



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Αξιολόγηση του Δυναμικού Ανάπτυξης Πλωτών  
Φωτοβολταϊκών Εγκαταστάσεων σε Φυσικές και  
Τεχνητές Λίμνες της Ηπειρωτικής Ελλάδας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**Αθανασίου Δέσποινας**

**Επιβλέπων:**

Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης  
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Αξιολόγηση του Δυναμικού Ανάπτυξης Πλωτών  
Φωτοβολταϊκών Εγκαταστάσεων σε Φυσικές και  
Τεχνητές Λίμνες της Ηπειρωτικής Ελλάδας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**Αθανασίου Δέσποινας**

**Επιβλέπων:** Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης  
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 6<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2023

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....  
Δρ Κοσμάς Καββαδίας  
Αναπλ. Καθηγητής Πα.Δ.Α.

.....  
Δρ Χριστιάνα Παπαποστόλου  
Επικ. Καθηγήτρια Πα.Δ.Α.

.....  
Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης  
Επικ. Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Copyright © - Αθανασίου Δέσποινα, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αθανασίου Δέσποινα του Χαράλαμπου, με αριθμό μητρώου 51204370 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Μηχανικών, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα  
(Υπογραφή)



.....  
**Αθανασίου Δέσποινα**

## Περίληψη

Η αυξημένη ανάγκη για την εφαρμογή προσεγγίσεων στραμμένων στην προστασία του περιβάλλοντος και στην πράσινη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πλέον γεγονός. Ολοένα και ταχύτερη ανάπτυξη παρόμοιων τεχνολογιών λαμβάνει χώρα, καθώς και το ερευνητικό ενδιαφέρον είναι μεγάλο. Ακόμη, θεσπίζονται πλαίσια και νόμοι για την προώθηση των ΑΠΕ, τόσο σε εθνικό όσο και διεθνές επίπεδο, διαμορφώνοντας τις συνθήκες για σταδιακή μετάβαση σε ένα νέο μοντέλο παραγωγής ενέργειας, που αφενός προάγει το περιβαλλοντικό ζήτημα, αφετέρου προτάσσει την έννοια της ενεργειακής ασφάλειας.

Ταυτόχρονα, αναδεικνύονται τα ικανά περιθώρια για την ανάπτυξη νέων λύσεων στη βάση ώριμων πλέον τεχνολογιών, καθώς η χρήση των ΑΠΕ καλύπτει ένα ευρύ φάσμα, το οποίο δεν έχει διερευνηθεί πλήρως. Πληθώρα δυνατοτήτων και εφαρμογών συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο από ερευνητές, όσο και από την κοινωνία ευρύτερα, με την εδραίωση των τελευταίων να εμπλέκει πλέον ολοένα και περισσότερους δρώντες καθώς και ενδιαφερόμενες κοινωνικές ομάδες.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει μία νέα λύση στον τομέα των φωτοβολταϊκών εφαρμογών, αυτή των πλωτών φωτοβολταϊκών σταθμών, εστιάζοντας στον καθορισμό και την αξιολόγηση του θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης παρόμοιων συστημάτων σε εθνικό επίπεδο, μέσω της αξιοποίησης υδάτινων όγκων της ηπειρωτικής Ελλάδας, και υπό την προϋπόθεση πρόκλησης της ελάχιστης δυνατής όχλησης για τα τοπικά οικοσυστήματα.

Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιείται καταρχάς εκτενής καταγραφή των υφιστάμενων υδάτινων όγκων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, η οποία στη συνέχεια τροφοδοτεί τη διενέργεια λεπτομερούς ενεργειακής ανάλυσης από τοπικό, σε περιφερειακό και εν συνεχεία σε εθνικό επίπεδο, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό την ολοκληρωμένη εκτίμηση του θεωρητικού δυναμικού παραγωγής από πλωτά φωτοβολταϊκά συστήματα στην ηπειρωτική Ελλάδα. Παράλληλα, και για λόγους σύγκρισης, αναδεικνύονται τα ενεργειακά οφέλη των πλωτών φωτοβολταϊκών σταθμών έναντι αντίστοιχων, χερσαίων συστημάτων, καθώς και διαμορφώνονται διαφορετικές προτάσεις ανάπτυξης της προτεινόμενης λύσης στη βάση λιγότερο ή περισσότερο εστιασμένων παρεμβάσεων, ως προς τον αριθμό, την κλίμακα αλλά και τη γεωγραφική διασπορά των υφιστάμενων υδάτινων όγκων.

## **Λέξεις Κλειδιά**

Πλωτά Φ/Β, Χερσαία Φ/Β, Ηπειρωτική Ελλάδα, Θεωρητικό Δυναμικό Ενεργειακής Παραγωγής, Υδάτινοι Όγκοι

# Abstract

Urgency to meet the need of applying views that look into the protection of the environment and the promotion of green electricity generation is already seen as given. In the meantime, development pace for similar technologies is galloping, while increased research interest is also demonstrated over the recent period. Beyond that, relevant frameworks and legislation on the promotion of RES, both nationally and internationally, set the tone for the gradual transition to a new energy model that reflects on environmental issues on the one hand, and puts forward the notion of energy security on the other.

At the same time, there is significant room for the development of new solutions that employ already mature technologies, with the use of RES capturing a broad span that is not yet fully explored. Enormous potential alongside a bundle of applications has attracted the interest of the research community and the society as a whole, with the former establishment involving numerous actors as well as different social groups and stakeholders.

In this context, the current thesis investigates a new solution in the field of PV applications, i.e. floating PV power stations. In doing so, it focuses on the assessment and the evaluation of the theoretical potential for the development of similar systems at the national level, through the exploitation of existing water bodies across the Greek mainland, and under the assumption of causing minimal impacts on the local ecosystems.

Towards this direction, an extensive collection of data and information is first realized concerning the existing water bodies and their special characteristics, that next informs the conduction of a detailed energy analysis at the local, regional and eventually national level, allowing in this way for a thorough assessment of the theoretical energy generation potential regarding floating PV installations in the Greek mainland.

In parallel, and for the sake of comparison, the energy benefits accruing from the operation of floating PVs, when compared to similar land-based installations, are also designated, with different proposals for the development of the proposed solution next taking shape through assumed interventions of either lower or greater focus considering the number, the scale and the geographical distribution of existing water bodies.

## **Keywords**

Floating PVs, Land-based PVs, Mainland Greece, Theoretical Potential of Energy Generation, Water Bodies



# Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία σηματοδοτεί το τέλος ενός πολύ όμορφου κύκλου της ζωής μου. Ένα ταξίδι, που έφτασε στο τέλος του. Μια διαδικασία, που με δίδαξε πολλά! Αναθεώρησα και άλλαξα πολύ! Γνώρισα πολύ σπουδαίους ανθρώπους, βίωσα ωραίες καταστάσεις, αλλά πάνω από όλα συνάντησα εμένα. Όλα αυτά θα με συντροφεύουν από εδώ και πέρα στον επόμενο προορισμό, όποιος κι αν είναι αυτός.

Δεν θα μπορούσα όμως να μην σταθώ και σε ανθρώπους σταθμούς, γιατί πάντα χρειάζεται κάποιος/κάτι, για να μας ταρακουνήσει/παρακινήσει. Πάνω από όλα θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, οι οποίοι με στήριζαν σε κάθε βήμα και με ενθάρρυναν σε οποιαδήποτε δυσκολία! Ήταν εκεί πάντα κι ας μην με κατανοούσαν σε όλα. Ακόμη, η αδερφή μου, η Υρώ, ήταν εκεί με τον δικό της τρόπο να με ενθαρρύνει διαρκώς και να με κάνει να μην τα παρατάω.

Επίσης, σημαντικός παράγοντας για την διεκπεραίωση του στόχου αυτού, υπήρξαν οι φίλοι μου, οι οποίοι με τη σειρά τους, μου στάθηκαν σε όλη την διαδικασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον επίκουρο καθηγητή του τμήματος και επιβλέποντα μου, κο Δ. Ζαφειράκη, για την εμπύχωση και στήριξή του σε όλη την διαδικασία της παρούσας έρευνας, παρέχοντας απλόχερα τις γνώσεις και τον χρόνο του, για ένα όμορφο αποτέλεσμα.

«Οι λίμνες... Πρόσεξες ποτέ τις λίμνες; Δεν είναι σαν τις θάλασσες.

Οι θάλασσες μιλούν... Τραγουδούν.

Οι λίμνες **ονειρεύονται!!!**»

(Αλκυόνη Παπαδάκη)



*στον μικρό εαυτό..*

# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή</b>	17
<b>Κεφάλαιο 2. Χαρτογράφηση Λιμνών</b>	22
2.1 Διαχωρισμός φυσικής και τεχνητής λίμνης	23
2.2 Παρουσίαση λιμνών/φραγμάτων ανά την Ελλάδα	25
2.3 Συγκεντρωτικά δεδομένα χαρτογράφησης λιμνών	51
<b>Κεφάλαιο 3. Προτεινόμενη λύση</b>	55
3.1 Τεχνική περιγραφή λύσης	56
3.2 Ερευνητικές τάσεις & υφιστάμενες εγκαταστάσεις	58
3.3 Θεωρητικό δυναμικό σε παγκόσμια κλίμακα	62
3.4 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα	63
3.5 Οικονομικά μεγέθη	65
<b>Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία</b>	67
4.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο	68
4.2 Συλλογή και οργάνωση των δεδομένων	70
4.3 Επεξεργασία των δεδομένων και παραγωγή αποτελεσμάτων	73
4.4 Βασικές παραδοχές	76
4.5 Επεξηγηματικό παράδειγμα- λίμνη Κάρλα	77
<b>Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα Εφαρμογής</b>	82
5.1 Ανάλυση πρωτογενών δεδομένων	83
5.1.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης	84
5.1.1.1 Επιφάνεια λιμνών	84
5.1.1.2 Μέση ετήσια ταχύτητα λιμνών	86
5.1.1.3 Ολική ακτινοβολία λιμνών στο οριζόντιο επίπεδο	89
5.1.1.4 Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος λιμνών	91
5.1.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος	94
5.1.2.1 Σταθμισμένη μέση ετήσια ταχύτητα λιμνών	95
5.1.2.2 Σταθμισμένη ολική ακτινοβολία λιμνών στο οριζόντιο επίπεδο	96
5.1.2.3 Σταθμισμένη μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος λιμνών	98
5.2 Θεωρητικό δυναμικό Φ/Β παραγωγής	100
5.2.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης	100
5.2.1.1 Μέση ετήσια θερμοκρασία Φ/Β πλαισίων	100

5.2.1.2 Μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων .....	102
5.2.1.3 Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β εγκαταστάσεων .....	103
5.2.1.4 Ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων .....	105
5.2.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος .....	107
5.2.2.1 Σταθμισμένη μέση ετήσια θερμοκρασία Φ/Β πλαισίων .....	107
5.2.2.2 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων .....	108
5.2.2.3 Αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β εγκαταστάσεων .....	109
5.2.2.4 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων .....	110
5.3 Σύγκριση πλωτών και χερσαίων Φ/Β πάρκων .....	113
5.3.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης .....	113
5.3.1.1 Μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων .....	113
5.3.1.2 Ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων .....	114
5.3.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος .....	116
5.3.2.1 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων .....	116
5.3.2.2 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων .....	117
<b>Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα .....</b>	<b>119</b>
6.1 Σύντομη ανακεφαλαίωση και προοίμιο .....	120
6.2 Πρωτογενή μεγέθη (μετεωρολογικά δεδομένα).....	122
6.3 Δευτερογενή μεγέθη (ενεργειακά αποτελέσματα) .....	123
6.4 Συμπεράσματα σε επίπεδο διαμερίσματος .....	124
6.5 Σύγκριση πλωτών και χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων .....	124
6.6 Προτάσεις ανάπτυξης πλωτών Φ/Β σε εθνικό επίπεδο .....	125
6.7 Αντί επιλόγου .....	127
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>128</b>
<b>Παράρτημα: Αναλυτικοί Πίνακες Μεγεθών .....</b>	<b>131</b>

# Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Δημοσίευση άρθρων/Ερευνητικό ενδιαφέρον .....	58
Σχήμα 3.2: Κατανομή θεωρητικού δυναμικού παραγωγής πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων μέσω της αξιοποίησης υφιστάμενων ταμιευτήρων νερού σε παγκόσμια κλίμακα .....	62
Σχήμα 4.1: Σχηματική περιγραφή του μεθοδολογικού πλαισίου της εργασίας .....	69
Σχήμα 4.2: Ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο – Λίμνη Κάρλα (2022) .....	77
Σχήμα 4.3: Ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος – Λίμνη Κάρλα (2022) .....	78
Σχήμα 4.4: Ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου – Λίμνη Κάρλα (2022) .....	78
Σχήμα 4.5: Προφίλ θερμοκρασιακής διαφοράς χερσαίας και πλωτής Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022) .....	79
Σχήμα 4.6: Προφίλ σχετικής διαφοράς απόδοσης πλωτής και χερσαίας Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022) ...	79
Σχήμα 4.7: Προφίλ σχετικής διαφοράς ισχύος πλωτής και χερσαίας Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022).....	80

# Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Τεχνητή λίμνη Πλαστήρα.....	27
Εικόνα 2.2: Λίμνη Κρεμαστών.....	31
Εικόνα 2.3: Λίμνη Παμβώτιδα (Ιωαννίνων).....	38
Εικόνα 2.4: Τεχνητή λίμνη Μαραθώνα.....	44
Εικόνα 2.5: Λίμνη Ορεστιάδα (Καστοριάς).....	47
Εικόνα 2.6: Λίμνη Υλίκη.....	48
Εικόνα 2.7: Κατανομή υδάτινου δυναμικού ανά την Ελλάδα.....	54
Εικόνα 3.1: Τυπική διάταξη πλωτού Φ/Β σταθμού.....	56
Εικόνα 3.2: Πρώιμες πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις (2007-2014).....	60
Εικόνα 3.3: Εγκατάσταση πλωτών Φ/Β σε σχήμα λουλουδιών στη Ν. Κορέα.....	61
Εικόνα 5.1: Χάρτης επιφανείας λιμνών (km <sup>2</sup> ) - Επίπεδο λίμνης.....	85
Εικόνα 5.2: Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου (m/s) - Επίπεδο λίμνης.....	87
Εικόνα 5.3: Χάρτης ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/m <sup>2</sup> .a) - Επίπεδο λίμνης.....	89
Εικόνα 5.4: Χάρτης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C) - Επίπεδο λίμνης.....	92
Εικόνα 5.5: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου (m/s) – Επίπεδο διαμερίσματος.....	95
Εικόνα 5.6: Χάρτης σταθμισμένης ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/m <sup>2</sup> .a) - Επίπεδο διαμερίσματος.....	97
Εικόνα 5.7: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C) - Επίπεδο διαμερίσματος.....	98
Εικόνα 5.8: Χάρτης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας Φ/Β πλαισίου (°C) - Επίπεδο λίμνης.....	101
Εικόνα 5.9: Χάρτης μέσου ετήσιου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο λίμνης.....	102
Εικόνα 5.10: Χάρτης εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος (MW) - Επίπεδο λίμνης.....	104
Εικόνα 5.11: Χάρτης ετήσιου συντελεστή φορτίου Φ/Β εγκατάστασης - Επίπεδο λίμνης.....	106
Εικόνα 5.12: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας Φ/Β πλαισίου (°C) - Επίπεδο διαμερίσματος.....	108
Εικόνα 5.13: Χάρτης σταθμισμένου μέσου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο διαμερίσματος.....	109
Εικόνα 5.14: Χάρτης αθροιστικής εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος (MW) - Επίπεδο διαμερίσματος.....	110
Εικόνα 5.15: Χάρτης σταθμισμένου μέσου συντελεστή φορτίου - Επίπεδο διαμερίσματος.....	111
Εικόνα 5.16: Χάρτης μέσου ετήσιου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο λίμνης (χερσαία).....	114
Εικόνα 5.17: Χάρτης ετήσιου συντελεστή φορτίου Φ/Β εγκατάστασης - Επίπεδο λίμνης (χερσαία).....	115
Εικόνα 5.18: Χάρτης σταθμισμένου μέσου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο διαμερίσματος (χερσαία).....	117
Εικόνα 5.19: Χάρτης σταθμισμένου μέσου συντελεστή φορτίου - Επίπεδο διαμερίσματος (χερσαία).....	118

# Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Συντεταγμένες των 53 σημείων αναφοράς.....	51
Πίνακας 2.2: Συγκεντρωτικά δεδομένα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.....	52
Πίνακας 2.3: Ποσοστό κάλυψης ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.....	53
Πίνακας 4.1: Ενδεικτικό απόσπασμα οργάνωσης των δεδομένων για περιορισμένο δείγμα 20 λιμνών και διάστημα 24ώρης διάρκειας– χρονοσειρές θερμοκρασίας περιβάλλοντος.....	71
Πίνακας 4.2: Μακροεντολή VBA για συγχώνευση διακριτών αρχείων csv.....	71
Πίνακας 4.3: Μακροεντολή VBA για συγχώνευση διακριτών φύλλων εργασίας εντός κοινού αρχείου csv.....	72
Πίνακας 4.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά τυπικού Φ/Β πλαισίου υπό εξέταση.....	74
Πίνακας 4.5: Χαρακτηριστικά πλωτής / χερσαίας εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα.....	80
Πίνακας Π.1: Τιμές πρωτογενών μεγεθών ανά λίμνη του υπό εξέταση δείγματος.....	132
Πίνακας Π.2: Τιμές δευτερογενών μεγεθών ανά λίμνη του υπό εξέταση δείγματος.....	133



# Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Παρά τις αυξανόμενες ανάγκες και τις απαιτήσεις του σύγχρονου τρόπου ζωής, δεν πρέπει να παραβλέπουμε το γεγονός ότι το περιβάλλον αποτελεί το πραγματικό σπίτι όλων των ειδών σε αυτόν τον πλανήτη. Έτσι, και έχοντας ως γνώμονα τη διασφάλιση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος για όλους, οφείλουμε να επιτύχουμε μια ισορροπία μεταξύ των δικών μας, υπέρογκων αναγκών, και της αναντίρρητης ανάγκης για την προστασία του περιβάλλοντος. Εντός αυτού του πλαισίου, γίνονται ολοένα και περισσότερες προσπάθειες για την ανάπτυξη και προώθηση καθαρότερων μορφών παραγωγής ενέργειας, ως εναλλακτική στη χρήση συμβατικών μεθόδων οι οποίες επιβαρύνουν το περιβάλλον με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Μάλιστα, όπως θα διαπιστώσουμε και σε επόμενο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, σε ευρωπαϊκό επίπεδο καταγράφεται ήδη σημαντική στροφή στις ΑΠΕ, με ιδιαίτερη έμφαση στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, και με την τεχνολογία των Φ/Β να διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο [1]. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως την τρέχουσα δεκαετία τα ευρωπαϊκά κράτη μέλη στοχεύουν να εγκαταστήσουν 140-222GW νέας Φ/Β ισχύος [2], αυξάνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την Φ/Β ισχύ της ΕΕ κατά 100%-160% συγκριτικά με το τέλος του 2019 [1].

