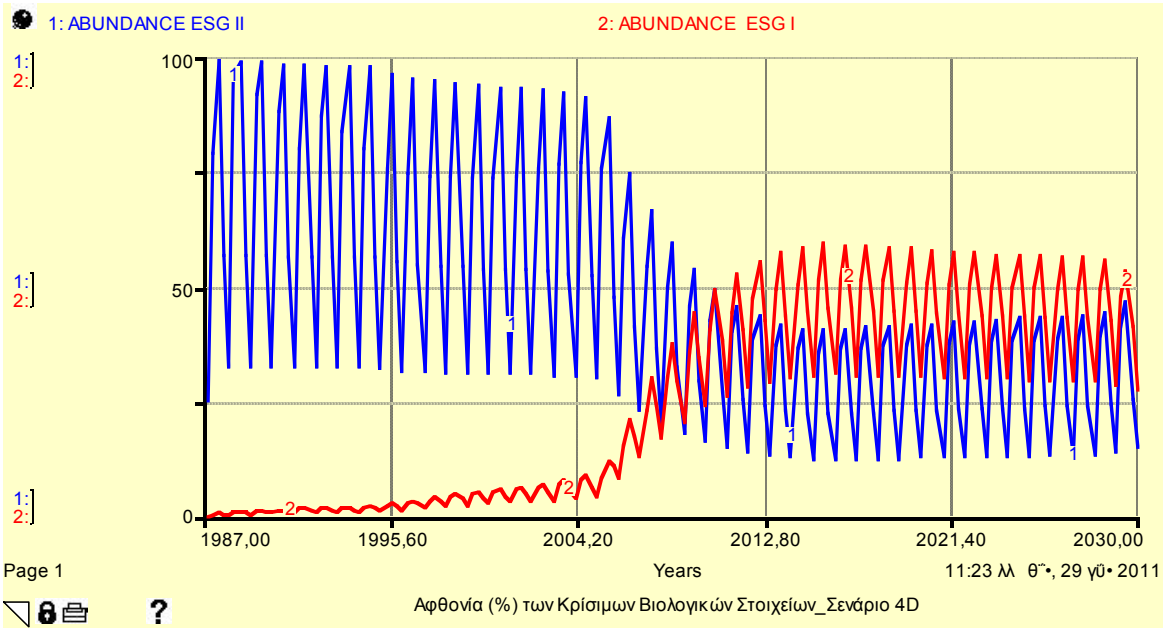
Σχήμα 5.36:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 4D



Σχήμα 5.37: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 4D

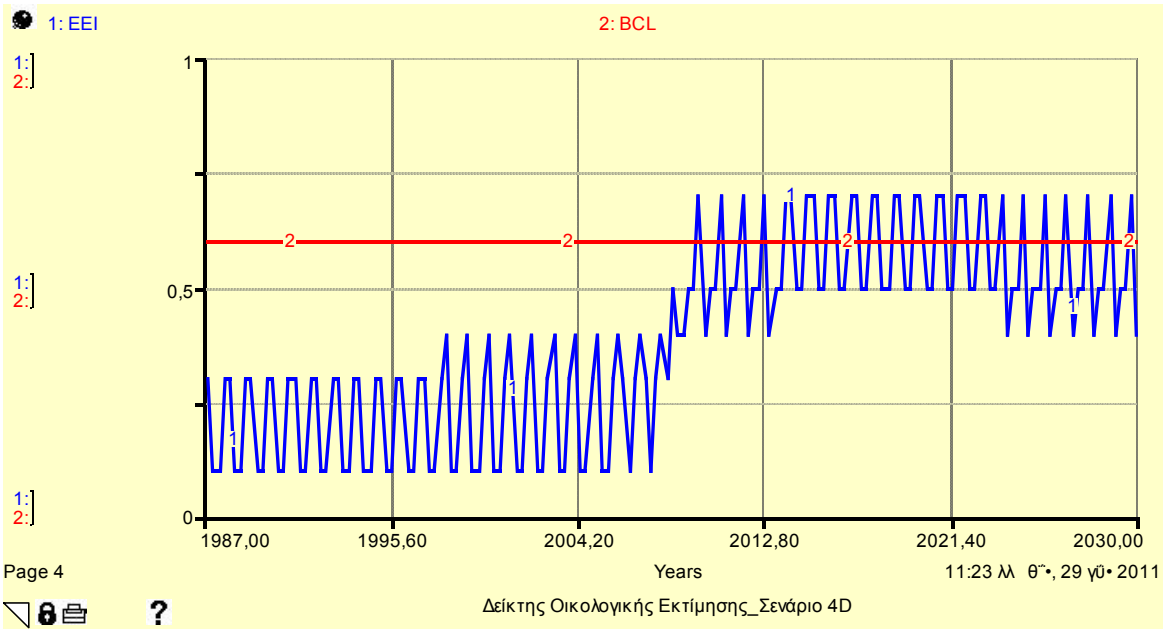
Η αύξηση της κατανάλωσης νερού οδηγεί σε αύξηση του όγκου των λυμάτων και του ρυπαντικού φορτίου που εισέρχεται στον υδατικό αποδέκτη, τον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Από το 2015, όπως δείχνει το σχήμα 5.36, υπάρχει τάση αύξησης του BODOUT και SSOUT οδηγώντας σε αύξηση του ευτροφισμού που εκφράζεται μέσα από την

αύξηση των νιτρικών και την μείωση της διαφάνειας. Οι συγκεκριμένες μεταβολές είναι οριακές και οδηγούν μικρή μεταβολή των ποσοστών αφθονίας των υπό διερεύνηση κρίσιμων βιολογικών στοιχείων. Ωστόσο η μικρή μεταβολή των ποσοστών αφθονίας του κρίσιμων βιολογικών στοιχείων είναι ικανή να μειώσει τον δείκτη οικολογικής εκτίμησης του σχήματος 5.39 και μακροχρόνια να οδηγήσει σε παραβίαση των κρίσιμων βιολογικών ορίων που θέτει η προσέγγιση ΚΒΟ.



Σχήμα 5.38: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 4D

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα των σεναρίων 4C και 4D, η τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει και να εξασφαλίσει την μη παραβίαση των κρίσιμων ορίων μέχρι το επίπεδο που το ρυπαντικό φορτίο που προέρχεται από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες δεν ξεπερνάει κάποια κρίσιμα όρια. Συνεπώς, για την εξασφάλιση της συνθήκης της βιολογικής βιωσιμότητας και κατ' επέκταση την επίτευξη του στόχου της καλής οικολογικής κατάστασης που θέτει η ΟΠΥ ο κρίσιμος παράγοντας είναι το ρυπαντικό φορτίο που εισέρχεται στον υδάτινο αποδέκτη. Το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων προέρχεται από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες και επηρεάζει μέσα από τις φυσικοχημικές παραμέτρους τον ρυθμό αύξησης των δύο ομάδων φυτών. Το ρυπαντικό φορτίο μεταβάλλεται μέσα από τον πληθυσμό, την κατανάλωση νερού και την βιομηχανική δραστηριότητα.



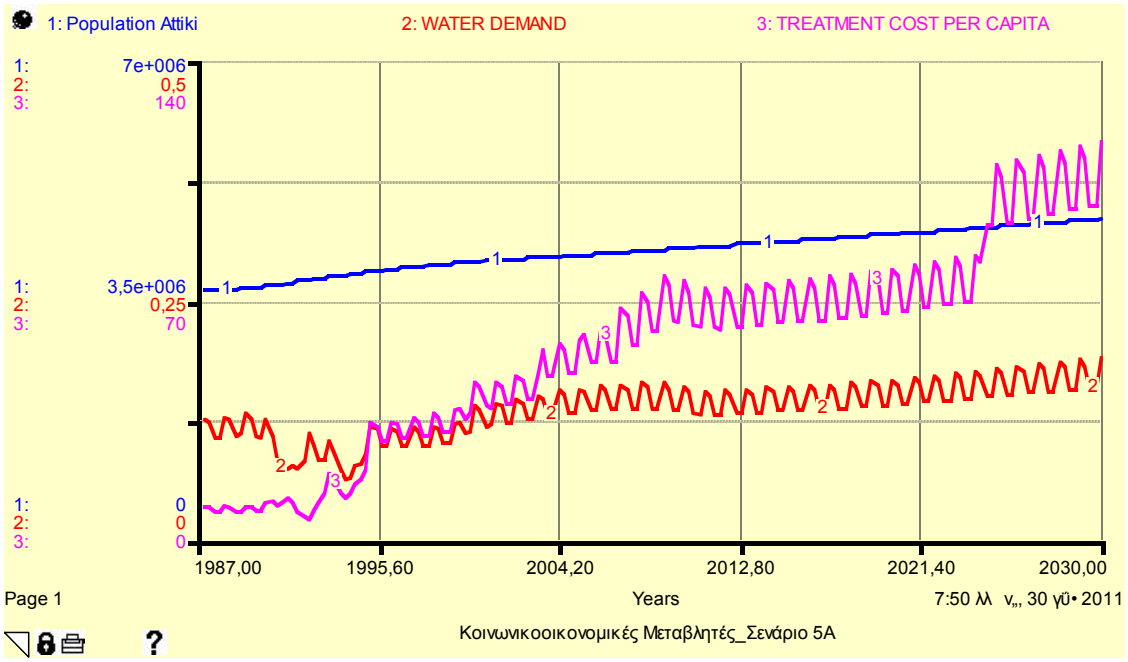
Σχήμα 5.39: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 4D

5.6.5 Σενάριο 5: Αύξηση του Πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και με σταθερό Πληθυσμό.

Το σενάριο 5 υποθέτει αύξηση του πληθυσμού είναι αντίστοιχη με αυτήν του σεναρίου αναφοράς (σενάριο 1). Η βασική υπόθεση του σεναρίου 5 είναι ότι το ΑΕΠ από το 2020 έχει ετήσιο ρυθμό αύξησης 6% και η μέση πραγματική τιμή του νερού από το 2015 αυξάνεται κατά 4% ετησίως. Για τα προηγούμενα έτη υιοθετούνται οι ίδιες υποθέσεις με το σενάριο 4. Σε κάθε υποσενάριο η εξέλιξη των μεταβλητών είναι ίδια με το σενάριο αναφοράς μέχρι το 2015. Η περιγραφή που ακολουθεί επικεντρώνεται από το 2015 μέχρι το 2030. Διακρίνονται οι ακόλουθες δύο περιπτώσεις στο σενάριο5:

i. ***Σενάριο 5Α: Αύξηση του Πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ με την δημιουργία νέου ΚΕΛ:***

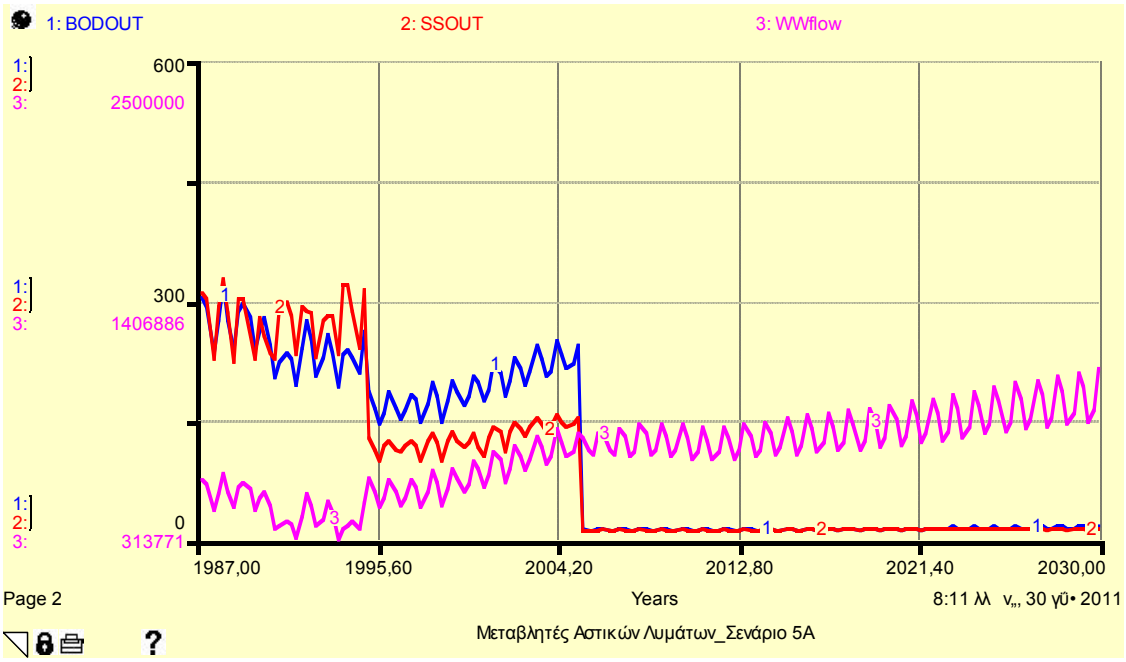
Το σενάριο 5Α υιοθετεί τις βασικές υποθέσεις του σεναρίου 5 και για τις υπόλοιπες μεταβλητές που συνθέτουν το μοντέλο υιοθετεί τις υποθέσεις του σεναρίου αναφοράς. Όπως απεικονίζει το διάγραμμα 5.30, σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, αυξάνεται η κατά κεφαλή ζήτηση νερού καθώς αυξάνεται το κατά κεφαλή εισόδημα του πληθυσμού. Ωστόσο η συγκεκριμένη αύξηση είναι οριακή, με τελικό ποσόν κατά κεφαλήν ζήτησης νερού 0.190 m3/ημέρα.



