



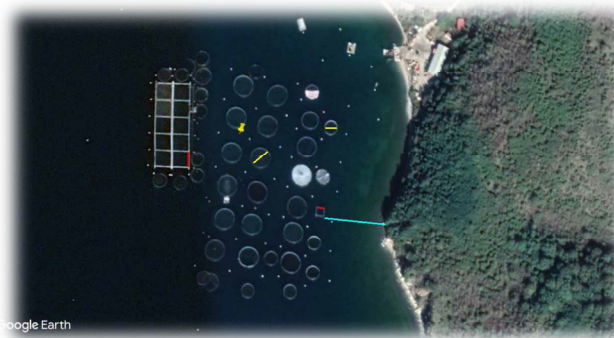
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Βιώσιμη αλιεία - υδατοκαλλιέργεια»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Περιβαλλοντική εκτίμηση των επιπτώσεων των
ιχθυοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον της Ελλάδας



ΚΑΡΑΜΠΟΥΛΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2020

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

- Κατσέλης Γεώργιος : Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ., Παν/μίου Πατρών,
Επιβλέπων Καθηγητής
- Βιδάλης Κοσμάς Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ., Παν/μίου Πατρών, μέλος
- Ράμφος Αλέξιος Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ., Παν/μίου
Πατρών, μέλος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ.....	7
ABSTRACT.....	8
KEYWORDS	8
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Η ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα	10
1.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	10
1.1.2 Η υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιεργειών στην Ελλάδα.....	11
1.1.3 Μέθοδοι ιχθυοκαλλιέργειας	12
1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών.....	13
1.2.1 Ζώνες επιδράσεων των μονάδων εκτροφής	15
1.2.2 Περιβαλλοντική νομοθεσία στις ιχθυοκαλλιέργειες	17
1.3 Στόχος της έρευνας.....	19
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	20
2.1 Καταγραφή των μονάδων εκτροφής ιχθύων (2001-2017)	20
2.1.1 Χρήση του δωρεάν (free) λογισμικού GOOGLE EARTH (TM).....	20
2.1.2 Χωροθέτηση μονάδων.....	24
2.2 Υπολογισμός βιομάζας και ιχθυοτροφής	25
2.3 Υπολογισμός αποβλήτων ιχθυοκαλλιεργειών.....	26
2.3.1 Περιττώματα.....	27
2.3.2 Μη καταναλωθείσα τροφή	28
2.3.3 Χαρτογράφηση δυνητικών ζωνών επίδρασης ιχθυομονάδων στο περιβάλλον.....	29
2.4 Συγκεντρωτική μεθοδολογία εργασίας.....	3130
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
3.1 Χωρική κατανομή μονάδων εκτροφής.....	33
3.2 Εκτίμηση βιομάζας και ιχθυοτροφής	40
3.3 Εκτίμηση αποβλήτων ιχθυοκαλλιεργειών.....	43
3.4 Εκτίμηση ζωνών δυνητικών επιδράσεων ιχθυομονάδων	48
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	65
4.1 Χωροθέτηση μονάδων εκτροφής	65

4.2	Δυναμικότητα παραγωγής μονάδων εκτροφής	66
4.3	Επίδραση των θρεπτικών των μονάδων εκτροφής στο περιβάλλον.....	68
4.4	Επιφάνειες της επίδρασης των μονάδων εκτροφής στο περιβάλλον.....	69
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
6.1	Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία.....	77
6.2	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	78
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	91

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) του Τμήματος Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας – Υδατοκαλλιέργειών του Πανεπιστημίου Πατρών με τίτλο: "Βιώσιμη αλιεία, υδατοκαλλιέργεια – Sustainable fisheries, aquaculture".

Η εργασία μελετά την υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιέργειών στην Ελλάδα καθώς και τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό διενεργήθηκε αναλυτική έρευνα στην υπάρχουσα βιβλιογραφία με ελεύθερη πρόσβαση, ενώ χρησιμοποιήθηκαν βιβλία και επιστημονικά άρθρα δημοσιευμένα σε διεθνή έγκριτα περιοδικά καθώς και άρθρα δημοσιευμένα σε ηλεκτρονικές εφημερίδες και διαδικτυακούς ιστότοπους.

Η εργασία παρουσιάζεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο κεφάλαιο της «Εισαγωγής» γίνεται αρχικά μία ιστορική αναδρομή του κλάδου της ιχθυοκαλλιέργειας στον Ελλαδικό χώρο από το 1980 έως σήμερα, και παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα. Στη συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά οι επιπτώσεις των μονάδων στο περιβάλλον καθώς και η δυνητική τους επίδραση ανάλογα με την απόσταση από τη θέση εγκατάστασής τους. Η «Μεθοδολογία» της έρευνας η οποία παρουσιάζεται στο 2^ο κεφάλαιο συντίθεται από την χωροθέτηση των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας με την χρήση των δορυφορικών απεικονίσεων καθώς και την εκτίμηση της βιομάζας των αποβλήτων που παράγουν αλλά και των ζωνών της δυνητικής επιδράσεώς τους στον θαλάσσιο χώρο.

Τα «Αποτελέσματα» της έρευνας παρουσιάζονται αναλυτικά στο 3^ο κεφάλαιο ενώ στο 4^ο κεφάλαιο της «Συζήτησης» καταγράφονται και αποτυπώνονται οι επιπτώσεις των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας στη χώρα μας σε σχέση με τις δυνητικές ζώνες επίδρασής τους σε συνδυασμό με τα βιβλιογραφικά ερευνητικά δεδομένα προκειμένου να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα για την βέλτιστη διαχείρισή τους.

Συνοπτικά, στα «Συμπεράσματα» που ακολουθούν ο αναγνώστης έχει την δυνατότητα να λάβει συγκεντρωμένη την πληροφορία που απορρέει από την παρούσα διπλωματική εργασία προκειμένου να σχηματίσει άποψη και να την χρησιμοποιήσει στον τομέα ενδιαφέροντος που ασχολείται. Ευελπιστούμε να έχουμε αποδώσει κατά το δυνατόν ολοκληρωμένη την εργασία που διαπραγματευόμαστε και σας ευχόμαστε καλή ανάγνωση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) του Τμήματος Ζωικής Παραγωγής. Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών του Πανεπιστημίου Πατρών με τίτλο: "Βιώσιμη αλιεία, υδατοκαλλιέργεια - Sustainable fisheries, aquaculture" θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα εκείνους που με βοήθησαν και με στήριξαν σε αυτή μου την προσπάθεια.

Αρχικά να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Γεώργιο Κατσέλη για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ και να ερευνήσω το συγκεκριμένο θέμα, καθώς ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας έχει ιδιαίτερο μέλλον και μεγάλες προοπτικές τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τον ευχαριστώ επίσης ιδιαιτέρως για τη στήριξη και την καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια της Μεταπτυχιακής μου Ειδίκευσης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου που με στήριξαν όσο κανείς και με βοήθησαν να αντιμετωπίσω τα προβλήματα της καθημερινότητας και να φέρω εις πέρας την συγκεκριμένη εργασία.

Πάτρα, Ιανουάριος 2020

Χαραλαμπία Καραμπούλα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μονάδες εκτροφής ιχθύων στην χώρα μας, όπως αποτυπώθηκαν από το σύνολο των 2060 δορυφορικών απεικονίσεων, ανέρχονται στις 260, εκ των οποίων οι περισσότερες (203) συγκεντρώνονται σε 7 ομάδες χωρικών συναθροίσεων από το σύνολο των 13, στις περιοχές του Αργοσαρωνικού (39), των Εχινάδων (33), της Σαγιάδας (29), του βόρειου Ευβοϊκού (28), του Αμβρακικού (25), της Αργολίδας (25) και του νότιου Ευβοϊκού (24).

Η συνολική παραγωγή των μονάδων για το έτος 2017 όπως αποτυπώνεται από το μέγεθος των εγκαταστάσεων για το 50% της δυναμικότητάς τους, ανέρχεται σε 130.651 τόνους συνολικά (78390.6 τόνοι τσιπούρας και 52260.0 τόνοι λαβράκι) με την περιοχή του Αργοσαρωνικού και των Εχινάδων να παρουσιάζουν την μεγαλύτερη παραγωγή με 22591.5 και 17866.8 τόνους αντίστοιχα. Τα απόβλητα των μονάδων τα οποία προέρχονται από τα περιττώματα και τα υπολείμματα της τροφής και αφορούν το ολικό απορριπτόμενο άζωτο και φώσφορο του κύκλου εκτροφής 2017 ανήλθαν σε 14435.4 και 2510.0 τόνους αντίστοιχα.

Η χαρτογράφηση των δυνητικών ζωνών επίδρασης (ΔΖΕ) των ιχθυομονάδων στο περιβάλλον αποτυπώνει τις περιοχές των επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι ζώνες έως τα 500 μέτρα παρουσιάζουν την χωροθέτηση σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία οι οποίες συνενώνουν 115 περιοχές και καταλαμβάνουν 191.6 km² θαλάσσιας έκτασης. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σημειώνονται έως και την ζώνη των 1000 μέτρων η οποία συνενώνει 88 περιοχές καλύπτοντας έκταση 469,8 km². Η επικοινωνία δε των ιχθυομονάδων διαμέσου των μετακινήσεων της άγριας ιχθυοπανίδας αποτυπώνεται από την ζώνη των 3000 μέτρων παρουσιάζοντας συνένωση σε 61 περιοχές καλύπτοντας συνολική επιφάνεια 2232.8 km².

Οι περιοχές των συνενώσεων των (ΔΖΕ) φανερώνουν τον σχηματισμό ενιαίων διαδρόμων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μονάδων εκτροφής οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον χωροταξικό σχεδιασμό και σε συνδυασμό με τις υδροδυναμικές συνθήκες για την διασφάλιση της καλής κατάστασης διατήρησης του περιβάλλοντος.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ

Ιχθυομονάδες, Δορυφορική απεικόνιση, Απόβλητα υδατοκαλλιέργειας,
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

ABSTRACT**Assessment of the environmental impacts of aquaculture in Greece**

Fish farms as recorded in 2060 satellite images during 2017, amount to 260, most of them (203) concentrated in 7 geospatial groups out of 13, in the regions of Argosaronic (39), Echinades (33), Sayiades (29), North Evia (28), Amvrakikos (25), Argolida (25) and South Evia (24).

Total production, as reflected in the size of fish farms and 50% of their capacity, totalled 130,651 tonnes (78390.6 tonnes of sea bream and 52260.0 tonnes of sea bass) in 2017, with Argosaronic and Echinades geographical groups producing the largest at 22591.5 and 17866.8 tonnes respectively. Wastes from fish's feces and feed residues as measured in the total discharged nitrogen and phosphorus amounted to 14435.4 and 2510.0 tonnes, respectively.

The mapping of the fish zones' potential impact zones (PIZs) records the regions of the impacts in the marine environment. The zones up to 500 meters are in accordance to the current legislation which unite 115 areas and occupy 191.6 km² of marine area. However, the environmental impacts are up to the 1000-meter zone, which unites 88 areas covering an area of 469.8 km². The communication of the fish farm units through the movements of the wild fish fauna is illustrated by the 3000m zone presenting a coalescence of 61 regions covering a total area of 2232.8 km².

The PIZ areas indicate the formation of geospatial corridors of the fish farms' environmental impacts which should be taken into account in spatial planning and in conjunction with hydrodynamic conditions to ensure the good condition of the environment preservation.

KEYWORDS

Fish farm, Satelite image, Aquaculture waste, Environmental impacts.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

GoogleTM earth	Ge
Μονάδες εκτροφής	FFs (Fish Farms)
Δορυφορικές απεικονίσεις	satImgs (Satelite Images)
Δυνητική Ζώνη Επίδρασης	ΔZE
Μέσος αριθμός κλωβών	A_{VN}
Μέση επιφάνεια εκτροφής ανά μονάδα	S_{fn}
Μέσος όγκος εκτροφής	V_n
Μέση απόσταση από την ακτή	d_{cc}
Συνολική επιφάνεια εκτροφής της μονάδας x	S_{fx}
Χωρικές ομάδες συναθροίσεων	SGs
Ομάδες τεχνικών χαρακτηριστικών	TFGs
Όγκος εκτροφής της κάθε μονάδας το 2017	V2017
Αύξηση όγκου σε σχέση με το V1 (V2017-V1)	DFp2017
Μείωση όγκου σε σχέση με το V1 (V1-V2017)	DFN2017
Μεταβολή όγκου (V2-V1)	VAR_VL
Δείκτης για το ποιες μονάδες έχουν υποστεί μεταβολές όγκου (μείωση ή αύξηση)	DFB2017

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα

1.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιχθυοκαλλιέργεια στη χώρα μας εμφανίζεται σταδιακά τη δεκαετία του 1980 όπου παρατηρείται η πρώτη ανάπτυξη θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας εντατικής μορφής και η οποία έδωσε μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη του κλάδου τα επόμενα χρόνια (Μπάτζιος 1999, ΣΕΘ 2018).

Τα κύρια είδη που εκτρέφονται στη χώρα μας είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), τα οποία αποτελούν περίπου το 97% των πωλήσεων, ενώ σε μικρότερη κλίμακα (3%) εκτρέφονται είδη όπως το μυτάκι (*Diplodus puntazzo*), το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), το λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*), ο κρανιός (*Argyrosomus Regius*), η συναγρίδα (*Dentex dentex*), κ.ά. (FAO 2009, ΣΕΘ 2018).

Η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού την περίοδο 1995-2001 αυξήθηκε από 19.000 τόνους σε περισσότερους από 66.000, γεγονός που αντιστοιχεί σχεδόν σε αύξηση 350% τη συγκεκριμένη εξαετία και σε 24% ετήσιο ποσοστό αύξησης (Halwart *et al.* 2007). Τη διετία 2000-2003 η παραγωγή της ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας αποτελούσε το 44-49% της παγκόσμιας παραγωγής σε τσιπούρα και λαβράκι (Σίμος 2013).

Το 2008 οι επιχειρήσεις του κλάδου ήρθαν αντιμέτωπες με μια σημαντική μείωση στις τιμές που οφειλόταν στην ταχύτερη αύξηση παραγωγής γόνου σε σχέση με τη ζήτηση του τελικού προϊόντος (17% έναντι 10% ετησίως), γεγονός που σε συνδυασμό με την παγκόσμια οικονομική κρίση οδήγησε στην περαιτέρω επιδείνωση της οικονομικής κατάστασης στον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών (Framian 2009).

Τη χρονιά 2011, παρατηρήθηκαν οι καλύτερες τιμές της αγοράς της τελευταίας δεκαετίας για την τσιπούρα, ενώ δημιουργήθηκε μια τάση από πολλές εταιρίες να εισάγουν μεγάλες ποσότητες γόνου με σκοπό να μειώσουν τις ζημιές των προηγούμενων ετών (Christofilogiannis 2011).

Η ραγδαία ανάπτυξη της ιχθυοκαλλιέργειας οφείλεται αφενός στην συνεχόμενη αύξηση της ζήτησης των αλιευτικών προϊόντων τα οποία είναι υψηλής διατροφικής αξίας και αφετέρου στην μείωση της αλιευτικής παραγωγής η οποία

πλέον διατίθεται σε υψηλότερο κόστος (Steiner-Asiedu *et al.* 1991, Agren & Hanninen 1993, Hanson *et al.* 1994, Ballarini 1995, Lall 1995).

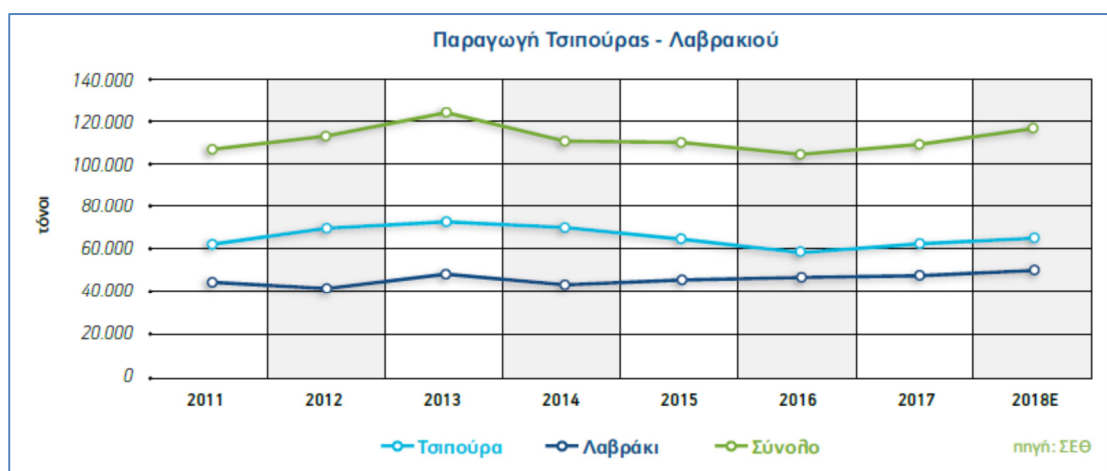
Ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας κατάφερε το 2017 να βρίσκεται στις πρώτες θέσεις παγκοσμίως στην εκτροφή μεσογειακών ιχθύων επιβεβαιώνοντας την αποδοχή των προϊόντων του τόσο στην εγχώρια όσο και την παγκόσμια αγορά (ΣΕΘ 2018).

1.1.2 Η υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιεργειών στην Ελλάδα

Ο καταγεγραμμένος αριθμός μονάδων σε ολόκληρη την Ελληνική επικράτεια το 2017 ήταν 318 μονάδες, σε αντίθεση με το 2016 όπου αριθμούσαν τις 336, όπου δραστηριοποιούνται 62 επιχειρήσεις και οι οποίες τοποθετούνται γεωγραφικά σε ποσοστό 77% στις Αποκεντρωμένες Διοικήσεις Πελοποννήσου – Δυτ. Ελλάδας & Ιονίου, Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας και Αιγαίου (ΣΕΘ 2017, 2018).

Η συνολική παραγωγή γόνου το 2017 ανήλθε στα 459,3 εκατ. ιχθύδια, εκ των οποίων 256 εκατ. ιχθύδια τσιπούρας και 191 εκατ. ιχθύδια λαβράκι, σημειώνοντας μία μείωση 4,5% στα ιχθύδια τσιπούρας, ενώ μία αύξηση 6,1% στα ιχθύδια λαβρακιού όσον αφορά τον όγκο παραγωγής του προηγούμενου έτους (ΣΕΘ 2017, ΣΕΘ 2018).

Το 2017 η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού ανήλθε σε 112.000 τόνους εκ των οποίων 64.000 τόνοι τσιπούρας και 48.000τόνοι λαβρακιού σε ποσοστό 57% και 43% αντίστοιχα (εικόνα 1), παρουσιάζοντας αύξηση συνολικά 6.6% με την παραγωγή της τσιπούρας αυξημένη κατά 4.4% και του λαβρακιού κατά 8.5% σε σχέση με το προηγούμενο έτος (ΣΕΘ 2018).



Εικόνα 1. Παραγωγή τσιπούρας λαβρακιού κατά τα έτη 2011-2018 (ΣΕΘ 2018).

1.1.3 Μέθοδοι ιχθυοκαλλιέργειας

Οι μέθοδοι ιχθυοκαλλιέργειας ποικίλουν και ανάλογα με τον τρόπο εκτροφής των οργανισμών μπορούν να διακριθούν σε εκτατικές ή εντατικές, καθώς επίσης σε εκείνες που τοποθετούνται σε δεξαμενές με θαλασσινό νερό ή στο φυσικό περιβάλλον της θάλασσας, σε εκείνες που διεξάγονται με συνεχή ροή ή με ανακυκλοφορία, σε παραδοσιακές, κλασικές ή βιολογικές, προστατευμένες ή εκτεθειμένες, κ.λπ.

Η εκτατική και η ημι-εκτατική ιχθυοκαλλιέργεια πραγματοποιείται στις λίμνες και στις λιμνοθάλασσες και απαιτεί την διαχείριση της παραγωγής η οποία εισέρχεται και στην συνέχεια αλιεύεται (Alasalvar & Taylor 2002).

Η εντατική θαλασσοκαλλιέργεια χαρακτηρίζεται από την ανθρώπινη παρέμβαση σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των ιχθύων (Κλαουδάτος 2005, Dimitriou *et al.* 2007). Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- i. **Παραγωγή φυτο-ζωοπλαγκτού**, όπου τα rotifers (*Brachionus plicatilis*) και η *Artemia nauplii* είναι μερικά είδη ζωοπλαγκτού τα οποία παράγονται ως τροφή για τα ψάρια (Παπουτσόγλου 2008).
- ii. **Παραγωγή γόνου**, όπου γίνεται συλλογή και εκκόλαψη των αυγών, ενώ στην συνέχεια οι προνύμφες αφού αναπτυχθούν μέχρι το στάδιο των ιχθυδίων δύνανται να μεταφερθούν στους θαλάσσιους πλωτούς κλωβούς (Bremner 2002, Κλαουδάτος 2008).
- iii. **Στάδιο πάχυνσης**. Οι πλωτοί κλωβοί, στους οποίους μεταφέρεται ο γόνος, είναι πλωτά πλαίσια, πλαστικά ή μεταλλικά με τετράγωνο ή κυκλικό σχήμα και ποικιλία μεγεθών ανάλογα με τις ανάγκες κάθε μονάδας εκτροφής.

Το κάθε εκτρεφόμενο είδος έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις τόσο σε κάθε στάδιο ανάπτυξης, ενώ η παραγωγή μιας μονάδας εκτροφής υπόκειται και σε παράγοντες όπως η γενετική προδιάθεση των ιχθύων, οι ασθένειες από τις οποίες μπορεί να προσβληθούν κατά τη διάρκεια της ζωής τους (βακτήρια, ιοί, μύκητες, παράσιτα), η ποιότητα και η ποσότητα της τροφής, η περιοδικότητα των γευμάτων, η σωστή διαχείριση των ψαριών (π.χ. έγκαιρη αλλαγή διχτύων, έγκαιρη διάγνωση ασθενειών, κ.λπ.), οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, μόλυνση, συχνότητα ανανέωσης νερών, φυσικοχημικοί παράγοντες, κ.λπ.), τα διαχειριστικά λάθη και οι εμπειρία του προσωπικού (FAO/WHO 2003).

1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιέργειών

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων εκτροφής των θαλάσσιων ιχθυοκαλλιέργειών προέρχονται από τα απόβλητα τα οποία απελευθερώνονται κατά τη λειτουργική διαδικασία της εκτροφής άμεσα στο φυσικό περιβάλλον και τα οποία συνίστανται στα περιττώματα των ιχθύων, στην μη καταναλωθείσα τροφή και στα υπολείμματα χημικών ουσιών (φάρμακα, βιταμίνες, καθαριστικά κλωβών, κ.α. (Read & Fernandes 2003, Apostolaki *et al.* 2007, Holmer *et al.* 2008b).

Η ποιότητα και η ποσότητα των αποβλήτων εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του συστήματος καλλιέργειας (τύπος και μέγεθος εγκαταστάσεων) και την επιλογή των ειδών εκτροφής αλλά και από την ποιότητα και τη διαχείριση των ζωοτροφών (Cao *et al.* 2007). Η δε διασπορά αλλά και η καθίζηση των αποβλήτων κάτω από τους κλωβούς των μονάδων εκτροφής εξαρτάται από τα θαλάσσια ρεύματα, τη δομή και την σύνθεση των εγκαταστάσεων (μέγεθος, σχήμα, βάθος), το είδος της καλλιέργειας σε κάθε κλωβό, την ποσότητα εισροής ζωοτροφών και επομένως το υλικό των περιττωμάτων (Chen *et al.* 1999, Karakassis *et al.* 2000, Tironi *et al.* 2010, Perez *et al.* 2014).

Ο κύριος όγκος των αποβλήτων των μονάδων υδατοκαλλιέργειας σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς αποτελείται από ενώσεις του αζώτου και του φωσφόρου που βρίσκονται στα υπολείμματα της τροφής και στα περιττώματα οι οποίες καθιζάνουν στον πυθμένα λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους από το θαλασσινό νερό όπως αναφέρεται από τους Bergheim *et al.* (1982,1984). Η αυξημένη συγκέντρωση αποβλήτων μπορεί να οδηγήσει στη μεταβολή της φυσικοχημικής σύστασης του ιζήματος λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης φωσφόρου και της αμμωνίας του οργανικού υλικού (Holmer *et al.* 2007, Sara *et al.* 2007, Giles 2008, Neophytou & Kladoudatos 2008, Edgar *et al.* 2010).

Στο ίζημα που συνεχώς αυξάνεται αναπτύσσονται αερόβιοι βενθικοί μικροοργανισμοί, γεγονός που οδηγεί στην ελάττωση του διαθέσιμου οξυγόνου, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη αναερόβιων βακτηρίων τα οποία παράγουν τοξικά παραπροϊόντα, όπως αμμωνία, μεθάνιο και υδρόθειο (Diaz & Rosenberg 1995, Christensen *et al.* 2000, Thamdrup & Canfield 2000, Gray *et al.* 2002).

Η συσσώρευση λοιπόν του οργανικού υλικού εκατέρωθεν των μονάδων εκτροφής το οποίο προέρχεται από τα μεταβολικά προϊόντα και τα υπολείμματα της τροφής έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία περιοδικών ή και μόνιμων ανοξικών

συνθηκών υποβαθμίζοντας οικολογικά την παράκτια περιοχή ακόμα και μετά την απομάκρυνση των εγκαταστάσεων (Karakassis *et al.* 1999, Belias *et al.* 2000, Μπελιάς *et al.* 2016). Σύμφωνα δε με τους Μπελιάς *et al.* (2016) οι μακροχρόνιες ανοξικές συνθήκες σε ένα παράκτιο περιβάλλον όπου πραγματοποιείται αναερόβια διάσπαση των οργανικών ενώσεων του ιζήματος, έχουν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του θαλάσσιου νερού με άζωτο και μάλιστα κάποιες φορές σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.

Τα παραπάνω είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε μεταβολές των βενθικών βιοκοινοτήτων, στη μείωση της βιοποικιλότητας και την επικράτηση ειδών που είναι ανθεκτικά στη ρύπανση και τις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου (Delgado *et al.* 1997, Karakassis *et al.* 2000, Mazzola *et al.* 2000, Papageorgiou *et al.* 2009, Tomassetti *et al.* 2009, Neofitou *et al.* 2010).

Ιδιαίτερα, πλήθος εργασιών έχουν αναφερθεί στις επιπτώσεις των αποβλήτων των μονάδων των ιχθυοκαλλιεργειών στα λιβάδια της Ποσειδωνίας (πυκνότητα λιβαδιών, φύλλωμα, ρίζωμα, επίφυτα κ.α.) των οποίων η κατάσταση αποτελεί και οικολογικό δείκτη της ρύπανσης που προκαλείται από τις μονάδες (Delgado *et al.* 2000, Ruiz *et al.* 2001, Cancemi *et al.* 2003, Pergent-Martini *et al.* 2006, Holmer *et al.* 2008a, Perez *et al.* 2008).

Επιπλέον, οι επιπτώσεις των αποβλήτων των υδατοκαλλιεργειών έχουν αναφερθεί και για την επίδρασή τους στους άγριους πληθυσμούς της ιχθυοπανίδας τόσο λόγω της προσέλευσής τους εξαιτίας της αφθονίας τροφής κάτω και γύρω από τις πλωτές εγκαταστάσεις των μονάδων εκτροφής όσο και λόγω της διαφυγής από τα κλουβιά των εκτρεφόμενων ειδών, και αφορούν την μετάδοση των ασθενειών και παρασίτων, την αλλαγή της γενετικής συνοχής (υβριδισμός) και την μείωση της ικανότητας επιβίωσης των άγριων πληθυσμών (Maitland 1986, Windsor & Hutchinson 1990, Youngson *et al.* 1993, Arechavala-Lopez *et al.* 2013, Weir & Grant 2005, Jensen *et al.* 2010). Η προσέλευση βέβαια των πληθυσμών των άγριων ιχθύων δύναται να αποτελέσει αντικείμενο εκμετάλλευσης (γόπα, γοφάρι, κ.α.) αλλά η ποιότητα του θηράματος λόγω της παρασκευασμένης τροφής που καταναλώνει αναφέρεται ως κατώτερη (Arechavala-Lopez *et al.* 2011, Uglem *et al.* 2014, Arechavala-Lopez *et al.* 2015).

Τα πρώτα σημάδια της επίδρασης της απόθεσης των θρεπτικών στον πυθμένα είναι άμεσα καθώς σε ελάχιστο χρόνο, μόλις ενάμιση μήνα από την έναρξη της λειτουργίας της μονάδας παρουσιάζεται υπέρογκη αύξηση του ιζήματος, ενώ εντός

τριών μηνών διαπιστώνεται μείωση έως και 70% της μικροβενθικής πανίδας (Mazzola *et al.* 1999, Nordvang 2001). Τα δε πρώτα σημάδια επίδρασης στα όμορα λιβάδια της Ποσειδωνίας εμφανίζονται περίπου στα 5 χρόνια μετά την έναρξη της λειτουργίας των μονάδων σύμφωνα με τους Paraska *et al.* (2015). Αντίστοιχα, ύστερα από την παύση της λειτουργίας της μονάδας, η στήλη του ύδατος επανέρχεται στα φυσιολογικά της όρια, και η ανάκαμψη της μικροβενθικής πανίδας είναι αρκετά γρήγορη καθώς παρουσιάζεται αύξηση στο 30% μετά από 2 μήνες αλλά με πολύ μικρό αριθμό ειδών, ενώ απαιτείται ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 μηνών για την ολοκλήρωση της ανάκαμψης (Mazzola *et al.* 2000).

Η κατάσταση του ιζήματος καθώς και οι επιδράσεις στο μακροβενθικό οικοσύστημα κάτω από τα κλουβιά ακόμα και μετά από δύο ή και τρία χρόνια δεν έχει επανέλθει στην πρότερη κατάσταση, ενώ δύναται ο χρόνος της επαναφοράς του συστήματος να ανέλθει έως και τα 7 χρόνια (Karakassis *et al.* 1999, Macleod *et al.* 2004, Pereira *et al.* 2004, Borja *et al.* 2010). Ο ρυθμός της επαναφοράς του συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ως εκ τούτου η εκ περιτροπής λειτουργία και παύση των μονάδων ενδεχομένως να αποτελεί την λύση για την μείωση των επιπτώσεων από τα απόβλητα των μονάδων (Iwama 1991, Karakassis *et al.* 1999).

Σύμφωνα δε με την εθνική νομοθεσία προβλέπεται η εφαρμογή της διαδικασίας της «υδρανάπαυσης» μόνο όταν τεκμηριωμένα επικρατούν ειδικές ανασταλτικές συνθήκες ως προς τις διεργασίες ανάστρεψης των επιπτώσεων από την λειτουργία της μονάδας, ενώ αναφέρεται ρητά ότι η υδρανάπαυση «βοηθά στην άμεση αποκατάσταση των συνθηκών αποικοδόμησης του σωματιδιακού οργανικού υλικού, μέσου της τροφικής αλυσίδας και την αναβάθμιση – διασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος».

1.2.1 Ζώνες επιδράσεων των μονάδων εκτροφής

Τα θρεπτικά στοιχεία καθώς δεν επηρεάζουν μόνο την στήλη του νερού κάτω από τα κλουβιά των μονάδων εκτροφής αλλά και τα είδη όπως η Ποσειδωνία και μάλιστα σε μεγάλη απόσταση από αυτά, θα πρέπει να υπολογισθεί και η επιφάνεια επίδρασης τόσο σε σημειακό επίπεδο συμπεριλαμβάνοντας και την έκταση που αντιστοιχεί στα 25 μέτρα από την μονάδα, αλλά και σε απόσταση κλιμακούμενη έως τα 1000 μέτρα (Pergent-Martini *et al.* 2006).

Οι επιδράσεις από την λειτουργία των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας στο περιβάλλον καθώς έχουν μελετηθεί εκτενώς από την επιστημονική κοινότητα έχουν προσδιοριστεί και ως προς τις αποστάσεις που επηρεάζουν. Στα πλαίσια αυτά έχουν συμπεριληφθεί από την εθνική νομοθεσία και έχουν καθοριστεί κανόνες για την ίδρυση και λειτουργία τους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι «η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών μονάδων εκτροφής ψαριών που ανήκουν στον ίδιο Φορέα ή σε διαφορετικούς φορείς, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 500 m, η δε απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών πάρκων εκτροφής της ίδιας μονάδας, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 100 m και μικρότερη των 250m» (ΦΕΚ 2505/Β/4-11-2011).

Στον παρακάτω Πίνακα 1 γίνεται μία συγκεντρωτική αναφορά των επιδράσεων των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας από τον εμπλουτισμού της στήλης νερού με τα θρεπτικά στοιχεία των αποβλήτων της εκτροφής, καθώς και οι αποστάσεις που αυτές επηρεάζουν.