Η μετάβαση προς ένα πιο καθαρό ενεργειακό μίγμα απασχολεί πλέον έντονα και σε εθνικό επίπεδο. Σύμφωνα, λοιπόν με το επικαιροποιημένο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) έχει τεθεί στόχος μέχρι το έτος 2030 η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας να ανέλθει στο 44%, ενώ στην ηλεκτροπαραγωγή ο στόχος αυτός απαντά στο 78% [3], με τις τεχνολογίες των Φ/Β και αιολικών να πρωταγωνιστούν [3]. Φαίνεται όμως ότι παρά την ουσιαστική συμβολή τους στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη συνεισφορά τους εν γένει στην άμβλυνση περιβαλλοντικών προβλημάτων, η μαζική ανάπτυξη Φ/Β και γενικότερα ΑΠΕ αναπτύσσει και κάποιες ανησυχίες. Καθώς οι ΑΠΕ έχουν χαμηλότερη πυκνότητα ισχύος έναντι των συμβατικών πηγών, η δέσμευση σημαντικών εκτάσεων γης για την ανάπτυξη π.χ. Φ/Β πάρκων, μπορεί να αποτελέσει απειλή για τη βιοποικιλότητα των εν λόγω περιοχών, καθώς και να προκαλέσει προβλήματα συγκρουσιακού χαρακτήρα σε σχέση με λοιπές χρήσεις γης όπως η γεωργία [1]. Για αυτούς, αλλά και για επιπρόσθετους λόγους, διερευνώνται εναλλακτικές λύσεις προκειμένου να μετριαστεί ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφορετικών χρήσεων γης, οδηγώντας στη δημιουργία νέων τεχνολογιών, όπως αυτή των πλωτών Φ/Β.

Στο πλαίσιο αυτό, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως στη χώρα μας έχει ήδη θεσπιστεί πλαίσιο ανάπτυξης θαλάσσιων πλωτών Φ/Β πάρκων [4], ενώ την ίδια στιγμή σημειώνεται έντονο ενδιαφέρον, τόσο ερευνητικά, όσο και από ιδιωτικούς φορείς, για τη διερεύνηση και

ανάπτυξη πλωτών Φ/Β όχι μόνο στο θαλάσσιο περιβάλλον, αλλά και σε υδάτινους όγκους της ενδοχώρας, όπως σε λίμνες και ταμιευτήρες. Μάλιστα, το τελευταίο διάστημα είναι σε εξέλιξη διαβουλεύσεις αναφορικά με προτάσεις για τη δημιουργία πλωτών Φ/Β σταθμών τόσο σε τεχνητές όσο και σε φυσικές λίμνες της χώρας, με ενσωματωμένη επίσης τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, όπως για παράδειγμα από την διοίκηση του Εμποροβιομηχανικού Επιμελητηρίου Θεσσαλονίκης (ΕΒΕΘ) [5].

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον όμως φαίνεται να συγκεντρώνεται γύρω από τις τεχνητές λίμνες, με πρόσφατο παράδειγμα επενδυτικές προτάσεις για την ανάπτυξη παρόμοιων λύσεων στην περιοχή της Θεσσαλίας [6] καθώς και έργα μεγάλης κλίμακας τα οποία έρχονται στο προσκήνιο, όπως για παράδειγμα έργο ισχύος 300MW στην λίμνη Κρεμαστών [7]. Επίσης, η ΔΕΗ βρίσκεται σε διαβουλεύσεις σχετικά με την ανάπτυξη έργων ισχύος 50MW τα οποία πρόκειται να φιλοξενηθούν σε λίμνες ορυχείων, αλλά και σε αρδευτικούς υδάτινους όγκους, στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας [8], ενώ επιπρόσθετες προτάσεις από εγχώριο ενεργειακό όμιλο περιλαμβάνουν σειρά έργων στην τεχνητή Λίμνη Πουρναρίου (103MW), την τεχνητή Λίμνη Καστρακίου (120MW), καθώς και την τεχνητή Λίμνη Στράτου (42MW).

Όπως γίνεται αντιληπτό, η κλίμακα των προτεινόμενων έργων τοποθετείται στην περιοχή των μερικών δεκάδων ή και εκατοντάδων MW, οδηγώντας πολλές φορές σε σημαντικά ποσοστά κάλυψης των υπό εξέταση υδάτινων όγκων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η προτεινόμενη εγκατάσταση στη λίμνη Πουρναρίου, με εκτιμώμενο ποσοστό κάλυψης στα επίπεδα του 5,6% επί της συνολικής διαθέσιμης επιφάνειας των  $\sim 18,23 \text{ km}^2$  [9] [10], γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη για εμπειριστατωμένη έρευνα σε σχέση με τις προκληθείσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σε συνάρτηση επίσης με το πλαίσιο που ορίζεται από την κείμενη νομοθεσία (ΥΑ 37674/2016) [11].

Παρότι οι ανωτέρω προτάσεις βρίσκονται ακόμη σε φάση ωρίμανσης καθώς και σε πρώιμο στάδιο διαβουλεύσεων, είναι σαφής η τάση που διαμορφώνουν στην εγχώρια αγορά, καθιστώντας την ανάγκη για κατάρτιση ενός εθνικού σχεδίου ανάπτυξης επιτακτική. Αναλογιζόμενοι τα παραπάνω, η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να συνδράμει σε αυτήν ακριβώς την κατεύθυνση, εξετάζοντας το θέμα από μια γενικότερη, πιο καθολική σκοπιά, με αξιολόγηση του προβλήματος σε εθνικό επίπεδο και υπό το πρίσμα προσέγγισης που προτάσσει το δόγμα της ήπιας ανάπτυξης.

Πιο συγκεκριμένα, και με βάση τη συλλογή και επεξεργασία αναλυτικών δεδομένων από το σύνολο των υφιστάμενων λιμνών της ηπειρωτικής Ελλάδας, η εν λόγω εργασία αποσκοπεί στον καθορισμό του θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης πλωτών Φ/Β πάρκων σε εθνικό επίπεδο, συσχετίζοντας εν συνεχεία το αποτέλεσμα αυτής της άσκησης με τη δυνητική συνεισφορά της τεχνολογίας στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής ως προς μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού, ανάλογο του έτους 2030 [3].

Στο πλαίσιο αυτό, και σε συνέχεια της εισαγωγής, στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας θα αναλυθεί σε βάθος το διαθέσιμο υδάτινο δυναμικό της ηπειρωτικής χώρας, με διενέργεια εκτενούς χαρτογράφησης των υφιστάμενων λιμνών, και με καθορισμό του τελικού πεδίου μελέτης (δείγματος) της εργασίας. Ακολούθως, στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα ακολουθήσει η περιγραφή της υπό εξέταση τεχνολογικής λύσης στη βάση σχετικής βιβλιογραφικής έρευνας, σε συνδυασμό με την παρουσίαση μελετών περίπτωσης ανά τον κόσμο, και με αναφορά στην δυναμική του τομέα σε παγκόσμια κλίμακα.

Στο επόμενο, 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας, θα αναπτυχθούν τα μεθοδολογικά βήματα της έρευνας καθώς και θα περιγραφεί το υπολογιστικό μοντέλο το οποίο δημιουργήθηκε για την εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού από την εγκατάσταση πλωτών Φ/Β σταθμών, στη βάση άντλησης σχέσεων από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, αξιοποίησης αναλυτικών, ωριαίων δεδομένων για το σύνολο των υπό εξέταση λιμνών, και εφαρμογής συγκεκριμένων περιορισμών, σχετικών με την ικανοποίηση του κριτηρίου της ήπιας ανάπτυξης.

Στο 5<sup>ο</sup> κατά σειρά κεφάλαιο της εργασίας θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα εφαρμογής της έρευνας, με ανάλυση του θεωρητικού δυναμικού τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο, με απεικόνιση ταυτοχρόνως των αποτελεσμάτων υπό τη μορφή επεξηγηματικών χαρτών, προσέγγιση η οποία ευνοεί την πρόσληψη των αποτελεσμάτων καθώς και τη διαμόρφωση στη συνέχεια επιμέρους σεναρίων ενδιαφέροντος.

Τα εν λόγω σεναρία θα αναλυθούν διεξοδικά στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, όπου αφενός παρατίθενται τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας, αφετέρου καταδεικνύεται η ευρύτητα αλλά και η σημασία των αποτελεσμάτων, οδηγώντας παράλληλα στην ανάπτυξη συγκεκριμένων προτάσεων αξιοποίησης του εγχώριου θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης πλωτών Φ/Β, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τη διενέργεια σύγκρισης αναφορικά με τις απαιτήσεις ανάπτυξης μεταξύ πλωτών και χερσαίων Φ/Β σταθμών.

Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο της εισαγωγής, κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε πως όπως σε κάθε άλλη περίπτωση, έτσι και στην περίπτωση της τεχνολογίας των πλωτών Φ/Β υπάρχουν τόσο θετικά όσο και αρνητικά στοιχεία. Ειδικότερα, και σε συνέχεια όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι σαφής η ανάγκη για την αδιαπραγμάτευτη διαφύλαξη των ευαίσθητων οικοσυστημάτων και της πλούσιας βιοποικιλότητας που απαντώνται στα ενδολίμνια περιβάλλοντα της χώρας, με τη συνύπαρξη πλήθους σπάνιων ειδών χλωρίδας και πανίδας (πολλές λίμνες αποτελούν καταφύγια σπάνιων ειδών ορνιθοπανίδας και ιδιαίτερα ενδημικών πτηνών) να υποδηλώνει την ανάγκη για την εδραίωση ενός ιδιαίτερα αυστηροποιημένου πλαισίου αξιολόγησης, στη βάση ενδεχομένως αποκλεισμού συγκεκριμένων περιοχών ή/και μέριμνας για ελαχιστοποίηση των προκαλούμενων επιπτώσεων από την ανάπτυξη παρόμοιων έργων, έχοντας ως στόχο όχι την μερική, αλλά την καθολική προστασία του περιβάλλοντος.

Για το σκοπό αυτό, η απαρέγκλιτη εφαρμογή υφιστάμενων πλαισίων, μέτρων προστασίας και συνθηκών, καθώς και η ενεργοποίηση διεθνών δικτύων για τη διατήρηση παγκοσμίως απειλούμενων ειδών, ενδημικών ειδών ή ειδών πουλιών που εξαρτώνται από τους συγκεκριμένους βιοτόπους για την επιβίωσή τους (Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο NATURA 2000 [11], Σύμβαση για τους Υγροτόπους Διεθνούς Σημασίας - Συνθήκη Ramsar [12], Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΠΠ) [13]) κρίνεται ως εξέχουσας σημασίας, χωρίς την ίδια στιγμή να υποβαθμίζεται η θετική συνεισφορά των τεχνολογιών ΑΠΕ στην προσπάθεια για προστασία του περιβάλλοντος.

## Κεφάλαιο 2. Χαρτογράφηση Λιμνών

## 2.1 Διαχωρισμός φυσικής και τεχνητής λίμνης

---

Η Ελλάδα συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον ως προς την περιβαλλοντική της υπόσταση, τόσο εγχώρια, όσο και διεθνώς. Πλήθος διαφορετικών ειδών πανίδας και χλωρίδας απαντάται στην χώρα αυτή. Εντός αυτού του πράσινου πλούτου υπάγονται και αρκετοί υδάτινοι όγκοι, τους οποίους μάλιστα θα μελετήσουμε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Σκόπιμο είναι σε αυτό το σημείο να παραθέσουμε τους αντίστοιχους ορισμούς για την πλήρη κατανόηση επί του θέματος. Σύμφωνα με τη Συνθήκη Ραμσάρ, *«οι υγρότοποι είναι φυσικές ή τεχνητές περιοχές αποτελούμενες από έλη με ζυλώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα, από τυρφώδεις γαίες ή από νερό. Οι περιοχές αυτές κατακλύζονται μονίμως ή προσωρινώς με νερό, το οποίο είναι στάσιμο ή ρέον, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό. Σε αυτές περιλαμβάνονται και εκείνες που καλύπτονται με θαλασσινό νερό, το βάθος του οποίου κατά τη ρηχία δεν υπερβαίνει τα έξι μέτρα»* [3].

Στο πλαίσιο αυτό εντάσσονται πολλοί διαφορετικού είδους υγρότοποι, όπως είναι οι φυσικές και τεχνητές λίμνες, τα έλη, οι εκβολές, οι ποταμοί και άλλες κατηγορίες [14]. Ωστόσο, θα εστιάσουμε στις φυσικές και τεχνητές λίμνες. Η προέλευση, η κατανομή, αλλά και ο σχηματισμός των λιμνών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και είναι, συνήθως, απόρροια ποταμών [15]. Έτσι, και σε ένα γενικό πλαίσιο, ανάλογα με την προέλευσή τους, υπάρχουν τεκτονικές, ηφαιστειογενείς, παγετογενείς, καρστικές λίμνες ή λίμνες διάβρωσης, καθώς και ανεμογενείς λίμνες. Ακόμη, υπάρχουν λίμνες που δημιουργήθηκαν από τη δράση ποταμών, ή από κυματισμό και δράση του ανέμου, λίμνες από τη δράση οργανισμών, αλλά και λίμνες οι οποίες έχουν προκύψει από μετεωρίτες [16]. Όμως, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής δεν έχει πραγματοποιηθεί τέτοιου βάθους ανάλυση ως προς τις λίμνες. Επομένως, αναφέρονται παρακάτω οι βασικοί ορισμοί φυσικής και τεχνητής λίμνης, καθώς τις λαμβάνουμε ως ενιαία έννοια και αυτό που μας αφορά είναι η ύπαρξή τους ανεξαρτήτως προέλευσης, καθώς και η ικανή τους έκταση. Η μόνη ουσιαστικά διαφορά που μας επηρεάζει σε μια πλωτή εγκατάσταση που μελετάμε, είναι η εποχικότητα της, η οποία σε έναν βαθμό επηρεάζεται και χαρακτηρίζεται από την προέλευση της λίμνης. Υπάρχουν, υδάτινοι όγκοι που ξεραίνονται τελείως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ άλλες παγώνουν τον χειμώνα. Ωστόσο, η συγκεκριμένη έρευνα δεν λαμβάνει υπόψη αντίστοιχες παραμέτρους και περιορισμούς, με τους ορισμούς των λιμνών (φυσικών και τεχνητών) να δίνονται ακολούθως:

*«Ως λίμνη χαρακτηρίζεται μία μικρή ή μεγάλη υδάτινη ποσότητα στην ξηρά, με διαφορετικό βάθος μέγεθος και αλατότητα και μπορεί να συνδέεται άμεσα ή έμμεσα με τη θάλασσα, αλλά υπάρχει και περίπτωση να μην υπάρχει καμία σύνδεση» [18].*

*«Με τον όρο τεχνητή λίμνη αποκαλούμε κάθε λίμνη που σχηματίστηκε με κατασκευή φραγμάτων, συνήθως στη ροή ποταμών και πολύ μικρότερων υδάτινων ρευμάτων, που προέρχονται από την ίδια λεκάνη απορροής. Ο σκοπός της δημιουργίας τέτοιων λιμνών είναι η παραγωγή ενέργειας, η άρδευση και η ύδρευση. Ο τεχνικός όρος που χρησιμοποιείται για την αναφορά στις τεχνητές λίμνες είναι Ταμιευτήρας» [18].*



## 2.2 Παρουσίαση λιμνών/φραγμάτων ανά την Ελλάδα

---

Με βάση λοιπόν την παραπάνω ανάλυση και την κατανόηση των απαραίτητων ορισμών, θα στοχεύσουμε στον εντοπισμό των πιο σημαντικών λιμνών ανά την Ελλάδα. Η χώρα στην οποία βρισκόμαστε, είναι γεγονός, πως έχει πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Μάλιστα, οι υγρότοποι αυτής φτάνουν σε πλήθος έως και τους 378 υδάτινους όγκους. Από το σύνολο αυτών, θα εστιάσουμε στις φυσικές και τεχνητές λίμνες, που μας αφορούν, οι οποίες, σύμφωνα με το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), είναι συνολικά γύρω στις 56 και 25 αντίστοιχα [14]. Συνολικά, δηλαδή κάνουμε λόγο για 81 λίμνες στην Ελλάδα. Ωστόσο, βάσει δική μας έρευνας, εντοπίστηκαν συνολικά **116 λίμνες**. Όπως είναι λογικό όμως, σε κάθε περίπτωση δεν πληρούν όλες τα κριτήρια για την μελέτη μας. Έτσι, προκειμένου, να παράγουμε στην πορεία της παρούσας εργασίας αποτελέσματα που συνάδουν με μια πιο περιβαλλοντική προσέγγιση, θα θέσουμε ως αρχικό περιορισμό η έκταση των λιμνών να μην είναι μικρότερη από ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο ( $<1\text{km}^2$ ).