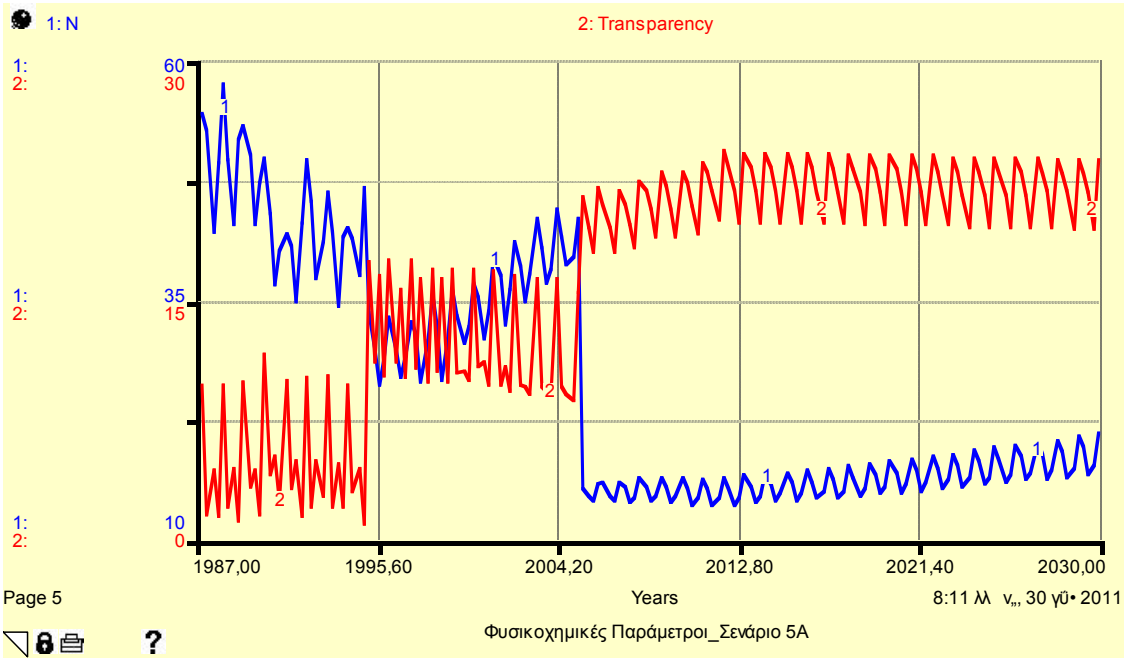
Σχήμα 5.40: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 5Α

Όπως δείχνει το σχήμα 5.41 η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ ξεπερνιέται το 2024 και έπειτα όπου προκύπτει η ανάγκη αναβάθμισης/επέκτασης του υπάρχοντος συστήματος. Υποθέτοντας ότι αναβαθμίζεται ή επεκτείνεται το υπάρχον ΚΕΛ, το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων παραμένει σε χαμηλά επίπεδα και δεν διαταράσσει τις κρίσιμες φυσικοχημικές παραμέτρους του ΒΔΜΠ. Συνεπώς το ποσοστό αφθονίας των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων και κατά συνέπεια ο δείκτης οικολογικής εκτίμησης παραμένουν σε επίπεδα που διασφαλίζεται η ΚΟΚ – η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας.

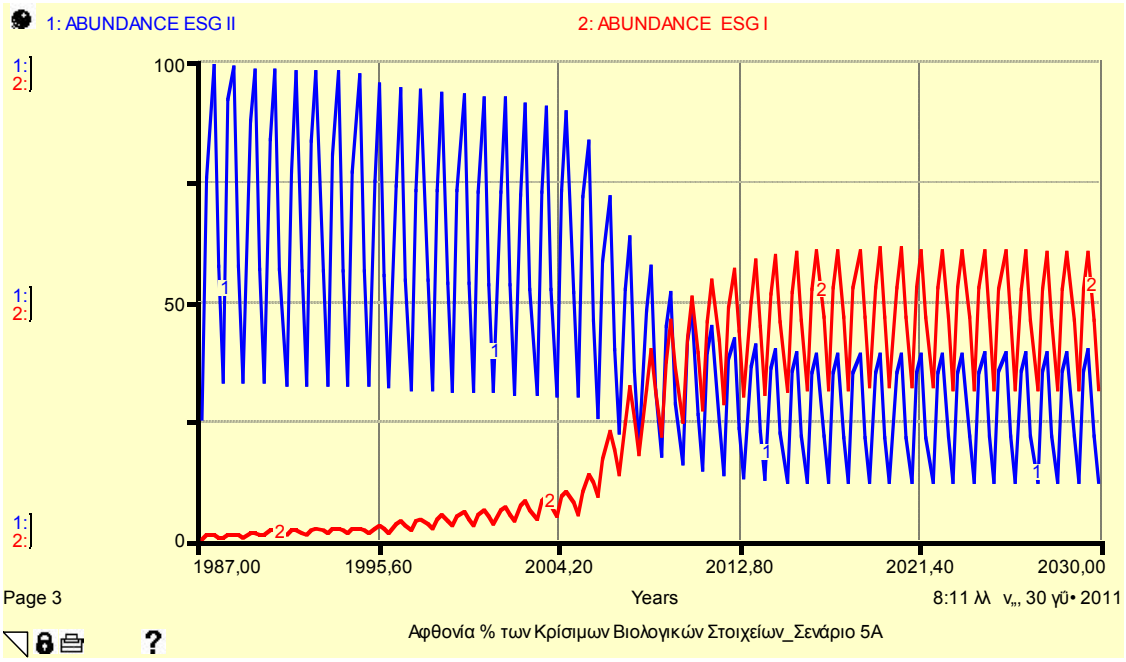
Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμα και όταν η τιμή του νερού είναι χαμηλότερη-που θεωρητικά σημαίνει ότι αυξάνεται η ζήτηση- το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων, οι φυσικοχημικές παράμετροι και τα κρίσιμα βιολογικά στοιχεία δεν διαταράσσονται παρόλη την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Συνεπώς, προκύπτει ότι σε επίπεδο πολιτικής, με βάση τις υπάρχουσες προτιμήσεις των καταναλωτών και με σταθερό ρυθμό αύξησης του πληθυσμού (ίδιο με το σενάριο αναφοράς), ο στόχος της καλής οικολογικής κατάστασης που θέτει η ΟΠΥ μπορεί να επιτευχθεί ανεξάρτητα από την τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΔΑΠ.



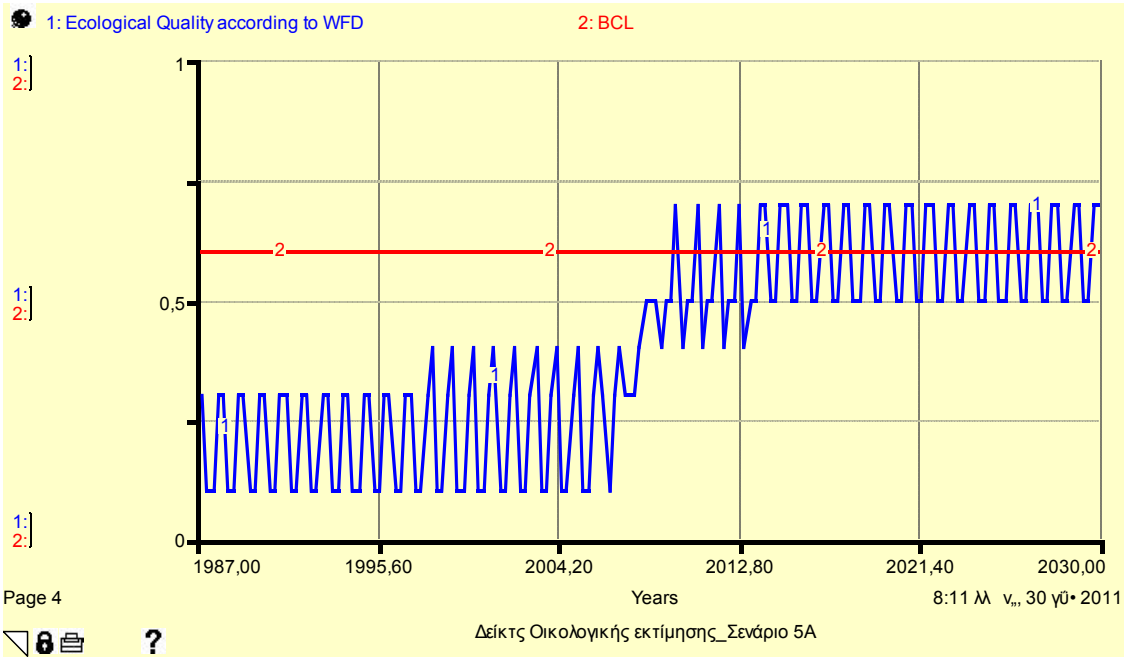
Σχήμα 5.41:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 5Α



Σχήμα 5.42: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 5Α



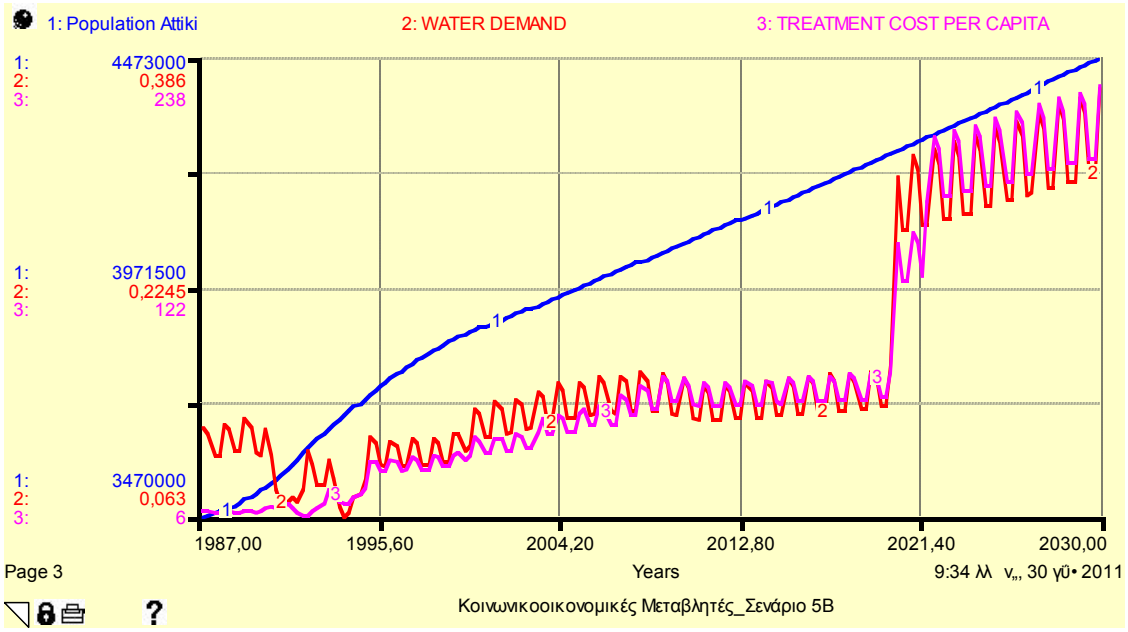
Σχήμα 5.43: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 5Α