Πίνακας 1. Αποστάσεις που εντοπίζονται οι επιδράσεις του οργανικού εμπλουτισμού και της υψηλής βιοσύνθεσης που προκαλείται από την εντατική ιχθυοκαλλιέργεια.

Αναφορές	Επιδράσεις	Αποστάσεις από τα κλουβιά (m)
Tomassetti et al. (2016)	Οικολογική κατάσταση κάτω από τα κλουβιά ως αποτέλεσμα 5 βιοτικών δεικτών (AMBI, M-AMBI, Bentix, BQI, BQI_FAM) και ποικιλότητα (Diversity), φτωχή έως κακή. Οι δε περιοχές που επηρεάστηκαν έδειξαν απώλεια βιοποικιλότητας και αύξηση ευκαιριακών ειδών.	0 – 25
Karakassis et al. (2000)	Υψηλή συγκέντρωση οργανικών στο ίζημα και επίδραση στην μακροπανίδα κάτω από τα κλουβιά. Εμφανής αλλαγή του οικοτόνου (περιοχή μετάβασης μεταξύ δύο βιομαζών).	0 – 25
Parageorgiou et al. (2010)	Ίζηματα κοντά στις ιχθυοκαλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές TOC και TON, υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου, υψηλότερη απελευθέρωση PO ₄ και χαμηλότερη βενθική ποικιλομορφία σε λασπώδη ιζήματα	50
Pergent-Martini et al. (2006)	Μείωση της πυκνότητας (φύλλωμα και ρίζωμα) της Ποσειδωνίας με ταυτόχρονη αύξηση των επιφύτων.	100-200
Holmer et al. (2008)	Δίκτυ ασφαλείας των επιπτώσεων στα λιβάδια της Ποσειδωνίας από το οργανικό φορτίο των ιχθυοκαλλιεργειών και την επίδρασή του στην αφθονία της μειοπανίδας (meiofauna), την βιομάζα της μακροπανίδας (macrofauna), τις βιογεωχημικές	400

	συνθήκες του ιζήματος και την κατάσταση της υγείας των λιβαδιών.	
Karakassis (2007)	Σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης α (Chla) η οποία απαντάται στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που παράγουν οξυγόνο, λόγω του οργανικού φορτίου των μονάδων της ιχθυοκαλλιέργειας.	50 - 575
Mangion et al. (2018)	Επίδραση στις βενθικές συναθροίσεις των μακροσπονδύλων (σημαντική μείωση του αριθμού των οικογενειών και της ποικιλομορφίας των αμφιπόδων) πιθανώς λόγω της μεταφοράς σωματιδιακών οργανικών αποβλήτων των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας.	1000
Arechavala-Lopez et al. (2010)	Μετακινήσεις άγριων ψαριών μεταξύ των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας. Μετάδοση ασθενειών και παρασίτων μεταξύ των εκμεταλλεύσεων ή και των αποθεμάτων άγριων ιχθύων.	3000-5000

Είναι σαφές ότι άμεση είναι η εξάρτηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών με την χωρική κατανομή και την επιφάνεια όγκου της κάθε μονάδας καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της ιχθυοκαλλιέργειας τόσο εντονότερα είναι τα προβλήματα ρύπανσης που εμφανίζονται. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των πλωτών εξεδρών τόσο μεγαλύτερος και ο αριθμός των ψαριών και άρα των αποβλήτων που δημιουργούνται (Πέτρου 2013).

1.2.2 Περιβαλλοντική νομοθεσία στις ιχθυοκαλλιέργειες

Η εγκατάσταση ύστερα από την σχετική αδειοδότηση των μονάδων εκτροφής των ιχθυοκαλλιεργειών ακολουθούν τους ορισμένους από την εθνική νομοθεσία περιβαλλοντικούς όρους, ενώ τηρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές που ορίζουν τις παραμέτρους της εγκατάστασής τους.

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των μονάδων υδατοκαλλιέργειας στην χώρα μας διέπεται από την ΚΥΑ με αριθμό 31722/04-11-2011 (ΦΕΚ. 2505/Β'4-11-2011), σχετικά με την «Έγκριση Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις υδατοκαλλιέργειες και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού», η οποία λαμβάνει υπόψη της τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων, αλλά και τροποποιεί την Κοινή Εγκύκλιο των Υπουργείων ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων αριθ.121570/1866/12-6-2009 «ρύθμιση θεμάτων υδατοκαλλιεργητικών μονάδων» όσον αφορά τις συγκεκριμένες διατάξεις που αφορούν στην απόσταση μεταξύ μονάδων του ίδιου φορέα.

Επιπλέον, η ανωτέρω εγκύκλιος καθορίζει τις παραμέτρους καθώς και το περιεχόμενο των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως ισχύουν σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ Η.Π. 11014/703/Φ104/2003 (ΦΕΚ 332/Β/2003) που αφορά την «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.)». Επίσης, για την διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης έχουν εφαρμογή οι διατάξεις του Νόμου 4014/2011 (ΦΕΚ 209/Β'21-09-2011) σχετικά με την «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με τη δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος», συμπληρωματικά με τις διατάξεις της ΚΥΑ αριθ. οικ. 50129/1392 η οποία αναφέρεται στις «Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της 8ης Ομάδας «Υδατοκαλλιέργειες».

Η προαναφερόμενη εγκύκλιος 121570/1866/12-6-2009 σχετικά με την «ρύθμιση θεμάτων υδατοκαλλιεργητικών μονάδων» ρυθμίζει τις παραμέτρους που αφορούν τόσο σε μονάδες θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας σε πλωτές εγκαταστάσεις όσο και σε μονάδες σε εσωτερικά ύδατα. Όσον αφορά τις υδατοκαλλιέργειες των πλωτών εγκαταστάσεων που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία οι ρυθμίσεις που λαμβάνονται και αφορούν τις παραμέτρους της εγκατάστασης είναι οι κάτωθι:

- i. **Ετήσια δυναμικότητα της μονάδας (Δ)**, η οποία «υπολογίζεται ανάλογα με: το μέγεθος της θαλάσσιας έκτασης του πάρκου εκτροφής, την απόσταση του από την ακτή, το βάθος αυτής, καθώς και την μορφολογία της περιοχής (ανοικτός ή κλειστός θαλάσσιος κόλπος), σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta = [150 + 8(E - 10)] \cdot f_A \cdot f_B \cdot f_K, \text{ όπου :}$$

f_A: συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση του πάρκου από την ακτή

f_B: συντελεστής που εξαρτάται από το βάθος του πάρκου

f_K: συντελεστής κλειστότητας ή ταχύτητας ρευμάτων

E: έκταση σε στρεμ. του πάρκου εκτροφής

- ii. **Απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών μονάδων ή πάρκων εκτροφής**, όπου «η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών μονάδων εκτροφής ψαριών που ανήκουν στον ίδιο Φορέα ή σε διαφορετικούς φορείς, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 500 m», ενώ «η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών πάρκων εκτροφής της ίδιας μονάδας, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 100 m και μικρότερη των 250m.

- iii. **Μέγεθος μισθωμένης θαλάσσιας έκτασης**, όπου «η συνολική μισθωμένη θαλάσσια έκταση μιας μονάδας σε πλωτές εγκαταστάσεις (αποτελούμενης από ένα ή περισσότερα πάρκα) δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 100 στρέμματα., ενώ η έκταση κάθε πάρκου δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 10 στρέμματα, και
- iv. **Παράμετροι εκτροφής**, όπου μεταξύ άλλων αναφέρεται ότι «το βάθος της θάλασσας στην περιοχή τοποθέτησης των κλωβών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 18 μ. και οπωσδήποτε διπλάσιο του ωφέλιμου βάθους των μεγαλύτερων διχτυών. Επιπλέον, αναφέρεται ότι «για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αριθμού ιχθυοκλωβών θα λαμβάνονται υπόψη οι τελικές ιχθυοφορτίσεις, το βάθος της θάλασσας, τα εκτρεφόμενα είδη, καθώς και οι διαστάσεις των κλωβών» σύμφωνα με τους πίνακες της εγκυκλίου, καθώς επίσης ότι «η συνολική επιφάνεια των πλωτών εγκαταστάσεων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 50% της επιφάνειας της θαλάσσιας έκτασης της μονάδας».

1.3 Στόχος της έρευνας

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι μέσα από την αποτύπωση του συνολικού αριθμού αλλά και του μεγέθους των εγκαταστάσεων των μονάδων υδατοκαλλιέργειας που υφίστανται στον Ελλαδικό χώρο να υπολογισθεί η δυναμικότητα της παραγωγής τους και μέσω αυτής να εκτιμηθούν:

1. οι αθροιστικές αποβολές στο περιβάλλον των θρεπτικών στοιχείων (N και P) που προέρχονται από την λειτουργία των μονάδων,
2. οι συνολικές αποβολές του έτους 2017 καθώς και
3. οι δυνητικές ζώνες επίδρασης της λειτουργίας των ιχθυομονάδων στο θαλάσσιο περιβάλλον.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Καταγραφή των μονάδων εκτροφής ιχθύων (2001-2017)

2.1.1 Χρήση του δωρεάν (free) λογισμικού GOOGLE EARTH (TM)

Μέσω της δορυφορικής απεικόνισης γεω-χωρικών δεδομένων αλλάζει ο τρόπος καταγραφής και επεξεργασίας των χωρικών δεδομένων. Με την εξέλιξη του Διαδικτύου τα συστήματα λογισμικού «εικονικών υδρογείων», όπως το Google Earth (Ge) χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ως τρόπος απεικόνισης και διαμοιρασμού τρισδιάστατων περιβαλλοντικών δεδομένων (Carvalho *et al.* 2012, Chien & Tan 2011).

Το λογισμικό Ge χρησιμοποιείται τα τελευταία κυρίως χρόνια σε πολλούς τομείς της επιστήμης και της έρευνας. Συγκεκριμένα, η αρχαιολογία (Kennedy & Bishop 2011), η γεωλογία (Harris *et al.* 2011), η επιστήμη του περιβάλλοντος (Service 2012, Chien & Tan 2011, Carvalho *et al.* 2012) και η εκπαίδευση (McCartney 2011) αποτελούν ορισμένες από τις επιστήμες που εφαρμόζουν το λογισμικό Ge στο πλαίσιο των ερευνών τους.

Η δορυφορική απεικόνιση μέσω Ge παρέχει υψηλή αξιοπιστία και ακρίβεια στον έλεγχο κάλυψης εδάφους, ενώ συμβάλλει και στην αναθεώρηση χαρτών (Fritz *et al.* 2012). Εκτός από τα προαναφερθέντα πεδία στα οποία χρησιμοποιείται λογισμικό Ge, η απεικόνιση εξάπλωσης ιών (Butler 2006), η χαρτογράφηση κατανομής αγροτικού πληθυσμού (Yang *et al.* 2012), και η βελτιστοποίηση επιχειρησιακών προβλημάτων (Sun & Nieto 2009, Choi & Nieto 2011) αποτελούν ορισμένα νέα σχετικά πεδία στα οποία η εφαρμογή του συγκεκριμένου λογισμικού κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο έδαφος.

Για τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε καταγραφή των μονάδων εκτροφής ιχθύων που υπάρχουν στην Ελλάδα τα έτη 2001-2017. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν οι γεωγραφικές συντεταγμένες, γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος της κάθε μονάδας, η ελάχιστη απόσταση κάθε μονάδας εκτροφής από την ακτή καθώς και ο συνολικός αριθμός κλωβών (κυκλικών και τετράγωνων).

Στις παρακάτω εικόνες 3 (α, β και γ) αποτυπώνεται η αλληλουχία της καταγραφής των μονάδων εκτροφής ανά χωρική μονάδα:

- (a) Χάρτης της Ελλάδας όπου απεικονίζεται η χωρική ομάδα SAG μέσω σήμανσης μέρους (placemark).
- (b) Μεγέθυνση της περιοχής της Σαγιάδας και των μονάδων εκτροφής που βρίσκονται σε αυτήν
- (c) Μεγέθυνση και απεικόνιση μίας εκ των μονάδων εκτροφής που ανήκουν στη συγκεκριμένη χωρική ομάδα συνάθροισης (SAG).



Εικόνα 3α,β,γ. Απεικόνιση μέσω Google earth (satIm) μονάδας εκτροφής (FF) της χωρικής ομάδας συνάθροισης (SAG).

Οι διαστάσεις των δύο τύπων κλωβών αναφέρονται στην πλευρά, για τους τετράγωνους κλωβούς, και στη διάμετρο στην περίπτωση των κυκλικών κλωβών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του χάρακα (ruler) του Ge και η μονάδα μέτρησης ήταν το μέτρο (εικόνα 4).

Βάσει των παραπάνω πραγματοποιήθηκε καταγραφή των κλωβών στις μονάδες εκτροφής ιχθύων οι οποίοι διαχωρίστηκαν ανάλογα με το σχήμα και τις διαστάσεις τους στις παρακάτω κατηγορίες:

- ☞ Τετράγωνοι κλωβοί με πλευρά: 5-10m, 10-16m, 16-24m.
- ☞ Κυκλικοί κλωβοί με διάμετρο: 5-10m, 10-20m, 20-40m, 40-60m.



Εικόνα 4. Δορυφορική απεικόνιση κάτοψης μονάδας εκτροφής στις ακτές της Ελλάδας. Η μονάδα αποτελείται από 48 κλωβούς εκτροφής (38 κυκλικούς και 11 τετράγωνους). Με κίτρινο χρώμα: διάμετροι διαφορετικών διαστάσεων κυκλικών κλωβών. Με κόκκινο χρώμα: πλευρές τετράγωνων κλωβών. Με γαλάζιο χρώμα: ελάχιστη απόσταση από την ακτή.

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας εκτροφής κάθε μονάδας χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$S_{fx} = \sum_{i=1}^k a_i^2 + \sum_{j=1}^{\lambda} \pi(D_j/2)^2$$

Όπου:

S_{fx} : η συνολική επιφάνεια εκτροφής της μονάδας x ,

a_i : το μήκος της πλευράς του i τετράγωνου κλωβού της μονάδας x ,

D_j : η διάμετρος του j κυκλικού κλωβού της μονάδας x ,

k : ο συνολικός αριθμός τετράγωνων κλωβών της μονάδας x και

λ : ο συνολικός αριθμός κυκλικών κλωβών της μονάδας x .

Η μέση επιφάνεια εκτροφής ανά μονάδα, S_{fm} , και η μέση επιφάνεια διχτύων, S_f , προσδιορίστηκαν από τις τιμές που είχαν καταγραφεί για το σύνολο των δορυφορικών απεικονίσεων.

Για τον υπολογισμό του όγκου εκτροφής κάθε μονάδας οι τετράγωνοι κλωβοί θεωρήθηκαν ως κύβοι και οι κυκλικοί κλωβοί ως κύλινδροι. Για τους κυκλικούς κλωβούς με διάμετρο μικρότερη των 10m ($D \leq 10$) θεωρήθηκε ότι έχουν βάθος 10m ενώ για τους κυκλικούς κλωβούς με διάμετρο μεγαλύτερη των 10m, θεωρήθηκε ότι το βάθος τους είναι 12m. Οι παραπάνω τιμές χρησιμοποιήθηκαν ως παραδοχή καθώς από εμπειρικά στοιχεία δεν αποδίδεται τιμή βάθους μεγαλύτερη από αυτή των 12m, γεγονός που ισχύει για τους κλωβούς όλων των διαστάσεων. Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του όγκου εκτροφής για κάθε μονάδα εκτροφής ιχθύων.

$$V_x = \sum_{i=1}^k a_i^3 + \sum_{j=1}^{\lambda} \pi (D_j/2)^2 d$$

Όπου:

V_x : ο συνολικός όγκος εκτροφής της μονάδας x ,

a_i : το μήκος της ακμής του i κλωβού που θεωρείται ως κύβος, της μονάδας x ,

D_j : η διάμετρος του j κλωβού της μονάδας x , που θεωρείται ως κύλινδρος,

D : το βάθος του κυλινδρικού κλωβού,

k : ο συνολικός αριθμός των θεωρούμενων κυβικών κλωβών της μονάδας x ,

λ : ο συνολικός αριθμός των θεωρούμενων κυλινδρικών κλωβών της μονάδας x .

2.1.2 Χωροθέτηση μονάδων

Για τη μελέτη της χωρική κατανομής των μονάδων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση σε ομάδες (cluster analysis- hierarchical agglomerative-Ward's method). Οι χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs) σχετίζονται με τη χωρική κατανομή των μονάδων εκτροφής στον Ελλαδικό χώρο. Η Ward's method βασίζεται σε έναν διαχωρισμό ο οποίος αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της απώλειας στην πληροφορία που συνδέεται με τη σχετική ομαδοποίηση και την ποσοτικοποίηση αυτής σε απλή και ερμηνεύσιμη μορφή.

Στην Ward's method η απώλεια πληροφορίας για ένα cluster με μέσο όρο δ καθορίζεται από το κριτήριο του σφάλματος των αθροισμάτων τετραγώνων (ESS) ως εξής:

$$ESS = (i_1 - \delta)^2 + (i_2 - \delta)^2 + \dots + (i_\mu - \delta)^2$$

Όπου i_μ η τιμή που λαμβάνει το μ αντικείμενο.

Εάν τα K αντικείμενα χωριστούν σε N clusters τότε ισχύει η σχέση:

$$ESS = ESS_{ομάδα1} + ESS_{ομάδα2} + \dots + ESS_{ομάδαN} = 0.0$$

η οποία υποδηλώνει την επίτευξη ιδανικής ομαδοποίησης χωρίς απώλεια πληροφοριών (Romesburg 2004, Everitt et al. 2011).

- Συνάθροιση μονάδων

Ως δείκτης σχετικής συνάθροισης χρησιμοποιήθηκε η τετραγωνική ρίζα της χωρικής διακύμανσης (σ) υπολογισμένη από το γεωγραφικό μήκος (lgt) και γεωγραφικό πλάτος (lat) της θέσης των μονάδων ανά χωρική περιοχή (Snedecor & Cochran 1967):

$$\sigma = \sqrt{var(lat) + var(lgt) - 2cov(lat, lgt)}$$

Όπου var η ποικιλότητα και cov η συνδιακύμανση. Ο βαθμός συνάθροισης των μονάδων σε μια περιοχή είναι αντιστρόφως ανάλογος του σ . Έτσι οι χαμηλές τιμές του σ δείχνουν σχετικά υψηλή συγκέντρωση μονάδων σε μια περιοχή ενώ οι υψηλές τιμές του σ δείχνουν σχετικά χαμηλή συγκέντρωση μονάδων.

- Διαχρονικές μεταβολές στις μονάδες εκτροφής

Μέχρι το έτος 2012 (με δείκτη 1) και για την περίοδο 2012-2017 (με δείκτη 2) υπολογίστηκαν τα εξής μεγέθη:

↗ Μέσος όγκος εκτροφής, V_1 και V_2

↗ Επιφάνεια της θάλασσας που καλύπτεται: S_{a1} και S_{a2}

↷ Επιφάνεια των διχτυών της μονάδας: S_{r1} και S_{r2}

Τα μεγέθη υπολογίστηκαν από τις τιμές που είχαν καταγραφεί για το σύνολο των δορυφορικών απεικονίσεων.

Επιπλέον, προσδιορίστηκαν τα παρακάτω μεγέθη από τους μέσους όρους των μετρήσεων που ελήφθησαν για όλες τις μονάδες εκτροφής στην Ελλάδα, οι οποίες συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα.

- V2017: ο όγκος εκτροφής της κάθε μονάδας το 2017 (m^3)
- DFp2017: η αύξηση του όγκου σε σχέση με το V1 (V2017-V1) (m^3)
- DFN2017: η μείωση του όγκου σε σχέση με το V1 (V1-V2017) (m^3)
- VAR_VL: Μεταβολή όγκου (V2-V1) (m^3)
- DFB2017: δείκτης για το ποιες μονάδες έχουν υποστεί μεταβολές όγκου (μείωση ή αύξηση) (m^3) (+1: θετική μεταβολή, 0: καμία μεταβολή, -1: αρνητική μεταβολή).

2.2 Υπολογισμός βιομάζας και ιχθυοτροφής

Εν συνεχεία, από τον μέσο όγκο των μονάδων εκτροφής πραγματοποιήθηκε υπολογισμός της ετήσιας παραγωγής σε τσιπούρα και λαβράκι για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης για το έτος 2017.

$$\text{Ετήσια παραγωγή} = (\text{Όγκος μονάδων}) \times (\text{Ιχθυοφόρτιση})$$

Για τον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παραδοχές:

- Ιχθυοφόρτιση τελική των κλωβών των μονάδων εκτροφής = $12\text{kg}/m^3$ και για τα δύο είδη, για την παραγωγή τελικού βάρους 280gr για ετήσιο κύκλο εκτροφής.

Η ιχθυοπυκνότητα των κλωβών διαβαθμίζεται από την έναρξη φόρτισης με ιχθύδια έως την εξαλίευση των ιχθύων, ενώ σύμφωνα με την υπ' αριθ. 121570/1866/12-6-2009 εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος οι ιχθυοφορτίσεις στην ημιεντατική εκτροφή (εκτροφή σε πλωτές εγκαταστάσεις) κυμαίνονται από 5 - 8 (kg/m^3) για μέγεθος εκτρεφόμενων ειδών 2 - 180 (gr) και από 8 - 15 (kg/m^3) για μέγεθος εκτρεφόμενων ειδών 180 (gr) και άνω.

- Δυναμικότητα παραγωγής των μονάδων σε ποσοστό 50% της δυνατότητας λειτουργίας τους.

Σύμφωνα με τους Trujillo *et al.* (2012) οι οποίοι έλαβαν ως αναλογία παραγωγής των ειδών 1.3:1 και πραγματοποίησαν ποσοστιαία εκτίμηση της παραγωγής των μονάδων (50%, 75% και 100%) προκειμένου να αξιολογήσουν την αξιοπιστία των στατιστικών παραγωγής της Μεσογείου όπως δίνονται από το FAO καθώς και την δυνατότητα του Google Earth να συλλέγει και να στοιχειοθετεί δεδομένα, διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή των μονάδων ανέρχεται στο 50% της δυνατότητάς τους. Ομοίως, ο Πέτρου (2013) διαπίστωσε υπολογίζοντας το 75% της δυνατότητας των μονάδων ότι η παραγωγή εμφανίζεται μεγαλύτερη σε σχέση με τα στοιχεία του ΣΕΘ. Ως εκ τούτου, επιλέχθηκε στην παρούσα εργασία ως ποσοστό εκτιμώμενης παραγωγής το 50% της δυνατότητας των μονάδων προκειμένου να προσεγγιστεί η παραγωγή που αναφέρεται από τον ΣΕΘ (2018).

- Ποσοστιαία συμμετοχή των ειδών στην εκτροφή = 60% για την τσιπούρα, 40% για το λαβράκι.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρονται από το ΣΕΘ (2018), το 2017 η παραγωγή ανήλθε και για τα δύο είδη σε 112.000 τόνους, εκ των οποίων 64.000 τόνοι τσιπούρας και 48.000 τόνοι λαβράκι, 57% και 43% αντίστοιχα. Επιπλέον, και στις προηγούμενες εκθέσεις του ΣΕΘ διαπιστώθηκε περίπου ίδια ποσοστιαία συμμετοχή των εκτρεφόμενων ειδών στην παραγωγή και ως εκ τούτου, επιλέχθηκε η ανωτέρω υπόθεση εργασίας η οποία προσεγγίζει τα δεδομένα της δοθείσας παραγωγής.

2.3 Υπολογισμός αποβλήτων ιχθυοκαλλιεργειών

Τα απόβλητα των ιχθυοκαλλιεργειών των πλωτών εγκαταστάσεων όπως προαναφέρθηκε, προέρχονται κυρίως από τις οργανικές και θρεπτικές ουσίες οι οποίες αποβάλλονται από την μη καταναλωθείσα τροφή και τα περιττώματα των ιχθύων.

Με δεδομένο την συνολική βιομάζα που παράγεται από τις μονάδες εκτροφής μπορούμε να υπολογίσουμε τις ποσότητες του N και του P που αποβάλλονται στο περιβάλλον από τη μη καταναλωθείσα τροφή καθώς και από τα περιττώματα, και ως

εκ τούτου να προσδιορίσουμε την κατάσταση του θαλάσσιου περιβάλλοντος όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω.

Τα δύο εκτρεφόμενα είδη (τσιπούρα – λαβράκι) δεν διαφέρουν σημαντικά στην ποσότητα των θρεπτικών που αποβάλλουν μέσω των περιττωμάτων στο περιβάλλον καθώς η εκτίμηση του ποσοστού του N στα απόβλητα και για τα δύο είδη κυμαίνεται σε ποσοστό 61-80% ενώ το ποσοστό του P από 19-42%, όσον αφορά το ποσοστό των διαλελυμένων αποβλήτων ως προς το σύνολο των αποβλήτων (dissolved waste/total waste) τα οποία απελευθερώνονται στην στήλη του ύδατος κατά την εκτροφή (Lemarie et al. 1998, Lupatsh & Kissil 1998).

Επίσης, όπως διαπιστώνουν οι Magill *et al.* (2006) η εκτιμώμενη ποσότητα της ροής των περιττωμάτων από τα δύο είδη στο υπόστρωμα είναι παρόμοια καθώς σημειώνουν ότι η ποσότητα ακριβώς κάτω από τα κλουβιά για το λαβράκι είναι 3196 g/m²/year ενώ για την τσιπούρα 3018 g/m²/year. Στα πλαίσια αυτά τα δύο εκτρεφόμενα είδη αντιμετωπίστηκαν ενιαία για τον υπολογισμό των θρεπτικών που αποβάλλουν στο περιβάλλον όσον αφορά την σημειακή εναπόθεση η οποία παρατηρείται κάτω από τα κλουβιά των μονάδων εκτροφής.

2.3.1 Περιττώματα

Στα περιττώματα τα οποία απελευθερώνονται στο περιβάλλον από την ιχθυοκαλλιέργεια το ποσοστό του ολικού αζώτου και φωσφόρου κυμαίνεται στο 70% ενώ το υπόλοιπο 30% κατακρατείται στους ιστούς κατά την αύξηση της βιομάζας (Porter 1987, Piedrahita 2003). Σύμφωνα με τους Lupatsh & Kissil (1998) η ποσότητα του N και P που εμπεριέχεται στην καταναλωθείσα τροφή για την παραγωγή ενός τόνου βιομάζας αντιστοιχεί σε ποσοστό 7.36% και 1.39%, με το ποσοστό των πρωτεϊνών της τροφής να ανέρχεται στο 46%. Η ποσότητα δε του N και P που κατακρατείται στους ιστούς κατά την αύξηση της βιομάζας είναι 22% και 29% αντίστοιχα, ενώ το υπόλοιπο 78% και 71% απελευθερώνεται στο περιβάλλον (Lupatch & Kisill 1998).

Η περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο που απελευθερώνεται στο περιβάλλον από τον μεταβολισμό σύμφωνα με το μοντέλο υπολογισμού των Lupatch & Kisill (1998), έχει ως εξής:

1. Ολικό άζωτο (tn/year) που απελευθερώνεται μέσω των περιττωμάτων είναι:

$$N = (\text{Ετήσια παραγωγή}) \times (\text{FCR}) \times 0.0736 \times 0.78$$

2. Ολικός φώσφορος (tn/year) που απελευθερώνεται μέσω των περιττωμάτων είναι:

$$P = (\text{Ετήσια παραγωγή}) \times (\text{FCR}) \times 0.0139 \times 0.71$$

Ο Συντελεστής Μετατρεψιμότητας Τροφής (FCR: Food Conversion Ratio), δηλαδή το ποσό της τροφής που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός κιλού βιομάζας τσιπούρας (kgfood/kgfish), σύμφωνα με τους Lupatsh & Kissil (1998) είναι 1.68 και 1.74 για την παραγωγή 200 και 300 γραμμαρίων ψαριού αντίστοιχα. Σύμφωνα δε με τους Pavlidis & Mylonas (2011) η ιδανική τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής για την παραγωγή 100 τόνων τσιπούρας είναι 1.57, σε αντίθεση με το 1.82 που είναι η πραγματική τιμή. Η εκτίμηση αντίστοιχα του συντελεστή μετατρεψιμότητας για το λαβράκι χρησιμοποιώντας τροφή περιεκτικότητας 40 έως 50% πρωτεΐνης έχει υπολογισθεί να κυμαίνεται στα πρώτα στάδια από 1.64 έως 1.93, για τελικό βάρος 250g και πρωτεΐνη στο 45% (Perez *et al.* 1997, Tibaldi *et al.* 2006, Bani & Idaomar 2010). Ως εκ τούτου, για τον υπολογισμό των ανωτέρω θρεπτικών στοιχείων και για τα δύο είδη χρησιμοποιήθηκε η παραδοχή του $\text{FCR} = 1.7$ (kgfood/kgfish).

2.3.2 Μη καταναλωθείσα τροφή

Ένα ποσοστό της βιομηχανοποιημένης ξηράς τροφής που παρέχεται στους ιχθύες δεν καταναλώνεται και καταλήγει στον πυθμένα. Το ποσοστό αυτό αποτελεί το 1-5% περίπου της χορηγηθείσας ξηράς τροφής, ενώ μπορεί να ανέλθει στο 20% (Wu 2001, You 2008). Το ποσοστό απώλειας τροφής στην παρούσα εκτίμηση υπολογίσθηκε στο 10% της χορηγηθείσας ξηράς τροφής.

Η διαφεύγουσα τροφή αποδομείται σε ισοδύναμη ποσότητα αζώτου και φωσφόρου η οποία όπως αναφέραμε παραπάνω σύμφωνα με τους Lupatsh & Kissil (1998) αντιστοιχεί σε ποσοστό 7.36% και 1.39%.

Συνεπώς, για τον υπολογισμό της συνολικής περιεκτικότητας σε άζωτο και φώσφορο της τροφής που διαφεύγει ισχύουν τα εξής:

1. Το ολικό άζωτο (tn/year) που απελευθερώνεται από την μη καταναλωθείσα τροφή είναι:

$$N = (\text{Ετήσια παραγωγή}) \times (\text{FCR}) \times 0.1 \times 0.0736$$

2. Ο ολικός φώσφορος (tn/year) που απελευθερώνεται από την μη καταναλωθείσα τροφή είναι:

$$P = (\text{Ετήσια παραγωγή}) \times (\text{FCR}) \times 0.1 \times 0.0139$$

Οι ανωτέρω εκτιμήσεις των ποσοτήτων του αζώτου και του φωσφόρου από τα περιττώματα και την μη καταναλωθείσα τροφή που απελευθερώνονται στο περιβάλλον αποτυπώνουν την εικόνα της κατάστασης των παράκτιων υδάτων από τη λειτουργία των ιχθυοκαλλιεργειών σε ετήσια βάση.

2.3.3 Χαρτογράφηση δυνητικών ζωνών επίδρασης ιχθυομονάδων στο περιβάλλον

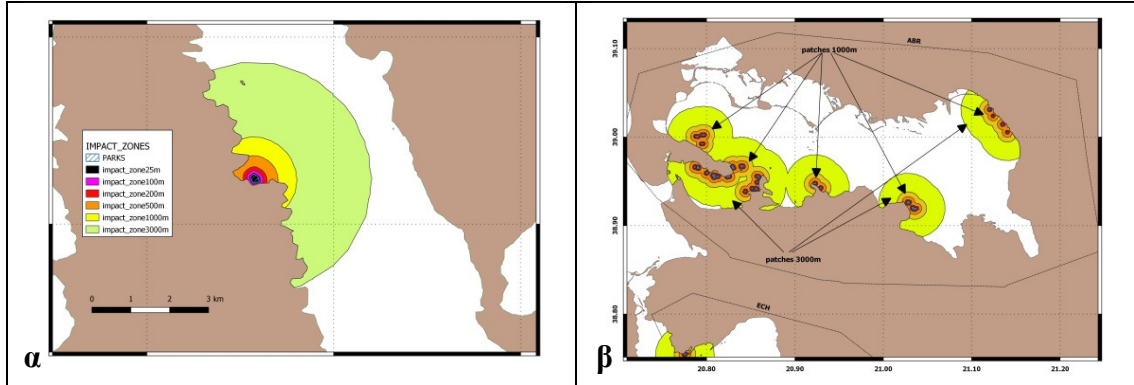
Η χαρτογράφηση των δυνητικών ζωνών επίδρασης (ΔΖΕ) των ιχθυομονάδων στο περιβάλλον αφορά στην εκτίμηση της έκτασης της θαλάσσιας επιφάνειας σε αποστάσεις 25, 100, 200, 500, 1000 και 3000m από τα εξωτερικά όρια των κλωβών του κάθε πάρκου ιχθυομονάδων.