Επίσης, για την καλύτερη κατανομή του πεδίου ενδιαφέροντος μας, αλλά και για την ποιοτικότερη ανάλυση και εξαγωγή δεδομένων στην συνέχεια της συγκεκριμένης έρευνας, θα γίνει διαχωρισμός ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Γενικά, η Ελλάδα αποτελείται από εννέα (9) γεωγραφικά διαμερίσματα. Η διαφοροποίηση αυτή έχει πραγματοποιηθεί κυρίως για γεωγραφικούς και ιστορικούς λόγους. Έτσι, όπως είναι λογικό οι περιοχές ενός γεωγραφικού διαμερίσματος παρουσιάζουν όμοια γεωμορφολογικά και κλιματικά δεδομένα. Από διοικητικής απόψεως όμως, και βάσει του προγράμματος «Καλλικράτης», η Ελλάδα έχει διαχωριστεί σε περαιτέρω διοικήσεις, περιφέρειες, νομούς και δήμους [18]. Για αυτό, για την ακόλουθη χαρτογράφηση των λιμνών ανά την χώρα, θα βασιστούμε στην αναλυτικότερη διαίρεση τμημάτων της χώρας μας, βάσει του Υπουργείου Εσωτερικών (ΥΠΕΣ).

Με βάση τα ανωτέρω διακρίνουμε δεκατρείς (13) περιφέρειες/γεωγραφικά διαμερίσματα, που είναι οι εξής:

- Θεσσαλία
- Νότιο Αιγαίο
- Πελοπόννησος
- Δυτική Ελλάδα
- Κεντρική Μακεδονία

- Βόρειο Αιγαίο
- Ήπειρος
- Ανατολική Μακεδονία-Θράκη
- Αττική
- Δυτική Μακεδονία
- Ιόνια Νησιά
- Στερεά Ελλάδα
- Κρήτη

Ωστόσο, το πεδίο ενδιαφέροντος μας περιορίζεται στην ηπειρωτική Ελλάδα. Επομένως, αποκλείουμε τα Ιόνια Νησιά, την Κρήτη, το Βόρειο και το Νότιο Αιγαίο. Οπότε, τα γεωγραφικά διαμερίσματα που μας ενδιαφέρουν και τελικά θα μελετήσουμε είναι συνολικά εννιά (9).

Ακολουθεί αναλυτική χαρτογράφηση των φυσικών, αλλά και των τεχνητών λιμνών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Με αυτόν τον τρόπο θα αποκτήσουμε σε αρχικό επίπεδο ανάλυσης, μια σχετικά ευρεία εικόνα κατανομής του σχετικού υδάτινου δυναμικού ανά την χώρα.

#### ο **Θεσσαλία**

Αρχικά θα μελετήσουμε το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, το οποίο καταλαμβάνει συνολική έκταση ίση με  $14.037km^2$  και περίπου το 11% της συνολικής επικράτειας [19]. Η Θεσσαλία συνορεύει με άλλα γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα από την βόρεια πλευρά της συνδέεται με τη Μακεδονία, δυτικά με την Ήπειρο και νότια με τη Στερεά Ελλάδα. Ακόμη, βρέχεται ανατολικά από το Αιγαίο πέλαγος και το νότιο τμήμα του Θερμαϊκού Κόλπου [20]. Το έδαφος της κατανέμεται ισόποσα σε ορεινό-ημιορεινό και πεδινό, καθώς ακόμη στα όριά του περιλαμβάνεται η πεδιάδα της Θεσσαλίας, ή αλλιώς γνωστή και ως Θεσσαλικός Κάμπος. Η θεσσαλική πεδιάδα αφορά σε ένα πλατύ λεκανοπέδιο. Αυτό σημαίνει, πως πρόκειται για μια έκταση γης η οποία είναι κατά βάση πεδινή, και περιμετρικά της οποίας συναντούμε μια σειρά από ψηλά όρη, όπως αυτό του Ολύμπου [19]. Ακόμη, το γεωγραφικό αυτό διαμέρισμα αποτελείται από τους νομούς Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων και από νησιά των Βόρειων Σποράδων (εκτός της Σκύρου) [21]. Το σύμπλεγμα των νησιών, όπως προαναφέρθηκε, δεν θα μας απασχολήσει στο πλαίσιο της έρευνάς μας.

Ενδιαφέρον έχει να αναφέρουμε ακόμα πως οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι πριν εκατομμύρια χρόνια, η θεσσαλική πεδιάδα αποτελούσε λίμνη. Παρόλα αυτά, δεν είναι κάτι

επιβεβαιωμένο. Έπειτα από ενδελεχή αναζήτηση, και με βάση τα κριτήρια που ετέθησαν, καταλήγουμε πως το τμήμα της Θεσσαλίας συγκεντρώνει μάλλον περιορισμένο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, εντοπίσαμε 12 συνολικά υδάτινους όγκους, εκ των οποίων θα εστιάσουμε μονάχα σε 3 (με έκταση παραπάνω του  $1\text{km}^2$ ). Για παράδειγμα, και παρά το γεγονός ότι η Θεσσαλία είναι γνωστή για τις λίμνες Ζερέλια, Στεφανάδα και Τυρνάβου, δεν βρίσκονται εντός του πεδίου ενδιαφέροντός μας. Έτσι λοιπόν θα εστιάσουμε σε 3 υγροτόπους, οι οποίοι μάλιστα αφορούν όλοι σε τεχνητές λίμνες.

Αρχικά θα εξετάσουμε την **λίμνη Πλαστήρα**, όπου η ιδέα δημιουργίας φράγματος είχε ξεκινήσει το 1925 από τον ίδιο Νικόλαο Πλαστήρα [22] και τελικά περατώθηκε το 1959 από την ΔΕΗ στον ποταμό Ταυρωπό για ύδρευση, άρδευση και ηλεκτροπαραγωγή [23]. Η λίμνη αυτή βρίσκεται στον νομό Καρδίτσας, περίπου 25χλμ. δυτικά από την ομώνυμη πόλη [22]. Η έκτασή της φτάνει περίπου τα  $24\text{km}^2$  [23]. Γύρω της απλώνεται πλούσια χλωρίδα, καθώς και αποτελεί οικοτουριστικό σημείο ενδιαφέροντος και πόλο έλξης για πλήθος δραστηριοτήτων οικολογικού χαρακτήρα.



*Εικόνα 2.1: Τεχνητή λίμνη Πλαστήρα*

Ακόμη, στον νομό αυτό υπάρχει άλλος ένας σημαντικός υγρότοπος, αυτός της **λίμνης Σμοκόβου** [24]. Η τεχνητή αυτή λίμνη καταλαμβάνει έκταση περίπου  $8,5km^2$  [23]. Πρόκειται για ένα έργο της ΔΕΗ και του Υπουργείου Μεταφορών Υποδομών (ΥΠ.Υ.ΜΕ.ΔΙ) που περατώθηκε το 2002 στον ποταμό Σοφαδίτη για άρδευση και υδροηλεκτρική παραγωγή [23]. Ο παρών υδάτινος όγκος περιγράφεται ακόμη από πλούσια χλωρίδα. Παρόλα αυτά δεν συγκεντρώνει έντονο τουριστικό ενδιαφέρον [10].

Τέλος, στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας φιλοξενείται η τεχνητή **λίμνη Κάρλα**. Η λίμνη αυτή τοποθετείται νοτιοανατολικά της Λάρισας, κοντά στις βόρειες πλαγιές του Πηλίου, στα όρια των νομών Μαγνησίας και Λαρίσης. Αφορά σε μια ιστορική λίμνη, η οποία αποξηράθηκε τελείως το 1962 και η ανασύστασή της ολοκληρώθηκε το 2009 στον ποταμό Πηνειό [25]. Η παλαιά λίμνη κάλυπτε έκταση περίπου  $40-42km^2$ , ενώ σήμερα απαντά στα  $37,7km^2$  αποτελώντας έναν από τους μεγαλύτερους ταμιευτήρες της Θεσσαλίας [25]. Ακόμη, συγκεντρώνει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον λόγω της πλούσιας βιοποικιλότητας (είδη πτηνών και ψαριών που φιλοξενεί) [25]. Ωστόσο, ανησυχία δημιουργεί το γεγονός πως ετησίως οι εν λόγω πληθυσμοί εμφανίζουν ολοένα και πιο φθίνουσα πορεία [25]. Πλέον όμως, η λίμνη έχει τεθεί υπό καθεστώς προστασίας, με το αρδευτικό δίκτυο να χρησιμοποιείται μόνο εάν η στάθμη της λίμνης το επιτρέπει [25].

#### ο **Πελοπόννησος**

Ένα ακόμα γεωγραφικό διαμέρισμα αποτελεί αυτό της Πελοποννήσου. Πρόκειται για το νοτιότερο ηπειρωτικό γεωγραφικό διαμέρισμα της Ελλάδας, και ως περιφέρεια που την εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη, καταλαμβάνει τα  $2/3$  του συνολικού γεωγραφικού διαμερίσματος της Πελοποννήσου [26]. Συνορεύει βόρεια με την Στερεά Ελλάδα (άλλο γεωγραφικό διαμέρισμα) και βρέχεται από τη νότια πλευρά της από το Μυρτώο Πέλαγος. Ακόμη, βρέχεται ανατολικά από το Αιγαίο και δυτικά από το Ιόνιο Πέλαγος, καθώς επίσης συνορεύει με τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου, αντίστοιχα. Συνολικά, ως περιφέρεια, καταλαμβάνει μια έκταση των  $15.490km^2$  [26], ενώ περιλαμβάνει τους νομούς της Αρκαδίας, Αργολίδας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και Κορινθίας και έχει ως έδρα της την Τρίπολη [21]. Οι νομοί Αχαΐας και Ηλείας, παρά το γεγονός ότι γεωγραφικά εντοπίζονται στην Πελοπόννησο, διοικητικά ανήκουν στην περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας [18].

Η Πελοπόννησος έχει πλούσιο φυσικό περιβάλλον και σε αυτήν εντοπίζονται σημαντικά οροπέδια και ποταμοί. Ωστόσο, αναφορικά με τους υδάτινους όγκους που φιλοξενεί, φαίνεται να μην έχει την ίδια δυναμική. Μάλιστα, ύστερα από αναλυτική διερεύνηση, καταλήξαμε πως

τελικά κάνουμε λόγο μονάχα για τρεις (3) συνολικά λίμνες, οι οποίες συγκεντρώνονται στην Αρκαδία και την Κορινθία. Η πιο γνωστή ίσως τεχνητή λίμνη της Πελοποννήσου, που βρίσκεται στον νομό Κορινθίας, είναι η λίμνη Δόξα, η οποία όμως καταλαμβάνει μια έκταση μόλις  $0,5km^2$ . Επομένως, αντιλαμβανόμαστε, πως βρίσκεται εκτός του πεδίου μελέτης μας. Ακόμη, στον νομό αυτό φιλοξενείται η **λίμνη Στυμφαλία**, η οποία καταλαμβάνει μια έκταση της τάξεως των  $3,5km^2$  [27]. Πρόκειται για μια λίμνη "μυθική", στην οποία, σύμφωνα με την μυθολογία, αντιμετώπισε ο Ηρακλής τις Στυμφαλίδες όρνιθες, τα τερατώδη πουλιά με τα χάλκινα ράμφη και τα σιδερένια φτερά. Η Στυμφαλία λίμνη, παρά την μικρή σχετικά έκτασή της, θεωρείται η πιο σημαντική φυσική λίμνη της Πελοποννήσου, καθώς και η σημαντικότερη ορεινή λίμνη της Ελλάδας [28]. Πρόκειται για μια αβαθή λίμνη, της οποίας το μέγεθος μεταβάλλεται εποχικά και επηρεάζεται σχεδόν αποκλειστικά από τις βροχοπτώσεις, μεταξύ  $7,7-3,5km^2$ . Ωστόσο, και καθότι δεν εξετάζεται η μεταβολή της έκτασης των λιμνών σε εποχιακό επίπεδο, θα διατηρήσουμε την μικρότερη παρατηρούμενη έκταση. Ακόμη, η υπό εξέταση λίμνη χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία πανίδας και χλωρίδας. Μάλιστα, σε αυτήν την λίμνη μονάχα ζει το ψάρι στυμφαλικός πελασγός, καθώς και σε λίγα ποτάμια της Πελοποννήσου [28]. Τέλος, σήμερα η Στυμφαλία απειλείται από την υπεράντληση υδάτων της για αρδευτικούς σκοπούς [27].

Ακόμη, στην Πελοπόννησο εδράζονται ακόμη δύο λίμνες στον νομό Αρκαδίας. Η πρώτη αφορά στον υδάτινο όγκο **Τάκα**. Πρόκειται για μια φυσική λίμνη, από τους πιο σημαντικούς εσωτερικούς υδροτόπους της Πελοποννήσου [28], που καταλαμβάνει συνολική έκταση  $2,6km^2$  [27]. Βρίσκεται στα νότια του Μαντινειακού οροπεδίου, νότια της Τρίπολης, και στα ανατολικά της εκτείνεται το οροπέδιο της Τεγέας [28]. Ενδιαφέρον έχει ότι κατασκευάστηκε στην περιοχή ταμιευτήρας προκειμένου να συγκρατούνται τα νερά και έτσι ευνοούνται οι γύρω περιοχές ως προς την αγροτική ανάπτυξη [27]. Ωστόσο, η λίμνη Τάκα τυγχάνει υπερκεμετάλλευσης για άρδευση και παρά την πλούσια ορνιθοπανίδα που συγκεντρώνει και φιλοξενεί, κινδυνεύει να αποξηρανθεί [28].

Τέλος, στον νομό Αρκαδίας της Πελοποννήσου κάνουμε λόγο για την τεχνητή **λίμνη Λάδωνα**, η οποία αποτελεί επίσης έργο της ΔΕΗ, το οποίο κατασκευάστηκε το 1955 στον ομώνυμο ποταμό για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και καταλαμβάνει επιφάνεια ίση με  $4km^2$  [23]. Ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας φιλοξενεί ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα άξιες αναφοράς, ενώ περιμετρικά αυτού αναπτύσσεται μέτρια βλάστηση [29].

### ο Δυτική Ελλάδα

Η Δυτική Ελλάδα αναφέρεται σε ένα επιπλέον γεωγραφικό διαμέρισμα/περιφέρεια της χώρας και περιλαμβάνει το βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου, καθώς επίσης και το δυτικό κομμάτι της Στερεάς Ελλάδας [18]. Πρωτεύουσα της περιφέρειας αυτής είναι η πόλη της Πάτρας. Συνολικά, η Δυτική Ελλάδα καταλαμβάνει μια έκταση των  $11.336\text{km}^2$  και περιέχει τους νομούς Αχαΐας και Ηλείας, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, καθώς επίσης και τον νομό Αιτωλοακαρνανίας, ο οποίος από γεωγραφική άποψη βρίσκεται στην Στερεά Ελλάδα, ωστόσο διοικητικά στην Δυτική [21]. Βόρεια συνορεύει με την Στερεά Ελλάδα, δυτικά με το Ιόνιο Πέλαγος και τις αντίστοιχες νήσους, καθώς επίσης από την ανατολική και νότια πλευρά της συνορεύει με την Πελοπόννησο.