Σχήμα 5.44: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5Α

ii. Σενάριο 5Β: Αύξηση του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και μεταβολή της εισοδηματικής ελαστικότητας με την δημιουργία νέου ΚΕΛ:

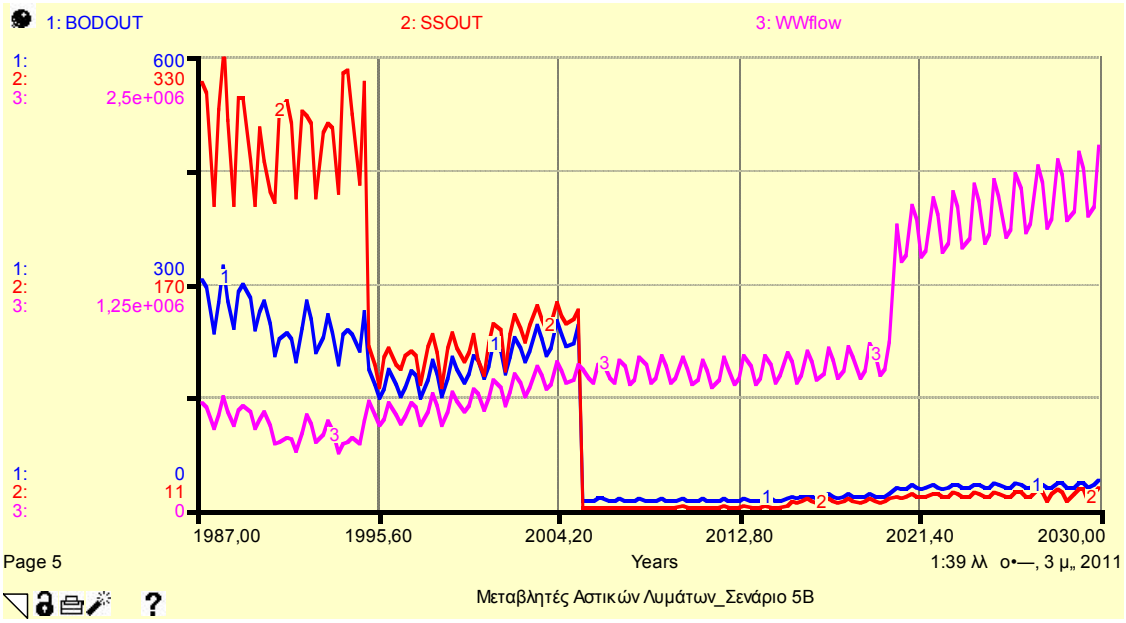
Το σενάριο 5Β υιοθετεί τις βασικές υποθέσεις του σεναρίου 5 και δύο επιπρόσθετες. Πρώτον, υποθέτει ότι αυξάνεται η συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο μέσα από την αύξηση του BODrate και SSrate. Η υπόθεση αυτή υιοθετήθηκε και στο σενάριο 4C. Δεύτερον, υποθέτουμε ότι μεταβάλλονται οι προτιμήσεις των καταναλωτών και ότι αυτή η μεταβολή εκφράζεται από την εισοδηματική ελαστικότητα της συνάρτησης ζήτησης νερού που από 0.44 υποθέτουμε ότι είναι 0.5 από το 2020. Η αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητας σε συνδυασμό νε την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ οδηγεί στην κατακόρυφη άνοδο της κατά κεφαλήν ζήτησης νερού από το 2020 παρά την αύξηση της τιμής του νερού κατά 4% ετησίως (σχήμα 5.45).



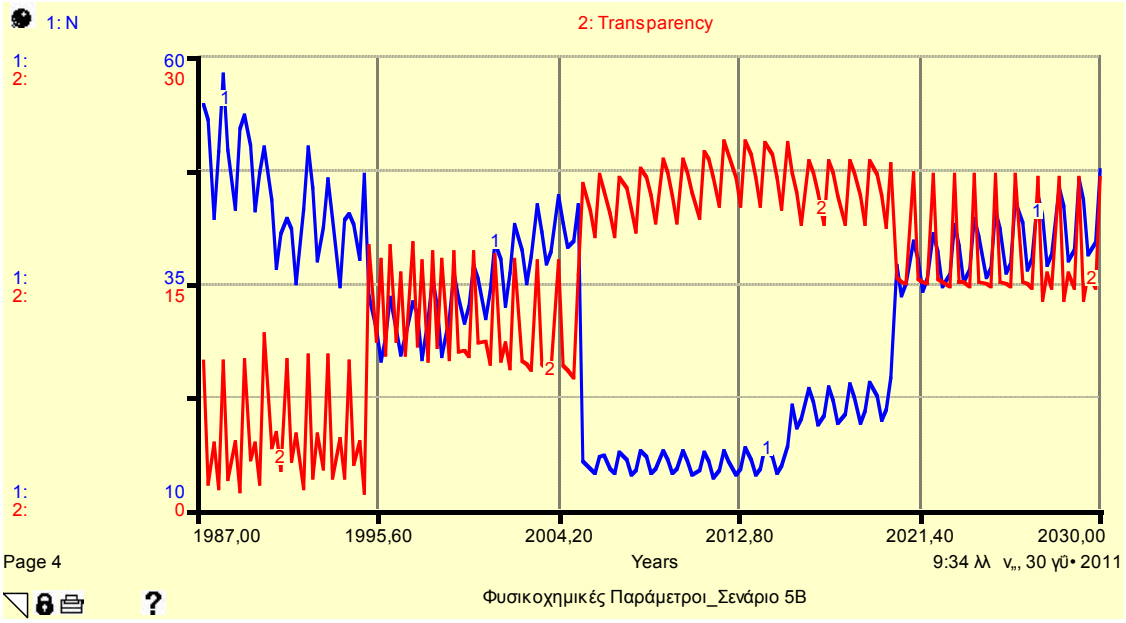
Σχήμα 5.45: Κοινωνικοοικονομικές Μεταβλητές_Σενάριο 5Β

Το γεγονός ότι αυξάνεται η κατά κεφαλή ζήτηση νερού μαζί με την συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων που εισέρχονται έπειτα από επεξεργασία στο υδάτινο αποδέκτη. Η οριακή αύξηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων οδηγεί στην οριακή μεταβολή των παραγόντων (Νιτρικά, Διαφάνεια) που προκαλούν ευτροφισμό στο παράκτιο οικοσύστημα του Εσωτερικού Σαρωνικού. Όπως απεικονίζει το σχήμα 5.48 και 5.49, μεταβάλλονται τα ποσοστά αφθονία των κρίσιμων βιολογικών στοιχείων –αυξάνεται το

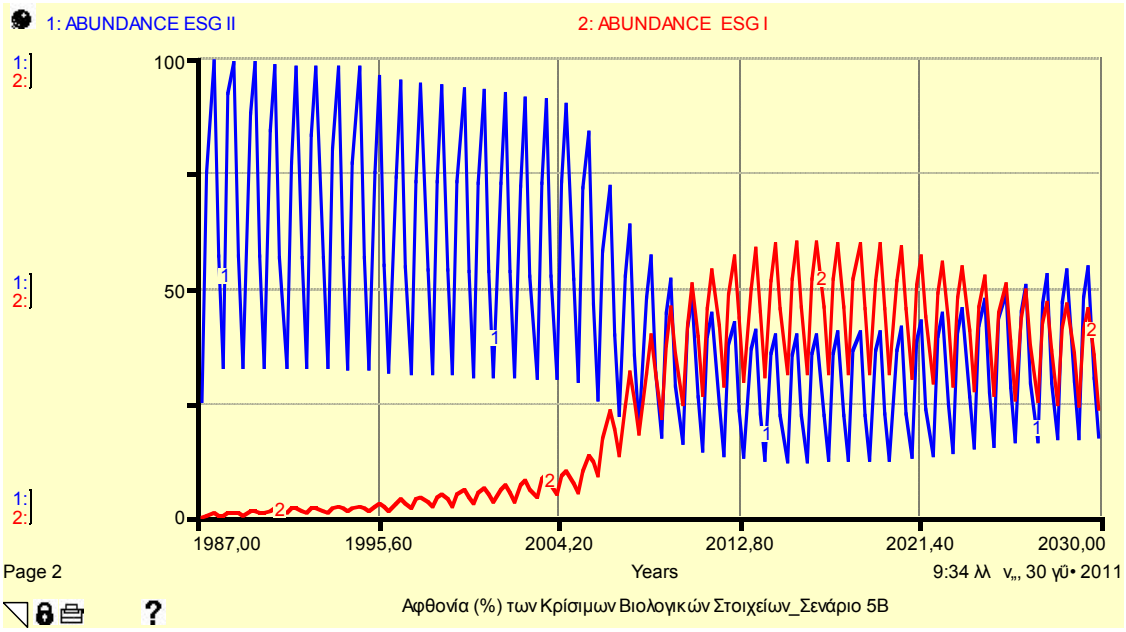
ποσοστό αφθονίας του ESG I και μειώνεται το ποσοστό αφθονίας του ESG II- οδηγώντας σταδιακά στην μείωση του δείκτη οικολογικής εκτίμησης και την οριακή εξασφάλιση της βιολογικής βιωσιμότητας του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου.