Η κάθε ζώνη δημιουργήθηκε με το λογισμικό QGIS και την επιλογή vector->geoprocessingtools->buffer (εικόνα 5α). Η επιλογή buffer δημιουργεί μια ζώνη (α) σε απόσταση της εκάστου επιλογής γύρω από τα όρια της κάθε μονάδας. Με την επιλογή συγχώνευσης των επικαλυπτόμενων ζωνών ίδιας κατηγορίας (απόστασης) προερχόμενες από διαφορετικά πάρκα δίνεται η δυνατότητα της χωρικής άθροισης των ζωνών της ίδιας κατηγορίας σε μια ενιαία. Μετά την συγχώνευση των επικαλυπτόμενων ζωνών ίδιας κατηγορίας οι περιοχές δυνητικής επίδρασης (patches) (εικόνα 5β) είναι σε αριθμό μικρότερες ή ίσες με τον αριθμό των πάρκων από όπου δημιουργήθηκαν. Με επιλογή vector->geoprocessingtools->difference λαμβάνεται το θαλάσσιο τμήμα της ζώνης (α1) με αφαίρεση του τμήματος της ζώνης α που εκτείνεται στην ξηρά.

Επίσης, ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία χωρίς την επιλογή συγχώνευσης των επικαλυπτόμενων ζωνών ίδιας κατηγορίας (απόστασης) προερχόμενες από διαφορετικά πάρκα υπολογίζεται για κάθε μονάδα οι ζώνες Α και Α1.

Για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης (SG) των ιχθυομονάδων υπολογίστηκαν ο αριθμός των patches και η έκτασή τους για κάθε κατηγορία ζώνης. Διαφορές μεταξύ των περιοχών ανά κατηγορία ΔΖΕ ελέγχθηκαν με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA; F; P=0.05). Πριν την ανάλυση διακύμανσης ελέγχθηκε η ομοιογένεια της

διακύμανσης των εκτάσεων των patches ανά ΠΣΙ (Levene's test; $p < 0.05$) (Zar 1999). Η χωρική αποτύπωση των αποτελεσμάτων και η παραγωγή των σχετικών χαρτών έγινε με το λογισμικό QGIS.



Εικόνα 5. Αριστερά (**α**) δυνητικές ζώνες επίδρασης και δεξιά (**β**) περιοχές δυνητικής επίδρασης (patches) ανά κατηγορία απόστασης από τα όρια του πάρκου.

Μια εκτίμηση της απόστασης της μονάδας από την ξηρά έγινε στην βάση όπου εάν για κάποια ζώνη απόστασης X , ο λόγος $A1/A$ είναι 1 τότε σημαίνει ότι η ζώνη εξολοκλήρου βρίσκεται στον θαλάσσιο χώρο, ενώ στην περίπτωση που ο λόγος $A1/A$ είναι < 1 τότε κάποιο τμήμα της μονάδας απέχει από την ακτή μικρότερη απόσταση από την X (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Καθορισμός των ζωνών αποστάσεων των μονάδων από την ακτή, όπου 1: η ζώνη εντός θαλάσσιου χώρου και < 1 : τμήμα της ζώνης σε μικρότερη απόσταση από την ακτή.

A1 / A	Απόσταση μονάδας από την ακτή					
	<25m	25-100m	100-200m	200-500m	500-1000m	1-3km
A_{125}/A_{25}	<1	1	1	1	1	1
A_{100}/A_{100}	<1	<1	1	1	1	1
A_{1200}/A_{200}	<1	<1	<1	1	1	1
A_{1500}/A_{500}	<1	<1	<1	<1	1	1
A_{11000}/A_{1000}	<1	<1	<1	<1	<1	1
A_{13000}/A_{3000}	<1	<1	<1	<1	<1	<1

2.4 Συγκεντρωτική μεθοδολογία εργασίας

Στον παρακάτω Πίνακα 3 παρουσιάζεται αναλυτικά η ανωτέρω μεθοδολογία της παρούσας εργασίας όπου περιγράφονται οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν, η έννοια τους, ο τύπος που τις εκφράζει και οι μονάδες τους καθώς επίσης και οι υποθέσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 3. Αναλυτική μεθοδολογία εργασίας

	Έννοια	ΤΥΠΟΣ	Μονάδες	περιγραφή μεταβλητών	ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ
MN_MX	χρόνος παρουσίας της μονάδας	έτος τελευταίας εγγραφής -έτος πρώτης εγγραφής	αριθμός ετών		
mnxx	σταθμισμένη παρουσία της μονάδας	{έτος τελευταίας εγγραφής -έτος πρώτης εγγραφής}/{(2017 -έτος τελευταίας εγγραφής)}	αριθμός ετών		Σε μονάδες που έχει σταματήσει την δραστηριότητα τους, η παρουσία τους (σταθμισμένη παρουσία) είναι αντιστρόφως ανάλογη του χρόνου από το τέλος της δραστηριότητας μέχρι το 2017
AnBio_tn	παραγωγή ενός κύκλου εκτροφής 2017	Άθροισμα	tn		(λειτουργία 50% του όγκου εκτροφής, 12kg/m ³ ιχθυοφόρτιση)
INTNS	χρονική επίδραση	χρόνος παρουσίας X μέσος όγκος εκτροφής	1000m ³ X n year	χρόνος παρουσίας=έτος τελευταίας εγγραφής -έτος πρώτης εγγραφής	1.χρόνος παρουσίας =χρόνος λειτουργίας της μονάδας, 2. οι θέσεις στις οποίες έχει ασκηθεί ιχθυοκαλλιεργητική δραστηριότητα επηρεάζουν την περιοχή αναλόγως του χρόνου δραστηριότητας
INTN2	χρονική επίδραση 2 (σταθμισμένη)	χρόνος παρουσίας 2 X μέσος όγκος εκτροφής	1000m ³ X n	χρόνος παρουσίας 2={έτος τελευταίας εγγραφής -έτος πρώτης εγγραφής}/{(2017-έτος τελευταίας εγγραφής)X0.5}	1.χρόνος παρουσίας =χρόνος λειτουργίας της μονάδας, 2. οι θέσεις στις οποίες έχει ασκηθεί ιχθυοκαλλιεργητική δραστηριότητα επηρεάζουν την περιοχή αναλόγως του χρόνου δραστηριότητας και αντιστρόφως ανάλογα του 0.5 του χρόνου της σταθμισμένης παρουσίας)
AVL	μέσος όγκος εκτροφής	Μέσος όρος αθροισμάτων ετών			
V2017	όγκος εκτροφής 2017	Άθροισμα	1000m ³		
V1617M3	όγκος εκτροφής 2017	Άθροισμα	1000m ³		
N2017	αριθμός κλωβών 2017	Άθροισμα	Αριθμός		
Sa2017	Θαλάσσια επιφάνεια εκτροφής 2017	Άθροισμα	1000m ²		
Sr2017	Επιφάνεια διχτύων εκτροφής 2017	Άθροισμα	1000m ²		
TqN17	Ολικό απορριπτόμενο άζωτο ενός κύκλου εκτροφής 2017	Άθροισμα	tn		με όλες τις σχετικές υποθέσεις {FCR=1.7, σύνθεση τροφής 46% πρωτεΐνη, αντιστοιχούμενο

TqP17	Ολικό απορριπτόμενο φώσφορο ενός κύκλου εκτροφής 2017	Άθροισμα	tn		N=0.0736 kg/τροφής, αντιστοιχούμενο P=0.0139kg/τροφής}
intN1	Ολικό απορριπτόμενο άζωτο στην περιοχή	INTNS X TpN17	tn		
intP1	Ολικό απορριπτόμενο φώσφορο στην περιοχή	INTNS X TpP17	tn		
IMZ25	Επιφάνεια επίδρασης συμπεριλαμβάνοντας και την ζώνη που αντιστοιχεί στα 25 m από την μονάδα		km ²		
IMZ100	στα 100 m από την μονάδα		km ²		
IMZ200	Στα 200 m από την μονάδα		km ²		
IMZ500	στα 500 m από την μονάδα		km ²		
IMZ1000	στα 1000 m από την μονάδα		km ²		
IMZ3000	στα 3000 m από την μονάδα		km ²		

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Χωρική κατανομή μονάδων εκτροφής

Για τη συγκεκριμένη μελέτη οι δορυφορικές απεικονίσεις (satImS) των μονάδων εκτροφής στην Ελλάδα οι οποίες ελήφθησαν για τα έτη 2001-2017 ήταν συνολικά 2.060.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4 ο μεγαλύτερος αριθμός δορυφορικών απεικονίσεων παρουσιάζεται το έτος 2016 με 462 satImS με το έτος 2013 να ακολουθεί με 423 satImS, ενώ το 2017 απεικονίζονται μόνο 217. Ο μικρότερος αριθμός δορυφορικών απεικονίσεων εμφανίζεται το έτος 2001 με μόνο 1 satIm.

Πίνακας 4. Δορυφορικές απεικονίσεις (satImS) των μονάδων εκτροφής στην Ελλάδα για τα έτη 2001-2017 και ο αντίστοιχος καταγεγραμμένος αριθμός των κλωβών των μονάδων εκτροφής.

Έτος	Δορυφορικές απεικονίσεις	Αριθμός κλωβών
2001	1	29
2002	5	239
2003	124	4392
2004	40	1589
2005	10	376
2006	65	2248
2007	58	1933
2008	8	279
2009	57	1918
2010	69	3165
2011	33	945
2012	164	5586
2013	423	13792
2014	235	6944
2015	89	2527
2016	462	13430
2017	217	6306

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4 παρατηρείται πως μετά το 2003, όπου ελήφθησαν 124 δορυφορικές απεικονίσεις, εννέα χρόνια μετά, το 2012, παρατηρήθηκε ξανά τόσο μεγάλος αριθμός satImS. Από εκείνη τη χρονιά και μετά, με εξαίρεση το 2015 που οι δορυφορικές απεικονίσεις δεν ξεπέρασαν τις 89, είναι εντυπωσιακός ο αριθμός των δορυφορικών απεικονίσεων που ελήφθησαν και ιδιαίτερα κατά τα έτη 2013 και 2016 με 423 και 462 satImS, αντίστοιχα.

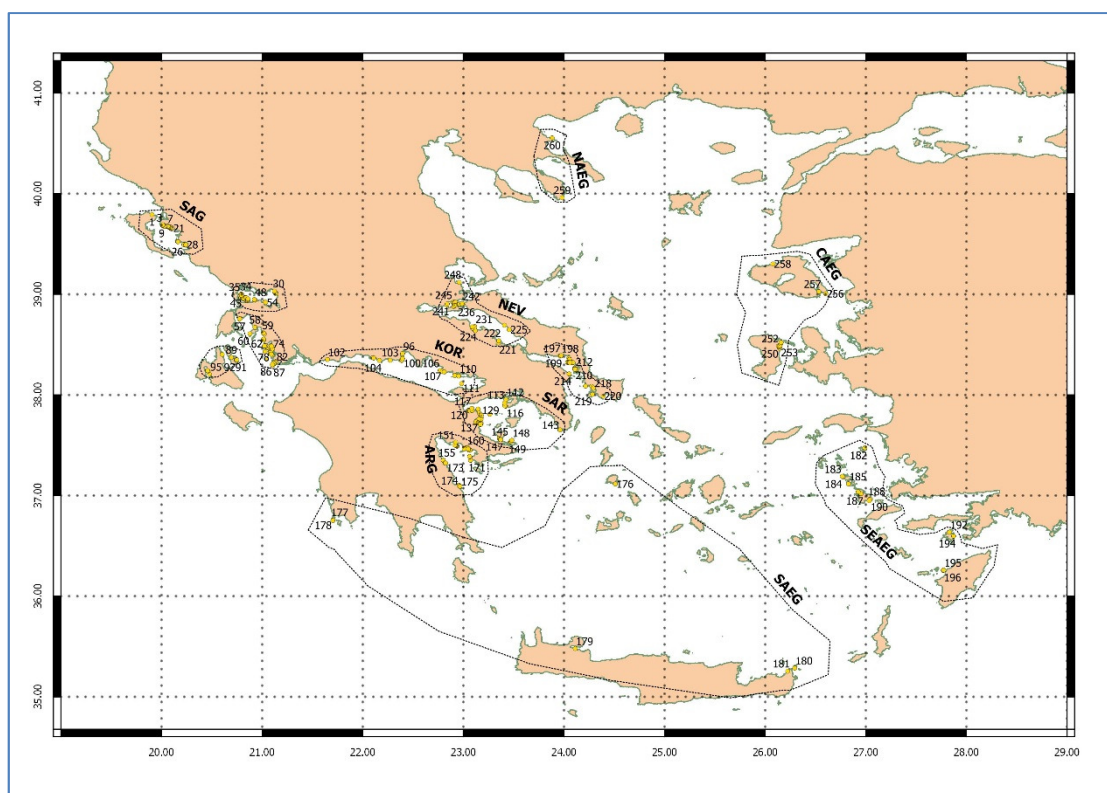
Εν συνεχεία, οι μονάδες εκτροφής διαχωρίστηκαν με βάση τη χωρική τους κατανομή στον Ελλαδικό χώρο σε 13 χωρικές συναθροίσεις. Οι χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs) αναφέρονται στον Πίνακα 5 και αναλυτικά για κάθε μία οι καταγεγραμμένες μονάδες εκτροφής και οι δορυφορικές απεικονίσεις τους. Οι δορυφορικές απεικονίσεις των μονάδων εκτροφής για το χρονικό διάστημα 2001 – 2017 αποτυπώνονται αναλυτικά στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 5. Οι χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs) των υπό μελέτη μονάδων εκτροφής (FFs) για το σύνολο των διαθέσιμων δορυφορικών απεικονίσεων (satImS) και οι δορυφορικές απεικονίσεις για κάθε χωρική συνάθροιση (SG).

Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Μονάδες εκτροφής (FFs)	Δορυφορικές απεικονίσεις
ABR (Αμβρακικός)	25	146
ARG (Αργολικός)	25	257
CAEG (Ανατολικό Αιγαίο)	10	61
ECH (Εχινάδες)	33	209
KEF (Κεφαλλονιά)	8	36
KOR (Κορινθιακός)	16	143
NAEG (Χαλκιδική)	2	5
NEV (Βόρειος Ευβοϊκός)	28	194
SAG (Σαγιάδα)	29	226
SAEG (Νότιο Αιγαίο)	6	55
SAR (Αργοσαρωνικός)	39	436
SEAEG (Νοτιοανατολικό Αιγαίο)	15	106
SEV (Νότιος Ευβοϊκός)	24	186
ΣΥΝΟΛΟ	260	2060

Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα του Πίνακα 5 οι 260 συνολικά μονάδες εκτροφής (FFs) εντοπίζονται σε διαφορετικές χωρικές ομάδες. Είναι δε σαφές ότι οι καταγεγραμμένες μονάδες δεν αφορούν επιχειρήσεις αλλά εγκαταστάσεις όπως αποτυπώθηκαν από τα χωρικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία αναφέρονται και στην εθνική νομοθεσία, όπως είναι η ελάχιστη μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών πάρκων της ίδιας εκτροφής η οποία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 100 m και μικρότερη των 250m όταν ανήκουν στον ίδιο φορέα και 500m όταν ανήκουν σε διαφορετικό φορέα.

Ο μεγαλύτερος όγκος των μονάδων εκτροφής απαντάται στις χωρικές συναθροίσεις SG4 και SG11 στην ευρύτερη περιοχή των Εχινάδων και του Αργοσαρωνικού αντίστοιχα. Αντίθετα, δύο μονάδες καταγράφηκαν στην περιοχή της Χαλκιδικής, ενώ συγκεντρώθηκαν σε μία χωρική συνάθροιση οι έξι μονάδες των περιοχών Κρήτης (3), Σερίφου (1) και Σαπιέτζας (2) όπως αποτυπώνονται και στην εικόνα 6.



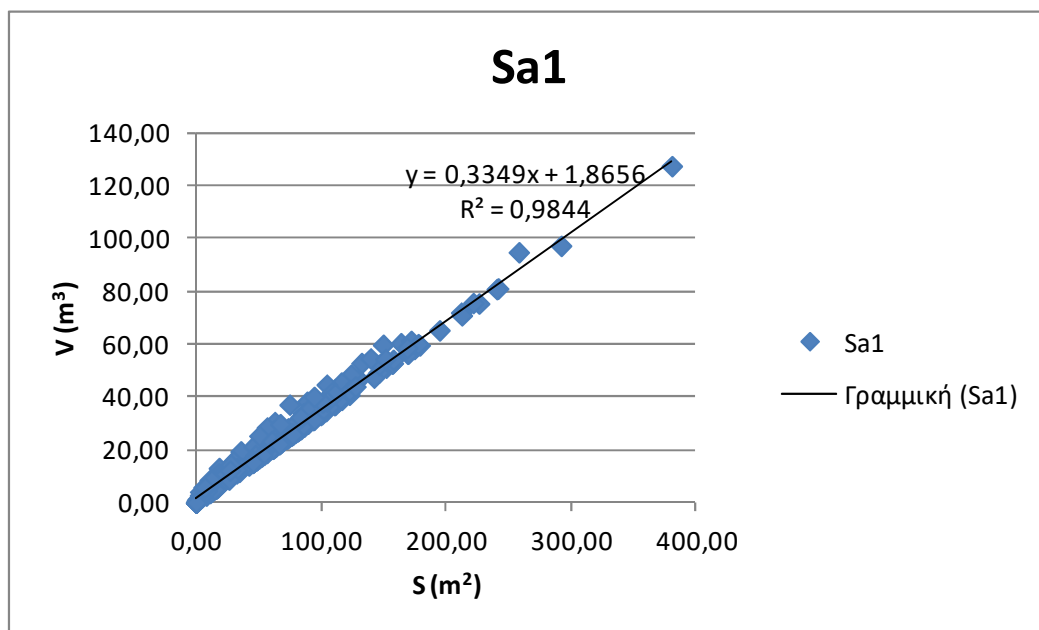
Εικόνα 6. Απεικόνιση των χωρικών συναθροίσεων (SGs) των μονάδων εκτροφής στην Ελλάδα για τα έτη 2001-2017.

Για το σύνολο των δορυφορικών απεικονίσεων υπολογίστηκαν τα εξής μεγέθη:

- ☞ Ο μέσος αριθμός κλωβών ανά μονάδα: $A_{N} = 9,56 (\pm 0,12)$ κλωβοί,
- ☞ Η μέση επιφάνεια εκτροφής ανά μονάδα: $S_{fn} = 1,6 (\pm 0,02) \times 10^3 \text{ m}^2$,
- ☞ Η μέση επιφάνεια διχτύων: $S_f = 8 (\pm 0,12) \times 10^3 \text{ m}^2$,
- ☞ Ο μέσος όγκος εκτροφής: $V_n = 31,67 (\pm 0,37) \times 10^3 \text{ m}^3$ και

Από την ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (ANOVA, $p < 0.05$) που εφαρμόστηκε στις χωρικές ομάδες δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα παραπάνω μεγέθη.

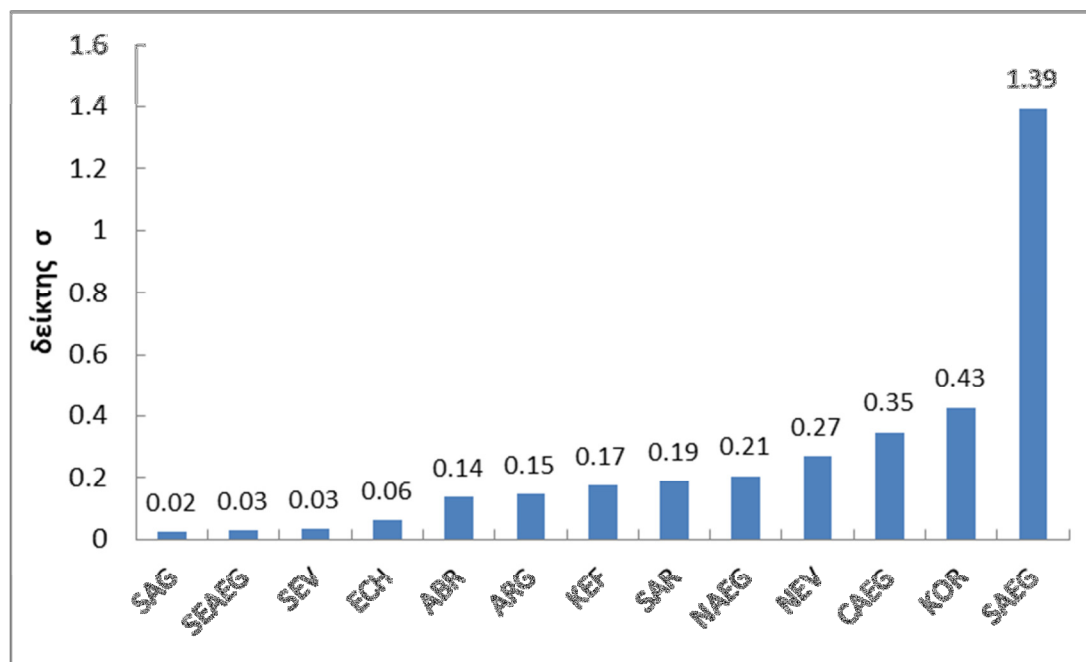
Στο σχήμα 1 απεικονίζεται η γραμμική σχέση του όγκου προς την επιφάνεια των διχτύων.



Σχήμα 1. Γραμμική σχέση όγκου-επιφάνειας διχτύων.

- Συνάθροιση μονάδων

Στο σχήμα 2 φαίνεται η κατανομή του δείκτη (σ) ανά χωρική περιοχή. Οι χωρικές περιοχές SAG, SEAEG, SEV, ECH παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση μονάδων (σ : 0.02-0.06) και ακολουθούν οι περιοχές ABR, ARG, KEF, SAR και NAEG με σχετικά υψηλή συγκέντρωση μονάδων (σ : 0.14-0.21), σχετικά μικρότερη συγκέντρωση μονάδων παρουσιάζεται στις περιοχές NEV, CAEG, KOR (σ : 0.27-0.43), ενώ η χαμηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται στην περιοχή SAEG ($\sigma = 1.39$).



Σχήμα 2. Κατανομή του δείκτη συνάθροισης μονάδων (σ) ανά χωρική περιοχή.

- Διαχρονικές μεταβολές στις μονάδες εκτροφής

Μέχρι το έτος 2012 υπολογίστηκαν τα εξής μεγέθη:

- ↗ Μέσος όγκος εκτροφής: $V_1 = 73,85 (\pm 3,43) \times 10^3 \text{ m}^3$
- ↗ Επιφάνεια της θάλασσας που καλύπτεται: $S_{a1} = 5,32 (\pm 0,23) \times 10^3 \text{ m}^2$
- ↗ Επιφάνεια των διχτυών της μονάδας: $S_{r1} = 26,62 (\pm 1,16) \times 10^3 \text{ m}^2$

Για την περίοδο 2012-2017 τα αντίστοιχα μεγέθη είχαν τις κάτωθι τιμές:

- ↗ Μέσος όγκος εκτροφής: $V_2 = 83,36 (\pm 4,36) \times 10^3 \text{ m}^3$
- ↗ Επιφάνεια της θάλασσας που καλύπτεται: $S_{a2} = 5,79 (\pm 0,29) \times 10^3 \text{ m}^2$,
- ↗ Επιφάνεια των διχτυών της μονάδας: $S_{r2} = 28,96 (\pm 1,46) \times 10^3 \text{ m}^2$

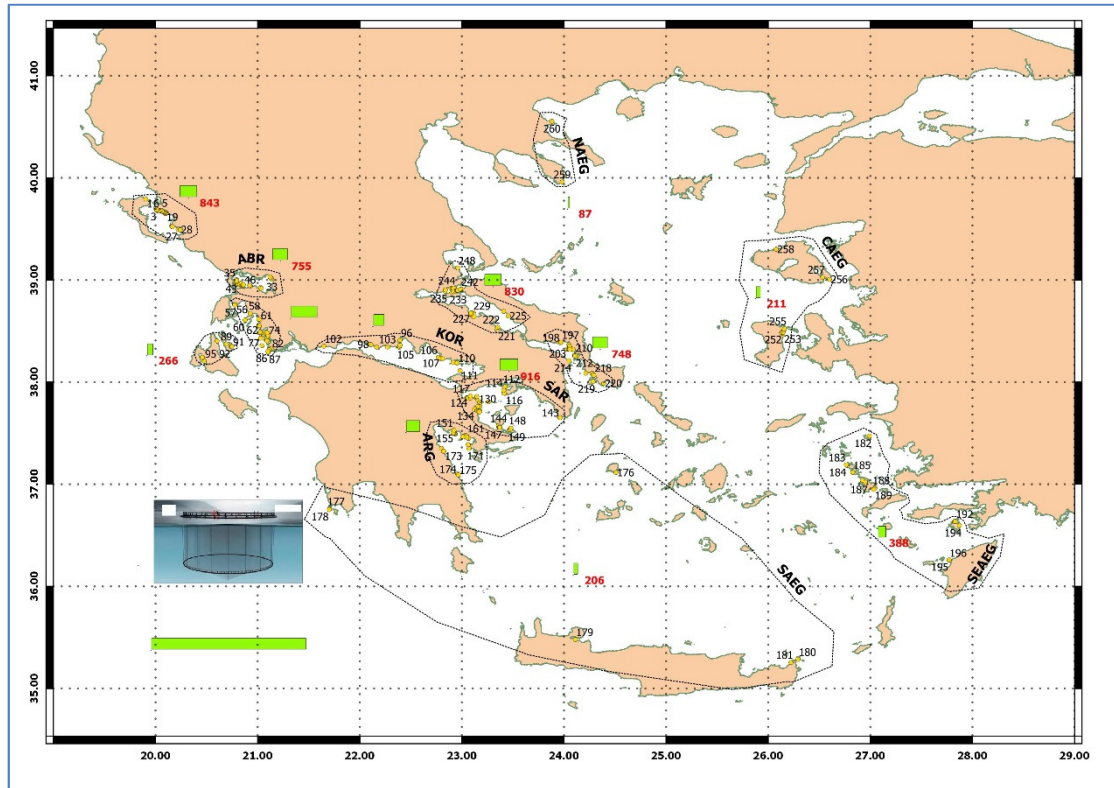
Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων που ελήφθησαν για όλες τις μονάδες εκτροφής στην Ελλάδα, όπως καταγράφηκαν και αποτυπώθηκαν στην παρούσα έρευνα για το χρονικό διάστημα του έτους 2017, ανά χωρική συνάθροιση και αφορούν τον χρόνο παρουσίας των μονάδων (MN_MX), το εύρος των ετών παρουσίας των μονάδων (MN_MX range), τον αριθμό των κλωβών (N2017), την μέση επιφάνεια εκτροφής (Sa_{2017}), την επιφάνεια των διχτυών εκτροφής (Sr_{2017}) και τον όγκο εκτροφής για το 2017 (V_{2017}) στις χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs).

Πίνακας 6. Μεταβολές που παρατηρήθηκαν στις μονάδες εκτροφής σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας σχετικά με τον χρόνο παρουσίας των μονάδων (MN_MX), το εύρος των ετών παρουσίας των μονάδων (MN_MX range), τον αριθμό των κλωβών (N2017), η μέση επιφάνεια εκτροφής (Sa2017), η επιφάνεια των δικτύων εκτροφής (Sr2017) και τον όγκο εκτροφής για το 2017 (V2017) στις χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs).

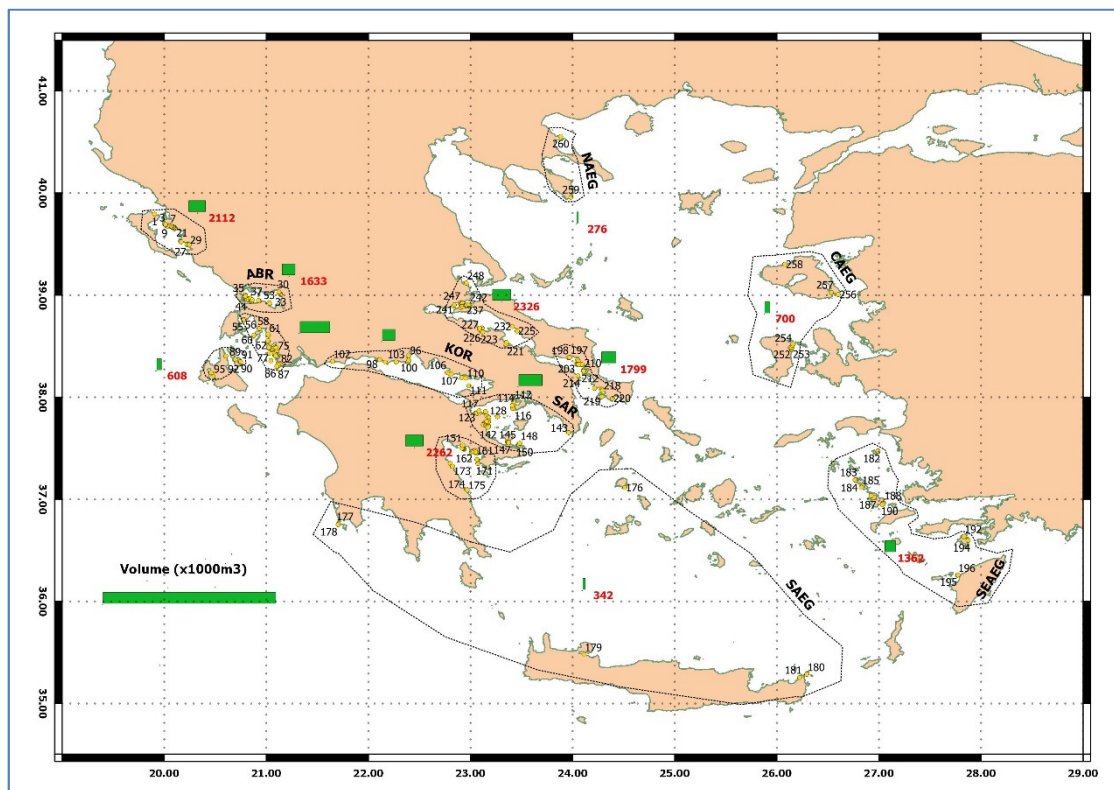
Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	MN_MX	MN_MX range	N2017	Sa2017 x10 ³ (m ²)	Sr2017 x10 ³ (m ²)	V2017 x10 ³ (m ³)
ABR	10,16	1-14	755	141,6	571,4	1632,6
ARG	8,76	1-14	678	484,5	776,7	2262,1
CAEG	8,6	1-14	211	84,2	237,9	700,4
ECH	12,51	1-15	1296	302,9	1307,6	3765,3
KEF	9,62	1-14	266	43,2	215,8	608,5
KOR	11,81	9-14	535	180,5	552,9	1611,2
NAEG	4,00	3-5	87	52,2	94,3	275,5
NEV	7,32	1-14	830	254,9	809,3	2326,1
SAG	11,03	1-14	843	187,2	743,5	2112,3
SAEG	7,66	1-14	206	43,7	128,1	342,3
SAR	7,87	1-14	916	446,2	1019,3	2977,8
SEAEG	9,00	3-15	388	163,5	464,3	1361,8
SEV	10,1	1-14	748	233,3	609,8	1799,4
ΣΥΝΟΛΟ	9,62	1-15	7757	2617,9	7530,8	21775,2

Από τον ανωτέρω Πίνακα 6 διαπιστώνουμε ότι όλες οι μονάδες έχουν παρουσία όλα τα χρόνια της καταγραφής με εξαίρεση την χωρική συναθροίση (NAEG). Η θαλάσσια επιφάνεια που καταλαμβάνουν ανέρχεται στα 7530.8 στρέμματα και ο συνολικός όγκος των κλωβών των μονάδων στους 21775,2 x10³ m³.

Στις εικόνες 7 και 8 αποτυπώνονται το πλήθος των κλωβών που καταγράφηκαν καθώς και ο όγκος που καταλαμβάνουν ανά χωρική συναθροίση το 2017.



Εικόνα 7. Απεικόνιση του αριθμού των κλωβών (N 2017) στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).



Εικόνα 8. Απεικόνιση του όγκου των κλωβών (V2017) στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).

3.2 Εκτίμηση βιομάζας και ιχθυοτροφής

Η παραγόμενη ετήσια βιομάζα των δύο εκτρεφόμενων ειδών υπολογίστηκε με βάση τον όγκο των μονάδων εκτροφής και αποδόθηκε η ποσοστιαία δυνατότητα παραγωγής στο 50% της λειτουργίας των μονάδων και σε αναλογία εκτροφής των δύο ειδών 60% τσιπούρα και 40% λαβράκι όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 7 για κάθε χωρική μονάδα συνάθροισης.

Πίνακας 7. Παραγόμενη βιομάζα των εκτρεφόμενων ειδών τσιπούρας (*S. aurata*) και λαβράκι (*D. labrax*) σε τόνους το 2017 και για ποσοστό όγκου παραγωγής 60% και 40% για κάθε είδος, για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης (SG).

Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Παραγόμενη Βιομάζα (tn)		
	Τσιπούρα	Λαβράκι	ΣΥΝΟΛΟ
ABR	5877,2	3918,2	9795,4
ARG	8143,5	5429,0	13572,5
CAEG	2521,6	1681,0	4202,6
ECH	13554,9	9036,6	22591,5
KEF	2190,6	1460,4	3651,0
KOR	5800,2	3866,8	9667,0
NAEG	991,8	661,2	1653,1
NEV	8373,8	5582,5	13956,3
SAG	7604,2	5069,5	12673,7
SAEG	1232,2	821,5	2053,7
SAR	10720,1	7146,7	17866,8
SEAEG	4902,6	3268,4	8171,1
SEV	6477,7	4318,5	10796,2
ΣΥΝΟΛΟ	78390,6	52260,4	130651,0

Αντίστοιχα με βάση την παραγόμενη βιομάζα των δύο εκτρεφόμενων ειδών υπολογίστηκε η ιχθυοτροφή η οποία χορηγήθηκε από τις μονάδες εκτροφής το 2017 όπως αποτυπώνεται για κάθε εκτρεφόμενο είδος και συνολικά στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Παρεχόμενη ποσότητα ιχθυοτροφής από τις μονάδες εκτροφής ανά εκτρεφόμενο είδος (τσιπούρα-λαβράκι) σε τόνους το 2017, για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης (SG).

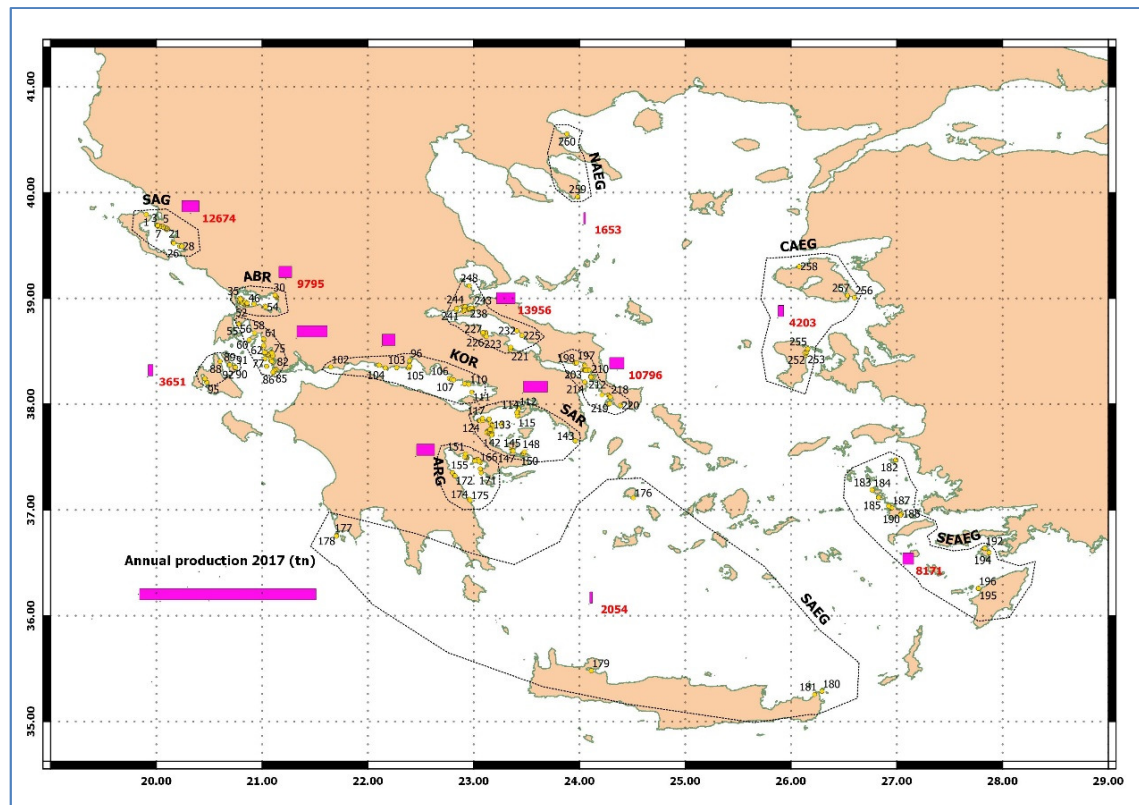
Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Παρεχόμενη Ιχθυοτροφή (tn)		
	Τσιπούρα	Λαβράκι	ΣΥΝΟΛΟ
ABR	9991,3	6660,9	16652,2
ARG	13843,9	9229,3	23073,2
CAEG	4286,7	2857,8	7144,5
ECH	23043,3	15362,2	38405,6
KEF	3724,0	2482,7	6206,7
KOR	9860,3	6573,6	16433,9
NAEG	1686,1	1124,1	2810,2
NEV	14235,5	9490,3	23725,8
SAG	12927,2	8618,1	21545,3
SAEG	2094,8	1396,5	3491,3
SAR	18224,2	12149,5	30373,6
SEAEG	8334,5	5556,3	13890,8
SEV	11012,2	7341,4	18353,6
ΣΥΝΟΛΟ	133264,0	88842,7	222106,7

Από τον πίνακα 7 προκύπτει ότι η συνολική ετήσια παραγόμενη βιομάζα σε τσιπούρα και λαβράκι στην χώρα μας για το 50% της δυνατότητας παραγωγής των μονάδων εκτροφής αντιστοιχεί σε 130.651 τόνους συνολικά (78.390,6 τόνοι τσιπούρας και 52.260 τόνοι λαβράκι). Οι περιοχές με την μεγαλύτερη παραγωγή εκτρεφόμενων ειδών βρίσκονται στις χωρικές συναθροίσεις (SAR) και (ECH) όπου η

παραγωγή τους ανήλθε το 2017 σε 22591,5 και 17866,8 τόνους αντίστοιχα. Η δε μικρότερη παραγωγή εμφανίζεται στην χωρική συνάθροιση (NAEG) με 1653,1 τόνους.

Η ποσότητα δε της ιχθυοτροφής για την παραγωγή της ανωτέρω βιομάζας των εκτρεφόμενων ειδών όπως προκύπτει από τον πίνακα 8 ανέρχεται στους 222.106,7 τόνους το 2017 και για τα δύο είδη.

Στην εικόνα 9 αποτυπώνεται ο συνολικός όγκος παραγωγής των μονάδων εκτροφής κατά το έτος 2017 ανά χωρική συνάθροιση.



Εικόνα 9. Απεικόνιση της συνολικής ετήσιας παραγωγής έτους 2017 των μονάδων εκτροφής (AnBio_tn) στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).

3.3 Εκτίμηση αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειών

Η ποσότητα των αποβλήτων σε ολικό άζωτο και ολικό φώσφορο που παράγεται στον κύκλο εκτροφής έτους 2017 της τσιπούρας και του λαβρακίου από τα περιττώματα και την μη καταναλωθείσα τροφή παρουσιάζεται στους πίνακες 9 και 10 αντίστοιχα.

Πίνακας 9. Ποσότητες αποβλήτων από τα περιττώματα, την μη καταναλωθείσα τροφή και το σύνολο αυτών κατά την εκτροφή της τσιπούρας το 2017 για κάθε χωρική μονάδα συνάθροισης.

Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Απόβλητα εκτροφής τσιπούρας (tn)					
	Περιττώματα		Μη καταναλωθείσα τροφή		ΣΥΝΟΛΟ	
	N	P	N	P	N	P
ABR	573,58	98,60	73,54	13,89	647,12	112,49
ARG	794,75	136,63	101,89	19,24	896,64	155,87
CAEG	246,09	42,31	31,55	5,96	277,64	48,26
ECH	1322,87	227,41	169,60	32,03	1492,47	259,45
KEF	213,79	36,75	27,41	5,18	241,20	41,93
KOR	566,06	97,31	72,57	13,71	638,63	111,02
NAEG	123,39	21,53	15,82	3,03	139,21	24,56
NEV	817,23	140,49	104,77	19,79	922,00	160,28
SAG	742,12	127,58	95,14	17,97	837,27	145,55
SAEG	120,26	20,67	15,42	2,91	135,68	23,59
SAR	1046,21	179,85	134,13	25,33	1180,34	205,19
SEAE	478,47	82,25	61,34	11,58	539,81	93,84
SEV	632,19	108,68	81,05	15,31	713,24	123,99
ΣΥΝΟΛΟ	7677,01	1320,07	984,23	185,93	8661,25	1506,00

Πίνακας 10. Ποσότητες αποβλήτων από τα περιττώματα, την μη καταναλωθείσα τροφή και το σύνολο αυτών κατά την εκτροφή του λαβρακίου το 2017 για κάθε χωρική μονάδα συνάθροισης.

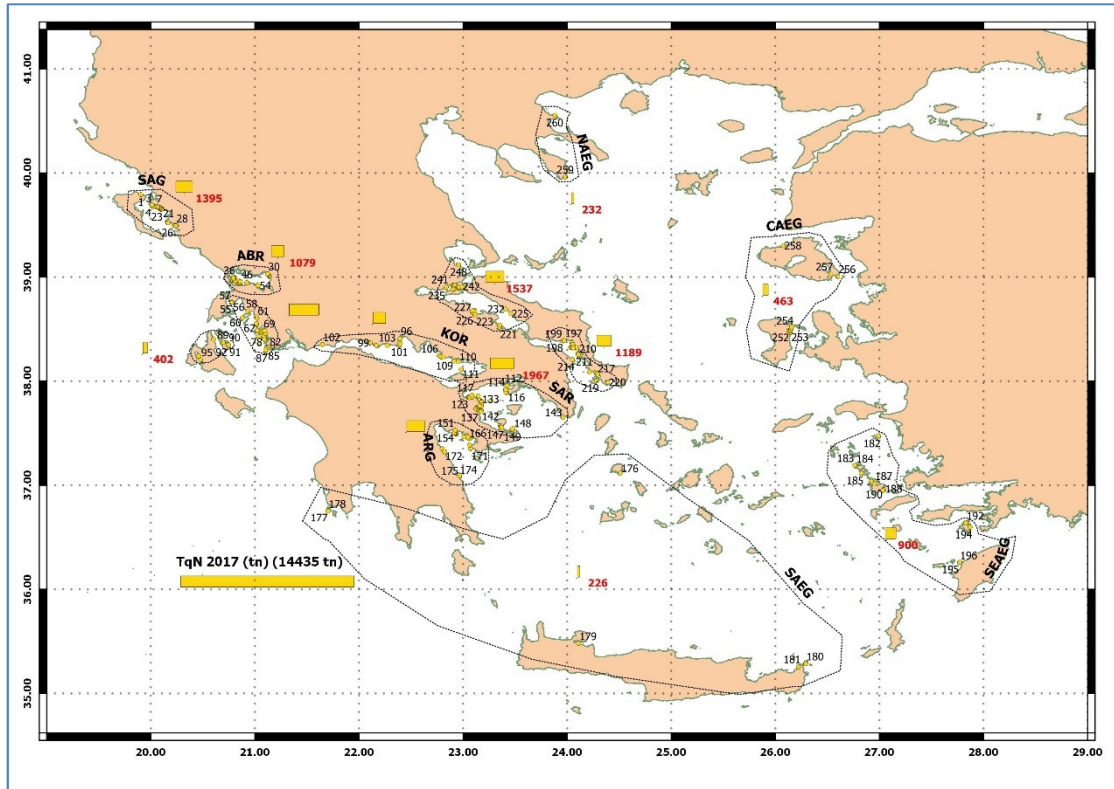
Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Απόβλητα εκτροφής λαβρακίου (tn)					
	Περιττώματα		Μη καταναλωθείσα τροφή		ΣΥΝΟΛΟ	
	N	P	N	P	N	P
ABR	382,39	65,74	49,02	9,26	431,41	74,99
ARG	529,83	91,08	67,93	12,83	597,76	103,91
CAEG	164,06	28,20	21,03	3,97	185,09	32,18
ECH	881,91	151,61	113,07	21,35	994,98	172,96
KEF	142,53	24,50	18,27	3,45	160,80	27,95
KOR	377,38	64,87	48,38	9,14	425,76	74,01
NAEG	82,26	14,36	10,55	2,02	92,81	16,38
NEV	544,82	93,66	69,85	13,19	614,67	106,85
SAG	494,75	85,05	63,43	11,98	558,18	97,03
SAEG	80,17	13,78	10,28	1,94	90,45	15,72
SAR	697,48	119,90	89,42	16,89	786,90	136,79
SEAEG	318,98	54,84	40,89	7,72	359,87	62,56
SEV	421,46	72,45	54,03	10,20	475,49	82,66
ΣΥΝΟΛΟ	5118,01	880,05	656,15	123,95	5774,16	1004,00

Το σύνολο των αποβλήτων που παράγεται ετήσια από τα δύο εκτρεφόμενα είδη των μονάδων εκτροφής για κάθε χωρική μονάδα συνάθροισης παρουσιάζεται στον πίνακα 11 όσον αφορά τον κύκλο εκτροφής έτους 2017 (TqN2017 – TqP2017), την περιοχή από την λειτουργία της μονάδας (intN1, intP1).

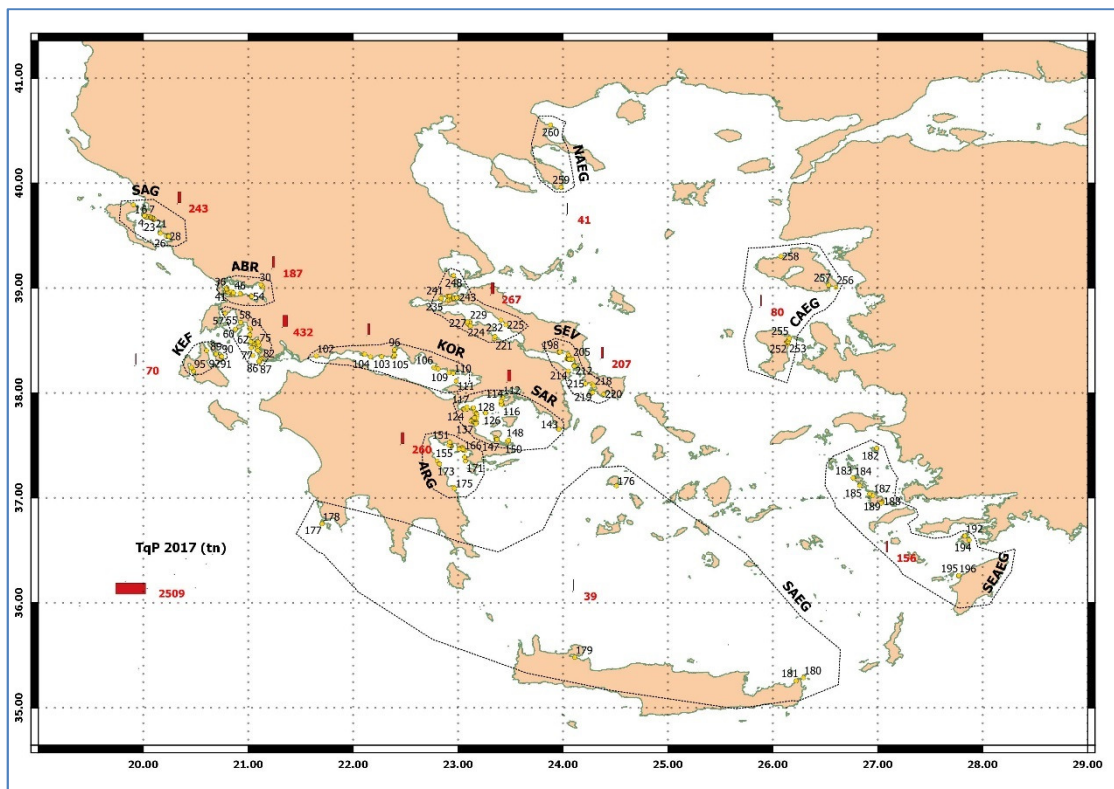
Πίνακας 11. Συνολική ετήσια παραγωγή αποβλήτων των δύο εκτρεφόμενων ειδών για κάθε χωρική μονάδα συνάθροισης όσον αφορά το ολικό απορριπτόμενο άζωτο και φώσφορο ενός κύκλου εκτροφής 2017 (TqN17, TqP17), το ολικό απορριπτόμενο άζωτο και φώσφορο στην περιοχή από τη λειτουργία της μονάδας (intN1, intP1).

Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Απόβλητα εκτροφής (tn)			
	TqN2017	TqP2017	intN1	intP1
ABR	1078,5	187,5	11292,0	1963,0
ARG	1494,4	259,8	12783,3	2222,2
CAEG	462,7	80,4	4763,0	828,0
ECH	2487,5	432,4	28075,3	4880,5
KEF	402,0	69,9	5234,3	909,9
KOR	1064,4	185,0	10459,2	1818,2
NAEG	232,0	40,9	999,8	175,5
NEV	1536,7	267,1	13662,9	2375,1
SAG	1395,4	242,6	14562,1	2531,4
SAEG	226,1	39,3	1727,1	300,2
SAR	1967,2	342,0	18598,8	3233,1
SEAEG	899,7	156,4	8968,8	1559,1
SEV	1188,7	206,6	13800,1	2399,0
ΣΥΝΟΛΟ	14435,4	2510,0	144926,7	25195,2

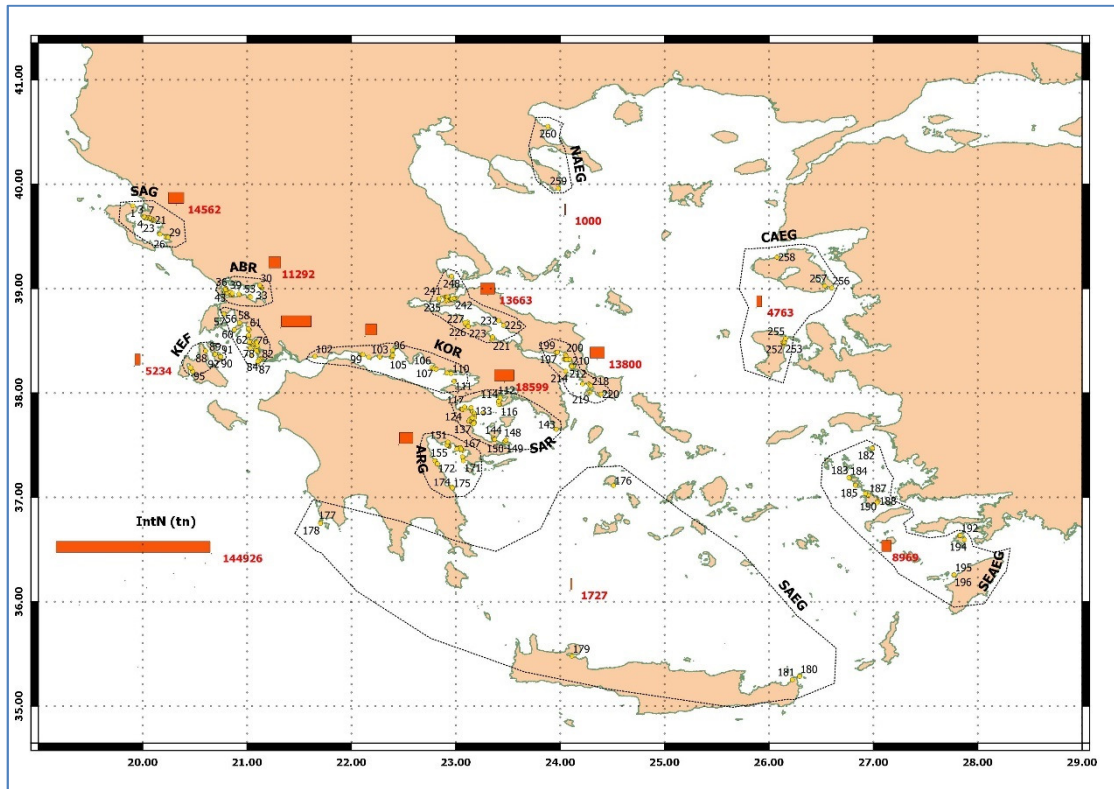
Στις εικόνες 10, 11, 12 και 13 αποτυπώνονται οι ανωτέρω ποσότητες των αποβλήτων των θρεπτικών στοιχείων του αζώτου και του φωσφόρου που αφορούν τον κύκλο της εκτροφής έτους 2017 (TqN2017 – TqP2017) και τα σταθμισμένα απόβλητα (IntN, IntP) στην περιοχή λειτουργίας των μονάδων ανά χωρική συνάθροιση.



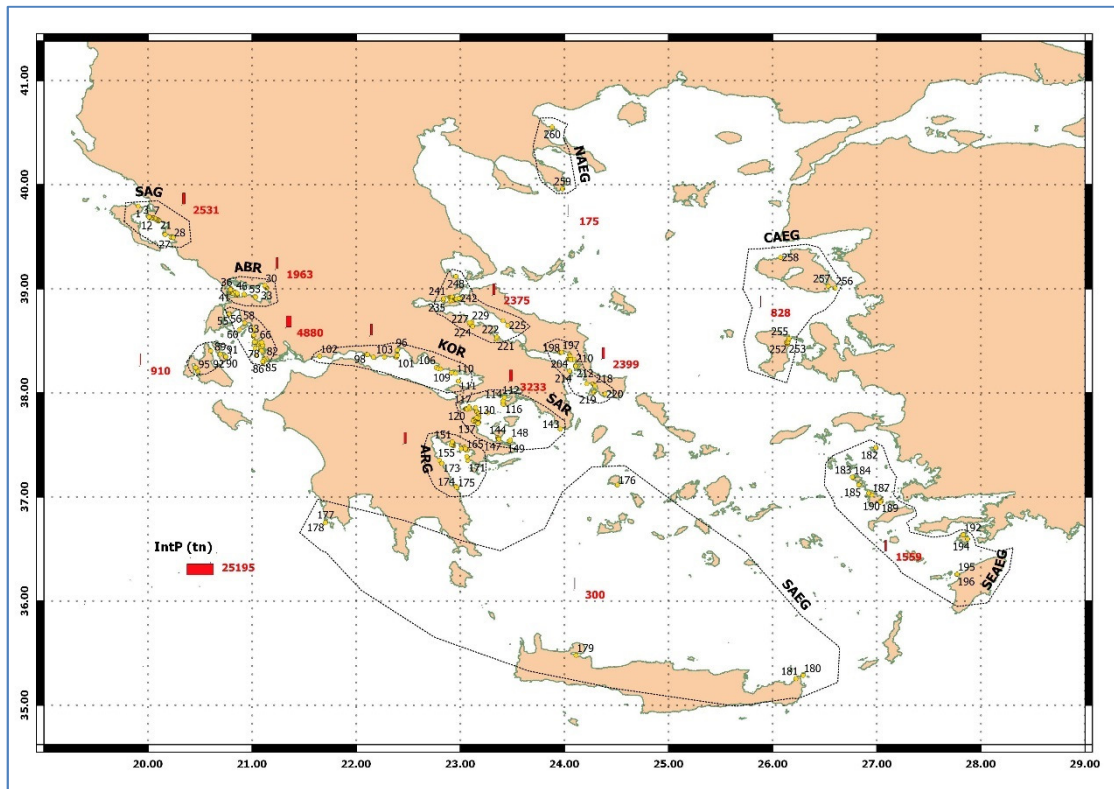
Εικόνα 10. Απεικόνιση της συνολικής ποσότητας ολικού αζώτου (TqN 2017) για τον κύκλο εκτροφής έτους 2017 σε τόνους, όπως κατανέμεται στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).



Εικόνα 11. Απεικόνιση της συνολικής ποσότητας ολικού φωσφόρου (TqP 2017) για τον κύκλο εκτροφής έτους 2017 σε τόνους, όπως κατανέμεται στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).



Εικόνα 12. Απεικόνιση της συνολικής ποσότητας του σταθμισμένου ολικού αζώτου (IntN) σε τόνους, στην περιοχή λειτουργίας των μονάδων, όπως κατανέμεται στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).



Εικόνα 13. Απεικόνιση της συνολικής ποσότητας του σταθμισμένου ολικού φωσφόρου (IntP) σε τόνους, στην περιοχή λειτουργίας των μονάδων, όπως κατανέμεται στις χωρικές συναθροίσεις (SGs).

Οι ανωτέρω ποσότητες των θρεπτικών από τα απόβλητα των μονάδων εκτροφής εκάστης χωρικής συνάθροισης αποτελούν το σύνολο των αποβλήτων που εκρέουν στο διάστημα του κύκλου εκτροφής του έτους 2017.

3.4 Εκτίμηση ζωνών δυνητικών επιδράσεων ιχθυομονάδων

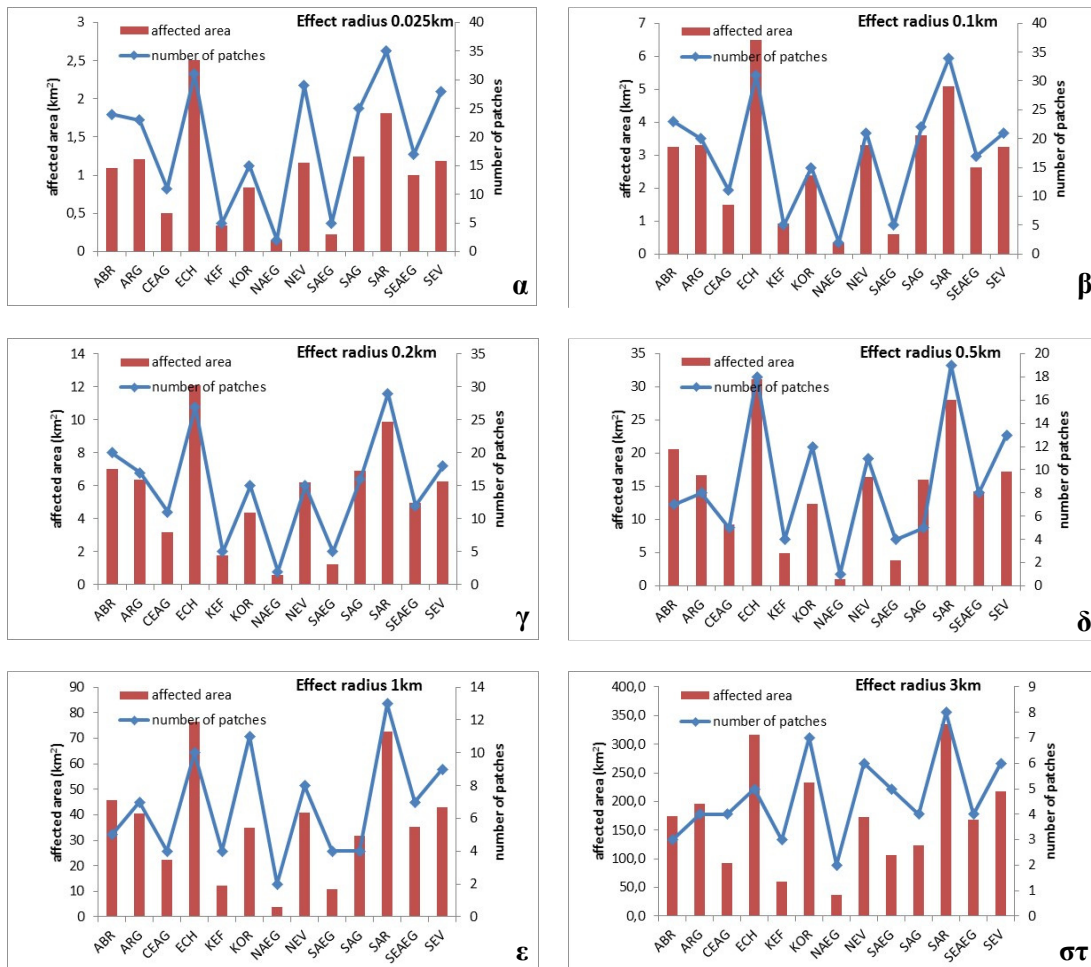
Η εκτίμηση της επιφάνειας των ζωνών δυνητικών επιδράσεων ανάλογα με την απόσταση από τα όρια της μονάδας παρουσιάζεται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12. Η συνολική επιφάνεια (km²) και αριθμός (σε παρένθεση) δυνητικών ζωνών επίδρασης ιχθυομονάδων σε απόσταση 25, 100, 200, 500, 1000 και 3000m για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης

Χωρικές ομάδες συναθροίσεων (SGs)	Απόσταση από την μονάδα (x10 ³ m)					
	0.025	0.1	0.2	0.5	1	3
ABR	1.09(24)	3.25(23)	7.02(20)	20.6(7)	45.5(5)	174.(3)
ARG	1.21(23)	3.31(20)	6.35(17)	16.6(8)	40.3(7)	195.(4)
CAEG	0.50(11)	1.49(11)	3.16(11)	9.28(5)	22.2(4)	93.1(4)
ECH	2.50(31)	6.49(31)	12.1(27)	31.1(18)	76.3(10)	316.(5)
KEF	0.34(5)	0.93(5)	1.78(5)	4.92(4)	12.3(4)	60.4(3)
KOR	0.84(15)	2.39(15)	4.37(15)	12.3(12)	34.9(11)	232.(7)
NAEG	0.14(2)	0.33(2)	0.55(2)	0.94(1)	3.76(2)	36.3(2)
NEV	1.16(29)	3.30(21)	6.21(15)	16.3(11)	40.9(8)	173.(6)
SAG	0.22(5)	0.60(5)	1.23(5)	3.80(4)	10.7(4)	106.(4)
SAEG	1.24(25)	3.59(22)	6.92(16)	16.0(5)	31.9(4)	123.(4)
SAR	1.80(35)	5.09(34)	9.86(29)	27.9(19)	72.5(13)	334.(8)
SEAEG	1(17)	2.62(17)	4.94(12)	14.3(8)	35.1(7)	167.(4)
SEV	1.19(28)	3.24(21)	6.26(18)	17.1(13)	42.8(9)	217.(6)

ΣΥΝΟΛΟ	13.2 (250)	36.6 (227)	70.8 (192)	191.6 (115)	469.8 (88)	2232.8 (61)
---------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------

Στα παρακάτω σχήματα 3 (α, β, γ, δ, ε, στ) αποτυπώνεται το μέγεθος των κοινών περιοχών επίδρασης των αποβλήτων ανάλογα με τις κλιμακούμενες αποστάσεις, ανά χωρική ομάδα συνάθροισης.



Σχήμα 3. α. Προσβεβλημένες περιοχές (km²) με ακτίνα επίδρασης στα 25 μέτρα, και αντίστοιχα β. στα 100 μέτρα, γ. στα 200 μέτρα, δ. στα 500 μέτρα, ε. στα 1000 μέτρα, και στ. στα 3000 μέτρα, ανά χωρική ομάδα συνάθροισης.

Στα ανωτέρω σχήματα είναι εμφανής η αναμενόμενη αύξηση της επιφάνειας των προσβεβλημένων περιοχών με τα κοινά χαρακτηριστικά επίδρασης καθώς αυξάνεται η ακτίνα από την θέση των μονάδων εκτροφής.

Από τον πίνακα 12 και τα σχήματα 3(α-στ), διαπιστώνεται για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης (SG) τα κάτωθι:

Στον Αμβρακικό (ABR) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 3 περιοχές συνολικής έκτασης 174.0 km², η ζώνη των 1000m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 45.5 km², η ζώνη των 500m σε 7 περιοχές συνολικής έκτασης 20.6 km², η ζώνη των 200 m σε 20 περιοχές συνολικής έκτασης 7.02 km², η ζώνη των 100 m σε 23 περιοχές συνολικής έκτασης 3.25 km² και η ζώνη των 25m σε 24 περιοχές συνολικής έκτασης 1.09 km².

Στον Αργολικό κόλπο (ARG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 195.0 km², η ζώνη των 1000m σε 7 περιοχές συνολικής έκτασης 40.3 km², η ζώνη των 500m σε 8 περιοχές συνολικής έκτασης 16.6 km², η ζώνη των 200m σε 17 περιοχές συνολικής έκτασης 6.35 km², η ζώνη των 100m σε 120 περιοχές συνολικής έκτασης 3.31 km² και η ζώνη των 25m σε 23 περιοχές συνολικής έκτασης 1.21km².

Στην περιοχή Μυτιλήνης – Χίου (CAEG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 93.1 km², η ζώνη των 1000m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 22.2 km², η ζώνη των 500m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 9.85 km², η ζώνη των 200m σε 11 περιοχές συνολικής έκτασης 3.16 km², η ζώνη των 100m σε 11 περιοχές συνολικής έκτασης 1.49 km² και η ζώνη των 25m σε 11 περιοχές συνολικής έκτασης 0.5km².

Στην περιοχή των Εχινάδων (ECH) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 76.3 km², η ζώνη των 1000m σε 10 περιοχές συνολικής έκτασης 76.3 km², η ζώνη των 500m σε 18 περιοχές συνολικής έκτασης 31.1 km², η ζώνη των 200m σε 27 περιοχές συνολικής έκτασης 12.1 km², η ζώνη των 100m σε 31 περιοχές συνολικής έκτασης 6.49 km² και η ζώνη των 25m σε 31 περιοχές συνολικής έκτασης 2.50 km².