Όσον αφορά στους υδάτινους πόρους της, η συγκεκριμένη περιοχή είναι η πιο πλούσια στην χώρα και συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον. Μάλιστα, στο σύνολό της περιλαμβάνει δώδεκα (12) λίμνες, τόσο φυσικές, όσο και τεχνητές. Παρόλα αυτά, και ύστερα από αναλυτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε πως το πλήθος των λιμνών αυτών εντοπίζεται μόνο σε δύο νομούς, αυτούς της Ηλείας και της Αιτωλοακαρνανίας, και κυρίως στον δεύτερο. Έτσι, θα μπορούσαμε να πούμε πως το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται κατά βάση στον νομό της Αιτωλοακαρνανίας.

Πιο συγκεκριμένα, στον υπό εξέταση νομό συγκεντρώνονται 10 από τις συνολικά 12 λίμνες που εξετάζουμε στο παρόν γεωγραφικό διαμέρισμα, εκ των οποίων οι 2 συγκαταλέγονται στις μεγαλύτερες λίμνες της χώρας. Η **λίμνη Τριχωνίδα** αποτελεί την 2<sup>η</sup> μεγαλύτερη λίμνη της χώρας (καθώς και του πεδίου μελέτης μας), αλλά και την 1<sup>η</sup> μεγαλύτερη όσον αφορά στις φυσικές λίμνες της ηπειρωτικής Ελλάδας, καθώς καταλαμβάνει έκταση αντίστοιχη των  $97,2\text{km}^2$  [30]. Ο υδάτινος αυτός όγκος φιλοξενείται στο βύθισμα μεταξύ των ορέων του Παναιτωλικού και του Αράκυνθου και δέχεται νερά από τα υδάτινα ρεύματα των βουνών αυτών. Τα πλεονάζοντα νερά της Τριχωνίδας διοχετεύονται στη Λυσιμαχεία (λίμνη της ίδιας περιοχής) και στον ποταμό Αχελώο μέσω διώρυγας. Ακόμη, η ποσότητα του νερού στην λίμνη αυτή είναι μεγάλη, ωστόσο ρυθμίζεται μέσω θυροφραγμάτων [30]. Τα νερά της λίμνης Τριχωνίδας ακόμη ανανεώνονται με ταχείς ρυθμούς, και συνδυαστικά με τον μεγάλο όγκο τους, καταφέρνουν να ανταπεξέρχονται και να ξεπερνούν τις έντονες ανθρώπινες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον της [30]. Έτσι, θεωρείται μια από τις πιο καθαρές λίμνες της χώρας. Επιπλέον, η συγκεκριμένη λίμνη εμφανίζει ιδιαίτερο



περιβαλλοντικό ενδιαφέρον ως προς την χλωρίδα και πανίδα που αναπτύσσεται εντός και εκτός των υδάτων της [31].

Η επόμενη μεγάλη λίμνη του νομού Αιτωλοακαρνανίας είναι αυτή των **Κρεμαστών**. Πρόκειται για την 3<sup>η</sup> μεγαλύτερη του πεδίου μελέτης μας και αφορά σε τεχνητή λίμνη. Είναι η 1<sup>η</sup> μεγαλύτερη τεχνητή λίμνη ολόκληρης της ηπειρωτικής χώρας και φτάνει να καλύπτει επιφάνεια της τάξεως των  $81 \text{ km}^2$ . Αφορά σε έργο της ΔΕΗ, το οποίο ολοκληρώθηκε το 1965 στον ποταμό Αχελώο για υδροηλεκτρική παραγωγή ισχύος 437,2MW [23]. Η λίμνη των Κρεμαστών βρίσκεται στα όρια των νομών Αιτωλοακαρνανίας και Ευρυτανίας και συγκεντρώνει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον εξαιτίας της ποικιλίας χλωρίδας και πανίδας που φιλοξενεί, ιδιαίτερα ως προς την τοπική ορνιθοπανίδα [28].



*Εικόνα 2.2: Λίμνη Κρεμαστών [31]*

Ακόμη, στον νομό Αιτωλοακαρνανίας συναντάμε την φυσική **λίμνη Αμβρακία**, της οποίας η επιφάνεια καταλαμβάνει έκταση της τάξεως των  $14,5 \text{ km}^2$  [30]. Ο υδάτινος αυτός όγκος απέχει 5km από το Αγρίνιο και σχηματίζεται μεταξύ των βουνών Παναιτωλικού και Αράκυνθου από τα οποία και τροφοδοτείται [10]. Πλέον θεωρείται ως απομονωμένος υγρότοπος, χωρίς δηλαδή κάποια εμφανή επιφανειακή απορροή ή επικοινωνία με γειτονικά υδάτινα σώματα [30]. Ωστόσο, συγκεντρώνει αρκετά σημαντικό πληθυσμό υδρόβιας και αερόβιας ζωής.

Η **λίμνη Ευήνου** επίσης φιλοξενείται στον υπό εξέταση νομό. Αφορά ένα τεχνητό έργο της ΕΥΔΑΠ στον ομώνυμο ποταμό [23]. Ένα κατασκευάσμα που χρονολογείται από το 2001 και έλαβε χώρα για υδρευτικούς σκοπούς, καθώς και για υδροηλεκτρική παραγωγή της τάξεως των 0,82MW [23]. Η τεχνητή αυτή λίμνη καταλαμβάνει μια έκταση ίση με  $3,5km^2$ . Συγκεντρώνει ακόμη έντονο οικοτουριστικό ενδιαφέρον και περιβάλλεται από πλούσια άγρια ζωή [32].

Ένα επιπλέον φράγμα που τοποθετείται στην Αιτωλοακαρνανία είναι αυτό της **λίμνης Καστρακίου**. Ο υδάτινος αυτός όγκος συνδέεται με τεχνητό έργο της ΔΕΗ που πραγματοποιήθηκε το 1969 στον ποταμό Αχελώο για ύδρευση, άρδευση και υδροηλεκτρική παραγωγή ισχύος 320MW [23]. Η λίμνη αυτή βρίσκεται βορειοδυτικά από το χωριό Μπαμπαλιό [10] και η επιφάνεια της καλύπτει έκταση  $28km^2$  [23]. Ο χώρος του υγροτόπου Καστρακίου συνδυαστικά με τις δύο νησίδες του συγκεντρώνει πλούσιο κάλλος καθώς και οικοτουριστικό ενδιαφέρον [10].

Άλλη μια τεχνητή **λίμνη** στον υπό εξέταση νομό είναι αυτή του **Στράτου**. Πάλι στον Αχελώο ποταμό επενέβη η ΔΕΗ το 1988 εγκαθιστώντας ένα χωμάτινο φράγμα προκειμένου να εξασφαλίσει την άρδευση της ευρύτερης περιοχής, αλλά και για τη δημιουργία υδροηλεκτρικού σταθμού της τάξεως των 156,2MW [23]. Η λίμνη Στράτου βρίσκεται κοντά στο Αγρίνιο Άρτας [10], ενώ η επιφάνεια του συγκεκριμένου ταμιευτήρα καλύπτει έκταση αντίστοιχη των  $8,4km^2$  [23]. Συγκεντρώνει υψηλής σημασίας βιοποικιλότητα, κυρίως λόγω της παρόχθιας βλάστησης, αλλά και διαφορετικών ειδών θηλαστικών που ζουν στα νερά της [10]. Ενδιαφέρον έχει ακόμη να αναφέρουμε ότι αποτελεί το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιου Σκι της Ελληνικής Ομοσπονδίας με διοργάνωση πανευρωπαϊκών και όχι μόνο αγώνων να λαμβάνει χώρα στα ύδατά της [10].

Η φυσική **λίμνη Βουλκαρία** εντοπίζεται και αυτή βορειοδυτικά του νομού Αιτωλοακαρνανίας. Μάλιστα, μαζί με τις άλλες δύο γειτονικές λίμνες, της Σαλτίνης και του Κομήτη, βρίσκεται στο βύθισμα που σχηματίζεται στο μέσον της χερσονήσου Στέρνας [30]. Πιο συγκεκριμένα, φιλοξενούνται στο Δήμο Ακτίου-Βονίτσας και αποτελούν ενιαίο οικοσύστημα [10]. Ωστόσο, την τελευταία λίμνη Κομήτη, ή αλλιώς γνωστή και ως μικρή Σαλτίνη δεν θα την λάβουμε υπόψη μας, καθώς καθίσταται μη υπολογίσιμης επιφάνειας εφόσον καλύπτει έκταση ίση των  $0,19km^2$  [30]. Έτσι λοιπόν, η λίμνη Βουλκαρία αφορά σε φυσικό υδάτινο όγκο επιφάνειας  $9,4 km^2$  και εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις στη στάθμη των υδάτων της, τα οποία τροφοδοτούνται από την υδρολογική της λεκάνη, από τα νερά του χειμάρρου Σκλάβαινας, αλλά και από υπερχειλίσσεις των πηγών Μοναστηρακίου [30].



Ακόμη, η **λίμνη Σαλτίνη** περιγράφει έναν επιπλέον φυσικό πόρο μικρής επιφάνειας ( $2,26km^2$ ) χωρίς επιφανειακές εισροές γλυκού νερού και έτσι θεωρείται από πολλούς και ως εσωτερική λιμνοθάλασσα, εφόσον απομονώνεται από την γειτονική θάλασσα παρόλο που τεχνητά συνδέεται με το Ιόνιο πέλαγος [30]. Οι δύο αυτοί υδάτινοι όγκοι θεωρούνται ιδιαίτερης περιβαλλοντικής αξίας, κυρίως ως προς την τοπική ορνιθοπανίδα. Μάλιστα, τα υδάτινα αυτά σώματα εντοπίζονται στο δίαυλο όπου μεταναστεύει πληθώρα υδρόβιων πτηνών, ενώ δύο φορές ετησίως φιλοξενούν στον περιβάλλοντα χώρο τους πλήθος παπιών, φαλαριδών και βουταλιδίων που έχουν ως σκοπό να ξεχειμωνιάσουν, όπως και άλλα είδη [30].

Επόμενο υδάτινο σημείο εντός του πεδίου μελέτης μας αποτελεί η φυσική **λίμνη Λυσιμαχία** (ή Λισιμαχία), της οποίας η έκταση απαντά στα  $13km^2$  [30]. Βρίσκεται νότια του νομού που εξετάζουμε και απέχει περίπου  $5km$  από το Αγρίνιο [10]. Σχηματίζεται ακόμη μεταξύ των ορέων Παναιτωλικός και Αράκυνθος από τα οποία μάλιστα και τροφοδοτείται [10]. Ακόμη, βρίσκεται δυτικά από τις λεκάνες του ποταμού Αχελώου και από την ανατολική πλευρά της λίμνης Τριγωνίδα, αποτελώντας και υδρολογική συνέχεια της [30]. Κατόπιν ωστόσο σειράς τεχνητών έργων αποτελεί πλέον ρυθμιστικό ταμιευτήρα νερού, όπου τα πλεονάζοντα ύδατα της διοχετεύονται στον Αχελώο. Γύρω της εκτείνονται καλαμώνες όπου ανά εποχές πλημμυρίζουν με αποτέλεσμα να δημιουργείται μη προσπελασιμότητα από τις ακτές του υδάτινου αυτού εξεταζόμενου σώματος [30]. Παρόλα αυτά, λόγω της ύπαρξης καλαμώνων, ο συγκεκριμένος υδάτινος όγκος αποτελεί σημείο αναφοράς ως προς τα υδρόβια πτηνά που μεταναστεύουν και ξεχειμωνιάζουν στον περιβάλλοντα χώρο του, καθώς και καταφύγιο της υπό εξαφάνιση βίδρας [10].

Τελευταίο σημείο αναφοράς στην Αιτωλοακαρνανία αποτελεί η **λίμνη Οζερός**. Η τελευταία βρίσκεται στο δυτικό άκρο της πεδιάδας του Αγρινίου, καθώς και δυτικά της κοίτης που σχηματίζει ο Αχελώος ποταμός, του οποίου αποτελεί και υπολεκάνη [30], [10]. Στην ουσία, ο υδάτινος αυτός όγκος περιγράφει μια φραγματογενή λίμνη, η οποία δημιουργήθηκε κατόπιν εγκλωβισμού υδάτων από τις προσχώσεις του ποταμού Αχελώου, της οποίας μάλιστα η έκταση φτάνει τα  $9,4km^2$  [30]. Η παρούσα λίμνη επίσης φέρει περιβαλλοντική αξία εξαιτίας κυρίως ενδημικών ειδών ιχθυοπανίδας, καθώς και ορνιθοπανίδας [30].

Ακόμη, στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής Ελλάδας εντοπίζονται δύο λίμνες στον νομό Ηλείας. Η πρώτη που θα μας απασχολήσει αφορά στην τεχνητή **λίμνη Πηνειού**. Ένα έργο της αντίστοιχης περιφέρειας της Δυτικής Ελλάδας που ολοκληρώθηκε το 1966 στον ομώνυμο

ποταμό, κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς. Η έκταση της επιφάνειας του υπό εξέταση υδάτινου όγκου απαντά στα  $19,89km^2$  [10].

Τελευταίο σημείο αναφοράς σχετικά με το γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής Ελλάδας αποτελεί η **λίμνη Καϊάφα**. Περιγράφει έναν μικρό φυσικό πόρο ο οποίος απαντά σε επιφάνεια της τάξεως των  $1,68km^2$  [27]. Πρόκειται για ένα υφάλμυρο παράκτιο οικοσύστημα που εντοπίζεται κοντά στις ακτές του Κυπαρισσιακού κόλπου, καθώς επίσης συνδέεται με γειτονική θάλασσα μέσω διαύλου επικοινωνίας, και έτσι χαρακτηρίζεται από πολλούς και ως λιμνοθάλασσα [27]. Εντός της λίμνης Καϊάφα βρίσκεται μια μικρή σχετικά νησίδα, αυτή της Αγίας Αικατερίνης στην οποία φιλοξενείται και το ομώνυμο εκκλησάκι [27]. Ενδιαφέρον είναι ακόμη να αναφέρουμε πως το παρόν υδάτινο σώμα είναι γνωστό για τα ιαματικά νερά που προσφέρει [27]. Επιπλέον, από περιβαλλοντικής απόψεως, ο υπό εξέταση υγρότοπος είναι επίσης ιδιαίτερης σημασίας, ευνοώντας την διαχείμαση διάφορων σπάνιων υδρόβιων ειδών, όπως είναι η βαλτόπαπια [27]. Τέλος, αποτελεί και πόλο έλξης αθλητικών δραστηριοτήτων, όπως το θαλάσσιο σκι [27].