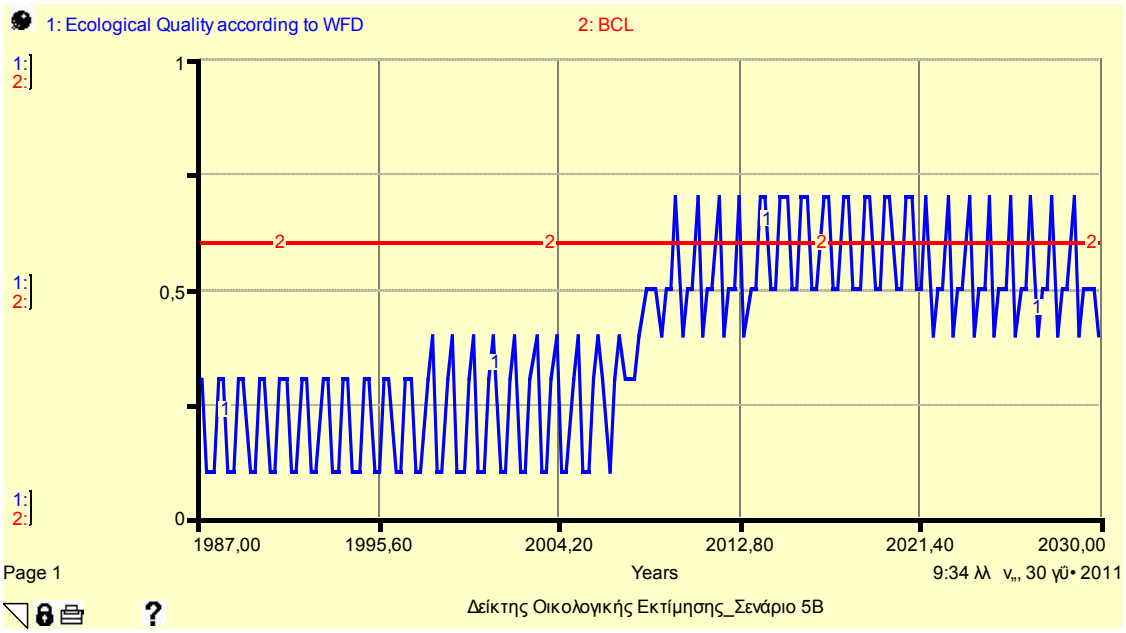
Σχήμα 5.46:Μεταβλητές Αστικού Συστήματος_Σενάριο 5Β



Σχήμα 5.47: Φυσικοχημικές Παράμετροι: Νιτρικά (N) και Διαφάνεια (Transparency)_Σενάριο 5Β



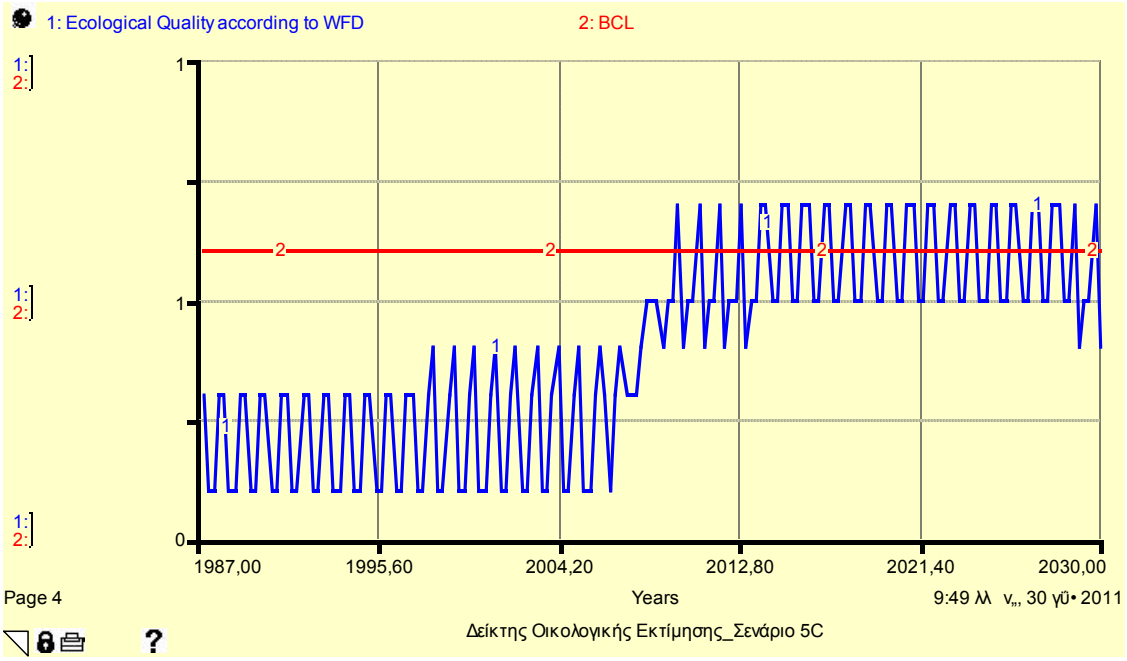
Σχήμα 5.48: Αφθονία (%) των Κρίσιμων Βιολογικών Στοιχείων_Σενάριο 5B



Σχήμα 5.49: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5B

Αξίζει να σημειωθεί ότι για το συγκεκριμένο σενάριο εάν υποθέσουμε ότι η συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας δεν μεταβληθεί τότε η οικολογική κατάσταση του Σαρωνικού μειώνεται από το 2029 και έπειτα όπως δείχνει το σχήμα 5.50.

Συνεπώς προκύπτει από την ανάλυση μας ότι η εισοδηματική ελαστικότητα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση νερού και κατ' επέκταση την επίτευξη των στόχων της ΟΠΥ ανεξάρτητα από την συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και παρά την αύξηση της τιμής του νερού κατά 4% ετησίως. Η αύξηση των λυμάτων που προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες απλά επιταχύνει την μείωση του δείκτη οικολογικής ποιότητας- η οποία όπως φαίνεται από τα σχήματα 5.49 και 5.50 είναι αναπόφευκτη.



Σχήμα 5.50: Δείκτης Οικολογικής Εκτίμησης_Σενάριο 5C

5.7 Συμπεράσματα Σεναρίων

Το βασικό ερώτημα του ΒΔΜΠ είναι κάτω από ποιες συνθήκες η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας που θέτει η προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων εξασφαλίζεται. Σε αυτό το πλαίσιο, το ΒΔΜΠ που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στην διερεύνηση της σχέσης αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης που

αναπτύσσεται ανάμεσα στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες της Αττικής και την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου.

Οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες εκφράζονται μέσα από τον πληθυσμό, την ζήτηση νερού, τον όγκο και το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων. Η βιο-οικολογική κατάσταση του Σαρωνικού αποτυπώνεται μέσα από τα κρίσιμα βιολογικά στοιχεία (ESG I και ESG II) και τον δείκτη οικολογικής εκτίμησης. Συνδετικός κρίκος των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων και της οικολογικής κατάστασης είναι οι φυσικοχημικές παράμετροι (νιτρικά και διαφάνεια) που επηρεάζονται από το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και επηρεάζουν με την σειρά τους τον ρυθμό ανάπτυξης των δύο ομάδων φυτών. Συνθήκες ευτροφισμού (υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, χαμηλές τιμές διαφάνειας νερών) ευνοούν την ανάπτυξη του ESG II (δείκτης κακής οικολογικής κατάστασης) και περιορίζουν την ανάπτυξη του ESG I (δείκτης καλής οικολογικής κατάστασης).

Όπως προκύπτει από τα σενάρια που προηγήθηκαν, η κύρια όχληση του υδάτινου αποδέκτη του εσωτερικού Σαρωνικού προέρχεται από το ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων του ΚΕΛΨ. Το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων που εισέρχεται στο Εσωτερικό Σαρωνικό εξαρτάται κυρίως από τρεις παράγοντες. Πρώτον από τον βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων. Όταν τα αστικά λύματα εισέρχονται ανεπεξέργαστα στην θάλασσα το ρυπαντικό τους φορτίο είναι υψηλό και ο δείκτης οικολογικής εκτίμησης παίρνει πολύ χαμηλές τιμές. Αντίθετα η πρωτοβάθμια και ιδιαίτερα η δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων μειώνει σημαντικά το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και την όχληση που επιφέρουν στο υδάτινο αποδέκτη. Δεύτερον από τον όγκο των λυμάτων. Όσο αυξάνεται ο όγκος των λυμάτων τόσο αυξάνεται και το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων. Η αύξηση του όγκου των λυμάτων προκαλείται από την αύξηση του πληθυσμού και των λοιπών κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στην Αττική και εξυπηρετούνται από το ΚΕΛΨ καθώς και την αύξηση της ζήτησης νερού. Τρίτον την δομή και την σύνθεση των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων που εξυπηρετούνται από το ΚΕΛΨ. Κατά κανόνα το ΚΕΛΨ επεξεργάζεται βιομηχανικά υγρά λύματα με χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων. Σε περίπτωση που τα βιομηχανικά υγρά λύματα έχουν ρυπαντικό φορτίο υψηλότερο από αυτό των αστικών λυμάτων τότε το συνολικό ρυπαντικό φορτίο που εκρέει από τον αγωγό στο υδάτινο αποδέκτη αυξάνεται.

Από την παρουσίαση που προηγήθηκε προκύπτει ότι η εξασφάλιση και η διατήρηση του στόχου της καλής οικολογικής κατάστασης είναι εφικτή με βάση τις παρούσες συνθήκες. Σύμφωνα με τα σενάρια που παρουσιάστηκαν η κρίσιμη παράμετρος για την ομαλή εξέλιξη και λειτουργία του οικοσυστήματος του εσωτερικού Σαρωνικού είναι ο όγκος και το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων. Ο πίνακας 5.4 παρουσιάζει σε κάθε σενάριο που παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 5 εάν και πότε παραβιάζεται η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας από το 2012 και έπειτα. Ο πίνακας 5.5 παρουσιάζει για κάθε σενάριο τις υποθέσεις που υιοθετήθηκαν.

Παρατηρώντας τους δύο πίνακες μπορούμε να εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Με βάση τις παρούσες συνθήκες ο στόχος της καλής οικολογικής κατάστασης είναι εφικτός. Με την προϋπόθεση ότι λύματα υφίστανται τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία η διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και εξέλιξης του οικοσυστήματος είναι δυνατή ακόμα και στη περίπτωση που ο πληθυσμός της Αθήνας αυξηθεί σημαντικά (Σενάριο 4B). Σύμφωνα με το σενάριο 4B, το 2030 με πληθυσμό περίπου έξι εκατομμύρια, ο εσωτερικός Σαρωνικός θα έχει καλή οικολογική κατάσταση (οι τιμή του δείκτη οικολογικής εκτίμηση θα είναι μεγαλύτερη από 0.6) ακόμα και στην ακραία περίπτωση που η ελαστικότητα ζήτησης για νερό ως προς την τιμή μειωθεί από 0.231 σε 0.1. Συνεπώς προκύπτει ότι η τεχνολογία μπορεί να προσφέρει έως κάποιο βαθμό επαρκή εργαλεία για την προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων.
2. Σύμφωνα με τα σενάρια 4C, 4D και 5B, υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις που η υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης του εσωτερικού φαίνεται ότι είναι αναπόφευκτη.

   Συγκεκριμένα όπως φαίνεται από το σενάριο 4D εάν υποθέσουμε αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητας για την ζήτηση νερού με παράλληλη αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, τότε η ζήτηση νερού αυξάνεται σημαντικά (από 0.18 m^3/ημέρα σε 0.29 m^3/ημέρα) οδηγώντας σταδιακά σε μείωση της οικολογικής κατάστασης από καλή προς μέτρια.

   Στο σενάριο 4C, όταν παράλληλα με την αύξηση του πληθυσμού αυξάνεται και η συμμετοχή της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο, τότε η δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων μπορεί να διασφαλίσει την καλή

οικολογική κατάσταση μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο. Όταν το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων ξεπεράσει ορισμένα όρια τότε δημιουργείται ευτροφισμός στο θαλάσσιο περιβάλλον που διαταράσσει την σχέση αφθονίας ανάμεσα στα υπό διερεύνηση κρίσιμα βιολογικά στοιχεία και σταδιακά η οικολογική κατάσταση υποβαθμίζεται (σχήμα 5.43).

Όταν παράλληλα με την αύξηση της συμμετοχής της βιομηχανικής συνιστώσας αυξηθεί και η εισοδηματική ελαστικότητα από 0.44 σε 0.5 ακόμα και με σταθερό πληθυσμό (σενάριο 5Β) η υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης με μια τάση από καλή προς μέτρια είναι αναπόφευκτη (σχήμα 5.49).