Στην Κεφαλονιά (KEF) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 3 περιοχές συνολικής έκτασης 60.4 km², η ζώνη των 1000m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 12.3 km², η ζώνη των 500m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 4.92 km², η ζώνη των 200m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 1.78 km², η ζώνη των 100m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 0.93 km² και η ζώνη των 25m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 0.34 km².

Στον Κορινθιακό κόλπο (KOR) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 232.0 km², η ζώνη των 1000m σε 11 περιοχές συνολικής έκτασης 34.9 km², η ζώνη των 500m σε 12 περιοχές συνολικής έκτασης 12.3 km², η ζώνη των 200m σε 15 περιοχές συνολικής έκτασης 4.37 km², η ζώνη των

100m σε 15 περιοχές συνολικής έκτασης 2.39 km² και η ζώνη των 25m σε 15 περιοχές συνολικής έκτασης 0.84 km².

Στην Χαλκιδική (NAEG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 2 περιοχές συνολικής έκτασης 36.3 km², η ζώνη των 1000m σε 2 περιοχές συνολικής έκτασης 3.67 km², η ζώνη των 500m σε 1 περιοχή συνολικής έκτασης 0.94 km², η ζώνη των 200m σε 2 περιοχές συνολικής έκτασης 0.55 km², η ζώνη των 100m σε 2 περιοχές συνολικής έκτασης 0.33 km² και η ζώνη των 25m σε 2 περιοχές συνολικής έκτασης 0.14 km².

Στην βόρεια Εύβοια (NEV) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 6 περιοχές συνολικής έκτασης 173.0 km², η ζώνη των 1000m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 10.7 km², η ζώνη των 500m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 3.80 km², η ζώνη των 200m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 1.23 km², η ζώνη των 100m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 0.60 km² και η ζώνη των 25m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 0.22 km².

Στην περιοχή της Σαγιάδας (SAG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 123.0 km², η ζώνη των 1000m σε 13 περιοχές συνολικής έκτασης 72.5 km², η ζώνη των 500m σε 19 περιοχές συνολικής έκτασης 27.9 km², η ζώνη των 200m σε 29 περιοχές συνολικής έκτασης 9.86 km², η ζώνη των 100m σε 34 περιοχές συνολικής έκτασης 5.09 km² και η ζώνη των 25m σε 35 περιοχές συνολικής έκτασης 1.8 km².

Στην περιοχή νότιου Αιγαίου (SAEG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 106.0 km², η ζώνη των 1000m σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 31.9 km², η ζώνη των 500m σε 5 περιοχές συνολικής έκτασης 16.0 km², η ζώνη των 200m σε 16 περιοχές συνολικής έκτασης 6.92 km², η ζώνη των 100m σε 22 περιοχές συνολικής έκτασης 3.59 km² και η ζώνη των 25m σε 25 περιοχές συνολικής έκτασης 1.24 km².

Στον Αργοσαρωνικό (SAR) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 8 περιοχές συνολικής έκτασης 334.0 km², η ζώνη των 1000m σε 7 περιοχές συνολικής έκτασης 35.1 km², η ζώνη των 500m σε 8 περιοχές συνολικής έκτασης 14.3 km², η ζώνη των 200m σε 12 περιοχές συνολικής έκτασης 4.94 km², η ζώνη των 100m σε 17 περιοχές συνολικής έκτασης 2.62 km² και η ζώνη των 25m σε 17 περιοχές συνολικής έκτασης 1.0 km².

Στην Λέρο (SEAEAG) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 4 περιοχές συνολικής έκτασης 167.0 km², η ζώνη των 1000m σε 9 περιοχές συνολικής έκτασης

42.8 km², η ζώνη των 500m σε 13 περιοχές συνολικής έκτασης 17.1 km², η ζώνη των 200m σε 18 περιοχές συνολικής έκτασης 6.26 km², η ζώνη των 100m σε 21 περιοχές συνολικής έκτασης 3.24 km² και η ζώνη των 25m σε 28 περιοχές συνολικής έκτασης 1.19 km².

Στην νότια Εύβοια (SEV) η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 6 περιοχές συνολικής έκτασης 217.0 km², η ζώνη των 1000m σε 8 περιοχές συνολικής έκτασης 40.9 km², η ζώνη των 500m σε 11 περιοχές συνολικής έκτασης 16.3 km², η ζώνη των 200m σε 15 περιοχές συνολικής έκτασης 6.21 km², η ζώνη των 100m σε 21 περιοχές συνολικής έκτασης 3.3 km² και η ζώνη των 25m σε 29 περιοχές συνολικής έκτασης 1.16 km².

Συνολικά από όλες τις χωρικές ομάδες συναθροίσεων, η ζώνη της απόστασης των 3000m αφορά σε 61 περιοχές συνολικής έκτασης 2232.8 km², η ζώνη των 1000m σε 88 περιοχές συνολικής έκτασης 469.8 km², η ζώνη των 500m σε 115 περιοχές συνολικής έκτασης 191.6 km², η ζώνη των 200m σε 192 περιοχές συνολικής έκτασης 70.8 km², η ζώνη των 100m σε 227 περιοχές συνολικής έκτασης 36.6 km² και η ζώνη των 25m σε 250 περιοχές συνολικής έκτασης 13.2 km². Οι Εχινάδες (ECH) και ο Αργοσαρωνικός (SAR) εμφανίζουν την μεγαλύτερη επιφάνεια συνένωσης των μονάδων στην ΔΖΕ των 3000 μέτρων με 205.8 km² και 145.8 km² αντίστοιχα. Στην ΔΖΕ των 1000 μέτρων την μεγαλύτερη επιφάνεια συνένωσης εμφανίζουν οι Εχινάδες, ο Αμβρακικός και οι Σαγιάδες (23.4 km², 21.1 km² και 21.0 km²). Στην ΔΖΕ των 500 μέτρων οι Σαγιάδες, ο Αμβρακικός και ο Αργοσαρωνικός (7.70 km², 6.86 km² και 6.55 km²). Στην ΔΖΕ των 200 μέτρων δύο περιοχές των Εχινάδων και ο Βόρειος Ευβοϊκός (1.84 km², 1.37 km² και 1.27 km²). Στην ΔΖΕ των 100 μέτρων δύο περιοχές των Εχινάδων και οι Σαγιάδες (0.82 km², 0.57 km² και 0.540 km²), και τέλος στην ΔΖΕ των 0-25 μέτρων επίσης δύο περιοχές των Εχινάδων και ο Κορινθιακός (0.39 km², 0.21 km² και 0.23 km²).

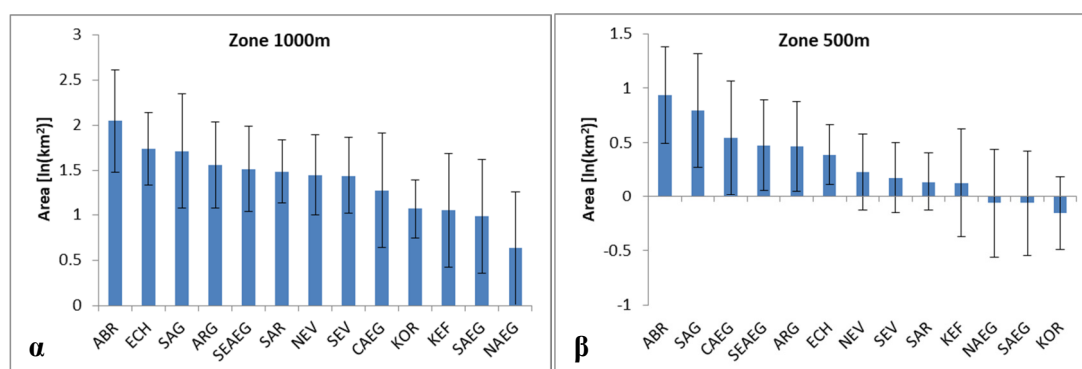
Διαπιστώνεται από τα ανωτέρω ότι αυξανόμενη η ακτίνα επίδρασης και ανάλογα η προσβεβλημένη επιφάνεια, μειώνεται αντίστοιχα το σύνολο των περιοχών που έχουν τα κοινά χαρακτηριστικά της επίδρασης. Ως εκ τούτου, σε ακτίνα 25 μέτρα από την μονάδα εκτροφής, 250 συνολικές περιοχές έχουν την ίδια επίδραση συνολικής έκτασης 13.2 km², ενώ σε ακτίνα 3000 μέτρα από την μονάδα εκτροφής, οι κοινές περιοχές της ίδιας επίδρασης μειώνονται στις 61 και καταλαμβάνουν συνολικά 2232.8 km².

Στον Πίνακα 13 φαίνεται ότι για όλες τις ζώνες δυνητικής επίδρασης (ΖΔΕ) η διακύμανση των εκτάσεων των ζωνών παρουσιάζει ομοιογένεια μεταξύ των χωρικών περιοχών (Levene's test; $p > 0.25$). Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε διαφορές στην μέση έκταση των ζωνών δυνητικής επίδρασης 500 και 1000m μεταξύ των χωρικών περιοχών (ANOVA; $p < 0.05$).

Πίνακας 13. Αποτελέσματα στατιστικού ελέγχου ομοιογένειας της διακύμανσης των εκτάσεων των δυνητικών ζωνών επίδρασης (ΖΔΕ) και ανάλυσης διακύμανσης των εκτάσεων των δυνητικών ζωνών επίδρασης σε σχέση με την χωρική περιοχή.

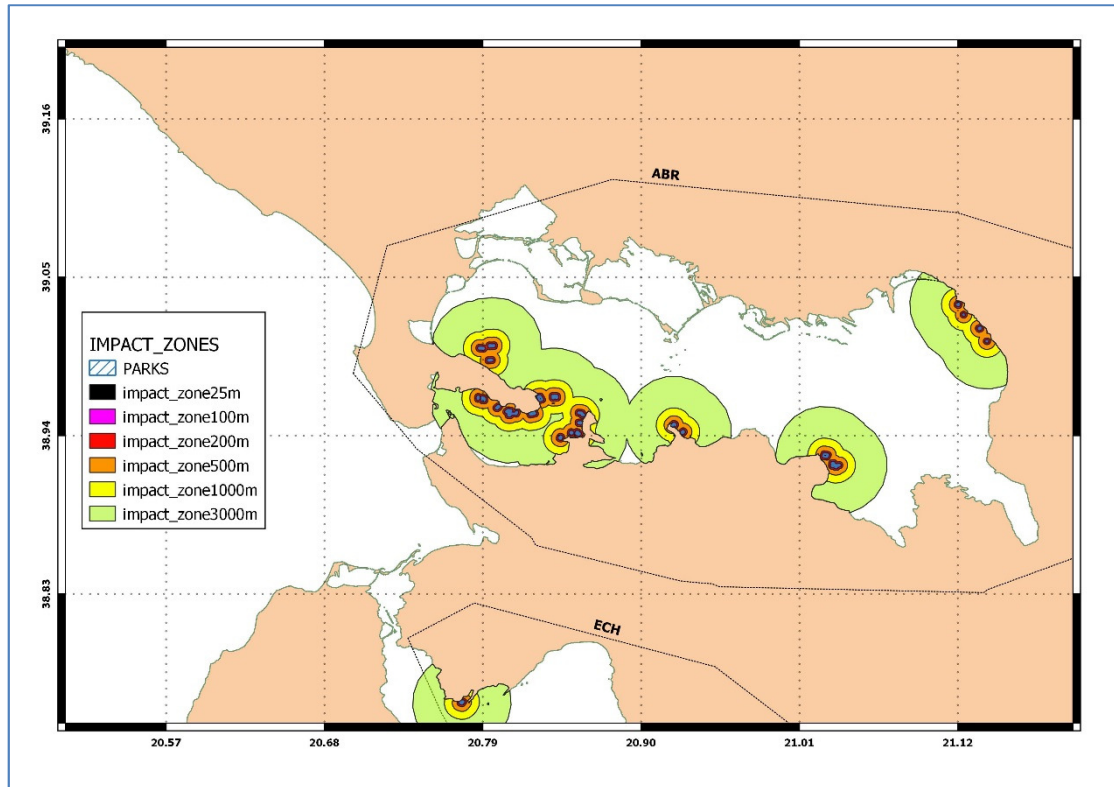
ΖΔΕ	Levene's test			ANOVA		
	Test value	p	Df	F-Ratio	p	
25	1.26	0.25	12	237	1.23	0.26
100	0.70	0.75	12	214	0.85	0.60
200	0.65	0.80	12	179	1.08	0.38
500	1.02	0.44	12	102	2.2	0.02
1000	0.65	0.79	12	75	2.01	0.03
3000	0.73	0.72	12	48	0.91	0.54

Στο σχήμα 4α φαίνεται ότι οι διαφορές στην μέση έκταση της ζώνης δυνητικής επίδρασης 1000m, αφορούν σε στατιστικά μικρότερη μέση έκταση αυτών στις χωρικές περιοχές KOR και NAEG έναντι των άλλων χωρικών περιοχών. Αντίστοιχα, οι διαφορές στην μέση έκταση της ζώνης δυνητικής επίδρασης 500m, αφορούν σε στατιστικά μικρότερη μέση έκταση αυτών στις χωρικές περιοχές SAR, SAEG, KOR και NAEG έναντι των άλλων χωρικών περιοχών.



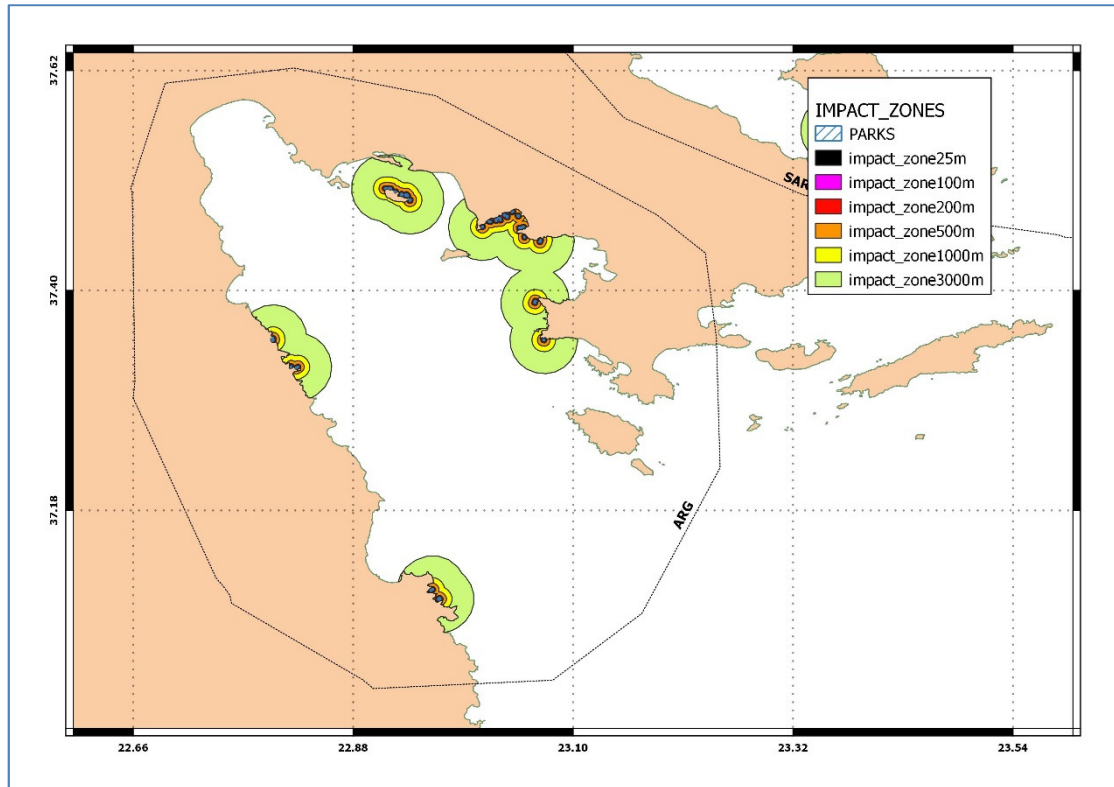
Σχήμα 4. Μέση έκταση ζώνης δυνητικής επίδρασης 1000m (α) και 500m (β) ανά χωρική ομάδα συνάθροισης. Οι γραμμές αφορούν στο διπλάσιο της τιμής του τυπικού σφάλματος.

Στις παρακάτω εικόνες 14 έως 26 αποτυπώνεται για κάθε χωρική ομάδα συνάθροισης οι περιοχές των ζωνών επίδρασης ανάλογα με την προσδιορισμένη ακτίνα των 25, 100, 200, 500, 1000 και 3000 μέτρα από την μονάδα εκτροφής.



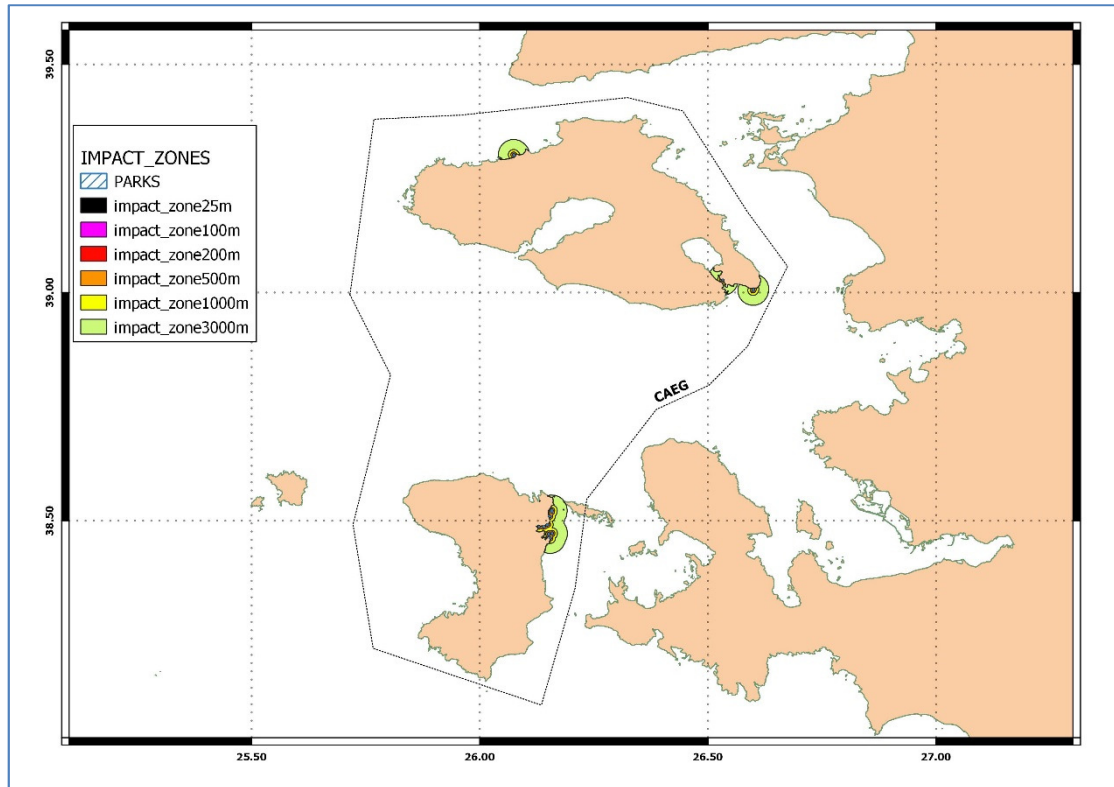
Εικόνα 14. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης ABR.

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (ABR) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής κυρίως στην περιοχή της Πρέβεζας και Βόνιτσας με τις ζώνες επιδράσεως των 500 έως 1000 μέτρων να εκτείνονται δημιουργώντας διαδρόμους επικοινωνίας, ενώ και οι ζώνες των 100 έως 200 μέτρων συναθροίζουν επιφάνειες επίδρασης στην ίδια περιοχή (εικόνα 14). Επίσης μία μικρότερη συγκέντρωση μονάδων στην περιοχή του «Μενιδίου» Άρτας παρουσιάζει σύνδεση των ζωνών επίδρασης των 500 έως 3000 μέτρων.



Εικόνα 15. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης ARG.

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (ARG) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή των «Ιρίων» και της Νήσου «Πλατεία αργολίδας» (εικόνα 15). Στην περιοχή της Νήσου οι ζώνες συνενώνονται από τα 100 έως τα 3000 μέτρα. Στην περιοχή δε των «Ιρίων» η εξάπλωση της ζώνης των 3000 μέτρων συνενώνεται με την περιοχή «Θύνη Κρασιδίου» δημιουργώντας διάδρομο ο οποίος σχεδόν εφάπτεται μέχρι την ζώνη της Νήσου.

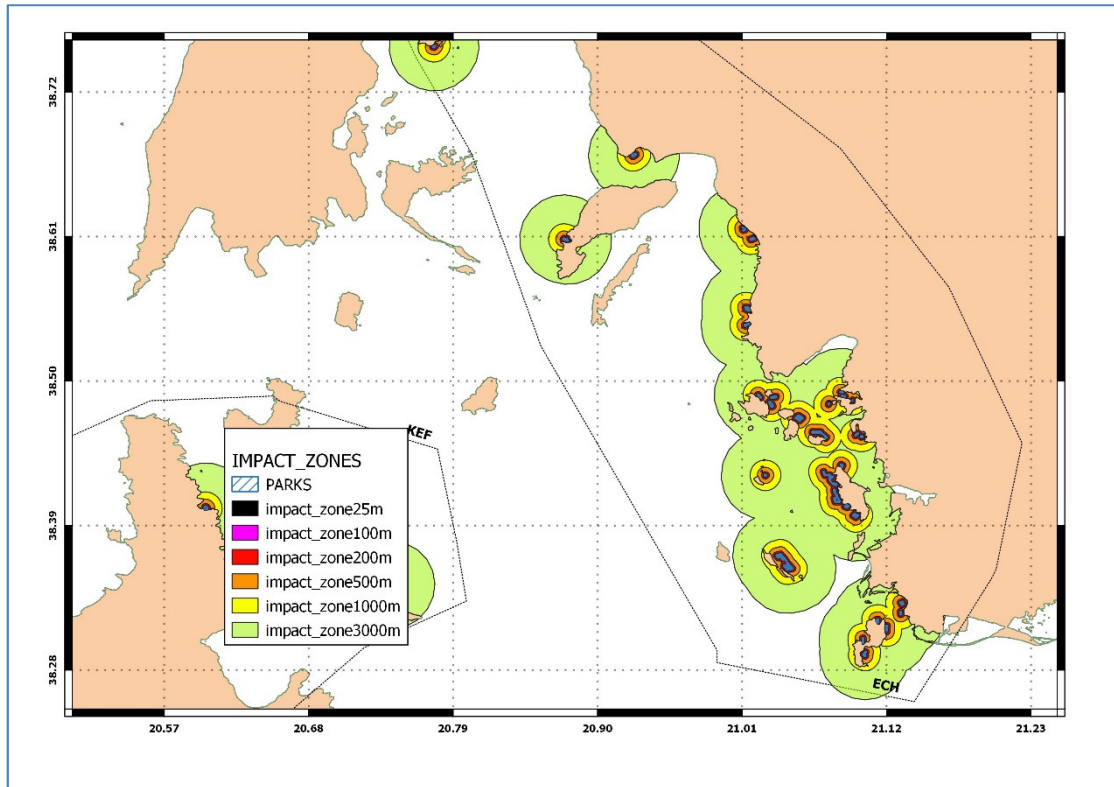


Εικόνα 16. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης CAEG.

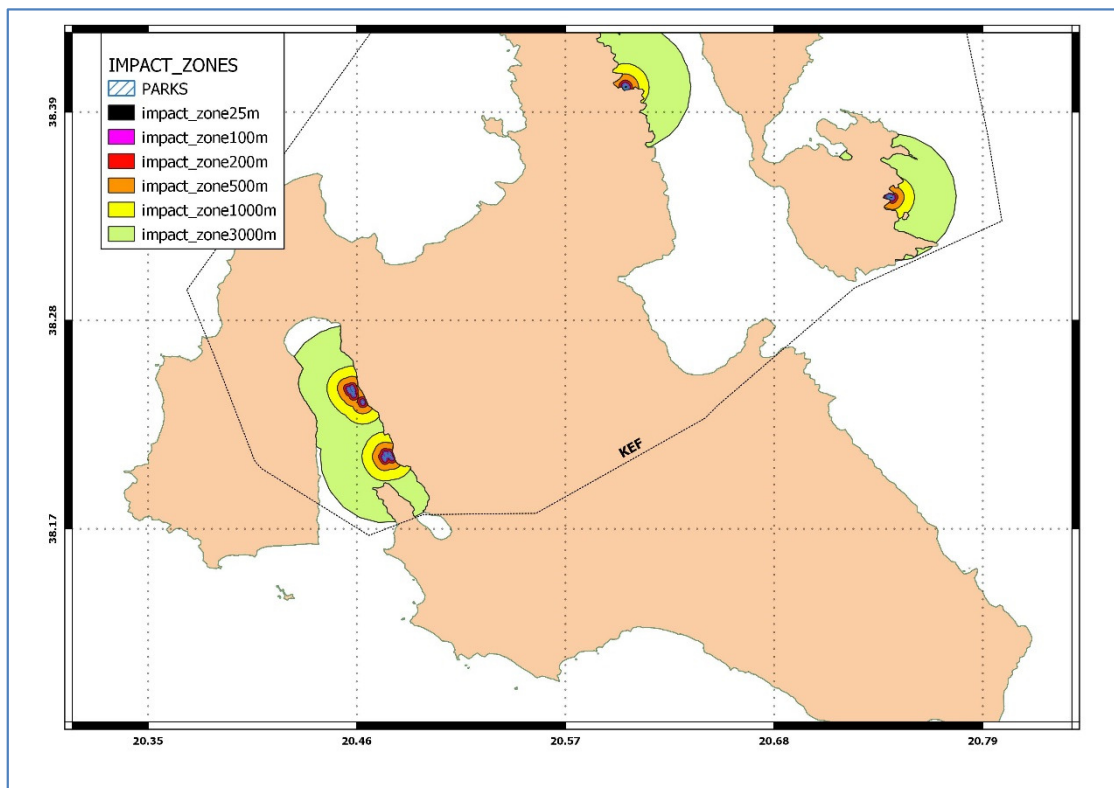
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (CAEG) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή «Στροβίλι» έως «Λαγκαδά» βόρεια της Χίου με συνένωση των ζωνών επίδρασης άνω των 200 μέτρων και αρκετών (8) στα 100 μέτρα (εικόνα 16).

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (ECH) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής με αρκετές περιοχές συνένωσης των ζωνών επίδρασης όλων των ακτινών επίδρασης άνω των 100 μέτρων, ενώ η ζώνη των 3000 μέτρων διαφαίνεται ότι δημιουργεί μία κοινή περιοχή η οποία εκτείνεται σε πολύ μεγάλη απόσταση και επιφάνεια η οποία εντοπίζεται νότια από την περιοχή της Νήσου «Οξειάς» έως βόρεια την περιοχή «Παλιόβαρκα» Αιτωλοακαρνανίας (εικόνα 17). Οι ζώνες των 100 έως 1000 μέτρων εξαπλώνονται κυρίως στις νήσους της ευρύτερης περιοχής των «Εχινάδων» (Δρακονέρα, Φίλιππος, Προβάτι, Ποντικός, Άπασα, Πεταλάς, Μάκρη) και της νήσου «Οξειάς».

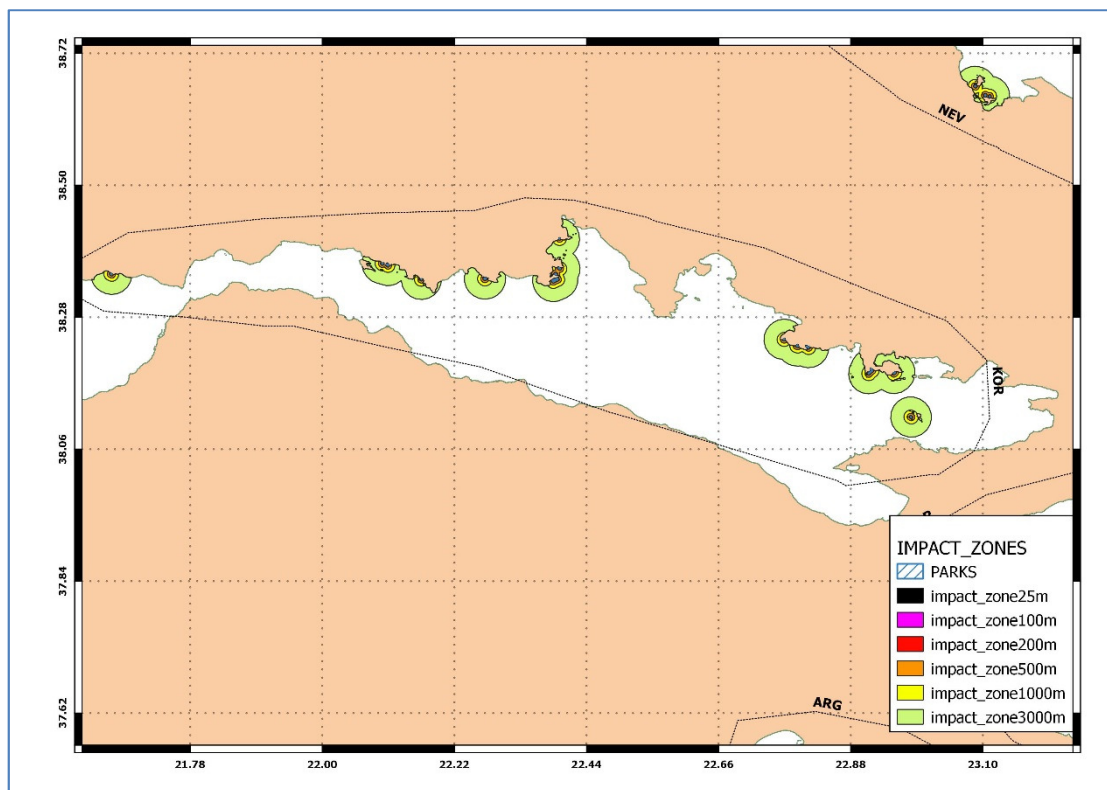
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (KEF) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή «Φάρσας» Αργοστολίου όπου η ζώνη των 3000 μέτρων εξαπλώνεται μέχρι την περιοχή του Ληξουρίου και του Αργοστολίου καλύπτοντας σχεδόν εξολοκλήρου τον κλειστό κόλπο (εικόνα 18).



Εικόνα 17. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης ECH.



Εικόνα 18. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης KEF.

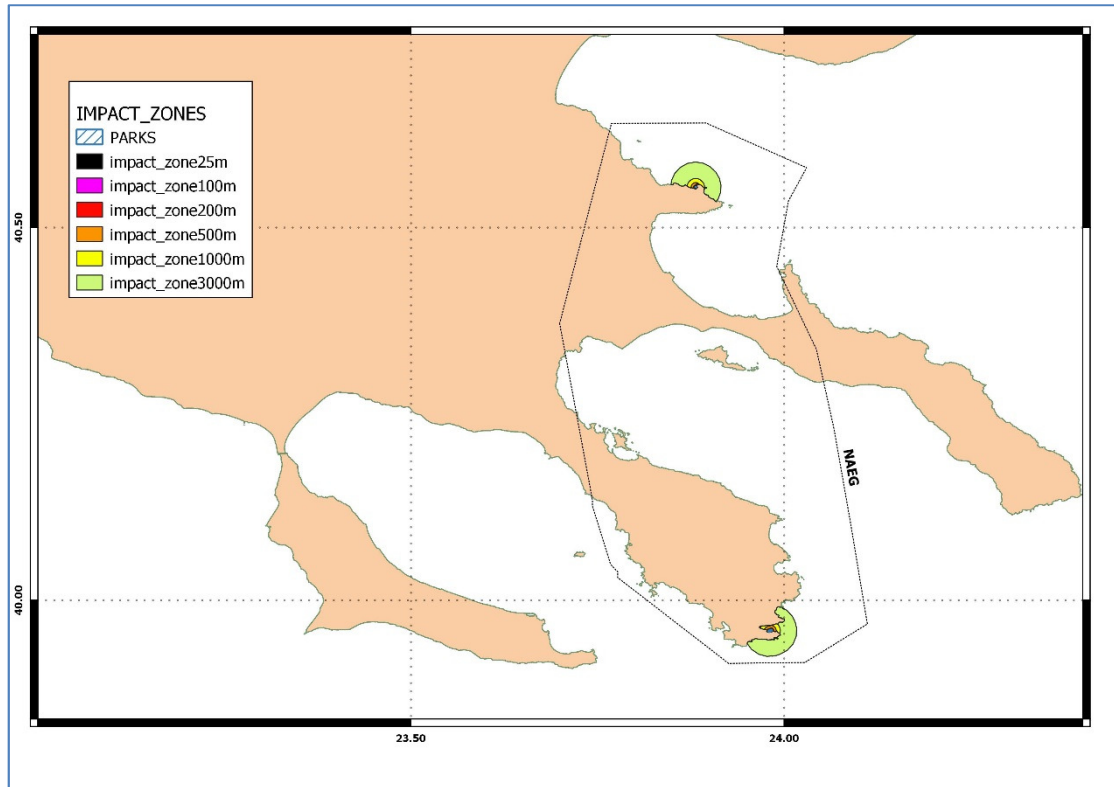


Εικόνα 19. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης KOR.