#### ο **Κεντρική Μακεδονία**

Ακόμα, εξετάζουμε στο πλαίσιο χαρτογράφησης των βασικών λιμνών ανά την Ελλάδα, την Κεντρική Μακεδονία. Πρόκειται για την μεγαλύτερη σε έκταση περιφέρεια και δεύτερη σε πληθυσμό [18]. Μάλιστα, καλύπτει μια έκταση των  $18.811km^2$  [33]. Η Κεντρική Μακεδονία καλύπτει στην ουσία το κεντρικό κομμάτι του γεωγραφικού διαμερίσματος της Μακεδονίας, με εξαίρεση όμως τη χερσόνησο του Αγίου Όρους, το οποίο καθίσταται ανεξάρτητο και διέπεται από ειδικό καθεστώς [18]. Βόρεια το τμήμα αυτό συνορεύει με την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (ΠΓΔΜ) και τη Βουλγαρία. Ακόμη, ανατολικά συνορεύει με την Ανατολική Μακεδονία & Θράκη, ενώ δυτικά με τη Δυτική Μακεδονία και νοτιοδυτικά με τη Θεσσαλία. Επιπλέον, νότια βρέχεται από το Αιγαίο και το Θρακικό Πέλαγος. Το παρόν γεωγραφικό διαμέρισμα/περιφέρεια αποτελείται από τους ακόλουθους νομούς [21]:

- Νομός Θεσσαλονίκης
- Νομός Ημαθίας
- Νομός Κιλκίς
- Νομός Πέλλας
- Νομός Πιερίας
- Νομός Σερρών
- Νομός Χαλκιδικής

Η Κεντρική Μακεδονία καθίσταται υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναφορικά με τους υδάτινους πόρους που φιλοξενεί. Ύστερα από σχετική έρευνα διαπιστώθηκε πως κάνουμε εν τέλει λόγο για εννιά (9) λίμνες, τόσο φυσικές, όσο και τεχνητές. Στο υπό εξέταση διαμέρισμα το πλήθος αυτό των λιμνών διαμοιράζεται ομοιόμορφα ανά την συνολική του έκταση, με μεγαλύτερη συσσώρευση στον νομό Κιλίκης. Παρόλα αυτά, στους νομούς Πιερίας και Χαλκιδικής δεν σημειώθηκε κάποιος σημαντικός υδάτινος όγκος, που να έχει δηλαδή έκταση μεγαλύτερη ή ίση του  $1\text{km}^2$ . Αξίζει επίσης να σημειώσουμε, πως στο συγκεκριμένο γεωγραφικό τμήμα βρίσκονται και δύο από τις μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας, η τεχνητή λίμνη Κερκίνη και η φυσική λίμνη Βόλβη, εκ των οποίων η πρώτη αφορά μάλιστα και στην μεγαλύτερη λίμνη της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Έτσι λοιπόν η **λίμνη Κερκίνη** βρίσκεται στον νομό Σερρών και καταλαμβάνει έκταση της τάξεως των  $109,96\text{km}^2$ . Ο υδάτινος αυτός όγκος αφορά σε τεχνητή λίμνη η οποία περατώθηκε ως έργο από την Περιφέρεια του αντίστοιχου διαμερίσματος, με κυρίαρχο στόχο την συγκράτηση των νερών του ποταμού Στρυμόνα το 1932 [28]. Από την βόρεια πλευρά της λίμνης υψώνεται το όρος Μπέλες και τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Ακόμη, στα ανατολικά της βρίσκεται η κοιλάδα του Στρυμόνα, ενώ νότια και δυτικά βρίσκονται τα βουνά Μαυροβούνι και Κρούσια. Η συγκεκριμένη λίμνη αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους υδροτόπους, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς συγκεντρώνει πλούσια βιοποικιλότητα με εντονότερο ενδιαφέρον να συγκεντρώνεται γύρω από την χλωρίδα και την ορνιθοπανίδα της λίμνης [28].

Ακόμη, θα κάνουμε λόγο για την φυσική **λίμνη Βόλβη**, η οποία είναι η 5<sup>η</sup> μεγαλύτερη του πεδίου μελέτης μας, καθώς απαντά σε έκταση ανάλογη των  $68,6\text{km}^2$ , αλλά και η 2<sup>η</sup> μεγαλύτερη φυσική λίμνη της χώρας γενικότερα [34]. Πριν πολλά χρόνια, μαζί με τη γειτονική της λίμνη Κορώνεια, αποτελούσαν μια μεγάλη, ενιαία λίμνη, αυτή της Μυγδονίας [34]. Ωστόσο, ακόμη και σήμερα αποτελούν ενιαίο οικοσύστημα, παρά το γεγονός ότι έχουν διαχωριστεί σε δυο μικρότερες λίμνες [10]. Την Κορώνεια δεν θα την λάβουμε υπόψη, καθώς εμφανίζει επιφάνεια ίση με  $0,5\text{km}^2$  και επομένως δεν καλύπτει τα κριτήρια της έρευνάς μας. Ο εξεταζόμενος υδάτινος όγκος βρίσκεται στο νομό Θεσσαλονίκης, ανατολικά από την ομώνυμη πόλη και σε ακτίνα 35 χλμ [10]. Πιο συγκεκριμένα, η Βόλβη βρίσκεται στην ταφροειδή λεκάνη, μεταξύ των ορέων Κερδύλιο, Χορτιάτη, Χολομώντα, Στρατονικό και τα βουνά της Βόλβης [34]. Ακόμη, η λίμνη αυτή τροφοδοτείται από χειμάρρους και ρυάκια [10]. Αποτελείται επίσης από πλούσια σχετικά υδρόβια χλωρίδα, εξαιτίας κυρίως της μεγάλης

συγκέντρωσης φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν ενώ τα ύδατά της περιέχουν και υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνο. Γενικά, συγκεντρώνει υψηλή περιβαλλοντική σημασία [34].

Στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας συναντά ακόμη κανείς την τεχνητή **λίμνη Αγίας Βαρβάρας**. Πρόκειται για έργο της ΔΕΗ, το οποίο πραγματοποιήθηκε το 2007 στον ποταμό Αλιάκμονα, στον νομό Ημαθίας, προκειμένου να εξασφαλιστεί υδροηλεκτρική παραγωγή (ισχύος 0,92MW), αλλά και για λόγους άρδευσης, ύδρευσης και αναψυχής [23]. Ακόμη, χρησιμοποιείται επίσης και για ναυταθλητισμό [10]. Η ομορφιά της λίμνης είναι ανεπανάληπτη και προσομοιάζει με αυτή φυσικών λιμνών. Γενικά αποτελείται από τον παλιό αλλά και το νέο ταμιευτήρα οι οποίο πλέον λειτουργούν ως ενιαίο σύστημα, καθώς και από το φράγμα [10].

Στον νομό Ημαθίας φιλοξενείται επίσης η τεχνητή **λίμνη Σφηκιά**. Αφορά σε έργο υδροηλεκτρικής παραγωγής της ΔΕΗ (αντλησιοταμιευτικός σταθμός ισχύος 315MW) που έλαβε χώρα το 1985 στον ποταμό Αλιάκμονα. Εντοπίζεται κοντά στο ομώνυμο χωριό και καταλαμβάνει μια σχετικά μικρή έκταση της τάξεως των  $4,3km^2$  [10] [28].

Άλλη μια τεχνητή λίμνη του παρόντος διαμερίσματος αφορά στην **λίμνη Αγρα-Βρυτών-Νησίου**. Αποτελεί άλλο ένα έργο της ΔΕΗ (υδροηλεκτρικός σταθμός) το οποίο κατασκευάστηκε το 1953 στον ποταμό Έδεσσαίο [28]. Η υπό εξέταση λίμνη βρίσκεται στον νομό Πέλλας, στα ανατολικά της Έδεσσας [10]. Από την βόρεια πλευρά της εντοπίζει κανείς τα όρη του Καϊμακτσαλάν και το Βέρμιο, ενώ στα δυτικά βρίσκεται μια άλλη λίμνη της Κεντρικής Μακεδονίας, αυτή της Βεγορίτιδας [28]. Η επιφάνεια του υδάτινου αυτού όγκου απαντά στα  $6km^2$  και αποτελεί σημείο υψηλού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, ιδιαίτερα ως προς την υδρόβια και ελόβια χλωρίδα που φιλοξενεί [28].

Εν συνεχεία, η **λίμνη Βεγορίτιδα** επίσης εντοπίζεται στον νομό Πέλλας και περιγράφει έναν φυσικό υδάτινο όγκο επιφανείας  $40km^2$  [34]. Μάλιστα, απαντά σε έναν από τους μεγαλύτερους υγροτόπους της χώρας και στην δική μας μελέτη περίπτωσης κατατάσσεται στην 8<sup>η</sup> υψηλότερη θέση. Περιβάλλεται από τα όρη Άσκιο, Βέρμιο και Βόρα (Καϊμακτσαλάν) [34]. Τροφοδοτείται από τις υπόλοιπες λίμνες του συμπλέγματος (Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα και Πετρών), καθώς και αποτελεί το χαμηλότερο σημείο αυτού [28]. Το εξεταζόμενο υδάτινο σώμα τυγχάνει σημαντικής περιβαλλοντικής σημασίας για πολλά είδη, με ιδιαίτερη έμφαση στα πτηνά αλλά και την υδροχαρή βλάστηση. Ακόμη, συνδυαστικά με τη λίμνη Πετρών αποτελούν ένα σχεδόν ενιαίο οικοσύστημα.

Επιπλέον, η **λίμνη Αρζάνη** αφορά σε τεχνητό έργο από τον φορέα Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, το οποίο έλαβε χώρα το 2009 για αρδευτικούς σκοπούς, με άντληση από την περιμετρική τάφρο «Αγιάκ» [23]. Το παρόν φράγμα τοποθετείται στον νομό Κιλκίς και η λίμνη που δημιουργήθηκε καταλαμβάνει έκταση  $1,4\text{km}^2$  [14].

Ένας ακόμη σχετικά μικρής επιφάνειας υγρότοπος στο παρόντα νομό είναι η **λίμνη Πικρολίμνη**, με έκταση  $3,7\text{km}^2$  [34]. Ο υδάτινος αυτός όγκος αφορά σε φυσικό υγρότοπο που βρίσκεται στα νότια του νομού Κιλκίς. Από την δυτική πλευρά της κυλάει ο Γαλλικός ποταμός και στα ανατολικά της ο Αξιός ποταμός [28]. Πρόκειται για εποχιακή λίμνη με αλμυρό νερό που παρότι σήμερα τροφοδοτείται μονάχα από τις βροχοπτώσεις, διατηρεί την αλατότητά της [28], [34]. Η λίμνη Πικρολίμνη είναι ακόμη γνωστή για τα ιαματικά νερά της [34], ενώ, τέλος, αποτελεί ευνοϊκό έδαφος αναφορικά με την ανάπτυξη ορνιθοπανίδας.

Τελευταίος υγρότοπος που θα εξετάσουμε στο παρόν γεωγραφικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας είναι η **λίμνη Δοϊράνη**. Πρόκειται για ένα φυσικό υδάτινο όγκο, ο οποίος εντοπίζεται μεταξύ των συνόρων της χώρας μας με την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (ΠΓΔΜ) [34]. Πιο συγκεκριμένα βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της κοιλάδας μεταξύ των ορέων Μπέλες και Κρούσια, από τα οποία τροφοδοτούνται τα ύδατά της [28]. Βρίσκεται περίπου  $75\text{km}$  βόρεια της Θεσσαλονίκης και  $140\text{km}$  Νότια των Σκοπίων [14]. Συνολικά, η λίμνη Δοϊράνη καταλαμβάνει έκταση ίση με  $28\text{km}^2$ , εκ των οποίων μόνο τα  $10,2\text{km}^2$  ανήκουν στην ελληνική επικράτεια [28]. Ωστόσο, στην μελέτη μας θα την λάβουμε υπόψη ως ενιαίο όγκο. Ο συγκεκριμένος υδάτινος όγκος συγκεντρώνει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον λόγω της πληθώρας βιοποικιλότητας που αναπτύσσεται εντός και εκτός του περιβάλλοντός της, με αξιοσημείωτη υδρόβια, ελώδη βλάστηση, αλλά και ορνιθοπανίδα [34].

#### ο **Ήπειρος**

Το γεωγραφικό διαμέρισμα της Ηπείρου καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της χώρας. Βρέχεται από το Ιόνιο πέλαγος δυτικά και συνορεύει ανατολικά με την Μακεδονία και τη Θεσσαλία. Από την νότια πλευρά, η Ήπειρος εκτείνεται μέχρι τον Αμβρακικό κόλπο και την Αιτωλοακαρνανία (νομός της Στερεάς Ελλάδας), ενώ στα βόρεια, συνορεύει με την Αλβανία [35]. Η Ήπειρος αποτελείται από τους ακόλουθους τέσσερις (4) νομούς [18]:

- ✓ Νομός Άρτας με έδρα την Άρτα
- ✓ Νομός Θεσπρωτίας με έδρα την Ηγουμενίτσα
- ✓ Νομός Ιωαννίνων με έδρα τα Ιωάννινα
- ✓ Νομός Πρέβεζας με έδρα την Πρέβεζα

Την πρωτεύουσα της Ηπείρου αποτελούν τα Ιωάννινα. Συνολικά, το παρόν γεωγραφικό διαμέρισμα έχει έκταση  $9,203\text{km}^2$ , καλύπτοντας μάλιστα το 6,7% του συνόλου της χώρας [35]. Γενικά, συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον από περιβαλλοντικής απόψεως, καθώς χαρακτηρίζεται γεωμορφολογικά από το ορεινό της ανάγλυφο, αλλά και διαθέτει πλήθος επιφανειακών υδάτων, με αποτέλεσμα των παραπάνω το πλούσιο φυσικό περιβάλλον της, τόσο σε χλωρίδα όσο και σε πανίδα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο παρών νομός, καθώς σε αυτόν εμφανίζονται και οι δρακόλιμνες. Οι δρακόλιμνες πέραν της ανεπανάληπτης ομορφιάς τους, προσελκύουν μεγάλο οικοτουριστικό και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον. Μάλιστα, η Ήπειρος είναι αρκετά γνωστή για τις δρακόλιμνες της Τύμφης και του Σμόλικα. Ως Δρακόλιμνες ορίζονται οι αλπικές λίμνες, οι οποίες σχηματίζονται κατά βάση σε βουνά της Ηπείρου. Αντίστοιχα, ως αλπικές λίμνες αναφέρονται οι λίμνες εκείνες οι οποίες σχηματίζονται από το λιώσιμο του παγετώνα του λεκανοπεδίου. Οι λίμνες αυτές μπορεί να είναι εποχιακές ή μόνιμες. Ωστόσο, παρά το ενδιαφέρον που έχουν είναι εκτός του πεδίου ενδιαφέροντος μας, γιατί πέρα της πάρα πολύ μικρής έκτασης που καταλαμβάνουν, συνήθως είναι και εποχιακές. Αυτό σημαίνει, πως δεν υφίστανται καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

Γενικά, και ύστερα από σχετική αναζήτηση, καταλήξαμε πως στην Ήπειρο κάνουμε λόγο για περίπου 18 λίμνες, εκ των οποίων οι δεκατέσσερις (14) καλύπτουν επιφάνεια μικρότερη του ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου ( $<1\text{km}^2$ ). Επομένως, οι λίμνες που τελικά μας αφορούν είναι τέσσερις (4), με σημαντικότερη, αλλά και γνωστότερη, εκείνη της Παμβώτιδας, ή ευρύτερα γνωστή ως λίμνη των Ιωαννίνων.



Εικόνα 2.3: Λίμνη Παμβώτιδα (Ιωαννίνων) [36]

Η **λίμνη Παμβώτιδα** υπάγεται στον νομό των Ιωαννίνων. Πρόκειται για μια φυσική λίμνη η οποία σχηματίζεται από τα νερά των πηγών Ντραμπάντοβας, Σεντενίκου, Τούμπας, Μπλιτσίου και Κρύας Βρύσης [28]. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίζεται στο οροπέδιο των Ιωαννίνων, στην λεκάνη που σχηματίζουν τα όρη Μιτσικέλι και Τόμαρος, με το πρώτο να αποτελεί πηγή τροφοδοσίας της λίμνης [37]. Ο εξεταζόμενος υγρότοπος απαντά σε μια επιφάνεια συνολικής έκτασης των  $24km^2$  [28]. Παρά την διαχρονική υποβάθμιση, εξακολουθεί να προσφέρει έδαφος για πλούσια άγρια ζωή, χλωρίδα αλλά και ορνιθοπανίδα [37]. Τέλος, η Παμβώτιδα συμβάλει σημαντικά και στον οικοτουρισμό, καθώς και παρέχει πολλαπλές χρήσεις υδάτων, όπως για παράδειγμα για αλιεία και άρδευση [37].

Ακόμη, ανατολικά του νομού των Ιωαννίνων, περίπου  $20km$  βορειοδυτικά του Μετσόβου, βρίσκεται και η **τεχνητή λίμνη Αωού**, ή αλλιώς Πηγών Αωού [28]. Η συγκεκριμένη λίμνη αποτελεί έργο της ΔΕΗ, το οποίο κατασκευάστηκε στον ποταμό Αωό το 1989, για παραγωγή ενέργειας. Ενδιαφέρον έχει να σημειωθεί ότι γύρω της βρίσκονται επτά (7) μικρά φράγματα, εκ των οποίων το μεγαλύτερο φτάνει σε ύψος  $78$  περίπου μέτρων [23]. Η συνολική έκταση της λίμνης είναι  $11,5km^2$  ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο  $1.350$  μέτρων [28]. Έτσι, η τεχνητή λίμνη του Αωού χαρακτηρίζεται ως η πιο ορεινή μεγάλη λίμνη της χώρας. Γύρω από το περιβάλλον του υδάτινου αυτού όγκου απλώνονται λόφοι και δάση, καθώς και Εθνικά Πάρκα (Βάλια Κάλντα και Βίκου-Αώου) [28]. Ακόμη, ο παρών υγρότοπος συγκεντρώνει σημαντικό περιβαλλοντικό ενδιαφέρον για την πλούσια χλωρίδα και πανίδα που αναπτύσσεται τόσο εσωτερικά, όσο και στο γύρω περιβάλλον του [28].