Συνεπώς αυτό που προκύπτει ότι οι κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές που είναι κρίσιμες για την διασφάλιση της συνθήκης της βιολογικής βιωσιμότητας είναι ο πληθυσμός, η βιομηχανική δραστηριότητα και η κατά κεφαλή κατανάλωση νερού. Σε επίπεδο πολιτικής, με βάση τις υποθέσεις του ΒΔΜΠ η εξασφάλιση των στόχων της ΟΠΥ απαιτεί: (i) τον περιορισμό του ρυπαντικού φορτίου που προέρχεται από βιομηχανικές δραστηριότητες στα σημερινά επίπεδα (ii) χαμηλούς ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού (iii) ημερήσια κατά κεφαλή ζήτηση νερού στα σημερινά επίπεδα. Όσον αφορά την κατά κεφαλή ζήτηση νερού, φαίνεται ότι δεν περιορίζεται ιδιαίτερα καθώς αυξάνεται η πραγματική μέση τιμή νερού. Μια τιμολογιακή πολιτική με στόχο τον περιορισμό της ζήτησης νερού φαίνεται ότι μειώνει ελάχιστα την κατανάλωση νερού. Αντίθετα, στην βιβλιογραφία (Μεντές, 2001) αναφέρεται συχνά ότι η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με την εξοικονόμηση και αποδοτική χρήση νερού είναι πιο ικανό εργαλείο για την μείωση της κατανάλωσης νερού. Η ενημέρωση των πολιτών μεταβάλλει τις προτιμήσεις των καταναλωτών μέσα από την μεταβολή των ελαστικοτήτων της συνάρτησης ζήτησης νερού.

Πίνακας 5.5 Οικολογική Κατάσταση-Κρίσιμα Βιολογικά Όρια σε κάθε σενάριο

Σενάριο	**Παραβίαση Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων (ΚΒΟ) από το 2012-2030**	**Οικολογική κατάσταση με βάση την ΟΠΥ το 2030(με βάση την μέση τιμή του ΕΕΙ**	**Πότε παραβιάζονται τα ΚΒΟ;**	**Αιτία παραβίασης ΚΒΟ**
Σενάριο 1- Σενάριο Αναφοράς	Όχι	Καλή	-	-
Σενάριο 2	Ναι	Καλή.	Παραβιάζονται τα ΚΒΟ το 2013-2014	Υπερχείλιση λυμάτων
Σενάριο 3	Ναι	Κακή	Για κάθε χρονική στιγμή	Δεν λειτουργεί κέντρο επεξεργασίας λυμάτων
Σενάριο 4Α	Ναι	Χαμηλή	Το 2027	Αύξηση του πληθυσμού και μη επέκταση του ΚΕΛΨ

Σενάριο 4B	Όχι	Καλή	-	-
Σενάριο 4C	Όχι αλλά μειώνεται η μέση τιμή του δείκτη	Καλή προς Μέτρια	2028	Αύξηση της συμμετοχής της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο και παράλληλη αύξηση του πληθυσμού
Σενάριο 4D	Όχι αλλά μειώνεται η μέση τιμή του δείκτη	Καλή προς Μέτρια	2023	Αύξηση του πληθυσμού, του ΑΕΠ και αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητας-αλλαγή των προτιμήσεων των καταναλωτών.
Σενάριο 5A	Όχι	Καλή	-	-

Σενάριο 5Β	Ναι	Καλή προς Μέτρια	2022	Αύξηση του ΑΕΠ και αύξηση της εισοδηματικής ελαστικότητας-αλλαγή των προτιμήσεων των καταναλωτών.

Πίνακας 5.6: Βασικές Υποθέσεις Σεναρίων

Σενάριο	Κατά κεφαλήν ζήτηση νερού	Πραγματική μέση σταθμισμένη τιμή νερού	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ	Μεταβολή Πληθυσμού	Βαθμός επεξεργασίας λυμάτων	Υπερχείλιση λυμάτων	BODRATE / SSRATE_ ρυπαντικό φορτίο	Δημιουργία Νέου ΚΕΛ όταν ξεπεραστεί η φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ
Σενάριο 1- Σενάριο Αναφοράς	q_w=(0.694-0.231*p+0.443*GDP+impact of drought)*demand	Ακολουθεί την αύξηση του ΔΤΚ_ παραμένει σταθερή	Από το 2013 αυξάνεται κατά 2%	Αύξηση με βάση τις ιστορικές τους τιμές	1987-1994(μηδενικός) 1994-2004 (πρωτοβάθμια) 2004-2030 Δευτεροβάθμια επεξεργασία ανεξάρτητα από τον όγκο των λυμάτων	Όχι	Έχει τα χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων	Ναι

Σενάριο 2	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Εισροή Ομβρίων με όγκο που ξεπερνά την φέρουσα ικανότητα του ΚΕΛΨ (2013-2014)	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1
Σενάριο 3	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Μηδενικός-τα λύματα εισρέουν ανεπεξέργαστα στον υδάτινο αποδέκτη	όχι	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	όχι
Σενάριο 4[Α]	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1 μέχρι το 2015. 4% αύξηση από το 2015.	Αύξηση του αδρού ποσοστού καθαρής μετανάστευσης 1.4% ετησίως από το 2012	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1 με την διαφορά ότι όταν ξεπερνιέται η φέρουσα ικανότητα του συστήματος δεν επεκτείνεται η λειτουργία του ΚΕΛΨ	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	όχι

Σενάριο 4B	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Η μέση πραγματική τιμή νερού αυξάνεται κατά 4% από το 2015	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4Α	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4A	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	ναι
Σενάριο 4C	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4B	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4A	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4A	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	30% αύξηση της συμμετοχής της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο.	ναι
Σενάριο 4D	Στην εξίσωση που αναφέρεται στο σενάριο 1, η εισοδηματική ελαστικότητα από 0.44 γίνεται 0.5.	Η μέση πραγματική τιμή νερού αυξάνεται κατά 4% από το 2015.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4A.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4A.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	ναι

Σενάριο 5Α	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4Β.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1 μέχρι το 2015. 6% αύξηση από το 2015.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	ναι
Σενάριο 5Β	Στην εξίσωση που αναφέρεται στο σενάριο 1, η εισοδηματική ελαστικότητα από 0.44 γίνεται 0.5.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 4Β.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 5Α.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	Ίδια υπόθεση με το σενάριο 1.	30% αύξηση της συμμετοχής της βιομηχανικής συνιστώσας στο ρυπαντικό φορτίο.	ναι

Συμπεράσματα-Επίλογος

Η παρούσα διατριβή διερεύνησε το ζήτημα της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα υπό το πρίσμα μιας βιοοικονομικής θεώρησης. Στα κεφάλαια που προηγήθηκαν παρουσιάστηκε διεξοδικά το ζήτημα της ΟΒΟΑ σε επίπεδο θεωρητικό και επίπεδο εφαρμογής.

Σε θεωρητικό επίπεδο διερευνήθηκε το εννοιολογικό περιεχόμενο της ΟΒΟΑ μέσα από την βιβλιογραφία (κεφάλαιο 1), τις πολιτικές για τα υδάτινα οικοσυστήματα σε Ευρώπη και ΗΠΑ (κεφάλαιο 2) καθώς και μέσα από την διεξαγωγή έρευνας με ερωτηματολόγιο που απευθύνονταν σε ειδικούς στα παράκτια οικοσυστήματα (κεφάλαιο 3). Μέσα από αυτήν την διερεύνηση προέκυψε ότι οι βιοοικονομικές προσεγγίσεις είναι καταλληλότερες για τον επιχειρησιακό ορισμό και κατά συνέπεια την πρακτική εφαρμογή της ΟΒΟΑ στα παράκτια οικοσυστήματα. Συγκεκριμένα προκύπτει ότι οι προσεγγίσεις του Κρίσιμου Φυσικού Κεφαλαίου και των Κρίσιμων Βιολογικών Ορίων χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα στοιχεία (συνθήκες και υποθέσεις) που αποτυπώνονται στην λογική της Πράξη Καθαρών Υδάτων των ΗΠΑ και της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα στην Ευρώπη. Οι ίδιες προσεγγίσεις αξιολογήθηκαν από τους ειδικούς στα παράκτια οικοσυστήματα (βιολόγους, οικολόγους) ως οι καταλληλότερες για να περιγράψουν συνθήκες βιώσιμης ανάπτυξης για τα παράκτια οικοσυστήματα.

Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα διατριβή θεωρεί ότι οι βιοοικονομικές προσεγγίσεις παρουσιάζουν σημαντικά επιχειρησιακά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να επαναπροσδιοριστούν και να αναδειχτούν μέσα από τον διεπιστημονικό διάλογο. Οι βιο-οικονομικές προσεγγίσεις δυνητικά παρουσιάζουν περισσότερο επιχειρησιακό ενδιαφέρον σε επίπεδο σχεδιασμού περιβαλλοντικής πολιτικής όπου οι κοινωνικές επιστήμες, οι επιστήμες της φύσης, πολιτικοί και λήπτες αποφάσεων πρέπει να συνεργαστούν κάτω από μια κοινή ‘επιχειρησιακή ομπρελά’. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει την συνεχή συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των επιστημών σε δύο επίπεδα: (i) οι επιστήμες του περιβάλλοντος να καθορίσουν τα ελάχιστα αναγκαία οικολογικά-βιολογικά όρια που πρέπει να εξασφαλίζονται σε απτούς όρους (ii) και οι οικονομολόγοι-λήπτες αποφάσεων να διερευνήσουν την δυνατότητα για οικονομική ανάπτυξη χωρίς την

παραβίαση των προτεινόμενων οικολογικών-βιολογικών ορίων από τους επιστήμονες του περιβάλλοντος.

Με βάση την θεωρητική θεμελίωση του ζητήματος της ΟΒΟΑ, η παρούσα διατριβή διερεύνησε την προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων σε επιχειρησιακό επίπεδο, με μελέτη περίπτωσης τον εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Ιδιαίτερα εξετάστηκε η πρώτη συνθήκη (αναγκαία συνθήκη) που θέτει η προσέγγιση των κρίσιμων βιολογικών ορίων και αφορά την εξασφάλιση της βιολογικής βιωσιμότητας. Η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας ταυτίστηκε με την έννοια της καλής οικολογικής κατάστασης που θέτει η ΟΠΥ.

Με άξονα την εξασφάλιση της συνθήκης της βιολογικής βιωσιμότητας δημιουργήθηκε ένα Βιοοικονομικό Δυναμικό Μοντέλο Προσομοίωσης (ΒΔΜΠ) που περιγράφει τις σχέσεις αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης που δημιουργούνται ανάμεσα στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες της πόλης της Αθήνας και την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου. Το ΒΔΜΠ βασίζεται στην μεθοδολογία της συστημικής δυναμικής και παρέχει την δυνατότητα ενσωμάτωσης επιστημονικής γνώσης ακόμα και στην περίπτωση που τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επαρκούν για τυπική οικονομετρική ή στατιστική ανάλυση. Το καινοτόμο στοιχείο του ΒΔΜΠ που προτείνει η παρούσα διατριβή είναι ότι συνδέει τα χαρακτηριστικά του ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων που εξαρτώνται από την λειτουργία της πόλης με κρίσιμα βιολογικά στοιχεία που προσδιορίζουν την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται ένα ενιαίο σύστημα αξιολόγησης- σχεδιασμού που μπορεί έως κάποιο βαθμό να προσδιορίσει τις συνθήκες που παραβιάζεται η συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας.

Αυτό που προκύπτει από την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων είναι ότι με βάση τις παρούσες συνθήκες η εξασφάλιση και η διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης (βιολογική βιωσιμότητα) που θέτει η ΟΠΥ είναι στόχος εφικτός. Με βάση την ανάλυση του κεφαλαίου 5, που βασίζεται στην υπόθεση ότι κύρια πηγή ρύπανσης είναι τα αστικά λύματα, συμπεραίνουμε ότι η κατασκευή και λειτουργία του ΚΕΛΨ βελτίωσε δραματικά την οικολογική κατάσταση του εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου. Σύμφωνα με τα εναλλακτικά σενάρια που παρουσιάστηκαν η τεχνολογία –με την μορφή ενός Κέντρου τουλάχιστον Δευτεροβάθμιας Επεξεργασίας Λυμάτων- μπορεί να εξασφαλίσει σε μεγάλο βαθμό την συνθήκη της βιολογικής βιωσιμότητας. Κρίσιμες

μεταβλητές που δυνητικά μπορεί να οδηγήσουν σε απόκλιση από τον επιθυμητό στόχο της βιολογικής βιωσιμότητας είναι ο πληθυσμός, η κατά κεφαλήν ζήτηση νερού και η αύξηση του ρυπαντικού φορτίου που προέρχεται από βιομηχανικές δραστηριότητες και έχει χαρακτηριστικά διαφορετικά από αυτά των οικιακών λυμάτων. Συνεπώς σε επίπεδο άσκησης πολιτικής θα πρέπει να ελεγχθούν οι παράμετροι που δημιουργούν την προβληματική κατάσταση του συστήματος. Ωστόσο, θα ήθελα να επισημάνω ότι η παρούσα διατριβή δεν συνιστά ότι η τεχνολογική πρόοδος αποτελεί πανάκεια για την διασφάλιση της ισορροπίας ανάμεσα στον άνθρωπο και την φύση. Η τεχνολογία μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά τις επιπτώσεις του ανθρώπου στην φύση μέχρι κάποιο επίπεδο.