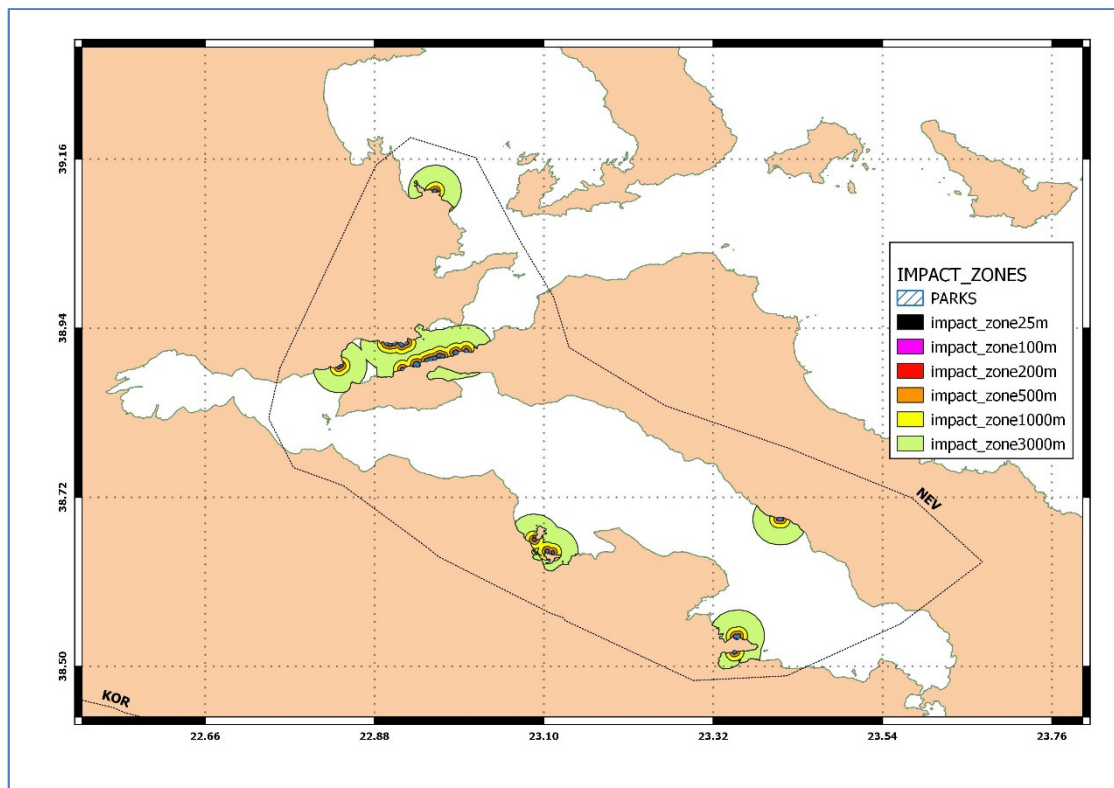
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (KOR) παρουσιάζει εξάπλωση των μονάδων στον ευρύτερο Κορινθιακό κόλπο και κυρίως στις περιοχές «Τριζόνια», «Γαλαξίδι» και «Ζέλιτσα» και οι θέσεις των μονάδων δημιουργούν συνένωση της ζώνης των 3000 μέτρων, ενώ οι ενώσεις των υπολοίπων ζωνών επίδρασης διαμοιράζονται στην περιοχή (εικόνα 19).

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (NAEG) δεν παρουσιάζει κάποια συνένωση των ζωνών επίδρασης (εικόνα 20).

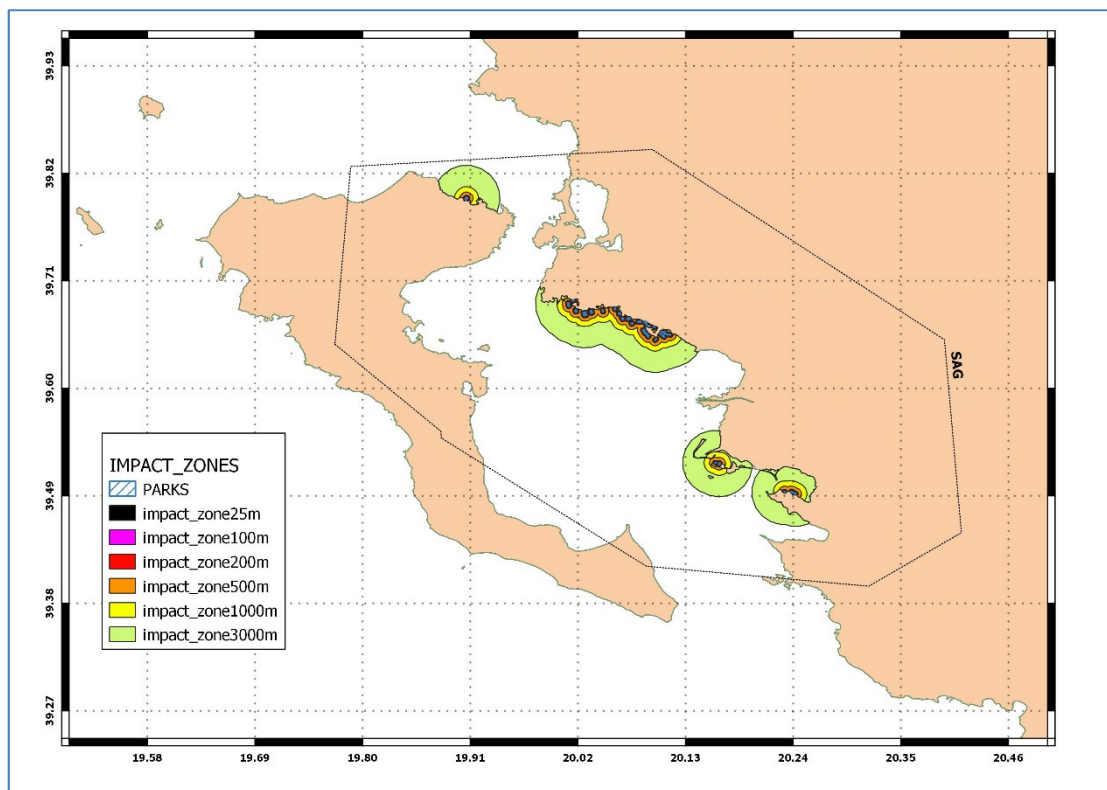
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (NEV) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή του Στενού του Αρτεμισίου καθώς και στον κόλπο της Αταλάντης (εικόνα 21). Στο Στενό του Αρτεμισίου υπάρχει χαρακτηριστική συνένωση της ζώνης των 3000 μέτρων καλύπτοντας όλο το στενό, ενώ η ζώνη των 1000 και των 500 μέτρων συνενώνεται και καλύπτει επιφάνεια που εφάπτεται της Εύβοιας σε απόσταση άνω 5 km.



Εικόνα 20. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης NAEG.



Εικόνα 21. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης NEV.

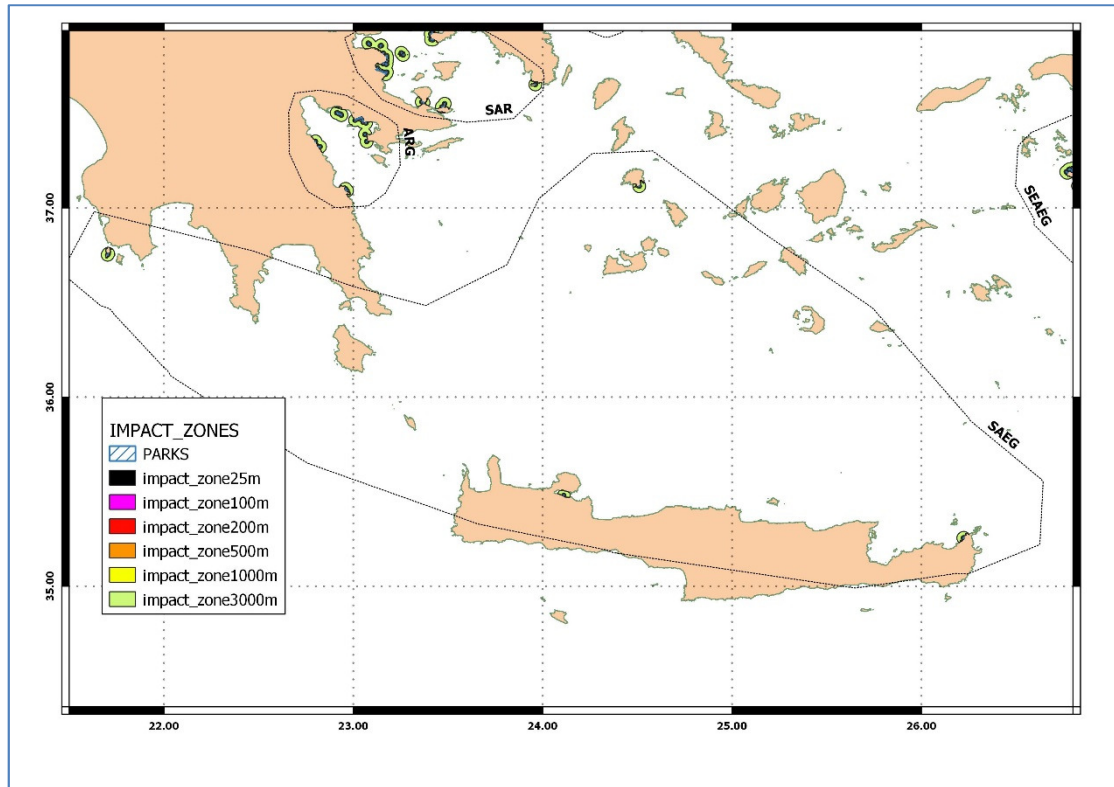


Εικόνα 22. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης SAG.

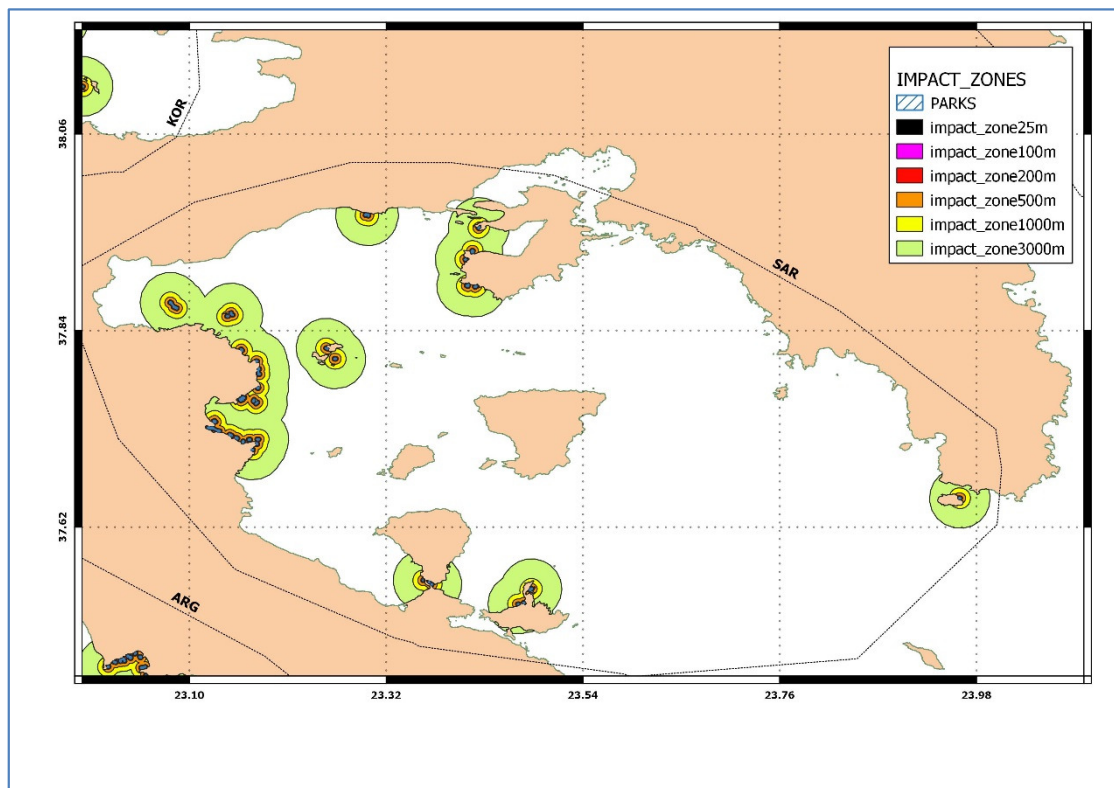
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (SAG) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή της Σαγιάδας και εκτείνεται σε όλη την ακτογραμμή βορειοδυτικά των συνόρων της χώρας μας (εικόνα 22). Οι ζώνες των 500, 1000 και 3000 μέτρων συνενώνονται, ενώ η ζώνη των 200 μέτρων είναι διακεκομμένη σε αρκετά σημεία και δεν καλύπτει συνεχόμενη επιφάνεια όπως επίσης και οι μικρότερες ζώνες.

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (SAEG) δεν παρουσιάζει συνένωση των ζωνών επίδρασης (εικόνα 23).

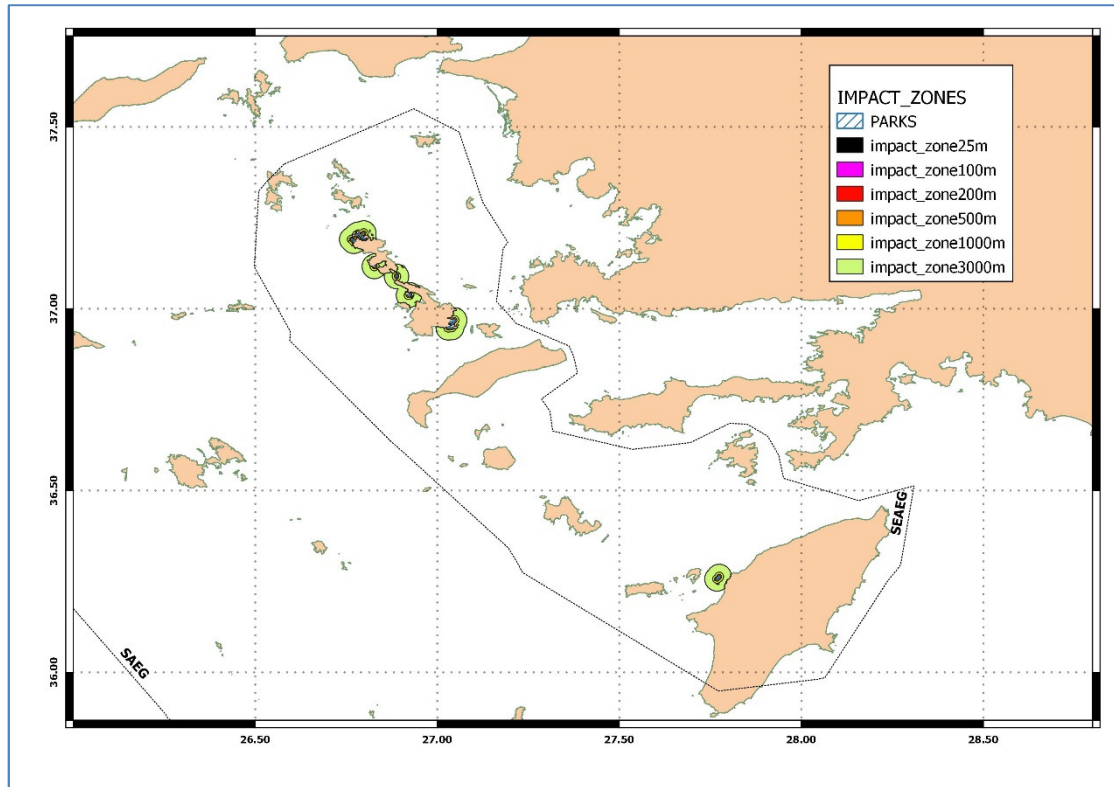
Η χωρική ομάδα συνάθροισης (SAR) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή της Σαλαμίνας και στην βορειοανατολική ακτογραμμή της Αργολίδας από θέση «Γαλανείκα» έως θέση «Βλασείκα» (εικόνα 24). Η ζώνη των 3000 μέτρων δημιουργεί δύο μεγάλες επιφάνειες επίδρασης και γειτνιάζει την ζώνη των νήσων «Αγ. Θωμάς» και «Αγ. Ιωάννης», ενώ οι ζώνες των 1000, 500 και 200 μέτρων, συνενώνονται σε 7 μικρότερες επιφάνειες.



Εικόνα 23. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης SAEG.



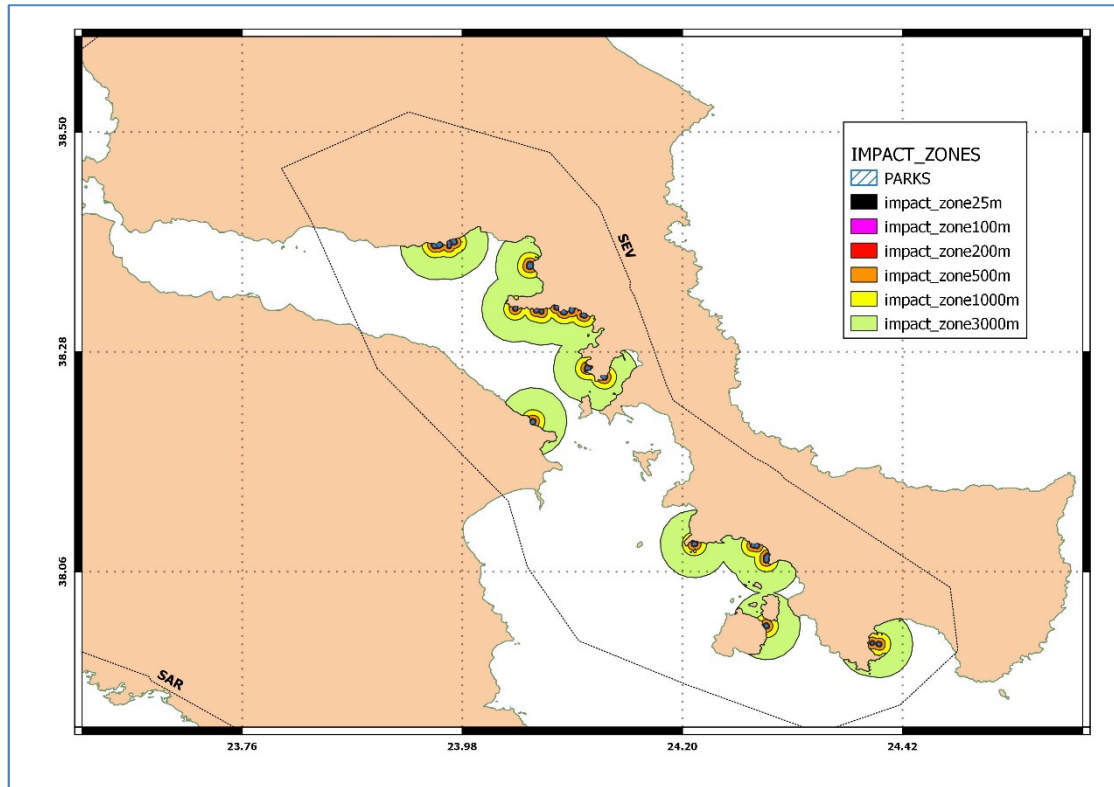
Εικόνα 24. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης SAR.



Εικόνα 25. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης SEAG.

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (SEAG) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή βόρεια των ακτών της Λέρου και μέχρι και την βόρεια Κάλυμνο δημιουργώντας συνένωση μόνο για την ζώνη των 3000 μέτρων που καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την προαναφερόμενη επιφάνεια (εικόνα 25).

Η χωρική ομάδα συνάθροισης (SEV) παρουσιάζει συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής στην περιοχή «Ακτή Νηρέως», στην περιοχή νότια του Αλιβερίου, και από «Πόρτο Λάφια» έως την «Μεγαλόνησο» σχηματίζοντας τρεις επιφάνειες επίδρασης της ζώνης των 3000 μέτρων (εικόνα 26). Η ζώνη δε των 1000 μέτρων σχηματίζει εκτεταμένη επιφάνεια επίδρασης στην περιοχή του Αλιβερίου μεταξύ της θέσης νότια «Παναγίτσα Πούντα» και βόρεια της θέσης «Μπούφαλο». Οι μικρότερες ζώνες δεν δημιουργούν συνενώσεις μεγάλων επιφανειών επίδρασης.



Εικόνα 26. Απεικόνιση των ζωνών των προσβεβλημένων περιοχών αναλόγως της ακτίνας επιδράσεως από την θέση της μονάδας εκτροφής στην χωρική ομάδα συνάθροισης SEV.

Οι ανωτέρω εικόνες 14-26 αποτυπώνουν εμφανώς τις ζώνες ανά χωρική ομάδα συνάθροισης όπως ομαδοποιούνται ανάλογα με την καθορισμένη ακτίνα επίδρασης από την υφιστάμενη θέση της μονάδας εκτροφής και ως εκ τούτου δίνουν την δυνατότητα προσδιορισμού των περιοχών που θα πρέπει να εξεταστούν ως προς τις επιπτώσεις τους για την περαιτέρω αξιολόγηση και ορθολογική διαχείρισή τους.

Στον Πίνακα 14 αποτυπώνεται ο αριθμός των μονάδων που βρίσκεται στην αντίστοιχη αναφερόμενη απόσταση από την ακτή (25-100m, 100-200m, 200-500m, 500-1000m και 1000-3000 μέτρα. Μόνο μία μονάδα βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από τα 1000 μέτρα από την ακτή στην περιοχή της χωρικής συνάθροισης του Αμβρακικού καθώς επίσης ακόμη μία μονάδα βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση των 500 μέτρων από την ακτή στην ίδια περιοχή, ενώ ακόμα 8 μονάδες στον Αμβρακικό απέχουν πάνω από 200 μέτρα από την ακτή. Επίσης, μόνο μία μονάδα σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 μέτρων βρίσκεται στην περιοχή της νότιας Εύβοιας. Από τις 260 συνολικά μονάδες εκτροφής οι 102 βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 100 μέτρων από την ακτή, όπου εξ αυτών οι περισσότερες μονάδες παρατηρούνται στην περιοχή της βόρειας και νότιας Εύβοιας (NEV, SEV) με 25 και 18 μονάδες αντίστοιχα.

Πίνακας 14. Αριθμός μονάδων υδατοκαλλιέργειας ανά απόσταση από την ακτή και χωρική ομάδα

Χωρικές ομάδες συνάθροισης	Απόσταση μονάδας από την ακτή (km)					Αριθμός μονάδων
	0.025-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-3	
ABR	5	9	8	1	1	24
ARG	12	9	1			22
CAEG	8	6	2			16
ECH	19	11	2			32
KEF	2	2	1			5
KOR	13	3				16
NAEG	1	1				2
NEV	13	25	4			42
SAG	13	9	3			25
SAEG	4		1			5
SAR	25	7	3			35
SEAEG	10	2				12
SEV	14	18	2	1		35
Αριθμός μονάδων	139	102	27	2	1	260

Συνολικά, 139 μονάδες από τις 260 είναι τοποθετημένες κοντά στην ακτή σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων, εκ των οποίων οι 25 στην περιοχή της χωρικής συνάθροισης του Αργοσαρωνικού (SAR) και 19 στην περιοχή της χωρικής συνάθροισης των Εχινάδων (ECH). Συνεπώς, το μεγαλύτερο πλήθος των μονάδων ήτοι 241, βρίσκεται κοντά στην ακτή σε απόσταση μέχρι τα 200 μέτρα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Χωροθέτηση μονάδων εκτροφής

Οι δορυφορικές απεικονίσεις των ετών 2013-2017 αποτυπώνουν το σύνολο των μονάδων εκτροφής ιχθύων στην χώρα μας όπως αυτές έχουν χωροθετηθεί και αδειοδοτηθεί ακολουθώντας τους περιβαλλοντικούς όρους που έχουν εγκριθεί για την λειτουργία τους. Το σύνολο των μονάδων από την καταγραφή των δορυφορικών απεικονίσεων ανήλθε στις 269 για τα έτη 2001-2017. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών (ΣΕΘ 2018) σήμερα υπάρχουν 318 μονάδες θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας όπου εκτρέφονται κυρίως τσιπούρα και λαβράκι συνολικής έκτασης 7.491 στρεμμάτων. Συνεπώς, υπάρχει πιθανότητα κάποιες μονάδες εκτροφής να μην έχουν αποτυπωθεί από τις δορυφορικές απεικονίσεις ή κάποιες μονάδες να έχουν αναφερθεί ως μονάδα λόγω της γεινιάσής τους. Σε αντιπαράθεση δε με τον χάρτη του ΣΕΘ προκύπτει ότι παρουσιάζει περιοχές με μονάδα εκτροφής όπως στα Κύθηρα όπου δεν βρέθηκε σχετική δορυφορική απεικόνιση, ενώ δεν εμφανίζει τις μονάδες εκτροφής στην Κρήτη όπου έχουν βρεθεί οι σχετικές δορυφορικές απεικονίσεις. Αντίστοιχα, οι Trujillo *et al.* (2012) απεικονίζοντας τις μονάδες εκτροφής στην χώρα μας συμπεριλαμβάνουν στον χάρτη περιοχές με κλωβούς οστρακοκαλλιέργειας (π.χ. περιοχή Δέλτα Αξιού) τις οποίες επεξεργάζονται ως ιχθυοκαλλιέργειες και τις εντάσσουν στην συνολική παραγωγή των μονάδων εκτροφής ιχθύων.

Η συνάθροιση των μονάδων εκτροφής σε κοντινές περιοχές όπως διαπιστώθηκε στα αποτελέσματα μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως τα πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων περιοχών τα οποία θέλουν να εκμεταλλευτούν περισσότερες από μία εταιρείες, το κλίμα το οποίο επηρεάζει τις συνθήκες εκτροφής και κατ' επέκταση την αύξηση της παραγωγής ή ακόμα και η μείωση των λειτουργικών εξόδων από πλευράς εταιρειών, καθώς οι μονάδες εκτροφής που εντοπίζονται σε κοντινές περιοχές συχνά ανήκουν στην ίδια εταιρία. Είναι δεδομένο πως η Ελλάδα διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση μονάδων εκτροφής, τόσο από πλευράς κατάλληλων συνθηκών (μεσογειακό κλίμα, κατάλληλες θερμοκρασίες για μεγάλα χρονικά διαστήματα, κ.λπ.) όσο και από πλευράς επιλογής τοποθεσίας (περιοχές κοντά σε λιμάνια, μεγάλη σε έκταση ακτογραμμή) (Clarke & Bostock, 2017).

Γενικά, για την τοποθέτηση και χωροθέτηση των μονάδων εκτροφής ιχθύων στην χώρα μας έχουν δοθεί αφενός οδηγίες από την Ευρωπαϊκή Ένωση και έχουν συνυπολογισθεί στο «Πολυετές Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα, 2014-2020», καθώς αποτελούν την σημαντικότερη παράμετρο που καθορίζει τον περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο, ενώ γίνεται σαφές ότι το επίπεδο και η έκταση της περιβαλλοντικής διαταραχής ποικίλει ανάλογα την τοποθεσία εγκατάστασης όπου τα υδρογραφικά στοιχεία (ρεύματα, παλίρροιες) επιδρούν στην επαρκή ανανέωση του νερού και την διασπορά των αποβλήτων (Ευρωπαϊκή Ένωση 2012, ΥΑΑΤ 2014).

4.2 Δυναμικότητα παραγωγής μονάδων εκτροφής

Η παραγωγή της ιχθυοκαλλιέργειας παρουσιάζει αυξητική τάση σε παγκόσμιο επίπεδο σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2018), ενώ στην χώρα μας η παραγωγή των μονάδων εκτροφής τσιπούρας και λαβρακιού εμφανίζουν σταθερή τάση σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ 2018).

Η συνολική ετήσια δυναμικότητα της μονάδας εκτροφής καθορίζεται από την απόσταση από την ακτή, από το βάθος, από την ταχύτητα των ρευμάτων και την έκταση της μονάδας σύμφωνα με την υπ' αριθ. 121570/1866 Υπουργική εγκύκλιο. Στην χώρα μας σε μεγάλη απόσταση από την ακτή παρουσιάζονται μόνο τρεις μονάδες εκτροφής στην περιοχή της χωρικής συνάθροισης του Αμβρακικού κόλπου (ABR) οι δύο και μία στην νότια Εύβοια. Το πλήθος των μονάδων από τις υπόλοιπες ομάδες χωρικών συναθροίσεων είναι εγκατεστημένες σε απόσταση έως τα 200 μέτρα από την ακτή (241 μονάδες) εκ των οποίων περισσότερες από τις μισές (139) σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων από την ακτή. Συνεπώς, οι μονάδες εκτροφής στην χώρα μας βρίσκονται επί το πλείστον κοντά στην ακτή και ως εκ τούτου λαμβάνουν την μικρότερη τιμή του συντελεστή απόστασης ο οποίος περιορίζει και την δυναμικότητα της παραγωγής ($f_A = 1,0 < 100m$, $f_a = 1,25 < 100-400m$). Λαμβάνοντας δε υπόψη ότι αρκετές μονάδες κοντά στην ακτή έχουν και μικρό θαλάσσιο βάθος ενώ βρίσκονται και σε κλειστούς προστατευμένους από τον καιρό κόλπους είναι σαφές ότι η οριζόμενη δυναμικότητα της παραγωγής τους είναι η χαμηλότερη δυνατή και φυσικά το λειτουργικό κόστος είναι ενδεχομένως ο παράγοντας που καθορίζει την εγκατάσταση των μονάδων.

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι την περίοδο 2012-2017 αυξήθηκε η επιφάνεια των μονάδων εκτροφής και ως εκ τούτου ο όγκος εκτροφής γεγονός που προκύπτει από τις αλλαγές των τεχνικών χαρακτηριστικών των ιχθυοκλωβών οι οποίες συνάδουν με την αλλαγή της νομοθεσίας καθώς επέτρεψε τους μεγαλύτερους όγκους εκτροφής (Πέτρου 2013).

Η εκτίμηση της παραγωγής των μονάδων εκτροφής στην παρούσα εργασία όπως προκύπτει από τον όγκο των κλωβών που καταμετρήθηκαν στις σχετικές δορυφορικές απεικονίσεις ανέρχεται στους 130.651 τόνους συνολικά που αντιστοιχεί στο 50% της δυνατότητας παραγωγής των μονάδων. Η ποσότητα αυτή της παραγωγής κατανέμεται σε 78390.6 τόνους τσιπούρας και 52260.4 τόνους λαβράκι.

Συγκρίνοντας τα στοιχεία που αναφέρονται στην ετήσια έκθεση του ΣΕΘ όπου σημειώνεται ότι η παραγωγή το 2017 ανήλθε και για τα δύο είδη σε 112.000 τόνους (64.000 τόνοι τσιπούρας και 48.000 τόνοι λαβράκι) διαπιστώνουμε ότι η παραγωγή των μονάδων εκτροφής στην χώρα μας αντιστοιχεί περίπου στο 50% της δυναμικότητάς τους.

Παρόμοια διαπίστωση γίνεται από τους Trujillo *et al.* (2012) συγκρίνοντας την παραγωγή της χώρας από τα στοιχεία που δίνει ο FAO και την παραγωγή που προκύπτει από τις καταγεγραμμένες δορυφορικές απεικονίσεις των μονάδων, έχοντας λάβει ως παραδοχή την μέγιστη ιχθυοπυκνότητα ($15\text{kg}/\text{m}^3$), διαπιστώνουν ότι η εκτίμηση της δυναμικότητας της παραγωγής των μονάδων πλησιάζει εκείνη του FAO όταν αυτή υπολογίζεται για την δυνατότητα της παραγωγής στο 50%. Σύμφωνα δε με τον Πέτρου (2013) η παραγωγή των μονάδων αντιστοιχεί στο 75% της δυναμικότητάς τους και η διαφορά τους σε σχέση με τους Trujillo *et al.* (2012) αναφέρεται στον μικρότερο αριθμό καταγεγραμμένων κλωβών στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ως εκ τούτου, η καταγραφή των δορυφορικών απεικονίσεων που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία για τα έτη 2001-2017 ουσιαστικά αποτυπώνει το σύνολο των μονάδων που υπάρχουν εγκατεστημένες στην χώρα μας.