Ένα ακόμη υδροηλεκτρικό φράγμα της ΔΕΗ κατασκευάστηκε το 1981 στον Άραχθο ποταμό. Έτσι δημιουργήθηκε η **τεχνητή λίμνη Πουρναρίου**, η οποία βρίσκεται μερικά χιλιόμετρα μακριά από την Άρτα [10]. Κατατάσσεται ως το δεύτερο μεγαλύτερο φράγμα στην Ελλάδα αλλά και στα Βαλκάνια, με αποθηκευτική ικανότητα που φτάνει έως τα  $865$  εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το συγκεκριμένο φράγμα βοηθά πέρα από την παραγωγή ενέργειας και στη συγκράτηση της ροής του ποταμού [23]. Το γεγονός αυτό καθίσταται αρκετά σημαντικό, καθώς ο ποταμός Άραχθος διαπερνά την πόλη της Άρτας. Η λίμνη λοιπόν του Πουρναρίου έχει συνολική έκταση  $18,23km^2$  και βρίσκεται σε υψόμετρο  $140$  μέτρων, με μέγιστο μήκος  $17,73km$  και μέγιστο πλάτος  $7,36km$ . Τέλος, στην υπό μελέτη λίμνη αναπτύσσεται πλούσια πανίδα [10].

Επιπλέον, στην ευρύτερη περιοχή της Ηπείρου υπάρχει και η φυσική **λίμνη Χότκοβα**, ή αλλιώς γνωστή και ως Λιμνοπούλα [38] [39]. Η λίμνη αυτή είναι εποχιακή χειμερινή και

βρίσκεται στον νομό της Θεσπρωτίας, με έκταση  $1,06km^2$  [38]. Μάλιστα, εντοπίζεται  $0,7km$  μακριά από την Παραμυθιά (κωμόπολη της Θεσπρωτίας) [39]. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνει ο συγκεκριμένος υδάτινος όγκος για την πλούσια ζωή πτηνών που φιλοξενεί, ενώ αποτελεί ευνοϊκό έδαφος και για ποικιλία ενδημικών ψαριών και αμφίβιων. Ακόμη, προμηθεύει νερό την γύρω περιοχή, καθώς επίσης φιλοξενεί υγρά λιβάδια τα οποία ευνοούν την βόσκηση κατά την θερινή περίοδο.

#### ο Ανατολική Μακεδονία & Θράκη

Επιπλέον γεωγραφικό διαμέρισμα της χώρας αποτελεί αυτό της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, το οποίο καλύπτει έκταση της τάξεως των  $14.158km^2$ . Το συγκεκριμένο διαμέρισμα καλύπτει το βορειοανατολικό άκρο της χώρας, δηλαδή το ανατολικό τμήμα της Μακεδονίας και ολόκληρη την περιοχή της Θράκης [40]. Ακόμη, συγκαταλέγονται σε αυτό δύο νησιά του Θρακικού Πελάγους, αυτά της Θάσου και της Σαμοθράκης [40], τα οποία εν προκειμένω παραλείπονται. Η Ανατολική Μακεδονία & Θράκη χωρίζεται στους νομούς Δράμας, Καβάλας, Θάσου, Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου, και έχει ως έδρα της την Κομοτηνή [18].

Το παρόν τμήμα συγκεντρώνει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον. Μάλιστα, την περιοχή διαπερνούν δύο μεγάλοι ποταμοί, αυτοί του Έβρου και του Νέστου, ενώ σε αυτή συγκεντρώνονται ακόμη αρκετές λιμνοθάλασσες, οι οποίες όμως βρίσκονται εκτός πεδίου μελέτης. Στο πλαίσιο αυτό, και ύστερα από σχετική έρευνα, καταλήξαμε τελικά σε επτά (7) υπολογίσιμους υδάτινους όγκους, με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον να συγκεντρώνεται στον νομό Δράμας. Η πρώτη λίμνη που εντοπίζεται εκεί είναι η τεχνητή **λίμνη Πλατανόβρυση**, η οποία καλύπτει επιφάνεια ίση με  $3,3km^2$ . Πρόκειται για ένα έργο της ΔΕΗ το οποίο ολοκληρώθηκε το 1998 στον ποταμό Νέστο κυρίως για υδροηλεκτρική παραγωγή και άρδευση [23]. Το φράγμα της Πλατανόβρυσης βρίσκεται στα βόρεια-βορειοανατολικά του Παρανεστίου [10]. Συμπληρωματικά λειτουργεί και η τεχνητή **λίμνη Θησαυρού**, η οποία βρίσκεται στην ίδια περιοχή και πρόκειται για αντίστοιχο έργο της ΔΕΗ που κατασκευάστηκε το 1996 για αντιπλημμυρικούς σκοπούς, επιτελώντας επίσης το ρόλο αντλησιοταμιευτικού σταθμού [23] με την έκταση του ταμιευτήρα να φτάνει στα  $20km^2$  [23]. Συνθέτοντας το ανωτέρω αντλησιοταμιευτικό σύστημα, οι δύο αυτές λίμνες έχουν υψηλή χωρητικότητα και λειτουργούν ως ένα ενιαίο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υδάτων που απελευθερώνονται από το φράγμα του Θησαυρού, αλλά και δυνατότητα άντλησης νερού από την πρώτη λίμνη. Συνολικά αποδίδεται ισχύς 500MW αξιοποιώντας υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο φραγμάτων της τάξεως των 250m [23].



Ακόμη μία τεχνητή λίμνη που εντοπίζεται στο παρόν γεωγραφικό διαμέρισμα είναι η **λίμνη Γρατινής**. Πρόκειται για έναν υδάτινο όγκο που βρίσκεται κοντά στο ομώνυμο χωριό, περίπου  $13\text{km}$  από την Κομοτηνή [41]. Πιο συγκεκριμένα εδράζεται στον νομό Ροδόπης και αφορά έργο της ΔΕΗ, που ευνοεί την υδροδότηση του ΑΗΣ της Κομοτηνής, καθώς και την ύδρευση της ευρύτερης περιοχής. Το παρόν φράγμα κατασκευάστηκε το 2002 στον ποταμό Αμυγδαλόρεμα και καλύπτει έκταση λίμνης  $1\text{km}^2$  ( $0,982\text{km}^2$ ) [23].

Επιπλέον, νοτιοδυτικά του νομού Ροδόπης βρίσκεται κανείς και την **λίμνη Μητρικού**, ή αλλιώς γνωστή και ως Ισμαρίδα [28]. Αφορά σε φυσικό υδάτινο όγκο ο οποίος καταλαμβάνει έκταση ίση με  $3,4\text{km}^2$  [42]. Το όνομα Ισμαρίδα προέρχεται από την αρχαία πόλη Ίσμαρος που συνδέεται με τα ομηρικά χρόνια για το κρασί της, γνωστό ως «ισμαρικός οίνος», με τον οποίο μέθυσε ο Οδυσσέας τον κύκλωπα Πολύφημο [28]. Από την άλλη χαρακτηρίζεται ως Μάνα ή Μητρικού, καθώς παλιά λόγω του νερού και της αλιείας κάλυπτε σημαντικές ανάγκες των κατοίκων της περιοχής [41]. Η υπό εξέταση λίμνη αποτελεί τμήμα του Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, μαζί με τις γειτονικές λιμνοθάλασσες (Έλος, Πτελέα, Αλυκή, Λαγός), τα έλη (Ξηρολίμνη, Αρωγή) και τη λίμνη Βιστωνίδα (άλλη λίμνη του παρόντος διαμερίσματος) [42]. Ευνοεί ακόμη την ανάπτυξη άγριας ζωής με συγκέντρωση σπάνιων και απειλούμενων υδρόβιων πτηνών [42]. Σε αυτό συμβάλλει μάλιστα σημαντικά ο συνεχώς επεκτεινόμενος καλαμιώνας περιμετρικά της λίμνης με ιδιαίτερη εξάπλωση του νεροκάστανου, το οποίο μάλιστα καλύπτει σχεδόν τη συνολική επιφάνεια της λίμνης [41].

Ακόμη, θα εξετάσουμε την φυσική **λίμνη Βιστωνίδα**, η οποία βρίσκεται κοντά στις θρακικές ακτές, μεταξύ των νομών Ροδόπης και Ξάνθης [28]. Η τελευταία εντοπίζεται στο μέσο ενός συμπλέγματος υγροτόπων, από το Δέλτα του ποταμού Νέστου έως την λίμνη Ισμαρίδα, που, όπως προαναφέρθηκε, αποτελούν τμήμα του τοπικού Εθνικού Πάρκου [42]. Η παρούσα λίμνη καταλαμβάνει έκταση της τάξεως των  $45\text{km}^2$  και μάλιστα αφορά στην 4<sup>η</sup> μεγαλύτερη σε μέγεθος φυσική λίμνη της ηπειρωτικής Ελλάδας [41]. Στα νότια της η λίμνη αυτή χωρίζεται από το Θρακικό πέλαγος και τον Βιστωνικό κόλπο, από μια στενή λωρίδα γης στην οποία απλώνονται και άλλοι υγρότοποι, αυτοί του Πόρτο Λάγος, επικοινωνώντας έτσι με τη θάλασσα μέσω τριών καναλιών [28]. Έτσι, λόγω της επικοινωνίας της με την θάλασσα χαρακτηρίζεται και ως λιμνοθάλασσα [41]. Η σύνδεση αυτή με το θαλασσινό νερό ευνοεί το φαινόμενο της μεταβαλλόμενης αλατότητας, κάτι το οποίο επιδρά θετικά στην ανάπτυξη διαφορετικού και ποικίλου τύπου βιοτόπων και γενικότερα της ανάπτυξης πλούσιας βιοποικιλότητας του υγροτόπου, παρά την ανάσχεση ανάπτυξης κάποιων ειδών, όπως για παράδειγμα της

ιχθυοπανίδας [42]. Ακόμη, η διαδικασία εισροής αλμυρού νερού ευνοεί και στον αυτοκαθαρισμό του υδάτινου όγκου κατά την χειμερινή περίοδο [42]. Τέλος, όλη αυτή η ανάπτυξη χλωρίδας και πανίδας στον συγκεκριμένο υγρότοπο τον καθιστά έναν από τους σημαντικότερους της περιοχής της Θράκης, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με την τοπική ορνιθοπανίδα [28].

Επιπροσθέτως, στον Έβρο φιλοξενείται ένα σύμπλεγμα λιμνών. Πιο συγκεκριμένα, στο Δέλτα του Έβρου βρίσκονται οι λίμνες Νυμφών, Σκέπη, Τσεκούρι, Σπίτια και Γυναίκα. Πρόκειται για φυσικές λίμνες, οι οποίες κατά τη διάρκεια περιοδικών πλημμυρών την χειμερινή περίοδο καλύπτουν το νοτιοανατολικό τμήμα του Δέλτα [41]. Εντός του Δέλτα υπάρχουν και λιμνοθάλασσες. Το Δέλτα του ποταμού Έβρου απέχει λίγο υψομετρικά από την επιφάνεια της θάλασσας και έτσι προκύπτουν μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις στην ροή των νερών. Αποτέλεσμα αυτών είναι να πλημμυρίζει η ευρύτερη περιοχή, από τις Φέρες έως και τη θάλασσα [41]. Έτσι, σχηματίζονται μόνιμες ή εποχιακές λίμνες. Δηλαδή, η περιοχή του Δέλτα του Έβρου πλημμυρίζει και αποτελεί κατά τον χειμώνα μια ενιαία σχετικά λίμνη, ενώ κατά τους θερινούς μήνες κάποιες λίμνες ή λιμνοθάλασσες του συμπλέγματος αυτού έχουν ακόμη και αποξηραθεί πλήρως. Η λίμνη που θα εστιάσουμε και θα εξετάσουμε ξεχωριστά ως προς την μελέτη μας είναι αυτή των **Νυμφών**, καθώς είναι μόνιμη και η μοναδική υπολογίσιμη ( $\geq 1 \text{ km}^2$ ) εφόσον η επιφάνεια που καλύπτει αντιστοιχεί σε έκταση της τάξεως των  $2,4 \text{ km}^2$  [41]. Η λίμνη των Νυμφών παρουσιάζει ακόμη έντονο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, με ανάπτυξη πλούσιας χλωρίδας στον περιβάλλοντα χώρο της [41].

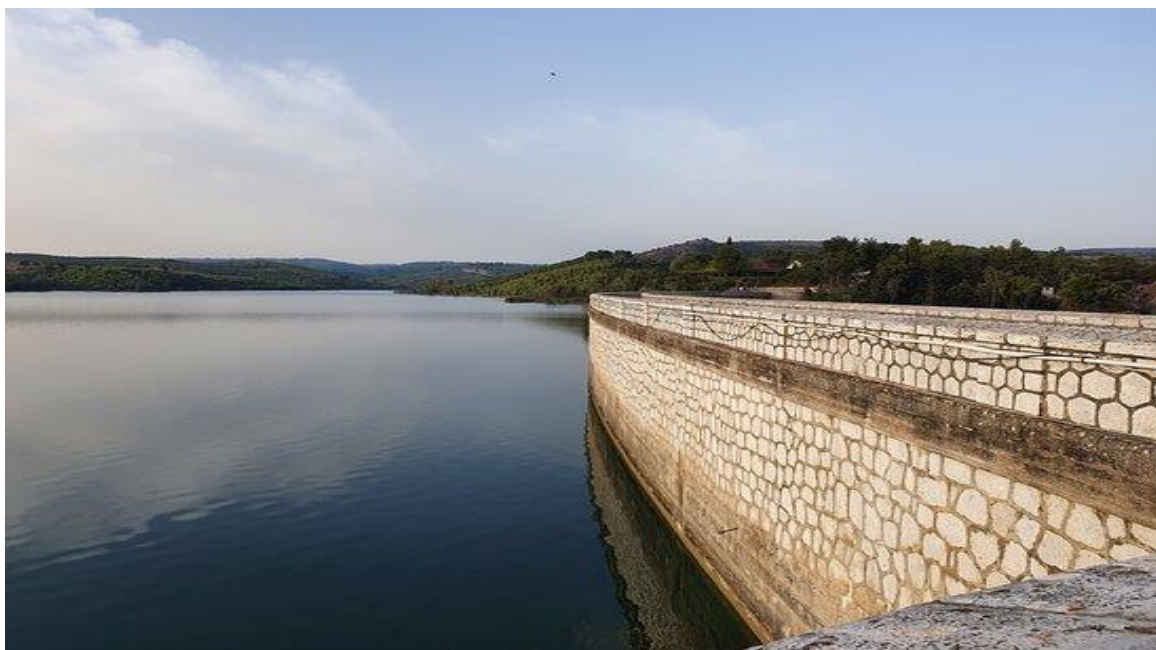
Τέλος, στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης βρίσκεται ένα ακόμη σύμπλεγμα αυτό των λιμνών **Χρυσούπολης**. Βορειοανατολικά του ομώνυμου χωριού, εντοπίζεται περιοχή η οποία χαρακτηρίζεται από 20 μικρούς ως μέτριους υγροτόπους, εκ των οποίων οι 7 μεγαλύτεροι αποτελούν λίμνες [43]. Συνολικά οι υγρότοποι αυτοί καλύπτουν επιφάνεια ίση με  $20 \text{ km}^2$  και στην περίπτωση μας θεωρηθούν ως μία ενιαία λίμνη. Η λίμνη αυτή ευνοεί στην ανάπτυξη χλωρίδας και πανίδας στην ευρύτερη περιοχή της και όντας μη εκμεταλλεύσιμη από τον άνθρωπο (έως τώρα τουλάχιστον), δεν έχει υποστεί υποβάθμιση. Επομένως, από περιβαλλοντικής απόψεως θεωρείται εξέχουσας σημασίας [43].

## ο Αττική

Ακολούθως θα μελετήσουμε την Αττική, η οποία αφορά σε έναν από τους νομούς της Στερεάς Ελλάδας (γεωγραφικό διαμέρισμα) και καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της [21]. Ωστόσο, εφόσον η μελέτη μας βασίζεται στον αναλυτικό διαχωρισμό περιφερειών / διαμερισμάτων, την εξετάζουμε ξεχωριστά. Η συνολική της έκταση φτάνει στα  $3.808 \text{ km}^2$ , ενώ πρόκειται για την πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή της Ελλάδας. Πρωτεύουσα του νομού, αλλά και της χώρας γενικότερα, είναι η Αθήνα [18]. Η Αττική συνορεύει από την βόρεια και δυτική πλευρά της με τον νομό της Βοιωτίας (ακόμη ένας νομός της Στ. Ελλάδας) και βρέχεται βόρεια από το νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Νότια βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο. Επιπλέον, στον παρόντα νομό περιλαμβάνονται τα Κύθηρα, τα Αντικύθηρα, τα νησιά του Αργοσαρωνικού και η Τροιζηνία Αργολίδας (νομός Πελοποννήσου) [21]. Εφόσον, όμως εστιάζουμε στην Ηπειρωτική Ελλάδα, αντιλαμβανόμαστε πως τα παραπάνω νησιά βρίσκονται εκτός του πεδίου μελέτης μας.