Η διατύπωση προτάσεων πολιτικής απαιτεί την περαιτέρω ανάλυση των υποσυστημάτων του ΒΔΜΠ προκειμένου να προσδιοριστούν με περισσότερη ακρίβεια οι παράγοντες που επηρεάζουν: (i) το μέγεθος της πόλης όπως εκφράζεται μέσα από την μεταβολή του πληθυσμού˙ (ii) τις προτιμήσεις των καταναλωτών για ζήτηση νερού καθώς και τα καταναλωτικά τους πρότυπα που προσδιορίζει το ρυπαντικό τους φορτίο˙(iii) και το μέγεθος της βιομηχανικής δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα στην πόλη της Αθήνας. Σε αυτό το πλαίσιο εμπλέκεται η διερεύνηση της δεύτερης συνθήκης που θέτει η προσέγγιση των βιολογικών ορίων και αφορά την χρήση των φυσικών πόρων στην κοινωνικοοικονομική διαδικασία.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Alexandre C., Leal N., Luiz F. L., Legey. 2006. A system dynamics model for the environmental management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil. *Environmental Management* 38:879-888.

Allen, R. 1980. How to save the world. New Jersey: Barnes and Noble.

Andreadakis A.D., Christoulas D.D. 1992. Treatment and disposal scheme of the sewage of Athens. *Journal of IWEM* 6:20-26.

Arbues F., Garcıa-Valinas M., Martınez-Espineira, R. 2003. Estimation of residential water demand: a state of the art review. *Journal of Socio-Economics* 32: 81–102.

Ayres R.U. 2000. Commentary on the utility of the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 32:347-349.

Ayres R.U. 2007. On the practical limits of substitution. *Ecological Economics* 61:115-128.

Bachmann D., Elfrink J., Vazzana. G. 1996. Tracing the progress of e-mail vs. snail-mail. *Marketing Research: A Magazine of management and Applications* (8): 30-35.

Barbier E.B. 1987. The Concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, 14(2):101-110.

Barbour M.T., Swietlik W.F., Jackson S.K., Courtemanch D.L., Davies S.P., Yoder C.O. 2000. Measuring the attainment of biological integrity in the USA: A critical element of ecological integrity. *Hydrobiologia* 422/423: 453-464.

Baumgärtner S., Quaas M. 2010. What is sustainability economics? *Ecological Economics* 69(3): 445-450.

Bishop R. 1978. Endangered species and uncertainty: the economics of a safe minimum standard. *American Journal o f Agricultural Economics* 57: 10–18.

Bithas K, Nijkamp P. 2006. Operationalising ecologically sustainable development at the microlevel: Pareto optimality and the preservation of biologically crucial levels. *International Journal of. Environment and sustainable development* 5 (2):126-146.

Bithas K. 2006. The economics of urban water use. Efficient use and water pricing in Europe. *Studies in Regional Science* 36:375-391.

Bithas K. 2008. The sustainable Residential Water Use: Sustainability, Efficiency and Social Equity. The European Experience. *Ecological Economics* 68:221-229

Bithas K. 2008. Tracing operational conditions for the Ecologically Sustainable Economic Development: the Pareto optimality and/ the preservation of the biological crucial levels. *Environment, Development and Sustainability* 10:373–390

Bithas K., Stoforos C. 2006. Estimating urban residential water demand determinants and forecasting water demand for Athens Metropolitan Area, 200-2010. *South-Eastern Europe Journal of Economics* 1: 1-13.

Borja A. 2005. The European Water Framework Directive: A challenge for nearshore, coastal and continental shelf research. *Continental Shelf Research* 25: 1768-1783.

Borja A., Bricker SB., Dauer DM, Demetriades NT, Ferreira JG, Forbes AT, Hutchings P, Jia X, Kenchington R, Marques JC, Zhu C. 2008. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1519-1537.

Bouleau G. 2008. The WFD dreams: between ecology and economics. *Water and Environment Journal* 22: 235-240.

Brand F. 2009. Critical natural capital revisited: ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics* 68: 605-612.

Cairns J. Jr. 2006. Assimilative capacity — the key to sustainable use of the planet. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 6: 259-263.

Callicott J.B., Mumford K. 1997. Ecological sustainability as a conservation concept. *Conservation Biology* 11: 32–40.

Cash D.W, Clark W.C, Alcock F., et al. 2003. Knowledge systems for sustainable development. science and technology for sustainable development special feature. *Proceedings of the National Academy of Sciences 100*: 8086–91.

Chang Y.C., Hong F.W., Lee M.T. 2008. A system dynamic based DSS for sustainable coral reef management in Kenting coastal zone, Taiwan. *Ecological Modelling* 211:153-168.

Christensen P. P. 1989. Historical roots of ecological economics biophysical versus allocative approaches. *Ecological Economics* 1: 17–36.

Chu E. W. Karr.J. R. 2001. Environmental impact, concept and measurement of. Page 557-577 in S. A. Levin, editor. *Encyclopedia of Biodiversity* 2. Academic Press, Orlando, Florida.

Ciriacy-Wantrup S.V. 1952. *Resource conservation*. Berkeley, CA: University of California Press.

Clark W.C., Dickson N. M. 2003. Sustainability science: The emerging research program. *Proceedings of the national academy of the United States of America.*

Common M., Perrings C. 1992. Towards an ecological economics of sustainability. *Ecological Economics* 6: 7-34.

Costanza R, Haskell BD, Norton BG. 1992. *Ecosystem health: new goals for environmental management.* Washington, D.C.: Island Press.

Costanza, R., Daly, H.E. 1992. Natural capital and sustainable development, *Conservation Biology* 6: 37-46.

Dalhuisen J., Florax R., de Groot, H., Nijkamp, P. 2003. Price and income elasticities of residential water demand: a meta-analysis. *Land Economics* 79: 292-308.

Daly H. 1990. Toward some operational principles of sustainable development. *Ecological Economics* 2:1–6.

Daly H. 1996. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press: Boston.

Daly H. 2006. Sustainable development—definitions, principles, policies. In *The Future of Sustainability,* Springer: Dordrecht.

Daly H. 2007. *Ecological Economics and Sustainable Development.* Cheltenham, Edward Elgar:UK.

Dasgupta P.S., Heal G. M. 1974. The optimal depletion of exhaustible resources. *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*: 3-28.

Dasgupta, P.S., Heal, G. M. 1979. *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge University Press :U.K.

Dassenakis M, Scoullos M, Rapti K, Pavlidou A, Tsorova D, Paraskevopoulou V, Rozi E, Stamateli A, Siganos M. 2003. The distribution of copper in Saronicos gulf after the operation of the wastewater treatment plant of Psitalia. *Global NEST: The International Journal 5* : 135-145.

Davies S.P, Jackson S.K. 2006. The biological condition gradient: a descriptive model for interpreting change in aquatic ecosystems. *Ecological Applications* 16:1251-1266.

De Groot R., J. Van der Perk, A. Chiesura, A. van Vliet. 2003. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital. *Ecological Economics* 44:187–204.

De Groot, R.S., 1994. Environmental functions and the economic value of natural ecosystems (pp:151-168). In: Jansson et al. (eds), *Investing in Natural Capital: the ecological economics approach to sustainability*. Island Press, International Society for Ecological Economics.

Decleris J, M.. 1991. Handbook for Systems Science. UNESCO.

Devall B., Sessions G. 1985. *Deep ecology, Living as if nature mattered.*. Gibbs M. Smith: Salt Lake City

Devkota S.R. 2005. Is Strong sustainability operational? An example from Nepal. *Sustainable Development* 13:297-310

EC. 2000. European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2000/60/EC establishing a framework for the Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities L 327*: 1–72.

Ekins P., C. Folke, R. De Groot. 2003(a). Identifying critical natural capital. *Ecological Economics* 44:159-163.

Ekins P., S. Simon, L. Deutsch, C. Folke and R. de Groot. 2003(b). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics* 44:165–185.

Ekins P., Simon S. 1999. The sustainability gap: a practical indicator of sustainability in the framework of national accounts. *International Journal of Sustainable Development* 2: 32-58.

Ekins P., Simon S. Estimating sustainability gaps: methods and preliminary applications for the UK and the Netherlands. *Ecological Economics* 44:159-163.

Fiala N. 2008. Measuring Sustainability: why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics* 67 (4):519-525.

Flood R. L., Jackson M. C., Eds. 1991. *Critical systems thinking: Directed Reading.* Chichester: New York.

Forrester J.W. 1961. *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications.

Forrester J.W. 1969. *Urban Dynamics*. Pegasus Communications.

Forrester J.W. 1971. *World Dynamics*. Wright-Allen Press.

Gamito S. 2008. Water Framework Directive: Defining the Ecological Quality Status in Transitional and Coastal Waters. *Sustainable Use and Development of Watersheds*: 323-335

Georgescu-Roegen N. 1971. *The entropy law and the economic process.* Harvard University Press:Cambridge.

Georgescu-Roegen N. 1976. *Energy and economic myths, institutional and analytical economic essays.* Pergamon press:New York.

Goodland R. 1995. The concept of enivoronmental sustainability. *Annual review of ecological systems* 26:1-24.

Goodland RG, Ledec G. 1987. Neoclassical economics and principles of sustainable development. *Ecological Modelling* 38:19-46.

Hannon B., Ruth M. 1997. Modelling Dynamic Biological Systems. Springer:USA.

Hartwick J. M. 1977. Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. *American Economic Review* 67:972-974.

Hartwick J.M. 1978. Substitution among exhaustible resources and intergenerational equity. *Review of Economic Studies* 45: 347-354.

Hediger W. 2000. Sustainable development and social welfare. *Ecological Economics* 32:481-492.

Hering D., Borja A., Carstensen J., Carvalho L., Elliott M., Feld C. K., Heiskanen A.S., Johnson R.K., Moe J., Pont D., Solheim A.L., van de Bund W. 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total Environment* 408: 4007-4019.

Hjorth P, Bagheri A. 2006. Navigating towards sustainable development: a system dynamics approach. *Futures* 38: 74–92.

Hopwood B, Mellor M, Brien G.O. 2005. Sustainable development: mapping different approaches. *Sustainable Development*: 38 – 52.

Hotelling H. 1931. The economics of exhaustible resources. Journal *of Political Economy* 39:137-175.

Howarth R.B. 1997 Sustainability as opportunity. *Land Economics* 73: 569–579.

Howarth R.B. 2007. Towards an operational sustainability criterion. *Ecological Economics* 63: 656-663.

Huenting R. 1980. *New scarcity and economic growth: more welfare through less production?* New Holland Publishing: Amsterdam, New York, Oxford.

Illge L., Schwarze R. 2009. A matter of opinion - how ecological and neoclassical environmental economists and think about sustainability and economics. *Ecological.Economics* 68: 594-604

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 1980. *World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development*, data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/WCS-004.pdf

Jackson T., Marks N., Ralls J. Strymne S. 1997. *An index of sustainable economic welfare for the UK 1950-1996.* Centre for Environmental Strategy, University of Surrey: Guildford.