Η χωρική συνάθροιση (ECH) στην περιοχή των Εχινάδων είναι εκείνη με την μεγαλύτερη παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού στην χώρα μας η οποία στο 50% της δυναμικότητας των μονάδων της ανέρχεται στους 22591.5 τόνους (13554.9 τόνοι τσιπούρας και 9036.6 τόνους λαβράκι). Αμέσως μετά ακολουθεί η περιοχή του Σαρωνικού κόλπου (SAR) με παραγωγή 17866.8 τόνων (10720.1 τόνοι τσιπούρας και 7146.7 τόνους λαβράκι), ενώ στην συνέχεια ακολουθούν οι χωρικές ομάδες των περιοχών του Ευβοϊκού κόλπου (13956.3 τόνοι), της Αργολίδας (13572.5 τόνοι) και

της Σαγιάδας (12673.7 τόνοι), όπου συνολικά οι 5 χωρικές ομάδες συναθροίσεων των μονάδων εκτροφής παράγουν 80660,8 τόνους ήτοι περίπου το 60% της παραγωγής ιχθύων της χώρας μας.

Η χωρική συνάθροιση της περιοχής του Αργοσαρωνικού (SAR) παρότι διαθέτει περισσότερες μονάδες (39) σε σχέση με την περιοχή των Εχινάδων (ECH) υπολείπεται στην ποσότητα της παραγωγής της καθώς διαθέτει μεγαλύτερη επιφάνεια διχτυών εκτροφής. Είναι σαφές ότι η απόσταση των μονάδων από την ακτή είναι το στοιχείο που δύναται να διαφοροποιεί την παραγωγή μεταξύ τους καθώς όσο αυξάνει η απόσταση δύναται να αδειοδοτούνται για μεγαλύτερη συνολική ετήσια παραγωγή και ως εκ τούτου να προσαρμόζουν ανάλογα την δυναμικότητα των εγκαταστάσεων.

4.3 Επίδραση των θρεπτικών των μονάδων εκτροφής στο περιβάλλον

Οι επιπτώσεις των μονάδων εκτροφής στο περιβάλλον προέρχονται κυρίως από τον εμπλουτισμό της στήλης του νερού με θρεπτικά γύρω από τους κλωβούς οι οποίες μπορεί να είναι περιορισμένες όταν υπάρχει διασπορά, ενώ έχουν ελάχιστη επίδραση στην ποιότητα του νερού (Dalsgaard & Krause-Jensen 2006, Sarà 2007, Holmer *et al.* 2008, Holmer 2010).

Αξιολογώντας τις αντίστοιχες ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που αποβάλλονται από τις κτηνοτροφικές μονάδες διαπιστώνεται ότι υπάρχει τεράστια διαφορά μεγέθους σε σχέση με τις ποσότητες που εκρέουν από τις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τις ενδεικτικές τιμές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των λυμάτων στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των χοίρων όπως σημειώνονται από το «Agricultural Waste Management Field Handbook» και αναφέρεται από τον Τσολάκη (2009), το ολικό άζωτο κυμαίνεται από 0,07 έως 0,27 κιλά ανά ημέρα ανά 1000 κιλά ζωικού βάρους (kg/d/1000), ενώ ο ολικός φώσφορος από 0,02 έως 0,11 (kg/d/1000). Συνεπώς, εκτιμώντας την συνολική ποσότητα των θρεπτικών από μία αντίστοιχη παραγωγή 130.000 τόνων χοίρων, οι ποσότητες αυτές λαμβάνοντας τον μέσο όρο των σταδίων ανάπτυξης ανέρχονται σε 29134 τόνους ολικού αζώτου και 10059 τόνους ολικού φωσφόρου. Συγκρινόμενες δε ποσοστιαία με τις αντίστοιχες των μονάδων της ιχθυοκαλλιέργειας αποτελούν το 66.87% και το 80.03% του συνόλου των αποβλήτων των θρεπτικών, ενώ των ιχθυοκαλλιεργειών ανέρχονται στο 33.13% και 19.97% αντίστοιχα. Ο συνολικός όγκος των αποβλήτων στην χώρα μας όπως σημειώνεται από τον Ζαφείρη (2017) και

αναφέρεται στην Τσιάρα (2018) ανέρχεται συνολικά σε 17.514.766 τόνους τον χρόνο όπου 13.601.970 τόνοι από τα βουστάσια και 2.277.072 τόνοι από τα χοιροτροφεία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής στην εκτροφή των χοίρων κυμαίνεται από 2.7 έως 5, ενώ στα βοοειδή από 6 έως 10 (kgτροφής/kgζώου), καθώς επίσης το αντίστοιχο αποτύπωμα του άνθρακα των χοίρων είναι 1.3 και των βοοειδών 5.9 σε σχέση με τους ιχθύες που είναι περίπου στο 0.6 (gr CO²-ισοδύναμο / τυπική μερίδα 40gr βρώσιμων πρωτεϊνών) (GSI 2018). Συνεπώς, γίνεται σαφές ότι ο όγκος των θρεπτικών που αποβάλλεται από τις κτηνοτροφικές μονάδες συνολικά είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας στη χώρα μας. Ωστόσο, είναι σαφές ότι η διαφορά στις δύο εκτροφές έγκειται στο γεγονός ότι τα απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων δύναται να αποτελέσουν αντικείμενο επεξεργασίας πριν την απόθεσή τους στο περιβάλλον, σε αντίθεση με τα απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας τα οποία καταλήγουν άμεσα και χωρίς επεξεργασία στο θαλάσσιο περιβάλλον.

4.4 Επιφάνειες της επίδρασης των μονάδων εκτροφής στο περιβάλλον

Είναι γεγονός ότι κάτω από τους κλωβούς των μονάδων εκτροφής παρατηρείται αυξημένη καθίζηση των οργανικών αποβλήτων η οποία δύναται να επηρεάσει αρνητικά τον πυθμένα αλλά και τα όμορα θαλάσσια λιβάδια, ειδών όπως της Ποσειδωνίας, εξαιτίας κυρίως της κακής χωροθέτησης των μονάδων (Ruiz *et al.* 2001, Pergent-Martini *et al.* 2006, Apostolaki *et al.* 2008, Holmer *et al.* 2008a, Borja *et al.* 2009, Crowe *et al.* 2011).

Οι επιφάνειες της επίδρασης των θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από τις μονάδες εκτροφής, εκτιμήθηκαν στην παρούσα εργασία ανάλογα με τις αποστάσεις από την υφιστάμενη θέση των μονάδων και ως εκ τούτου δύναται να μας δώσουν μία ολοκληρωμένη εικόνα των περιοχών που αυτές επιδρούν στον θαλάσσιο χώρο, και ενδεχομένως επηρεάζουν την σημερινή χωροταξική τους τοποθέτηση. Αναλυτικά ανάλογα με την καθορισμένη ακτίνα επίδρασης των θρεπτικών στοιχείων τα οποία αποβάλλονται από τις μονάδες εκτροφής διαπιστώνονται τα κάτωθι:

Σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία η χωροθέτηση των πλωτών μονάδων εκτροφής «γίνεται με βάση τη φέρουσα ικανότητα της περιοχής εγκατάστασής τους, που προσδιορίζεται από παραμέτρους όπως: απόσταση από την ακτή, βάθος της θάλασσας στο κέντρο της έκτασης εγκατάστασης και ταχύτητα των ρευμάτων», με

καθορισμένο ελάχιστο βάθος εγκατάστασης τα 18 μέτρα. Η εκτίμηση της ζώνης των 25 μέτρων στην παρούσα εργασία ουσιαστικά καλύπτει την επιφάνεια των μονάδων κάτω από τα κλουβιά και πλησίον της ακτής, ενώ αποτυπώνει την επίδραση των μονάδων στα παράκτια οικοσυστήματα. Η συνολική αυτή επιφάνεια επίδρασης των μονάδων της ζώνης των 25 μέτρων ανέρχεται στην συνολική έκταση των 13.2km² και αφορά κυρίως τις μεμονωμένες θέσεις εγκατάστασής τους, καθώς όπως διαπιστώνεται σε αυτή την ζώνη δεν υπάρχουν συνενώσεις των επιφανειών που καλύπτουν.

Οι επιπτώσεις των μονάδων σε αυτή την επιφάνεια συνίστανται από την συνεχόμενη συσσώρευση των αποβλήτων στον πυθμένα η οποία οδηγεί στην αύξηση του υποστρώματος από οργανικά σωματίδια και σηματοδοτεί επιπτώσεις στις χημικές διεργασίες του ιζήματος ικανές να προκαλέσουν ακόμα και φαινόμενα ανοξίας, γεγονός που έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποικιλότητα, την αφθονία και την βιομάζα της βενθικής πανίδας και χλωρίδας (Holmer *et al.* 2007, Hargrave *et al.* 2008, Tomasetti *et al.* 2009, Wilding & Hughes 2010).

Η συνεχόμενη αύξηση της ποσότητας του ιζήματος παρουσιάζει μετά τα 5 χρόνια σύμφωνα με τους Paraska *et al.* (2015) επίδραση στα όμορα λιβάδια της Ποσειδωνίας η οποία σύμφωνα με τις παρατηρήσεις των Pergent-Martini *et al.* (2006), προκαλεί μείωση της πυκνότητας του φυλλώματος και του ριζώματος της Ποσειδωνίας ενώ είναι χαρακτηριστική η εμφάνιση των επιφύτων. Η εν λόγω επίδραση των θρεπτικών όπως αναφέρουν οι Pergent-Martini *et al.* (2006), εντοπίζεται σε απόσταση των 100 μέτρων από τις μονάδες, ενώ έθεσαν ως όριο ασφαλείας την εγκατάσταση των μονάδων στα 200 μέτρα απόσταση από τα λιβάδια Ποσειδωνίας.

Η επιφάνεια επίδρασης της ζώνης των 100 μέτρων όπως διαπιστώθηκε στην παρούσα εργασία ανέρχεται στην συνολική έκταση των 36.6 km², ενώ της ζώνης των 200 στην συνολική έκταση των 70.8 km² με τις συνενώσεις των ζωνών δηλαδή των κοινών περιοχών επίδρασης να ανέρχονται σε 227 και 192 αντίστοιχα. Αρκετές μικρές επιφάνειες των συνενώσεων αυτών παρατηρήθηκαν σχεδόν σε όλες τις ομάδες των χωρικών συναθροίσεων.

Οι ζώνες δυνητικής επίδρασης των 500 μέτρων καταλαμβάνουν συνολική επιφάνεια 191,6 km², με αρκετές συνενώσεις οι οποίες ανέρχονται στις 115 εκ των οποίων οι 71 ξεπερνούν το ένα km².

Ωστόσο, από το 2009 σύμφωνα με την κείμενη εθνική νομοθεσία έχει καθοριστεί όπως προαναφέρθηκε ότι «η ελάχιστη απόσταση μεταξύ γειτονικών μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας είναι πεντακόσια (500) μέτρα», ενώ «η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών πάρκων εκτροφής της ίδιας μονάδας, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 100 και μικρότερη των 250 μέτρων».

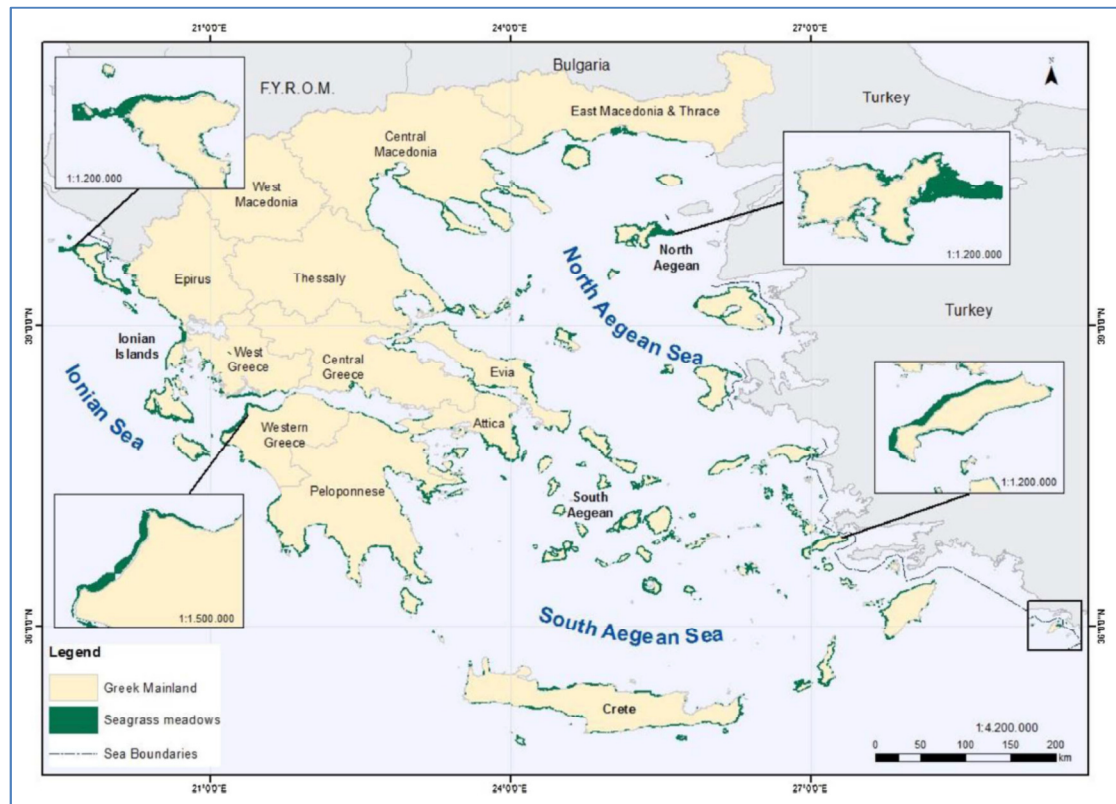
Ως εκ τούτου, οι δυνητικές ζώνες επίδρασης των 100 μέτρων καθώς συνενώνονται σε 227 κοινές περιοχές είτε μας δηλώνουν ότι οι μονάδες προϋπήρχαν της σχετικής νομοθεσίας εγκατάστασης είτε αποτελούν συνέχεια της ίδιας μονάδας - πάρκου εκτροφής. Ομοίως, οι συνενώσεις της δυνητικής ζώνης επίδρασης των 500 μέτρων ενδεχομένως μας δηλώνει τον συνολικό αριθμό 115 πάρκων εκτροφής με επιφύλαξη ως προς την τοποθέτησή τους πριν την εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας.

Το ζητούμενο βέβαια είναι το κατά πόσο οι δυνητικές ζώνες επίδρασης των πάρκων εκτροφής είναι όμορες περιοχών με λιβάδια Ποσειδωνίας, καθώς σύμφωνα με τους Holmer *et al.* (2008) θα πρέπει να οριοθετείται δίχτυ ασφαλείας στα 400 μέτρα, ενώ ο Karakassis (2007) διαπιστώνει επιδράσεις από το οργανικό φορτίο των μονάδων και στην περιοχή των 575 μέτρων.

Στις 10 από τις 13 χωρικές ομάδες συναθροίσεων που αποτυπώνονται και στις εικόνες 14-26 υπάρχουν συνενώσεις των δυνητικών ζωνών δυνητικής επίδρασης των 500 μέτρων. Ωστόσο, σύμφωνα με τον χάρτη στην εικόνα 27 όπου αποτυπώνεται η θέση των λιβαδιών Ποσειδωνίας στην χώρα μας παρατηρούμε ότι οι ομάδες χωρικών συναθροίσεων των πάρκων εκτροφής δεν βρίσκονται εντός περιοχών με λιβάδια Ποσειδωνίας. Εάν τα λιβάδια προϋπήρχαν στις θέσεις των πάρκων εκτροφής ή ήταν όμορα αυτών, προφανώς πλέον δεν υπάρχουν πια. Ως εκ τούτου, θα πρέπει οι σημερινές μονάδες να εξετάζονται ως προς την απόσταση από τα τυχόν υπάρχοντα γειτνιάζοντα λιβάδια για την επίδρασή τους σε αυτά και φυσικά πριν την μεταφορά ή εγκατάσταση νέων μονάδων.

Η επίδραση όμως του οργανικού φορτίου των μονάδων εκτροφής καθώς εντοπίζεται ακόμα και σε απόσταση 1000 μέτρων στις βενθικές συναθροίσεις των μακροσπονδύλων σύμφωνα με τους Mangion *et al.* (2018), διαμορφώνει μία διαφορετική εικόνα για την υφιστάμενη κατάσταση της χωροθέτησης των μονάδων. Η ζώνη δυνητικής επίδρασης των 1000 μέτρων συνενώνει συνολικά 88 περιοχές καλύπτοντας έκταση 469,8 km². Συνεπώς η ζώνη αυτή ουσιαστικά αφήνει ελάχιστα κενά μεταξύ των μονάδων εκτροφής επηρεάζοντας ευρύτερα τις περιοχές με

εγκατεστημένα πάρκα εκτροφής οι οποίες πλέον θα πρέπει να τίθενται σε παρακολούθηση για μεγαλύτερες αποστάσεις από την ακτίνα επίδρασης τους.



Εικόνα 27: Λιβάδια Ποσειδωνίας τα οποία ανιχνεύθηκαν στα ελληνικά χωρικά ύδατα (Topouzelis *et al.* 2018)

Η ζώνη δυνητικής επίδρασης των 3000 μέτρων η οποία συνενώνει 61 περιοχές και καλύπτει έκταση 2232.8 km² φανερώνει μία άλλη μορφή της επίδρασης του οργανικού φορτίου των μονάδων εκτροφής, καθώς εκτός από την προσέλκυση των ειδών της άγριας ιχθυοπανίδας γύρω από τα κλουβιά των μονάδων εκτροφής έχουν καταγραφεί και μετακινήσεις μεταξύ των πάρκων σε αποστάσεις που ξεπερνούν ακόμα και τα 3000 μέτρα έως και 5000 μέτρα, γεγονός που συνιστά στην μετάδοση ασθενειών (Arechavala-Lopez *et al.* 2010, Bacher *et al.* 2012, Uglem *et al.* 2014).

Ως εκ τούτου, οι συνενώσεις των ζωνών επίδρασης των 3000 μέτρων φανερώνουν τον σχηματισμό ενιαίων διαδρόμων επικοινωνίας των άγριων ειδών της ιχθυοπανίδας που αυξάνουν σε πολύ μεγάλη επιφάνεια την επίδραση των μονάδων όπως στην περίπτωση της χωρικής ομάδας συνάθροισης της περιοχής των Εχινάδων όπου η συνένωση ανέρχεται στην συνολική έκταση των 205,8 km². Ιδιαίτερα, στην χωρική ομάδα συνάθροισης του Αμβρακικού κόλπου ο διάδρομος που σχηματίζεται

από την ζώνη επίδρασης των 3000 μέτρων και ο οποίος ανέρχεται στα 115,2 km² ενδεχομένως να επηρεάζει και την παραγωγή των άνωθεν των πάρκων λιμνοθαλασσών πιθανώς παρακρατώντας ποσότητες των ιχθύων που θα εισχωρούσαν σε αυτές κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

Είναι σαφές ότι στις ζώνες των δυνητικών επιδράσεων όπως συζητήθηκαν ανωτέρω, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι υδροδυναμικές συνθήκες της κάθε περιοχής καθώς συντελούν στην διασπορά των αποβλήτων και ως εκ τούτου στην μείωση των εκτιμώμενων επιπτώσεων. (Modica *et al.* 2006, Sarà 2006, Sarà *et al.* 2006, Macleod *et al.* 2007, Bořja *et al.* 2009).

Σε κάθε περίπτωση η μετακίνηση των μονάδων εκτροφής σε μεγαλύτερη απόσταση από την ακτή, στην ανοικτή θάλασσα, συμβάλει καθοριστικά και στην διασπορά των θρεπτικών ουσιών με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Pitta *et al.* 2009, Holmer 2010). Ωστόσο, όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα της απομάκρυνσης των μονάδων από την ακτή, θα πρέπει να εφαρμόζεται η διαδικασία της υδρανάπαυσης σύμφωνα και με την κείμενη νομοθεσία προκειμένου να δίνεται ο απαραίτητος χρόνος ανάκαμψης του οικοσυστήματος (Iwama 1991, Karakassis *et al.* 1999).

Είναι δε γεγονός ότι απαιτείται συνεχόμενη παρακολούθηση όλων των παραμέτρων που συνθέτουν την βιοκοινότητα, την δυναμική της θέσης αλλά και την παραγωγή των μονάδων σε ετήσια βάση προκειμένου να γίνεται η εκτίμηση των επιπτώσεων που δύναται να επιφέρουν στο θαλάσσιο περιβάλλον (Bořja *et al.* 2009, Price *et al.* 2015).

Στα πλαίσια αυτά ήδη υπάρχουν διαθέσιμα μοντέλα πρόβλεψης της έκτασης αλλά και του μεγέθους της εναπόθεσης του φορτίου των θρεπτικών κάτω από τις εγκαταστάσεις των κλωβών της υδατοκαλλιέργειας προκειμένου να γίνεται εκτίμηση των ενδεχόμενων επιπτώσεων σύμφωνα με τον «Οδηγό για Υδατοκαλλιέργεια και Natura» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2012) όπου αναφέρονται τα μοντέλα DEPOMOD και MERAMOD. Το μοντέλο DEPOMOD εκτιμά την εναπόθεση και τις βιολογικές επιπτώσεις των στερεών αποβλήτων από τις εκμεταλλεύσεις των θαλάσσιων κλωβών λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς απώλειας της τροφής και τα περιττώματα των ιχθύων σε συνδυασμό με την υδροδυναμική της περιοχής (Cromeey *et al.* 2002). Το δε μοντέλο MERAMOD προβλέπει την ροή της εναπόθεσης των στερεών αποβλήτων και τις βενθικές επιπτώσεις των μονάδων εκτροφής για την τσιπούρα και το λαβράκι στην Ανατολική Μεσόγειο (Cromeey *et al.* 2012).

Συνεπώς, η χωροθέτηση των μονάδων εκτροφής ιχθύων σε περιοχές που οι υδροδυναμικές συνθήκες διευκολύνουν την διασπορά των αποβλήτων σε συνδυασμό με πρακτικές μείωσης των αποβλήτων όπως μείωση της ιχθυοπυκνότητας και χρήση - διαχείριση βελτιωμένου σιτηρεσίου, είναι σαφές ότι δύναται να μειώσουν στο ελάχιστο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καταγραφή των μονάδων εκτροφής η οποία πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για τα έτη 2001-2017 με την χρήση των δορυφορικών απεικονίσεων αποτυπώνει το σύνολο και το μέγεθος της υφιστάμενης παρουσίας των πλωτών εγκαταστάσεων στην χώρα μας.

Η δυναμικότητα της παραγωγής των μονάδων εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κλωβών αλλά και από τις προδιαγραφές λειτουργίας τις οποίες υποχρεούνται να τηρούν σύμφωνα με την κείμενη εθνική νομοθεσία η οποία δίνει την δυνατότητα αύξησης της παραγωγής όταν για παράδειγμα οι μονάδες απέχουν σε μεγάλη απόσταση από την ακτή και ανάλογα βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος ή όταν η περιοχή εγκατάστασης είναι εκτεθειμένη σε ρεύματα, ενώ παράλληλα προσδιορίζει το μέγεθος της ιχθυοφόρτισης των κλωβών. Ως εκ τούτου, διαπιστώθηκε ότι δυναμικότητα των μονάδων δεν αντιστοιχεί στο 100% της δυνατότητας των εγκαταστάσεων αλλά σε λιγότερο από το 50% καθώς αποτελεί και υποχρέωση των φορέων διαχείρισης των πάρκων η εφαρμογή της υδρανάπαυσης με σκοπό την ανάκαμψη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος.

Τα απόβλητα των μονάδων εκτροφής των ιχθύων των οποίων τον κύριο όγκο αποτελούν τα θρεπτικά στοιχεία τα οποία προέρχονται από τα περιττώματα και την μη καταναλωθείσα τροφή συγκρινόμενα με τα απόβλητα από τις αντίστοιχες παραγωγές των κτηνοτροφικών ζώων (π.χ. χοίρων) διαπιστώνουμε ότι ο όγκος των αποβλήτων που παράγουν είναι πολύ μικρότερος. Η διαφορά των δύο εκτροφών έγκειται στο γεγονός ότι τα απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας διατίθενται άμεσα στο θαλάσσιο περιβάλλον δίχως να υπόκεινται σε επεξεργασία.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα απόβλητα των μονάδων εκτροφής ιχθύων ρυθμίζονται από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Υδατοκαλλιέργειες όπου προβλέπονται οι παράμετροι εγκατάστασης των πάρκων εκτροφής σύμφωνα με τις οποίες αδειοδοτούνται και καθορίζουν τόσο την απόσταση μεταξύ τους όσο και την λήψη μέτρων όπως της υδρανάπαυσης σε περίπτωση που επικρατούν ειδικές ανασταλτικές συνθήκες ως προς τις διεργασίες ανάστροφης των επιπτώσεων.

Οι ζώνες δυνητικής επίδρασης (ΖΔΕ) των μονάδων εκτροφής των ιχθύων όπως αποτυπώθηκαν στην παρούσα εργασία αφενός παρουσιάζουν ότι όλες οι

μονάδες έχουν επιπτώσεις τοπικά στην περιοχή που λειτουργούν και αφετέρου ότι έχουν εγκατασταθεί στα πλαίσια του ανωτέρου σχεδιασμού καθώς οι συνενώσεις των ζωνών των 100 και 200 μέτρων ανέρχονται στις 227 και 192 αντίστοιχα, όταν το σύνολο των καταγεγραμμένων μονάδων είναι 260. Η δε ζώνη των 500 μέτρων παρουσιάζει 115 συνενώσεις γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη γειτονικών πάρκων εκτροφής της ίδιας μονάδας-επιχείρησης όπως προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία.

Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα απόβλητα των μονάδων έχουν παρατηρηθεί και σε απόσταση 1000 μέτρων όπου καταγράφεται η συνένωση 88 περιοχών. Παρατηρείται λοιπόν μία χωρική συνέχεια των επιδράσεων των πάρκων εκτροφής καθώς οι ΖΔΕ συνενώνονται σε μεγάλες επιφάνειες όπως η ΖΔΕ των 1000 μέτρων που καλύπτει 469,8 km², γεγονός που θα πρέπει να αξιολογείται για την χωροθέτηση των Περιοχών Υδατοκαλλιεργητικών μονάδων (Π.Α.Υ.). Είναι σαφές ότι η ανά διετία αξιολόγηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος δεν δύναται να ανταποκριθεί στις ανάγκες παρακολούθησης καθώς οι επιπτώσεις είναι ραγδαίες ενώ ο χρόνος για την ανάκαμψη του οικοσυστήματος αυξάνει σε βαθμό που μπορεί να ανέλθει ακόμα και στα 7 χρόνια μετά την παύση της λειτουργίας της μονάδας.

Ιδιαίτερα, οι επιπτώσεις των μονάδων εκτροφής στην άγρια ιχθυοπανίδα αποτυπώνονται από τις ΖΔΕ των 3000 μέτρων όπου διαπιστώνεται ότι δύναται να λειτουργήσουν ως διάδρομοι επικοινωνίας μεταξύ των πάρκων εκτροφής, γεγονός που δύναται να λειτουργήσει ως φορέας ασθeneιών και παρασίτων ή ακόμα και στην απομάκρυνση των άγριων ιχθύων από τις φυσικές τους θέσεις αναπαραγωγής όπως στην περιοχή του Αμβρακικού.

Από τα ανωτέρω γίνεται αντιληπτό ότι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις επιφάνειες των ζωνών δυνητικής επίδρασης στο οικοσύστημα για κάθε οργανωμένη ή άτυπη συγκέντρωση των πάρκων εκτροφής, ενώ η χωροθέτηση των μονάδων να πραγματοποιείται σε περιοχές που να ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και η λειτουργία τους να τίθενται σε συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2012). Οδηγός για Υδατοκαλλιέργεια και Natura 2000. Βιώσιμες δραστηριότητες Υδατοκαλλιέργειας στο Δίκτυο. European Commission. (2012). Guidance on Aquaculture and Natura 2000. Sustainable aquaculture activities in the context of the Natura 2000 network.doi:10.2779/744515
- Κλαουδάτος, Σ. (2005). Υδατοκαλλιέργειες Ι. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος.
- Κλαουδάτος, Σ. (2008). Υδατοκαλλιέργειες ΙΙ. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος.
- Μπάτζιος, Χρ. (1999). Η οικονομία των θαλάσσιων υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα - Χρηματοοικονομική προσέγγιση. Εισήγηση στο Τ.Ε.Ι. Καβάλας, Καβάλα.
- Μπελιάς, Χ., Λαδάκης, Μ., Δασενάκης, Μ., & Σκούλλος, Μ. (2016). Άζωτο, φώσφορος και βιογενές πυρίτιο στο ίζημα ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας.
- Παπουτσόγλου, Σ. (2008). Διατροφή ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε., Αθήνα, σελ. 482-490, 585-591.
- Πέτρου, Χ. (2013). Μελέτη της χωρικής κατανομής και τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων της Μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας μέσω διαθέσιμων δορυφορικών απεικονίσεων του λογισμικού GoogleTM earth, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καρδίτσα 2013.
- ΣΕΘ.(2017): Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. Ετήσια Έκθεση. Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών.
- https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM17_WEB_GR.pdf

ΣΕΘ.(2018): Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. Ετήσια Έκθεση. Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών.

[https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR\(2\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR(2).pdf)

Σίμος, Σ. Χ. (2013). Το Νομικό Πλαίσιο των Ιχθυοκαλλιεργειών στην Ελλάδα.

ΤΣΙΑΡΑ, Ε. (2018). Υποχρεώσεις κτηνοτρόφων για τη διαχείριση κτηνοτροφικών αποβλήτων στα πλαίσια της Πολλαπλής Συμμόρφωσης. Ολοκληρωμένη Διαχείριση ζωικών αποβλήτων και εφαρμογή συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων μεθόδων σε μονάδες αγελάδων γαλακτοπαραγωγής.

Τσολάκης, Ν. Σ. (2009). *Μελέτη χημικών παραμέτρων κατά την αναερόβια αποικοδόμηση λυμάτων χοίρων σε δυο εν σειρά συνεχούς ροής και πλήρους ανάμειξης αντιδραστήρες* (No. GRI-2010-5332). Aristotle University of Thessaloniki.

ΥΑΑΤ.(2014). «Πολυετές Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα, 2014-2020». Διεύθυνση υδατοκαλλιεργειών & εσωτερικών υδάτων. Γενική Διεύθυνση Αλιείας.
<http://www.alieia.minagric.gr/node/179>

6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ågren, J.J. & O. Hänninen (1993). Effects of cooking on the fatty acids of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, 46, 377-382

Alasalvar, C. & T. Taylor (2002). *Seafoods- Quality, Technology and Nutraceutical Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, p.10-15.

Apostolaki, E.T., Tsangaraki, T., Tsapakis, M., Karakassis, I., (2007). Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75, 408-416.

Arechavala-Lopez, P., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J. T., & Nilsen, R. (2010). Movements of grey mullet *Liza aurata* and Chelon labrosus associated with coastal fish farms in the western Mediterranean Sea. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(2), 127-136.

- Arechavala-Lopez, P., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J., Fernandez-Jover, D., Martinez-Rubio, L., Lopez-Jimenez, J. A., & Martinez-Lopez, F. J. (2011). Direct interaction between wild fish aggregations at fish farms and fisheries activity at fishing grounds: a case study with Boops boops. *Aquaculture Research*, 42(7), 996-1010.
- Arechavala-Lopez, P., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J. T., Uglem, I., & Mladineo, I. (2013). Reared fish, farmed escapees and wild fish stocks—a triangle of pathogen transmission of concern to Mediterranean aquaculture management. *Aquaculture Environment Interactions*, 3(2), 153-161.
- Arechavala-Lopez, P., Izquierdo-Gomez, D., Uglem, I., & Sanchez-Jerez, P. (2015). Aggregations of bluefish *Pomatomus saltatrix* (L.) at Mediterranean coastal fish farms: seasonal presence, daily patterns and influence of farming activity. *Environmental Biology of Fishes*, 98(2), 499-510.
- Argyrou, M., (2008). Programme for the assessment and control of pollution in the Mediterranean region: Report of the National Monitoring Programme of Cyprus - Years 2006 and 2007. Department of Fisheries and Marine Research, Nicosia, Cyprus.
- Bacher, K., Gordoá, A., & Sagué, O. (2012). Spatial and temporal extension of wild fish aggregations at *Sparus aurata* and *Thunnus thynnus* farms in the north-western Mediterranean. *Aquaculture Environment Interactions*, 2(3), 239-252.
- Ballarini, G. (1995). Sani con il pesce. *IL PESCE*, 1/95, 68-72.
- Bani, B., & Idaomar, M. (2010). Effect of fish meal replacement by protein sources on the extruded and pressed diet of European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*).
- Belias, C., Bikas, B., Dassenakis, M. & Scoullou, M. (2000). Environmental effects from intensive fish cage farming of sea bass and sea bream at Astakos Gulf, Part I: Nutrients. In *6th Hellenic symposium of Fisheries and aquaculture* (pp. 23-26).
- Bergheim, A., Sivertsen, A., & Selmer-Olsen, A. R. (1982). Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. I. Investigations 1978–1979. *Aquaculture*, 28(3-4), 347-361.