Όπως είναι λογικό, ως κεντρικό και πληθυσμιακά επιβαρυνμένο σημείο της χώρας, στερείται πλούσιου φυσικού περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, ο υπό μελέτη νομός είναι ευρέως γνωστός για κάποια φυσικά τοπία, εκ των οποίων κάποια από αυτά αφορούν και σε υδάτινους όγκους. Μάλιστα, πολύ γνωστοί υδροβιότοποι της Αττικής είναι η φυσική λίμνη Βουλιαγμένης και η τεχνητή λίμνη Μπελέτσι. Ωστόσο, η έκταση των δύο αυτών λιμνών είναι εξαιρετικά μικρή ( $<1 \text{ km}^2$ ), επομένως δεν θα μας απασχολήσουν. Στα πλαίσια αυτά (μικρής έκτασης λίμνες) εντάσσονται άλλες δύο (2) λίμνες. Ύστερα, λοιπόν από σχετική αναζήτηση, καταλήξαμε πως στην Αττική το ενδιαφέρον μας περιορίζεται σε μία (1) μόνο σημαντική λίμνη, αυτή του Μαραθώνα.

Η **λίμνη του Μαραθώνα** είναι τεχνητή λίμνη, η οποία κατασκευάστηκε με την ανύψωση φράγματος το 1931, στη συμβολή των χειμάρρων του ποταμού Χαράδρου, και αποτελεί έργο της ΕΥΔΑΠ [23]. Βασικός σκοπός ήταν η υδροδότηση της Αθήνας. Ωστόσο, πλέον, και ύστερα από τη ραγδαία αύξηση του τοπικού πληθυσμού, η Αττική καλύπτει τις αρδευτικές της ανάγκες κυρίως από την λίμνη του Μόρνου (λίμνη της Στερεάς Ελλάδας στον νομό Φωκίδας) [23]. Η συνολική έκταση της λίμνης Μαραθώνα είναι  $2,45 \text{ km}^2$  και φτάνει σε μέγιστο βάθος της τάξεως των 54 μέτρων. Η μέγιστη χωρητικότητα της συγκεκριμένης λίμνης είναι  $41.000.000 \text{ m}^3$ , εκ των οποίων αντλούνται τα  $34.000.000 \text{ m}^3$ . Ενδιαφέρον ακόμη είναι να αναφέρουμε πως η λίμνη αυτή φιλοξενεί ποικιλία ειδών πανίδας και χλωρίδας, και ως εκ τούτου λογίζεται ως εξέχουσα περιβαλλοντικής σημασίας [23].



Εικόνα 2.4: Τεχνητή λίμνη Μαραθώνα [44]

#### ο Δυτική Μακεδονία

Στην συνέχεια θα εστιάσουμε στο κομμάτι της Δυτικής Μακεδονίας. Το γεωγραφικό αυτό τμήμα αφορά ουσιαστικά στο δυτικό σκέλος της Μακεδονίας και καταλαμβάνει έκταση  $9.451 km^2$  [18]. Αποτελείται από τους νομούς Γρεβενών, Καστοριάς, Φλώρινας και Κοζάνης, με την τελευταία να αποτελεί και την μεγαλύτερη πόλη αλλά και πρωτεύουσα του υπό εξέταση γεωγραφικού διαμερίσματος [45]. Η συγκεκριμένη περιφέρεια είναι ύψιστης σημασίας, χαρακτηριζόμενη και ως «ενεργειακή καρδιά» της Ελλάδας, αφού σε αυτήν παραγόταν, μέχρι και πρόσφατα, περίπου το 75% (2/3) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας [18].

Επιπλέον, η Δυτική Μακεδονία είναι ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας, καθώς στο έδαφός της φιλοξενείται πλούσια άγρια ζωή και αρκετοί υγρότοποι. Μάλιστα, σε αυτή εντοπίζονται 15 συνολικά υδάτινα σώματα από τα οποία θα μας απασχολήσουν τα 9. Επομένως, παρατηρούμε πως σχεδόν το σύνολο των λιμνών που βρίσκονται στον γεωγραφικό αυτό τόπο είναι υψηλής σημασίας ή/και υπολογίσιμης επιφάνειας ( $\geq 1 km^2$ ). Ακόμη, οι φυσικές με τις τεχνητές λίμνες στο διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας είναι σχετικά ισομοιρασμένες με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον να συγκεντρώνεται στον νομό της Φλώρινας.

Έτσι, αρχικά θα εξετάσουμε την φυσική λίμνη **Ζάζαρη**, η οποία βρίσκεται νότια του νομού αυτού, στους πρόποδες του Βέρνου [28]. Από την δυτική της πλευρά απλώνονται οι πρόποδες του όρους Βίτσι, στα βόρεια συναντιέται με την κοιλάδα της Κλεισούρας, ενώ από την ανατολική της πλευρά ξεπροβάλλει η πεδιάδα της Εορδαίας [28]. Το εξεταζόμενο υδάτινο σώμα

καταλαμβάνει έκταση  $2km^2$  και αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό βιότοπο, κυρίως λόγω της орνιθοπανίδας που ευνοείται στα ύδατά του [28]. Ακόμη, αποτελεί έναν υψηλής σημασίας υγρότοπο, αφού σε αυτόν βρίσκουν καταφύγιο πλήθη πτηνών, όπως ερωδιοί και σπάνια αρπακτικά [28].

Ένα επόμενο σημείο ενδιαφέροντος αποτελεί η φυσική **λίμνη Πετρών**, η οποία εντοπίζεται και αυτή στην Φλώρινα. Πιο συγκεκριμένα φιλοξενείται στην λεκάνη που σχηματίζεται από τα όρη Τρικάλιο, Βαρνούντας, Βέρνο και Βόρας και βρίσκεται σχεδόν  $3km$  δυτικά από την λίμνη Βεγορίτιδα. Ακόμη, τροφοδοτείται από την λίμνη Χειμαδίτιδα [34], ενώ γύρω της απλώνονται πυκνοί καλαμιώνες [28]. Ο παρών υγρότοπος θεωρείται οριακά υποβαθμισμένος εξαιτίας κυρίως των αστικών λυμάτων που δέχεται, αλλά και των εξαντλητικών γεωτρήσεων, καθώς και άλλων αιτιών [28]. Παρόλα αυτά εξακολουθεί να αποτελεί εξέχουσας σημασίας υδροβιότοπο, με πληθώρα οργανισμών και ιδιαίτερα πτηνών [34].

Η **λίμνη Χειμαδίτιδα** περιγράφει έναν επιπλέον υγρότοπο του νομού της Φλώρινας και καλύπτει μια επιφάνεια  $10,8km^2$ . Πιο συγκεκριμένα, φιλοξενείται μαζί με άλλες λίμνες, όπως για παράδειγμα είναι η δίδυμή της λίμνη Ζάζαρη, από την οποία ακόμα τροφοδοτείται στην λεκάνη που σχηματίζεται από τα βουνά Βέρνο, Βόρα, Άσκιο και Βέρμιο, νότια του νομού Φλώρινας και κοντά στον νομό Κοζάνης [28]. Ο περιβάλλοντας χώρος της Χειμαδίτιδας αποτελείται από ελώδεις εκτάσεις, αλλά και καλαμιώνες. Το συγκεκριμένο υδάτινο σώμα συμβάλει επίσης περιβαλλοντικά, όντας ιδανικός προορισμός πληθώρας παρυδάτιων και υδροβίων πτηνών [28]. Γενικότερα, πρόκειται για σημαντικό πόλο орνιθοπανίδας και ιχθυοπανίδας, με ιδιαίτερη έμφαση στη βαλτόπαπια αλλά και το γκισαρί [28].

Ακόμη, στο νομό Φλώρινας υπάρχουν δύο φυσικά υδάτινα σώματα, αυτά της μεγάλης και της μικρής Πρέσπας. Θεωρούνται ως οι παλαιότερες λίμνες στην Ευρώπη που σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της Πλειόκαινης γεωλογικής περιόδου [34]. Αρχικά, συνήθιζαν να αποτελούν έναν ενιαίο υγρότοπο, ενώ αργότερα, και μέχρι και σήμερα, λόγω εναποθέσεων πολλών φερτών υλικών από τους γειτονικούς χείμαρρους, περιγράφουν δύο ξεχωριστούς υδάτινους όγκους, που χωρίζονται μέσω μιας λωρίδας αμμώδους εδάφους περίπου  $4km$  [34]. Οι λίμνες αυτές βρίσκονται μεταξύ των ορέων Τρίκλαρο και Βάρνος, αλλά απλώνονται και σε τμήμα της ΠΓΔΜ και της Αλβανίας, ενώνοντας έτσι τρία έθνη [28]. Η στάθμη της Μικρής Πρέσπας είναι υψηλότερη από αυτή της Μεγάλης και ο πρώτος υδάτινος όγκος τροφοδοτεί τον δεύτερο, με τη βοήθεια καναλιού στη θέση Κούλα. Η **Μικρή Πρέσπα** καταλαμβάνει έκταση ίση με  $43,5km^2$  και ένα μικρό τμήμα της φιλοξενείται στην Αλβανία [25]. Από την άλλη, η **Μεγάλη**

**Πρέσπα** καλύπτει συνολικά επιφάνεια  $253,6\text{km}^2$ , εκ των οποίων το μεγαλύτερο κομμάτι εντοπίζεται στην ΠΓΔΜ, με μόνο τα  $37,6\text{km}^2$ , τα οποία και θα λάβουμε υπόψη τελικά στην μελέτη μας, να ανήκουν στο Ελληνικό έδαφος [34]. Μαζί, οι δύο υπό εξέταση πόροι ανήκουν στο Εθνικό Πάρκο Πρεσπών και αποτελούν ενιαίο οικοσύστημα, το οποίο μάλιστα περιγράφει μια από τις σημαντικότερες περιοχές της χώρας αναφορικά με τη χλωρίδα της. Επιπλέον, αποτελεί τόπο φιλοξενίας άγριων πουλιών [28], [46].

Επιπρόσθετα, στην Δυτική Μακεδονία (Κοζάνη) βρίσκεται και η **λίμνη του Πολυφύτου**. Ο υδάτινος αυτός όγκος περιγράφει την 4<sup>η</sup> μεγαλύτερη λίμνη του πεδίου μελέτης μας, καθώς καλύπτει επιφάνεια έκτασης  $74\text{km}^2$  [23]. Πρόκειται για τεχνητή λίμνη που κατασκευάστηκε το 1974 από την ΔΕΗ στον ποταμό Αλιάκμονα για αρδευτικούς, και υδρευτικούς σκοπούς, αλλά και για ηλεκτροπαραγωγή [23]. Ο περιβάλλοντας χώρος της φιλοξενεί πληθώρα ορέων όπως την Πιέρια και το Βέρμιο, ενώ στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσονται εκτεταμένες καλλιέργειες και υγρά λιβάδια [28]. Τα ύδατα του Πολυφύτου ανανεώνονται κυρίως από τον ποταμό Αλιάκμονα, αλλά και από διάφορους χειμάρρους (π.χ. Βελβενδού, Καισαρείας) [28]. Ακόμη, το υδάτινο αυτό σώμα χαρακτηρίζεται από πλούσια βιοποικιλότητα, με έμφαση στην ορνιθοπανίδα, καθώς μάλιστα περιγράφει και έναν από τους πλουσιότερους ψαρότοπους στην ηπειρωτική χώρα, καθώς και έχει ενδιαφέρον σχετικά με τα πτηνά που φιλοξενούνται και προστατεύονται στον χώρο του [28].

Επόμενο σημείο αναφοράς μας αποτελεί η **λίμνη Αγίου Γεωργίου** στα Γρεβενά. Πρόκειται για ένα τεχνητό κατασκευάσμα που περατώθηκε το 1996, κυρίως για την εξυπηρέτηση αρδευτικών αναγκών στην ευρύτερη περιοχή, στη συμβολή των λάκκων Κεραμίδα και Μύλοι [47]. Το συγκεκριμένο υδάτινο σώμα απαντά σε επιφάνεια  $7\text{km}^2$ . Ο περιβάλλοντας χώρος της λίμνης περιλαμβάνει ποικιλία χλωρίδας με αποτέλεσμα να αποτελεί καταφύγιο για διάφορα είδη άγριας ζωής και δη υδρόβιων πτηνών [47]. Παρόλα αυτά μοιάζει υποβαθμισμένη, καθώς και εγκαταλελειμμένη εν γένει.

Άλλο ένα φράγμα που εγκαταστάθηκε στον νομό αυτό είναι εκείνο που αναφέρεται στην **λίμνη Ιλαρίωνα**, στον ποταμό Αλιάκμονα. Πιο συγκεκριμένα, εκτείνεται από το νοτιοανατολικό άκρος των Γρεβενών έως την περιοχή Αιανής στην Κοζάνη [10]. Αποτελεί άλλο ένα έργο της ΔΕΗ που έλαβε χώρα το 2012 για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς, αλλά και για παραγωγή ισχύος της τάξεως των  $157,2\text{MW}$ , ενώ καταλαμβάνει έκταση ίση με  $21,9\text{km}^2$  [23]. Ο συγκεκριμένος υδάτινος όγκος χαρακτηρίζεται επίσης από πλούσια χλωρίδα και πανίδα [10].

Τέλος, αναφορικά με τις λίμνες της Δυτικής Μακεδονίας θα μας απασχολήσει η **λίμνη Ορεστιάδα**, ή πιο ευρέως γνωστή και ως λίμνη της Καστοριάς. Περιγράφει έναν φυσικό υδάτινο όγκο σχετικά μεγάλης έκτασης, περίπου  $28km^2$ , και εντοπίζεται στον νομό Καστοριάς [34]. Ο παρών υδάτινος όγκος βρίσκεται περίπου στην μέση της λεκάνης που σχηματίζεται από τα όρη Βόιο, Τρικλάριο, Βέρνο και Βίτσι, από την βόρεια πλευρά της, και στις απολήξεις του Ασκίου από τα ανατολικά [34]. Τροφοδοτείται από τα ύδατα του ρέματος της Βυσσινιάς και του Ξηροπόταμου, αλλά και από τα επιφανειακά νερά της λεκάνης, καθώς και από υπολίμνιες αναβλύσεις [34]. Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί καταφύγιο για πολλά είδη άγριας ζωής, αλλά και χλωρίδας, με ιδιαίτερη έμφαση στην ορνιθοπανίδα [28], αποτελώντας σημαντική περιοχή αναπαραγωγής και επιβίωσης πλήθους σπάνιων ειδών [28].



*Εικόνα 2.5: Λίμνη Ορεστιάδα (Καστοριάς) [28]*

#### ο **Στερεά Ελλάδα**

Τέλος, ακολουθεί το γεωγραφικό διαμέρισμα της Στερεάς Ελλάδας, το οποίο αποτελεί μία σημαντική πολιτιστική αλλά και ιστορική περιφέρεια της χώρας. Η συνολική έκταση της φτάνει τα  $15.549km^2$ . Μάλιστα, αφορά σε ποσοστό 11,8% επί της συνολικής επικράτειας και έτσι περιγράφει την 2<sup>η</sup> μεγαλύτερη σε έκταση ελληνική περιφέρεια, ενώ αποτελείται από ηπειρωτικό, αλλά και νησιωτικό τμήμα [48]. Η περιφέρεια αυτή βρίσκεται στο κέντρο της χώρας και συνορεύει δυτικά με τη Δυτική Ελλάδα, βόρεια με τη Θεσσαλία, από την νότια πλευρά με την Αττική, καθώς και βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο, ενώ στα ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος και τον Ευβοϊκό Κόλπο [48]. Το εν λόγω γεωγραφικό διαμέρισμα αποτελείται από τους νομούς Βοιωτίας, Εύβοιας, Ευρυτανίας, Φθιώτιδας και Φωκίδας [18]. Ως έδρα της έχει την Λαμία, η οποία αποτελεί επίσης την πρωτεύουσα του νομού



Φθιώτιδας. Στο πλαίσιο αυτό, και παρόλο που η Εύβοια θεωρείται νησί, θα την λάβουμε υπόψη μας, αφενός λόγω της εκτεταμένης έκτασης που καταλαμβάνει, αφετέρου λόγω του ότι ηλεκτρικά αποτελεί τμήμα της ηπειρωτικής χώρας.

Η Στερεά Ελλάδα διαθέτει επίσης πλούσια γεωμορφολογικά, κοινωνικοοικονομικά, αλλά και περιβαλλοντικά ενδιαφέροντα. Μάλιστα, ύστερα από έρευνα σχετικά με τους υγροτόπους της, φαίνεται να φιλοξενεί συνολικά 12, εκ των οποίων θα μας απασχολήσουν οι 5. Η σημαντικότερη σε έκταση λίμνη της Στερεάς Ελλάδας είναι αυτή της **Υλίκης**, της οποίας η έκταση φτάνει τα  $25\text{km}^2$  [27].