Jacob M. 1994. Sustainable development and deep ecology. an analysis of competing traditions. *Environmental Management* 18: 477-488.

Kallis G, Butler, D. 2001. The EU water framework directive: measures and implications., *Water Policy* 3:125-142.

Karr J.R, Chu E.W. 2000. Sustaining living rivers. *Hydrobiologia* 422/423:1-14.

Karr J.R, Dudley D.R. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5:55-68.

Karr J.R. 1993. Measuring biological integrity: Lessons from streams. In Woodley S., J. Kay & G. Francis (eds), *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems.* ST. Lucie Press, Delray Beach, Florida: 83–104.

Karr J.R. 2000. Health, integrity, and biological assessment: The importance of whole things. In *Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation, and Health*. D Pimentel, L Westra, RF Noss (eds), Island Press, Washington, DC; 209-226.

Karr, J.R. 1991. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1:66-84.

Kates R.W., Clark W., Corell R.J. et al. *Sustainability Science. Research and Assessment Systems for Sustainability Program – Discussion paper 2000-2003*. Cambridge, MA.

Kato T. 2005. Simulation of water quality with the application of system dynamics model for population and land-use changes. *Paddy Water Environment* 3: 103-109.

Keller A.A., Cavallaro L.2008. Assessing the US Clean Water Act 303(d) listing process for determining impairment of a waterbody. *Journal of Environmental Management 86* : 699–711.

Kuhn T.S. 1962. *The structure of scientific revolutions.* University of Chicago Press: Chicago.

Lee K.N. 1999. Appraising adaptive management. *Conservation Ecology* 3(2): 3.

Lee Y.J., Huang C.M. 2007. Sustainability index for Taipei, *Environmental Impact Assessment Review* 27: 505-521.

Lekkas D.F., Manoli E., Assimacopoulos, D. 2008. Integrated urban water modelling using the aquacycle model. Global Nest: *The International Journal* 10: 310-319.

Lélé S, Norgaard RB. 1996. Sustainability and the scientist's burden. *Conservation Biology* 10:354–365.

Mac Donald DV, Hanley N, Moffatt, I. 1999. Applying the concept of natural capital criticality to regional resource management. *Ecological Economics* 29:73–87.

Markandya A., Pearce D. 1988. *Environmental considerations and the choice of the discount rate in developing countries*. Environment Dept. Working Paper No. 3. Environment Dept., World Bank, Washington.

Mass N. 1980. Stock and flow variables and the dynamics of supply and demand, in Randers, J. (ed.), Elements of the system dynamics methods. Pegasus Communications:Waltham, MA.

Meadows D, Meadows D, Randers J, Behrens W. 1972. *The limits to growth: a report for the club of rome's project on the predicament of mankind*. Earth Island: London.

Meadows D.H. 2008. *Thinking in systems - a primer* (earthscan) ISBN 978-1-84407-726-7.

Meadows D.H., Randers J., Meadows, D.L. 2004. *limits to growth: the 30-year update.* Chelsea Green: Vermount.

Moran D.D., Wackernagel M., Kitzes J.A. et al Measuring sustainable development by nation. *Ecological Economics* 64: 470-474.

Moss B. 2008. The Water Framework Directive: Total environment or political compromise? *Science of the Total Environment* 400*:* 32-41.

Naess A. 1973. The shallow and the deep, long-range ecology movements: A summary. *Inquiry* 16:95-100.

Naess A. 1989. *Ecology community and life style*. Cambridge University Press: Cambridge.

Neumayer E. 2010. *Weak versus strong sustainability. exploring the limits of two opposing paradigms (third edition).*Edward Elgar: Massachusetts, USA.

Noorgaard R.B. 1990. Economic indicators of resource scarcity: a critical essay. *Journal of Environmental Economics and Management* 19: 19-25.

Noorgaard R.B. 1994. *Development Betrayed: The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*. Routledge: London and New York.

Nordhaus W. D., Tobin J. 1971. Is growth obsolete? Cowles Foundation Discussion Papers 319, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.

Norgaard R.B. 1990. Economic indicators of resource scarcity: A critical essay. *Journal of Environmental Economics and Management* 19: 19-25.

O'Connor M. 2000. *Natural Capital, EVE Policy Research Brief No. 3*. Cambridge research for the environment, department of land economy, University of Cambridge, Cambridge.

Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Research* 2: 45–65.

Palmer M., Bernhardt E., Chornesky E., *et al*. 2005. Ecological science and sustainability for the 21st century. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 4–11.

Panayiotidis P., Orfanidis S., Montesanto B. 2004. Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology* 16: 49-59.

Passet R. 1979. L e´conomique et le vivant. Paris: Payot.

Pearce D. W., Turner K.R. 1990. *Ecomomics of natural resources and the environment*. Harvester Wheatsheaf : New York

Pearce D., Markandya A., Barbier E.B. 1989. *Blueprint for a Green Economy*. Earthscan: London, U.K.

Pearce D.W. 1997. Substitution and sustainability: some reflections on Georgescu-Roegen. *Ecological Economics* 22: 295-297.

Pearce DW, Atkinson GD.1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of 'weak' sustainability. *Ecological Economics* 8:103-108.

Perrings C. 1991. Ecological sustainability and environmental control. *Structural Change and Economic Dynamics* 2: 275-295.

Pezzey J. 1989. *Economic analysis of sustainable growth and sustainable development.* Environment Department Working Paper No. 15, World Bank, Washington.

Pezzey J. 1992. Sustainability: An interdisciplinary guide. *Environmental Values* 1: 321–62.

Pezzey J. 1992. *Sustainable development concepts: an economic analysis.* Environment Working Paper No. 2. World Bank, Washington, DC.14, 2, 101-110.

Pezzey J., Toman M. A. 2002. Progress and problems in the economics of sustainability. In T. Tietenberg and H. Folmer, eds., *International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2002/3*, 165-232. Edward Elgar: Cheltenham.

Proops J.L.R., Atkinson G., Schlotheim B.F., Simon S. 1999. International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment. *Ecological Economics* 28:75-98.

Redclift MR. 1987. *Sustainable development: exploring the contradictions*. Routledge: London.

Rees W. 1996. Receiving carrying capacity: Area-based indicators of sustainability. *Population and Environment 17*: 195-215.

Schaefer, D.R., Dillman D.A. 1998. Development of a standard E-mail methodology. Results of an experiment. *Public Opinion Quarterly* 62:378-397.

Scoullos M.J., Sakellari A., Giannopoulou K., Paraskevopoulou V., Dassenakis M. 2007. Dissolved and particulate trace metal levels in the Saronikos Gulf, Greece, in 2004. The impact of the primary Wastewater Treatment Plant of Psittalia. *Desalination* 210: 98-109.

Sen A. 1999. Development as Freedom. Anchor:New York.

Sheehan K. B., McMillan S.J. 1999. Response variation in e-mail surveys: An exploration. *Journal of Advertising Research* 39 : 45-54.

Shen Q.P., Chen Q., Tang B.S., Yeung S., Hu Y.C., Cheung G. 2009. A system dynamics model for sustainable land use planning and development. *Habitat International* 33:15-25.

Sissenwine M.P. 1978. Is MSY an adequate foundation for optimum yield? *Fisheries* 3: 22-42.

Solow R. M. 1974(b). Is the end of the world at hand?, in A. Weintraub, E. Schwartz and J. Richard Aronson (eds), *The Economic Growth Controversy*. Macmillan: London.

Solow R. M. 1974(a). Intergenerational equity and exhaustible resources. *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources* 41: 29-46.

Solow R. M. 1986. On the intergenerational allocation of natural resources. *Scandinavian Journal of Economics* 88:141-149.

Solow R. M. 1993. An almost practical step toward sustainability. *Resources Policy,* 19: 162-172.

Spash C.L. 1993. Economic, ethics, and long-term environmental damages. *Environmental Ethics* 15:117-132.

Stamou A., Kamizoulis G. 2009. Estimation of the effect of the degree of sewage treatment on the status of pollution along the coastline of the Mediterranean Sea using broad scale modelling. *Journal of Environmental Management* 90: 931-939.

Stephenson RL, Blackburn Jr. 1998. *The Industrial Wastewater Systems Handbook.* Lewis Publishers: New York.

Sterman J. D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin/McGraw-Hill.

Sveiby KE. 2009. Aboriginal principles for sustainable development as told in traditional law stories. *Sustainable Development* 17: 341-356.

Taylor P. 1986. *Respect for Nature: A Theory of Environmental Ethics*. Princeton University Press: Princeton.

Tietenberg T.H. 1984. Environmental and natural resource economics. Scott, Foresman, & Co: Glenview, IL.

Tsuzuki Y. 2006. An index directly indicates land-based pollutant load contributions of domestic wastewater to the water pollution and its application. *Science of the Total Environment* 370: 425-440 .

Tsuzuki Y. Relationships between water pollutant discharges per capita (PDCs) and indicators of economic level, water supply and sanitation in developing countries. *Ecological Economics* 68:273-287.

United Nations Development Programme. Human Development Report 2006. *Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis.* New York

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). 2009. *State of the environment and development in the Mediterranean – 2009*. Athens, Greece

Unnerstall H., Messner F. 2007. Cost Recovery for Water Services According to the EU Water Framework Directive. In Jon D. Erickson, Frank Messner, Irene Ring (ed.) *Ecological Economics of Sustainable Watershed Management (Advances in the Economics of Environmental Resources* 7*)*. Emerald Group Publishing Limited: 347-383.

USEPA. 1972. Clean Water Act of 1972 (as amended) 33 U.S.C. §§ 1251 et seq. Available at http://www.epa.gov/r5water/cwa.htm#Links.

USEPA. 1983. 40 CFR, Water Quality Standards Part 131.

USEPA. 1990. Biological Criteria: National Program Guidance for Surface Waters. EPA 440-5-90-004. Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 87 pp.

USEPA. 1994. *Watershed protection: TMDL Note #2 bioassessment and TMDLs.* U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. EPA841-K-94-005a.

USEPA. 1995. *Interim Economic Guidance for Water Quality Standards*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA 823-R-95-002.

Van den Bergh J.C, Verbruggen, H. 1999. Spatial sustainability, Trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics* 29:61-72.

Van den Bergh JC, Nijkamp P. 1991. Operationalizing sustainable development: dynamic economic models. *Ecological Economics* 4:11–34.

Victor P.A. 1991. Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory. *Ecological Economics* 4:191-213

Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J., Melillo J.M. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499

Wackernagel M., Rees W.E. 1997. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological perspective. *Ecological Economics* 20: 3-24.

World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press: Oxford.

Wright K.B. 2005. Researching Internet based populations: Advantages and disadvantages of online survey research, online questionnaire authoring software packages, and web survey services. *Journal of Computer Mediated Communication* 10.

WWF. 2008. *Living planet report 2008.* Gland: worldwide fund for nature.

Yoder C.O. 1995. Policy issues and management applications for biological criteria. In: *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making.* W.S. Davis & T.P. Simon (eds.). Lewis Publishers: Boca Raton; 327-343.

Yuan D., Lin B., Falconer R.A., Tao J. 2007. Development of an integrated model for assessing the impact of diffuse and point source pollution on coastal waters, *Environmental Modelling and Software* 22: 871-879.

Zolotas X. 1981. *Economic growth and social welfare*. New York University Press: New York.

Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27-33.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Hopkins H.S., Couchman L.K. 1975. Πρόγραμμα ελέγχου ρύπανσης περιβάλλοντος. Αθήνα ΙΙΙ. Έλεγχος ρυπάνσεως υδάτων.

Javeau C. 2000. *Η έρευνα με ερωτηματολόγιο, το εγχειρίδιο του καλού ερευνητή.* Εκδόσεις Τυπωθήτω: Αθήνα.

Robston C. 2007. *Η Έρευνα του πραγματικού κόσμου. Ένα μέσον για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές.* Εκδόσεις Guntenberg: Αθήνα.