- Bergheim, A., Hustveit, H., Kittelsen, A., & Selmer-Olsen, A. R. (1984). Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigations 1980–1981. *Aquaculture*, 36(1-2), 157-168.
- Borja, Á., Rodríguez, J. G., Black, K., Bodoy, A., Emblow, C., Fernandes, T. F., ... & Papageorgiou, N. (2009). Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293(3-4), 231-240.
- Borja, Á., Dauer, D. M., Elliott, M., & Simenstad, C. A. (2010). Medium-and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness. *Estuaries and Coasts*, 33(6), 1249-1260.
- Bremner, H.A. (2002). Safety and quality issues in fish processing. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition No.71, p.97-108.
- Butler, D.(2006). How did H5N1 spread to Africa & the European Union, *Nature*, 439, 772.
- Cancemi, G., De Falco, G., & Pergent, G. (2003). Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(5-6), 961-968.
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., & Diana, J. (2007). Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research-International*, 14(7), 452-462.
- Carvalho, L.F., Ramos, C., de Melob, B., McManusc, C., Amaral Haddadd, J.P. (2012) Use of satellite images for geographical localization of livestock holdings in Brazil, *Preventive Veterinary Medicine*, 103, 74– 77.
- Chien, N.Q., Tan, K.S. (2011) Google Earth as a tool in 2-D hydrodynamic modeling, *Computers & Geosciences*, 37, 38–46.
- Christensen, P.B., Rysgaard, S., Sloth, N.P., Dalsgaard, T., Schwærter, S. (2000). Sediment mineralization, nutrient fluxes, denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium in an estuarine fjord with sea cage trout farms. *Aquatic Microbial Ecology* 21 (1), 73-84.

- Christofiliogiannis P. (2011) Greek Mariculture 2011:30 years of experience the cornerstone for building the vision for 2030, IN *Aquaculture Europe* • Vol. 36 (2) JUNE 2011.
- Chen, Y. S., Beveridge, M. C. M., & Telfer, T. C. (1999). Settling rate characteristics and nutrient content of the faeces of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and the implications for modelling of solid waste dispersion. *Aquaculture research*, 30(5), 395-398.
- Choi, Y., Nieto, A. (2011). Optimal haulage routing of off-road dump trucks in construction and mining sites using Google Earth and a modified least-cost path algorithm, *Automation in Construction*, 20, 982–997.
- Clarke, R., Bostock, J. (2017). Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in Europe - 2015. Food & Agricultural Organisation of the United Nations. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, 1135/1. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Code of Practice for Fish and Fishery Products (2003). CAC/RCP 52- 2003. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/a4026be7-9d25-49d5-ad1f-5291d64ca152/>
- Cromey, C. J., Nickell, T. D., & Black, K. D. (2002). DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture*, 214(1-4), 211-239.
- Cromey, C. J., Thetmeyer, H., Lampadariou, N., Black, K. D., Kögeler, J., & Karakassis, I. (2012). MERAMOD: predicting the deposition and benthic impact of aquaculture in the eastern Mediterranean Sea. *Aquaculture Environment Interactions*, 2(2), 157-176.
- Crowe, T. P., Fitch, J. E., Frid, C. L., & Somerfield, P. J. (2011). A framework for managing sea bed habitats in near shore Special Areas of Conservation. A report for the Department of the Environment, Heritage and Local Government, Ireland.
- Dalsgaard, T., & Krause-Jensen, D. (2006). Monitoring nutrient release from fish farms with macroalgal and phytoplankton bioassays. *Aquaculture*, 256(1-4), 302-310.

- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, C., Zabala, M., Ballesteros, E. (1997). Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta* 20(3), 557-563.
- Delgado, O., Ruiz, J., Pérez, M., Romero, J., & Ballesteros, E. (1999). Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta*, 22(1), 109-117.
- Diaz, R.J., Rosenberg, R., (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology* ,33, 245–303.
- Dimitriou, E., Katselis, G., Moutopoulos, D.K., Akovitiotis, C. & C. Koutsikopoulos (2007). Possible influence of reared gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) on wild stocks in the area of the Messolonghi lagoon (Ionian Sea, Greece). *Aquaculture Research*, Vol. 38, Issue 4, p.398-408.
- Edgar, G.J., Davey, A., Shepherd, C. (2010). Application of biotic and abiotic indicators for detecting benthic impacts of marine salmonid farming among coastal regions of Tasmania. *Aquaculture*, 307, 212–218.
- Everitt Brian S., Landau Sabine, Leese Morven, Stahl Daniel, Cluster Analysis, 5th Edition, 2011, JohnWiley and sons ed.
- FAO/WHO. (2003). Code of Practice for Fish and Fishery Products. Joint FAO/WHO Foods Standards Programme. Report CAC/RCP 52-2003. FAO, Rome. (Rev. 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011.) [file:///C:/Users/OPTIPLEX-1/Downloads/CXP_052e%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/OPTIPLEX-1/Downloads/CXP_052e%20(1).pdf)
- FAO.(2009). FAO GLOBEFISH, Seabass and Seabream, 2009.
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Framian, B. V. (2009). *Definition of data collection needs for aquaculture: Part 1. Review of the EU aquaculture sector and results of costs and earnings survey*. FISH/2006/15-Lot 6. https://ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/data_collection_en
- Fritz, S., McCallum, I., Schill, C., Perger, C., See, L., Schepaschenko, D., van der Velde, M., Kraxner, F., Obersteiner, M. (2012) Geo-Wiki: An online platform

- for improving global land cover, *Environmental Modelling & Software*, 31, 110-123.
- Giles, H. (2008). Using Bayesian networks to examine consistent trends in fish farm benthic impact studies H. *Aquaculture*, 274, 181–195. Giraud G., 1977. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université Aix-Marseille II, 1-150.
- Gray, J.S., Wu, R.S., Or, Y.Y. (2002). Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series*, 238, 249–279.
- GSI (2018). Sustainability Report. Global Salmon Initiative. https://globalsalmoninitiative.org/files/documents/GSI_2018_Factsheet_8.27x11.69_jul30_2019_ENG.pdf
- Halwart, M., Soto, D., & Arthur, J. R. (Eds.). (2007). *Cage aquaculture: regional reviews and global overview*. Food & Agriculture Org.
- Hanson, G. D., Rauniyar, G.P. & R.O. Hermann (1994). Using consumer profiles to increase the U.S. market for seafood: implications for aquaculture. *Aquaculture*, 127: 303-316.
- Hargrave, B. T., Holmer, M., & Newcombe, C. P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine pollution bulletin*, 56(5), 810-824.
- Harris, L., Nel, R., Schoeman, D. (2011). Mapping beach morphodynamics remotely: A novel application tested on South African sandy shores; *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92, 78-89.
- Holmer, M., Marbà, N., Diaz-Almela, E., Duarte, C.M., Tsapakis, M., Danovaro, R., (2007). Sedimentation of organic matter from fish farms in oligotrophic Mediterranean assessed through bulk and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) analyses. *Aquaculture*, 262, 268–280.
- Holmer, M., Argyrou, M., Dalsgaard, T., Danovaro, R., Diaz-Almela, E., Duarte, C. M., ... & Mirto, S. (2008). Effects of fish farm waste on *Posidonia oceanica*

- meadows: synthesis and provision of monitoring and management tools. *Marine Pollution Bulletin*, 56(9), 1618-1629.
- Holmer, M., Marba, N., Diaz-Almela, E., Duarte, C. M., Tsapakis, M., & Danovaro, R. (2007). Sedimentation of organic matter from fish farms in oligotrophic Mediterranean assessed through bulk and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) analyses. *Aquaculture*, 262(2-4), 268-280.
- Holmer, M., Argyrou, M., Dalsgaard, T., Danovaro, R., Diaz-Almela, E., Duarte, C. M., ... & Mirto, S. (2008a). Effects of fish farm waste on *Posidonia oceanica* meadows: synthesis and provision of monitoring and management tools. *Marine Pollution Bulletin*, 56(9), 1618-1629.
- Holmer, M., Hansen, P. K., Karakassis, I., Borg, J. A., & Schembri, P. J. (2008b). Monitoring of environmental impacts of marine aquaculture. In *Aquaculture in the Ecosystem* (pp. 47-85). Springer, Dordrecht.
- Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 57-70.
- Iwama, G. K. (1991). Interactions between aquaculture and the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 21(2), 177-216.
- James, D. (1992). Seafood technology in the '90s: the needs of developing countries. In G. Bligh (Ed.), *Seafood Science and Technology* (pp.12-23). Fishing News Books: a division of Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, London, Edinburgh, Cambridge (USA), Carlton-Victoria (Australia).
- Jensen, Ø., Dempster, T., Thorstad, E. B., Uglem, I., & Fredheim, A. (2010). Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 71-83.
- Lall, S. P. (1995). Macro and Trace Elements in Fish and Shellfish. In A. Ruiter (Ed.), *Fish and Fishery Products, Composition, Nutrive Properties and Stability* (pp.157-186). Cab International. Wallingford, UK.
- Karakassis, I., Hatziyanni, E., Tsapakis, M., & Plaiti, W. (1999). Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. *Marine Ecology Progress Series*, 184, 205-218.

- Karakassis I, Hatziyanni E (2000) Benthic disturbance due to fish farming analyzed under different levels of taxonomic resolution. *Marine Ecology Progress Series* 203:247-253.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N., Plaiti, W. (2000). Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1462-1471.
- Karakassis, I. (2007, February). Effects of Aquaculture on Mediterranean Marine Ecosystems: Findings of Recent EU-Funded Projects and Ongoing Research Activities. Impact of Mariculture on Coastal Ecosystems. In *CIESM Workshop Monographs* (pp. 21-24).
- Kennedy, D., Bishop, M.C. (2011) Google earth and the archaeology of Saudi Arabia. A case study from the Jeddah area, *Journal of Archaeological Science*, 38, 1284-1293.
- Lemarié, G., Martin, J. L. M., Dutto, G., & Garidou, C. (1998). Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*, 11(4), 247-254.
- Lupatsch, I., & Kissil, G. W. (1998). Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 265-268.
- Macleod, C. K., Crawford, C. M., & Moltschaniwskyj, N. A. (2004). Assessment of long term change in sediment condition after organic enrichment: defining recovery. *Marine Pollution Bulletin*, 49(1-2), 79-88.
- Macleod, C. K., Moltschaniwskyj, N. A., Crawford, C. M., & Forbes, S. E. (2007). Biological recovery from organic enrichment: some systems cope better than others. *Marine Ecology Progress Series*, 342, 41-53.
- Maitland, P. S. (1986). The potential impact of fish culture on wild stocks of Atlantic salmon in Scotland.
- McCartney, M. (2011). A Destination in Time, *Science*, 332, 6036, 1360.
- Magill, S. H., Thetmeyer, H., & Cromey, C. J. (2006). Settling velocity of faecal pellets of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus*

- labrax L.) and sensitivity analysis using measured data in a deposition model. *Aquaculture*, 251(2-4), 295-305.
- Mangion, M., Borg, J. A., & Sanchez-Jerez, P. (2018). Differences in magnitude and spatial extent of impact of tuna farming on benthic macroinvertebrate assemblages. *Regional Studies in Marine Science*, 18, 197-207.
- Mazzola, A., Mirto, S., & Danovaro, R. (1999). Initial fish-farm impact on meiofaunal assemblages in coastal sediments of the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 38(12), 1126-1133.
- Mazzola, A., Mirto, S., La Rosa, T., Fabiano, M., Danovaro, R. (2000). Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1454– 1461.
- Modica, A., Scilipoti, D., La Torre, R., Manganaro, A., & Sara, G. (2006). The effect of mariculture facilities on biochemical features of suspended organic matter (southern Tyrrhenian, Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1-2), 177-184.
- Neophytou, N., Klaoudatos, S. (2008). Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Research*, 39, 482-490.
- Neofitou, N., Vafidis D., Klaoudatos, S. (2010). Spatial and temporal effects of fish farming on benthic community structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquacult Environ Interact*, 1, 95–105.
- Nordvang, L. (2001). *Predictive models and eutrophication effects of fish farms* (Doctoral dissertation, Acta Universitatis Upsaliensis).
- Papageorgiou, N., Sigala, K., Karakassis I. (2009). Changes of macrofaunal functional composition at sedimentary habitats in the vicinity of fish farms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83, 561–568.
- Papageorgiou, N., Kalantzi, I., & Karakassis, I. (2010). Effects of fish farming on the biological and geochemical properties of muddy and sandy sediments in the Mediterranean Sea. *Marine environmental research*, 69(5), 326-336.
- Pavlidis, M. A., & Mylonas, C. C. (Eds.). (2011). *Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species*. John Wiley & Sons.

- Paraska, D., Bruce, L., Shiell, G., & Hipsey, M. (2015). Predicting critical thresholds of aquaculture waste loading to coastal sediment. In *Predicting critical thresholds of aquaculture waste loading to coastal sediment* (pp. 536-542). Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc.
- Pereira, P. M., Black, K. D., McLusky, D. S., & Nickell, T. D. (2004). Recovery of sediments after cessation of marine fish farm production. *Aquaculture*, 235(1-4), 315-330.
- Pérez, L., Gonzalez, H., Jover, M., & Fernández-Carmona, J. (1997). Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture*, 156(3-4), 183-193.
- Pérez, M., García, T., Invers, O., & Ruiz, J. M. (2008). Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* as indicators of fish farm impact. *Marine Pollution Bulletin*, 56(5), 869-879.
- Pérez, Ó., Almansa, E., Riera, R., Rodriguez, M., Ramos, E., Costa, J., & Monterroso, Ó. (2014). Food and faeces settling velocities of meagre (*Argyrosomus regius*) and its application for modelling waste dispersion from sea cage aquaculture. *Aquaculture*, 420, 171-179.
- Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., Pasqualini, V., & Pergent, G. (2006). Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology*, 27(4), 310-319.
- Piedrahita, R. H. (2003). Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226(1-4), 35-44.
- Pitta, P., Tsapakis, M., Apostolaki, E. T., Tsagaraki, T., Holmer, M., & Karakassis, I. (2009). 'Ghost nutrients' from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. *Marine ecology progress series*, 374, 1-6.
- Porter, C. B., Krom, M. D., Robbins, M. G., Brickell, L., & Davidson, A. (1987). Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*, 66(3-4), 287-297.

- Price, C., Black, K. D., Hargrave, B. T., & Morris Jr, J. A. (2015). Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(2), 151-174.
- Read, P., & Fernandes, T. (2003). Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture*, 226(1-4), 139-163.
- Romesburg H. Charles, (2004). Cluster Analysis for Researchers, Lulu press.
- Ruiz, J. M., Pérez, M., & Romero, J. (2001). Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 42(9), 749-760.
- Sarà, G., Scilipoti, D., Milazzo, M., & Modica, A. (2006). Use of stable isotopes to investigate dispersal of waste from fish farms as a function of hydrodynamics. *Marine Ecology Progress Series*, 313, 261-270.
- Sarà, G. (2006). Hydrodynamic effects on the origin and quality of organic matter for bivalves: an integrated isotopic, biochemical and transplant study. *Marine Ecology Progress Series*, 328, 65-73.
- Sara, G., Dean, J.M., D'amato, D., Buscaino, G., Oliveri, A., Genovese, S. Ferro, S., Buffa, G., Lo Martire, M., Mazzola, S., (2007). Effect of boat noise on the behaviour of bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 331, 243-253.
- Sarà, G. (2007). Aquaculture effects on some physical and chemical properties of the water column: a meta-analysis. *Chemistry and Ecology*, 23(3), 251-262.
- Service, F.R. (2012). Mountains of Data, *Science*, 337, 793-795.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1967) *Statistical methods*. 6th Edition, Ames, Iowa, the Iowa state University.
- Steiner-Asiedu, M., Julshamn, K. & L. Øyvind (1991). Effect of Local Processing Methods (cooking, drying and smoking) on Three Fish Species from Ghana: Part I. Proximate Composition, Fatty Acids, Minerals, Trace Elements and Vitamins. *Food Chemistry*, 40, 309-321.
- Sun, E.-J., Nieto, A. (2009). Zigbee/Google Earth based assisted driving system in mining, *Mining Science and Technology*, 19, 0626–0630.

- Thamdrup, B., Canfield, D.E. (2000). Benthic respiration in aquatic sediments. In: Sala, O.E., Jackson, R.B., Mooney, H.A., Howarth, R.W. (Eds.), *Methods in Ecosystem Science*. Springer-Verlag, New York, 86–103 pp.
- Tibaldi, E., Hakim, Y., Uni, Z., Tulli, F., de Francesco, M., Luzzana, U., & Harpaz, S. (2006). Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently processed soybean meals on growth performance, nutrient digestibility and activity of intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 261(1), 182-193.
- Tironi, A., Marin, V. H., & Campuzano, F. J. (2010). A management tool for assessing aquaculture environmental impacts in Chilean Patagonian fjords: integrating hydrodynamic and pellets dispersion models. *Environmental management*, 45(5), 953-962.
- Tomassetti, P., Persia, E., Mercatali, I., Vani, D., Marussso, V., Porrello, S. (2009). Effects of mariculture on macrobenthic assemblages in a western mediterranean site. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 533–541.
- Tomassetti, P., Gennaro, P., Lattanzi, L., Mercatali, I., Persia, E., Vani, D., & Porrello, S. (2016). Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. *Aquaculture*, 450, 262-272.
- Topouzelis, K., Makri, D., Stoupas, N., Papakonstantinou, A., & Katsanevakis, S. (2018). Seagrass mapping in Greek territorial waters using Landsat-8 satellite images. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 98-113.
- Trujillo, P., Piroddi, C., & Jacquet, J. (2012). Fish farms at sea: the ground truth from Google Earth. *PLoS One*, 7(2), e30546.
- Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P., & Sæther, B. S. (2014). Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(1), 91-103.
- Van Lammeren, R., Houtkamp, J., Colijn, S., Hilferink, M., Bouwman, A. (2010). Affective appraisal of 3D land use visualization, *Computers, Environment and Urban Systems*, 34, 465–475.

- Weir, L. K., & Grant, J. W. (2005). Effects of aquaculture on wild fish populations: a synthesis of data. *Environmental Reviews*, 13(4), 145-168.
- Wilding, T., & Hughes, D. (2010). A review and assessment of the effects of marine fish farm discharges on Biodiversity Action Plan habitats. In *Scottish Association for Marine Science, Scottish Aquaculture Research Forum (SARF)*.
- Windsor, M. L., & Hutchinson, P. (1990). The potential interactions between salmon aquaculture and the wild stocks—a review. *Fisheries Research*, 10(1-2), 163-176.
- Wu, R. S. S. (2001). Environmental impacts of marine fish farming and their mitigation. In *Responsible Aquaculture Development in Southeast Asia. Proceedings of the Seminar-Workshop on Aquaculture Development in Southeast Asia organized by the SEAFDEC Aquaculture Department, 12-14 October 1999, Iloilo City, Philippines* (pp. 157-172). Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Yang Xiao ying, Geng-Ming Jiang, Xing zhang Luo, Zheng Zheng. (2012) Preliminary mapping of high-resolution rural population distribution based on imagery from Google Earth: A case study in the Lake Tai basin, eastern China, *Applied Geography*, 32, 221-227.
- You, K., Ma, C., Gao, H., Li, F., Zhang, M., Qiu, Y., & Wang, B. (2008). Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26(3), 263-267.
- Youngson, A. F., Webb, J. H., Thompson, C. E., & Knox, D. (1993). Spawning of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*): hybridization of females with brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(9), 1986-1990.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*, 4th edn. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 663 pp.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Δορυφορικές απεικονίσεις των μονάδων εκτροφής ιχθύων οι οποίες καταγράφηκαν για το χρονικό διάστημα 2001 – 2017 ανά χωρική ομάδα συνάθροισης.

Μονάδα εκτροφής	Χωρική ομάδα συνάθροισης	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Γενικό άθροισμα
no231	CAEG		1											1			1		3
no232	CAEG						1					1		1	2	2	1		8
no233	CAEG						1					1		2	1	1	2		8
AA	ECH						1						1	1			1		4
KRH1	SAEG				1		1	1			1			2		1	1		8
KRH2	SAEG			1	1	2	1			1	1		3	2	4	1	2	2	21
KRH3	SAEG				1			1			1			3		1	2		9
New1?	SAG										2			2		1	2	2	9
New10?	ABR									1			1	2			3		7
New11?	ABR			1			1			1			1	2			3		9
New12?	NEV										1		1	1	2	1	2	1	9
New13?	SAG			1							1		1	2			2	1	8
New14?	SAG			1							1		1	2			1	1	7
New15?	SAG			1							1		1	2				1	6
New16?	SAG										1		1	2			1	1	6
New17?	SAG										1		1	2			1		5
New19?	SAEG									1				3			2	1	7
New20?	SAEG									1				3			2	2	8
New21?	SEAG		1					1						2			1	1	6
New22?	SEAG							1						1	1		1	1	5
New23?	SEAG				1		2	1				1		2			1	1	9
New24?	SEAG				1		2	1				1		2			2		9
New25?	SEV			1							1	1			1		2		6
New27?	ARG												1	4	2		4		11
New28?	ARG							1					1	4	2		3		11
New29?	ARG							1					1	3	2		2		9
New3?	ARG										1			2	2	1	4		10
New30?	ARG							1					1	3	2		3		10
New31?	ARG							1					1	4	1		3		10
New32?	ARG							1					1	3	3		2		10
New33?	ARG			1						1				2		1	3		8
New34?	ARG									1				2			3		6
New35?	SEAG											1		2			2	1	6

New4?	ARG									1			2	2	1	4		10
New5?	ARG									1			2	2	1	4		10
New6?	ARG			1						1			2	2	1	4		11
New7?	ARG									1			2	2	1	4		10
New8?	ARG			1						1			2	2	1	4		11
New9?	ABR			1					1			2	2			1	1	8
no 110	SEV			1	1								1	2		2		7
no 182	NEV						1							1			1	3
no1	KOR			1						1	1	1	1	4	6	5		19
no10	ECH			1	1		1			1	1					1		7
no100	SEV			2									1	3		2	1	9
no101	SEV			1									2	3		3	2	11
no102	SEV			2									1	3		3	2	11
no103	SEV			1						1			2	2		2		8
no104	SEV			2						1			1	2		2		8
no105	SEV			1	1									1		3		6
no106	SEV			1						1			1	1		3		7
no107	SEV			1	1								1	2		3		8
no108	SEV			1	1								1	2		3		8
no109	SEV			1	1								1	2		2		7
no11	ECH			1	1		1			1			1	1		1		7
no111	SEV			1	1								1	2		2		7
no112	SEV				1								3	2		2		8
no113	SEV				1								1	2		2		6
no114	SEV		1	2						1	1	1	1	1	1	1		9
no115	SEV									1	1			1		1		4
no116	SEV			1						2	1					1		5
no117	SEV									2	1					1		4
no118	SEV				2					1		4	6	3	4	1		21
no119	SAR									1	1	3	1	2	2	4		14
no12	ECH			1	1		1				1	1				1		6
no120	SAR									1	1	2	1	2	3	1		11
no121	SAR									2	2	3	2	1	2	5		17
no122	SAR									1	3	2	3	1	2	5		17
no123	SAR						1				1	2	2	1	1	1		9
no124	SAR						1				2	2	2	1	2			10
no125	SAR						1				2	2	2	1	2	1		11
no126	SAR						1				2	3	3	1	2			12
no127	SAR						1				2	1	1		3	1		9
no128	SAR						1				2	1	2		2	1		9
no129	SAR						1				2	3	2		2	1		11
no13	ECH			1			1				1	1				1		5
no130	SAR						1				1	4	2	1	4	1		14
no131	SAR						1				2	4	1		4	1		13

no132	SAR							1					2	4	1		4	1	13
no133	SAR							2						4	1		3	1	11
no134	SAR							2					1	2	2		3	1	11
no135	SAR							2					1	3	1		3	1	11
no136	SAR							2					1	3	1		4		11
no137	SAR							2					1	3	2		2	1	11
no138	SAR			1				1						3	1		2	1	9
no139	SAR			1				1						3	1		2	1	9
no14	ECH			1													1		2
no140	SAR							1						3	1		2	1	8
no141	SAR							1						3	1		2	1	8
no142	SAR							1						3	1		4	1	10
no143	SAR							1						3	1		4	1	10
no144	SAR							1						4	1		4	1	11
no145	SAR							1						4	1		4	1	11
no146	SAR							1						3	1		4		9
no147	SAR							1					1	2	2		3	2	11
no148	SAR								1				1	1	3		2	2	10
no149	SAR								1				1	1	3		2	2	10
no15	ECH			1					1				1	1			1		5
no150	SAR								1				1	1	3		2	2	10
no151	ARG			1				1	1					2	2		4		11
no152	ARG							1	1				1	2	2		3	1	11
no153	ARG							1	2					2	2		3		10
no154	ARG							1	1				1	4	1		3	1	12
no155	ARG							1	1				1	3	2		3		11
no156	ARG								1				1	3	2		3		10
no157	ARG								1				1	4	2		4		12
no158	ARG			1										5			4		11
no159	ARG			1										2	1	1	4	1	10
no16	ECH			2					1				1	1			1		6
no160	ARG			1										2	1	1	5	1	11
no161	ARG			1										3		1	5	1	11
no162	ABR												1	2			1	1	6
no163	ABR												1	2			1	1	6
no164	ABR												1	2			1	1	6
no165	ABR												1	2			1	1	6
no166	ABR												1	2			1	1	6
no167	ABR												1	2			1	1	6
no168	ABR												2	2			1	1	7
no169	ABR								1				1	2			3	1	9
no17	ECH			1					1				1	1			1		5
no170	NEV			1										1		4	1		7
no171	NEV								1						2			2	5

no172	NEV					1								2			2	5
no173	ECH		1	1		1						1	1			1		6
no174	NEV					1								1			3	5
no175	NEV					1								2			3	6
no177	SEV		1	1								1	2			3		8
no178	SEV			1								3	2			2		8
no179	SEV			1								1	2			2		6
no18	ECH		2									1	1			2	1	7
no180	SEV								1	1	1					1		4
no181	NEV		1									1	1	3			1	7
no19	ECH		1	1		1						1	1			1		6
no2	ECH			1				1				1	2			2		7
no20	ECH		1	1		1						1	1			1		6
no200	SEAG					1		1					2			1	1	6
no201	SEAG					1		1	1				1			2	1	7
no202	SEAG					2		1		1			2			3		9
no204	SEAG					2		1		1			2			2		8
no205	SEAG					2		1		1			2		1	1		8
no206	SEAG					2		1		1			2		1	2	2	11
no207	SEAG					1		1					1			1	1	5
no208	SEAG					1		1					1			1	1	5
no209	SEAG					2		1					1			1	2	7
no21	ECH		1	1		1						1	1			1		6
no210	CAEG					1				1			1		1	3		7
no211	CAEG					1							1		1	2		5
no212	CAEG					1							1		1	2		5
no213	CAEG					1							1		1	2		5
no214	CAEG					1				1			1		1	2		6
no215	CAEG					1				1			1	1	1	2		7
no216	CAEG					1				1			1	1	1	2		7
no217	NEV								2			1	1	2	1	2	1	10
no218	NEV								2				1	2	1	2	1	9
no219	NEV								2				1	2	1	2	1	9
no22	ECH		1	1		1						1	1			1		6
no220	NEV								2				1	2	1	2	1	9
no222	NEV								2					2	1	1	1	7
no223	NEV								2					2	1	1	2	8
no224	NEV								2					2	1	1	1	7
no225	NEV								2					2	1	1	1	7
no226	NEV								2				1	2	1	1	1	8
no227	NEV								2				1	2	1	1	1	8
no228	NEV								2				1	2	1	2	2	10
no229	NEV								2				1	2	1	2	1	9
no23	ECH		1	1								1	1			2		6

no230	SAR							1		1			2	3	3	1	3	1	15
no234	ECH		1							1			1	2			1		6
no235	NAEG												1		1			3	5
no236	SAEG													1			1		2
no237	SAR									1			2	4	5	1	4	3	20
no238	SAR													3	3	1	4	3	14
no24	ECH		3			1							1	2			1	1	9
no25	ECH		3										1	2			1	1	8
no26	ECH		2										1	2			1	1	7
no27	ECH		2										1	2			1	1	7
no28	ECH		1										1	1			1	1	5
no29	KEF		1							1			1					1	4
no3	ECH			1						1			1	1			1		5
no30	KEF		1							1			2						4
no300	ABR																1	1	2
no301	ABR		1										1	1			1	1	5
no302	ABR									1							1	1	3
no303	SEAG									1			1		1		1	1	5
no304	SAR									1		1		1	1	1	1	1	7
no305	SAR												1	1	2		3	3	10
no306	SAR												1	1	2		2	3	9
no307	SAR												1	1	2		3	3	10
no31	KEF		1							1			1					1	4
no32	KEF		1							2			1				1	1	6
no33	KEF		1		1					1			1	2			1	1	8
no34	KEF		1							1				2		1	1	1	7
no35	KEF		1							1				2		1	1	1	7
no36	KEF									1				2		1	1	1	6
no37	ECH		1										1	2			1	1	6
no38	ECH		2										2	1			1	1	7
no39	ECH		2										2	1			1	1	7
no4	ECH			1						1			1	1			1		5
no40	ECH		1										2	1			1	1	6
no41	ABR		1							1				1			1	1	5
no42	ABR		1										1	1			1	1	5
no43	ABR		1										1	1			1	1	5
no44	ABR		1										1	1			1	1	5
no45	ABR		1										1	1			1	1	5
no46	ABR		1										1	1			1	1	5
no47	ABR		2								1		1	2			1	1	8
no48	ABR		2								1		1	1			1		6
no49	ABR		2											1			1	1	5
no5	ECH			1						1			1	1			1		5
no50	ABR		2									1		1			1	1	6

no51	ABR			1							1		1			1	1	5
no52	SAG					1	1			2		1	3	1			2	11
no53	SAG					1	1			2		1	2	1			2	10
no54	SAG					1	1	1		2			2	1			2	10
no55	SAG					1	1			2			2	1			2	9
no56	SAG					1				1		1	3			1	1	8
no57	SAG					1	1			1		1	3			1	1	9
no58	SAG			1						1		1	2			1		6
no59	SAG			1						1		1	1			1		5
no6	ECH				1					1		1	1			1		5
no60	SAG			1						1		1	1			1		5
no61	SAG			1		1				1		1	2			1	1	8
no62	SAG			1						1		1	3			1	1	8
no63	SAG			1						1		1	2			1	1	7
no64	SAG			1						1		1	2			1	1	7
no65	SAG			1						1		1	2			1	1	7
no66	SAG			1						1		1	2			1	1	7
no67	SAG			1						1		1	2			1	1	7
no68	SAG			1	1					1		1	2			2	2	10
no69	SAG			1	1					2		1	2		1	2	2	12
no7	ECH			1								2	2			2		7
no70	SAG			1						1		1	2		1	2	2	10
no71	SAG			1						1			1		1	1	2	7
no72	SAG			1						1			1		1	1	2	7
no73	SAG			1						2			1		1	1	2	8
no77	SAG			1	1					1			1		1	1	1	7
no78	KOR			1								1	2			1		5
no79	KOR			1								1	2			1		5
no8	ECH	1		1			1			1		1	1			1		7
no80	KOR				1							1	2			1	1	6
no81	KOR				1								2		1	1		5
no82	KOR						1						2		1	2		6
no83	KOR						1						2		1	1		5
no84	KOR						1						2		1	2		6
no85	KOR						1	1					2		1	1		6
no86	KOR			1			1					1	3	1		5	1	13
no87	KOR			1			1					1	2	2		4	1	12
no88	KOR			1			1					1	2	2		5	1	13
no89	KOR				1							1	1	3	1	2	1	10
no9	KOR			1	1		1			1		1	1			1		7
no90	KOR				1							1	1	4	1	2	1	11
no91	KOR			1						1		2	1	5	1	1	2	14
no92	NEV									1		1		2		2	1	7
no93	NEV									1		1		2		4		8

no94	NEV			1										1	1		1	4	
no95	NEV			1								1	1				2	5	
no96	NEV			1								1	1	1			3	7	
no97	NEV						1							1			2	4	
no98	NEV						1							2			3	6	
no99	NEV						1							1			3	5	
Γενικό άθροισμα		1	5	124	40	10	65	58	8	57	69	33	164	423	235	89	462	217	2060