Γερμανόπουλος, Γ. 1990. *Διερεύνηση Δυνατοτήτων οργάνωσης και επιθεώρησης των δικτύων αποχέτευσης περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ. Έρευνα της εξέλιξης της κατανάλωσης νερού στην Πρωτεύουσα.* Τελική Έκθεση, ΕΜΠ, ΤΥΠΥΘΕ, Αθήνα.

Γεωργιάδης, Π. 2006. *Θεωρία δυναμικής συστημάτων*. Εκδόσεις Σοφία: Θεσσαλονίκη.

Διαπουλής Α. 1984. *Ποσοτική και Ποιοτική Εκτίμηση του Φυτοβένθους του Σαρωνικού Κόλπου*. Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και αλιευτικών ερευνών, ειδική έκδοση 7.

Ζαλαχώρη Ι., Κουτσογιάννης Δ., Ανδρεαδάκης Α. 2008. Παρασιτικές Εισροές σε Δίκτυα Ακαθάρτων: Αποτίμηση του Προβλήματος στη Ελλάδα. *Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ*, ΤΕΕ 1 :43-48.

Κοινή Υπουργική Απόφαση 5673/400/1997. Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών Ε.ΥΔ.Α.Π., ΦΕΚ 192Β/14-3-1997.

Κουτσογίαννης, Δ., Ευστρατιάδης Α., Καραβοκύρος Γ., Κουκουβίνος Α., Μαμάσης Ν., Ναλμπάντης Ι., Γρίντζια Δ., Δαμιανόγλου Ν., Ξανθάκης Α., Πολιτάκη Β., Τσουκαλά Β. 2000. Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας – Έτος 2000-2001. ΕΜΠ, ΤΥΠΥΘΕ, Αθήνα.

Κυριαζή, Ν. (1998). *Η κοινωνιολογική έρευνα. κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών*. Ελληνικές Επιστημονικές Εκδόσεις: Αθήνα.

Λιανός Θ., Κανελλόπουλος Κ. Γρέγου Μ. Γρέμι Έντα, Παπακωνσταντίνου Π. 2008. *Εκτίμηση του όγκου των αλλοδαπών που διαμένουν παράνομα στην Ελλάδα*, Ι.ΜΕ.ΠΟ. Ελληνικό Υπουργείο Εσωτερικών.

Μεντές Α. 2001. *Διαχείριση της ζήτησης στον τομέα της ύδρευσης. Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος αξιολόγησης εναλλακτικών πολιτικών διαχείρισης της ζήτησης του νερού.* Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος.

Μπίθας, Κ. 2011. *Οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων*. Εκδόσεις ΙΑΠΑΔ: Αθήνα.

Ξενάριος Σ. 2009. Αξιολόγηση οικολογικών υπηρεσιών σε υδατικούς αποδέκτες αστικών συστημάτων αποχέτευσης. Πάντειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων». Επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Αριθ L 135/21-5-1991

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Ερωτηματολόγιο για την Οικολογικά Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη στα Παράκτια Οικοσυστήματα. (εκτυπώσιμη μορφή).
2. Τα χαρακτηριστικά των ειδών που απαρτίζουν το ESG I και το ESG II. Πηγή: Orfanidis et al., 2001.

1. 

This questionnaire has been prepared and sent out to you as part of our research into "Ecologically Sustainable Economic Development in Coastal Ecosystems". This is a project carried out by the Research Team on Economics of the Environment and Sustainable Development (EESD). It does not receive financial support from any source.

The questionnaire aims to identify the most operational approaches concerning Ecologically Sustainable Economic Development in coastal ecosystems in the light of interdisciplinary research. Before answering the questions, please take 5 minutes to go through a short presentation of the various approaches to Ecologically Sustainable Economic Development.

We would appreciate it very much if you could fill out the questionnaire using the on-line form and submit it as indicated in the end of the questionnaire. However, you could also download the Word format and sent it to Georgia Mavromati preferably by email (georgiamavromati@gmail.com) or also by fax (030 210 9248781). The request to participate this research is addressed to experts/scientists/decision makers in coastal ecosystems. We would like to thank you in advance for your willingness to participate. Any additional information, comments or criticisms are welcome. We are at your disposal for any relevant queries.
Please forward the questionnaire to your colleagues who might be interested in participating in this research.
Electronic submission: **http://www.qs.eesd.gr/**

A summary of four approaches to Ecologically Sustainable Economic Development

1. Per Capita Utility (PCU)

In the Per Capita Utility (PCU) approach, the necessary condition for sustainable development is the non-declining utility per capita. The future generations should be at least as well off as the present generations in terms of their utility. Utility here refers to average per capita utility of members of a generation. As an indicator of utility is defined the Gross Domestic Product (GDP) implying that sustainable development is assured as long as the GDP per capita is not declining.

The main assumption of this approach is that man-made capital can substitute for natural capital. In this respect, the depletion of specific natural capital is not a cause of concern as far as there will be enough offsetting increases in other forms of capital to maintain or increase well being over time. Thus, this approach does not require the preservation of particular components or attributes of the natural environment. Subsequently, future generations can do with less environment as long as man-made capital can guarantee non declining per capita utility.

The PCU approach considers the natural and socioeconomic systems independently. This approach accepts that the needs of future generations will be similar and in any case contingent on the needs of the present generations.

2. All Natural Capital (ANC)

The starting point of All Natural Capital (ANC) approach is that natural and socioeconomic systems are interdependent. This approach considers the needs of future generations as independent of the needs of present generations. In this view, the needs of future generations can take different shape than of present generations and a rational policy should aim at eliminating the barriers that stifle the formulation and fulfilment of future needs.

The necessary condition for sustainable development is that the existing natural capital should be kept intact over time. This approach asks for the maintenance of healthy ecosystems and prohibits the further deterioration of the environment. In this case, future generations will access, at least, equal potentials for welfare, depending on the environment, as current generations.

A basic assumption underlying this approach is that natural capital and man-made capital are complements, not substitutes. Because the "all natural capital" approach regards natural and man-made capital as complements, it implies that the one in shorter supply will be a limiting factor for further development, because the productivity of one depends on the availability of the other. Taking into consideration that the limiting factor is the natural capital, the existing natural capital should be maintained on its own.

3. Biologically Crucial Levels (BCLs)

The Biologically Crucial Levels (BCLs) approach considers that the socioeconomic system is a subsystem of the natural system. In this respect, the maintenance of the proper functioning of natural system constitutes a prerequisite for the existence and evolution of social and economic processes.

This approach defines two distinct operational conditions for sustainable development, classified hierarchically to reflect their relative importance. The "necessary" condition demands "the maintenance of the biologically and ecologically critical levels (BCLs) of environmental system's assets/elements/species/processes that ensures the biological and ecological integrity of ecosystems. The concept of BCLs extends to the so-called pollutants that should be reduced below those crucial levels that may disturb the "healthy" functioning and evolution of ecosystems. As a result, the BCL approach adopts a biological constraint on the socioeconomic processes and development.

The prime criterion of sustainability is the biological and ecological integrity of ecosystems in the long run. In this respect, the potential of future generations to form their preferences, without man-induced environmental constraints, is ensured. In this context, the BCL approach seeks the preservation of at least the "minimum" critical biological levels of environmental assets/elements/species/processes in order to ensure biological integrity and healthy evolution in nature. Irreversible deterioration of ecosystems is not a sustainable path. In this context, the BCL approach proposes the avoidance of any species extinction because it is an irreversible change.

The second condition refers to the provision of inputs to the productive sector of the economy in the form of sufficient natural energy and resources. This provision should have a long run perspective, taking systematically into account the potential needs of future generations.

The use of natural resources as inputs to the production process should be covered by: avoidance of wasting non-renewable resources, limiting the use of renewable within their regeneration rate, gradual substitution of non renewable resources with renewable ones.

4. Critical Natural Capital (CNC)

The Critical Natural Capital (CNC) approach proposes the preservation of the critical natural capital as the necessary condition for sustainable development. Critical natural capital are those stocks of (natural) capital which perform critical environmental functions and cannot be substituted by other stocks of environmental or other man-made capital which perform the same functions. CNC should be preserved in order to provide the critical environmental functions to supply resources, to neutralise wastes without incurring ecosystem change or damage, to sustain ecosystem health and function, to maintain human health and generate human welfare in other ways.

The CNC approach considers these categories of environmental functions as equally important for sustainable development.

The determining factors for criticality of natural capital are the criteria of "importance" and "threat". "Importance" is determined on the basis of an ecocentric perspective (i.e. which ecosystems are most important to the maintenance of environmental health and integrity) as well as of an anthropocentric perspective (i.e. which ecosystem services are most important to our survival and well-being and cannot be substituted). As a result, the determination of criticality not only depends on ecological standards, but also reflects the standards of living and relative affluence of a particular group, region or nation. In addition, whenever natural capital is seriously threatened or faces irreversibly deterioration then the relevant threat should be eliminated and the asset must be preserved.

Approaches / Questions	Per capita utility	All natural capital	Biologically Crucial Levels	Critical Natural Capital
1. To what extent is each approach internally consistent and coherent?	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well
2. How well does each approach describe the conditions for sustainable development in the coastal ecosystems?	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well
3. How capable is each approach of forming the basis for effective environmental policy in the coastal ecosystems?	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well
4. How far is each approach applicable in practice?	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well

5. How suitable is each approach for describing the general philosophy of sustainable development?	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well	Not at all / A little / Quite a lot / Very well

Thank you very much for your time.

For statistical purposes, please supply us with the information requested below.

Occupational Information

Forename

Surname

Organization

Specialization field

Country

Region/State

Email Address

Comments/critics

2. Τα χαρακτηριστικά των ειδών που απαρτίζουν το ESG I και το ESG II. Πηγή: Orfanidis et al., 2001

Functional characteristics and growth strategies of marine benthic macrophytes (GRIME, 1979, 2001; LITTLER & LITTLER, 1980, 1984; LARKUM & DEN HARTOG, 1989; LARKUM *et al.*, 1989; DUARTE, 1995; HEMMINGA & DUARTE, 2000).

Ecological State Group	Functional form group	External morphology	Internal anatomy	Productivity	Longevity (Succession)	Growth Strategies (sensu Grime)	Genera
II	A. Sheet-Group	Thin tubular and sheet like (foliose)	Uncorticated, one-several cells thick	High	Annuals (Opportunistic)	Ruderal	*Ulva, Enteromorpha, Scytosiphon* (erect phase), *Dictyota*
II	B. Filamentous-Group	Delicately branched (filamentous)	Uniseriate, multiseriate or lightly corticated	High	Annuals (Opportunistic)	Ruderal	*Cyanophyceae, Chaetomorpha, Cladophora, Polysiphonia, Ceramium, Spyridia*
II	C. Coarsely Branched-Group	Coarsely branched upright	Corticated	Species specific	Annuals (Mid-successional)	Stress-tolerant-Ruderal or Stress-tolerant-Competitors	*Acanthophora, Caulerpa, Chordaria, Gracilaria, Laurencia, Liagora*
I	D. Thick Leathery-Group	Thick blades and branches	Differentiated, heavily corticated thick walled	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	*Cystoseira, Chondrus, Fucus, Laminaria, Padina, Sargassum, Udotea*
I	E. Jointed Calcareous-Group	Articulated, calcareous, upright	Calcified genicula, flexible intergenicula	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	*Amphiroa, Corralina, Galaxaura, Halimeda, Jania*
I	F. Crustose-Group	Epilithic, prostrate, encrusting	Calcified or uncalcified parallel cell rows	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	*Hydrolithon, Lithothamnion, Peyssonnelia, Porolithon*
I	G. Seagrasses	Highly differentiated from foliose to cylindrical (Leafs, rhizomes, roots, flowers, fruits)	Hghly differentiated (epidermis, mesophyll, vascular system)	Low	Perennials (Pioneers to late-successional)	Stress-tolerant	*Cymodocea, Posidonia, Ruppia*