*Εικόνα 2.6: Λίμνη Υλίκη [49]*

Ο παρών υγρότοπος βρίσκεται στο νομό Βοιωτίας και καλύπτει ένα μικρό κομμάτι του νομού Ευβοίας. Πιο συγκεκριμένα εντοπίζεται στα νοτιοανατολικά όρια του Δήμου Ορχομενού και βορειοδυτικά του Δήμου Θηβαίων, στη λεκάνη που σχηματίζουν τα βουνά Κτυπάζ ή Μεσσάπιο στα ανατολικά, το όρος Πτώο στα βόρεια και το όρος Σφίγγειο στα δυτικά. Η λεκάνη της λίμνης Υλίκης έχει ακανόνιστο σχήμα και συνδέεται υπόγεια με αγωγούς που επικοινωνούν νοτιοδυτικά με την αποξηραμένη λίμνη Κωπαΐδας και βορειοανατολικά με την περιοχή του



Ευβοϊκού κόλπου [27]. Τροφοδοτείται ακόμη από τους ποταμούς Βοιωτικό, Κηφισό και Μέλανα. Επιπροσθέτως, ο υπό εξέταση υδάτινος όγκος χρησιμοποιείται για σκοπούς υδροδότησης της Αθήνας και έτσι η ποιότητα των νερών του ελέγχεται από την ΕΥΔΑΠ [27]. Γενικά, από περιβαλλοντικής απόψεως δεν εμπνέει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω περιορισμένης βλάστησης και πανίδας γενικότερα. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι στον βυθό της ζει το ενδημικό είδος καλαμίθρα, με τη λίμνη να αποτελεί το μοναδικό σημείο σε ολόκληρα τα Βαλκάνια όπου εντοπίζεται το συγκεκριμένο είδος ψαριού.

Στην Βοιωτία φιλοξενείται ακόμη μια φυσική λίμνη, αυτή της **Παραλίμνης**. Ο υγρότοπος αυτός καταλαμβάνει μια επιφάνεια της τάξεως των  $15km^2$  [27]. Η λίμνη Παραλίμνη βρίσκεται στο βύθισμα που σχηματίζεται από τα βουνά Πτώο, Κτυπά και Μεσσάπιο, και ενώνεται μέσω σήραγγας με την λίμνη Υλίκη [27]. Μάλιστα, αρκετά πιο παλιά οι λίμνες Υλίκη, Παραλίμνη και Κωπαΐδα αποτελούσαν μία ενιαία λίμνη [27]. Γενικά, συγκεντρώνει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, καθώς φιλοξενεί πλήθος πανίδας και χλωρίδας, ενώ, χαρακτηριστικό της σημείο είναι ένα μικρό «δάσος» από λευκά νούφαρα που σχηματίζονται στην επιφάνειά της [10], [28].

Επόμενη λίμνη που θα εξετάσουμε στην Στερεά Ελλάδα είναι αυτή του **Μόρνου**, η οποία ανήκει στον νομό Φωκίδας και βρίσκεται δυτικά του Λιδωρικού, ανάμεσα στη Γκιώνα και τα Βαρδούσια, ενώ καταλαμβάνει έκταση ίση με  $15km^2$  [23]. Πρόκειται για τεχνητή λίμνη, η οποία κατασκευάστηκε για υδρευτικούς σκοπούς από την ΕΥΔΑΠ το 1979, στον ομώνυμο ποταμό. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα φράγματα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το οποίο βρίσκεται σε υψόμετρο 500 μέτρων [23]. Γενικότερα, ο παρών υγρότοπος αποτελεί μεγάλο υδάτινο οικοσύστημα, το οποίο βρίσκεται μεταξύ πεδιάδων, βουνών και δασικών λόφων. Η λίμνη αυτή έχει μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, εφόσον σε αυτήν φιλοξενούνται πλήθη άγριας ζωής, φυτών καθώς και έντονη ιχθυοπανίδα [28], ενώ, παρά το ανεξέλεγκτο κυνήγι και τη ρύπανση εξαιτίας αγροτικών λυμάτων, κατορθώνει και "επιβιώνει" [20].

Επιπλέον, θα μας απασχολήσει το τμήμα της Εύβοιας, στην οποία φιλοξενούνται δύο (2) λίμνες. Αρχικά, η **λίμνη του Δύστου**, η οποία αφορά σε φυσικό υδάτινο όγκο με έκταση  $4,5km^2$  [27]. Το υπό εξέταση σημείο αναφοράς βρίσκεται νοτιοανατολικά του Αλιβερίου και βόρεια των Ζαράκων. Η λίμνη αυτή χαρακτηρίζεται από την αυξομειούμενη στάθμη της, η οποία κατά βάση καθορίζεται από τις καιρικές συνθήκες, αλλά και από την παρατεταμένη ανομβρία [27]. Μάλιστα, στην τελευταία περίπτωση ο υδάτινος αυτός όγκος οριακά αποξηραίνεται, και συνδυαστικά με την υπεράντληση νερών για αρδευτικούς σκοπούς,

αποδυναμώνεται σημαντικά. Γενικότερα, η λίμνη Δύστος της Εύβοιας θεωρείται ύψιστης σημασίας, και δη περιβαλλοντικής, καθώς ανήκει σε διάφορα πλαίσια προστασίας, όπως για παράδειγμα στην «Ζώνη Ειδικής Προστασίας» κ.ά. Σε αυτήν φιλοξενούνται πλήθη άγριας ζωής και χλωρίδας με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τα πτηνά και ειδικότερα τους ερωδιούς [28]. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο υποβαθμίζεται διαρκώς λόγω γεωργικών εκτάσεων που αναπτύσσονται περιμετρικά, αλλά και πυρκαγιών που λαμβάνουν χώρα. Επομένως, απειλείται με πλήρη αποξήρανση.

Τέλος, η τελευταία **λίμνη** που εξετάζουμε είναι αυτή των **Ορυχείων**. Μια ιδιαίτερη περίπτωση υγροτόπου, ένα παράδειγμα του πως η φύση "επουλώνεται" [50]. Πρόκειται στην ουσία για σύμπλεγμα λιμνών οι οποίες δημιουργήθηκαν κατόπιν διακοπής εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Έτσι, στους ανενεργούς κρατήρες (αναβαθμούς) σχηματίστηκαν λίμνες, οι οποίες τροφοδοτήθηκαν από βροχοπτώσεις και υπόγεια ύδατα [27]. Οι λίμνες αυτές βρίσκονται στην βόρεια Εύβοια και πιο συγκεκριμένα στο Μαντούδι, στο Αλιβέρι και σε άλλες περιοχές. Πρόκειται στην ουσία για 14 λίμνες οι οποίες καταλαμβάνουν συνολική έκταση  $1\text{ km}^2$  [27]. Οι λίμνες χωρίζονται σε δύο γεωγραφικά συμπλέγματα. Το πρώτο βρίσκεται προς την ανατολική ακτή, από την μεριά του Αιγαίου, μεταξύ των χωριών Προκόπι και Μαντούδι, και το δεύτερο εντοπίζεται στις βορειοανατολικές παρυφές του Όρους Κανδήλι, μεταξύ των χωριών Δαφνώνα, Τρουπίου, Κάκαβου, Σπαθαρίου και Καλυβιών [27]. Γενικά, αναπτύσσεται ζωή τόσο γύρω όσο και εντός των λιμνών αυτών, αλλά όχι ιδιαίτερης σημασίας συγκριτικά με άλλες λίμνες [27].

## 2.3 Συγκεντρωτικά δεδομένα χαρτογράφησης λιμνών

Σε αυτό το σημείο, βάσει της παραπάνω ανάλυσης και μελέτης, έχουμε ήδη αποκτήσει μια πρώτη αίσθηση κατανομής του υδάτινου δυναμικού στην χώρα. Χρήσιμο θα ήταν λοιπόν να συγκεντρώναμε αυτά τα αρχικά δεδομένα προκειμένου να αποκτήσουμε μια πιο συλλογική εικόνα της κατάστασης, και πιο συγκεκριμένα του δείγματος μελέτης μας. Παρατηρώντας λοιπόν πως στην Ηπειρωτική Ελλάδα κάνουμε εν τέλει λόγο για πενήντα τρεις (53) συνολικά λίμνες, τόσο φυσικές, όσο και τεχνητές, ακολουθεί πίνακας (**Πίνακας 2.1**), στον οποίο περιλαμβάνονται αναλυτικά τα σημεία ενδιαφέροντος, συνοδευόμενα από τις συντεταγμένες στις οποίες αυτά αναφέρονται.

A/A	Λίμνη	Κατηγορία	Γεωγραφικό Διαμέρισμα	Γεωγραφικό Διαμέρισμα (αναλυτικό)	Νομός	Επιφάνεια (τετρ. Χιλιομ.)	Lat	Lon	Κατηγορία
1	Αγ. Βαρβάρας	Τεχνητή	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Ημαθία	2,6	40,4907380	22,2602090	μικρές
2	Αγίου Γεωργίου	Τεχνητή	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Γρεβενά	7	40,1819120	21,4340560	μικρές
3	Άγρα-Βρυτιών-Νησί	Τεχνητή	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Πέλλας	6	40,8040000	21,9481000	μικρές
4	Αμβρακία	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	14,5	38,7520930	21,1818490	μικρές
5	Αράνη	Τεχνητή	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Κιλίκι	1,4	41,0314000	22,6482000	μικρές
6	Αώου	Τεχνητή	Ηπειρος	Ηπειρος	Ιωάννινα	11,4	39,8281740	21,0736960	μικρές
7	Βαγορίτιδα	Φυσική	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Πέλλας	40	40,7524160	21,8023920	μεσαίες
8	Βιστωνίδα	Φυσική	Θράκη	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Εάνθη	45	41,0404600	25,1144450	μεσαίες
9	Βόλβη	Φυσική	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Θεσσαλονίκης	68,6	40,6775900	23,4346270	μεγάλες
10	Βουλγαριά	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	9,4	38,8636870	20,9419350	μικρές
11	Γρατινής	Τεχνητή	Θράκη	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ροδόπη	1	41,1630950	25,5202840	μικρές
12	Δοϊράνη	Φυσική	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία/ΠΓΔΜ	Κιλίκι/ΠΓΔΜ	28	41,2107690	22,7438730	μεσαίες
13	Δύστος	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Εύβοια	4,5	38,3621440	24,1267870	μικρές
14	Ευήνου	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	3,5	38,6667560	21,8536250	μικρές
15	Ζάζαρη	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	2	40,6253770	21,5459930	μικρές
16	Θησαυρού	Τεχνητή	Μακεδονία	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Δράμας	20	41,3328240	24,3435970	μικρές
17	Ικαριώνα	Τεχνητή	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Γρεβενά	21,9	40,0902830	21,7866670	μεσαίες
18	Καϊάφα	Φυσική	Πελοπόννησος	Δυτική Ελλάδα	Ηλεία	1,68	37,5091950	21,6106880	μικρές
19	Κάρλα	Τεχνητή	Θεσσαλία	Θεσσαλία	Λαρίση/Μαγνησίας	37,37	39,4941680	22,8286800	μεσαίες
20	Καστρακίου	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	28	38,7972700	21,3621960	μεσαίες
21	Κερκίνη	Τεχνητή	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Σερρών	109,96	41,2095460	23,1412370	μεγάλες
22	Κρεμαστών	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα/Στ. Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία/Ευρυτανία	81	38,9507170	21,4978540	μεγάλες
23	Λάδινα	Τεχνητή	Πελοπόννησος	Πελοπόννησος	Αρκαδία	4	37,7615840	22,0074340	μικρές
24	Λισμαχία	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	13	38,9609680	21,3737620	μικρές
25	Μαραθώνα	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Αττική	Αττική	2,45	38,1628990	23,8939910	μικρές
26	Μαγάλη Πρέσπα	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία/Αλβανία/ΠΓΔΜ	Φλώρινα/Αλβανία/ΠΓΔΜ	37,6	40,8708420	21,0280940	μεσαίες
27	Μητρικού (Ισμαρίδα)	Φυσική	Θράκη	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ροδόπη	3,4	40,9837850	25,3168790	μικρές
28	Μικρή Πρέσπα	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	43,5	40,7658740	21,1077450	μεσαίες
29	Μόρνος	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Φωκίδα	15	38,5401900	22,1534390	μικρές
30	Νυμφών	Φυσική	Θράκη	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Έβρος	2,4	40,7611980	28,0782550	μικρές
31	Οζερός	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	9,4	38,6538340	21,2216680	μικρές
32	Ορεστιάδα (Καστοριάς)	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Κατοριάς	28	40,5247290	21,2976160	μεσαίες
33	Ορυχειών (14 λίμνες)	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Εύβοια	1	37,7708880	23,4830000	μικρές
34	Παμβώτιδα	Φυσική	Ηπειρος	Ηπειρος	Ιωάννινα	24	39,6656300	20,8829930	μεσαίες
35	Παραλίμνη	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Βοιωτία	15	38,4615980	23,3482650	μικρές
36	Πετρών	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	10	40,7321420	21,6972450	μικρές
37	Πηναού	Τεχνητή	Πελοπόννησος	Δυτική Ελλάδα	Ηλεία	19,89	37,9057140	21,4660650	μικρές
38	Πικρολίμνη	Φυσική	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Κιλίκι	3,7	40,8333800	22,8135240	μικρές
39	Πλαστήρα	Τεχνητή	Θεσσαλία	Θεσσαλία	Καρδίτσα	24	39,2970880	21,7532300	μεσαίες
40	Πλατανόβρυσης	Τεχνητή	Μακεδονία	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Δράμας	3,2	41,3502970	24,4227600	μικρές
41	Πολυφύτου	Τεχνητή	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Κοζάνης	74	40,2181790	21,9484910	μεγάλες
42	Πουναρίου	Τεχνητή	Ηπειρος	Ηπειρος	Άρτα	18,23	39,2348440	21,0157650	μικρές
43	Σαλιτή (Μεγάλη)	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	2,26	38,9080620	20,7695090	μικρές
44	Σμοκόβου	Τεχνητή	Θεσσαλία	Θεσσαλία	Καρδίτσα	8,5	39,1454120	22,0738150	μικρές
45	Στράτου	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	8,4	38,6918790	21,3298890	μικρές
46	Συμφαλία	Φυσική	Πελοπόννησος	Πελοπόννησος	Κορινθία	3,5	37,8543860	22,4625820	μικρές
47	Σφήκιά	Τεχνητή	Μακεδονία	Κεντρική Μακεδονία	Ημαθία	4,3	40,3725490	22,1634390	μικρές
48	Τάκα	Φυσική	Πελοπόννησος	Πελοπόννησος	Αρκαδία	2,6	37,4333850	22,3652910	μικρές
49	Τριγωνίδα	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	97,2	38,5660170	21,5556290	μεγάλες
50	Υλική	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Βοιωτία/Εύβοια	25	38,4044810	23,2556140	μεσαίες
51	Χεμμαδίτιδα	Φυσική	Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	10,8	40,6012240	21,9604710	μικρές
52	Χότκοβα	Φυσική	Ηπειρος	Ηπειρος	Θεσπρωτία	1,065	39,4814540	20,4593870	μικρές
53	Χρυσούπολης (7 λίμνες)	Φυσική	Μακεδονία	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Καβάλας	20	41,0075800	24,7047980	μικρές

Πίνακας 2.1: Συντεταγμένες των 53 σημείων αναφοράς

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην Δυτική Ελλάδα, η οποία καταλαμβάνει ένα μέρος της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας, συγκεντρώνοντας δώδεκα (12) λίμνες. Έτσι, και για το σύνολο του παρόντος γεωγραφικού διαμερίσματος, μιλάμε για μια αθροιστική έκταση της τάξεως των  $288,23 \text{ km}^2$ . Αρκετά υψηλό υδάτινο δυναμικό συγκεντρώνεται ακόμη στο βόρειο κομμάτι της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, στην Κεντρική και Δυτική Μακεδονία, όπου

το κάθε ένα από αυτά τα δύο γεωγραφικά διαμερίσματα φιλοξενούν εννιά (9) λίμνες. Η συνολική έκταση των λιμνών αυτών είναι  $264,56\text{km}^2$  και  $234,8\text{km}^2$  αντίστοιχα. Όπως είναι λογικό, αντιλαμβανόμαστε πως το πλήθος των λιμνών που ανήκουν σε ένα γεωγραφικό χώρο δεν σχετίζονται άμεσα με την συνολική έκταση που καταλαμβάνουν. Αυτό είναι λογικό καθώς η κάθε μια λίμνη ξεχωριστά έχει διαφορετική έκταση. Επομένως, το άθροισμα των επιμέρους εκτάσεων λιμνών που υπάρχουν σε μία περιοχή που εξετάζουμε διαφέρει, ανάλογα με τα επιμέρους μεγέθη και δεν σχετίζεται αποκλειστικά με το πλήθος αυτών. Προφανώς, όσο περισσότερες λίμνες συγκεντρώνονται σε ένα μέρος, τόσο περισσότερη έκταση θα καταλαμβάνουν. Αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο, καθώς η συνολική επιφάνεια εξαρτάται από τη φύση και την έκταση κάθε λίμνης ξεχωριστά.

Στη συνέχεια της κατάταξης αυτής (υδάτινου δυναμικού) βρίσκεται η Ανατολική Μακεδονία & Θράκη, με επτά (7) λίμνες, η συνολική έκταση των οποίων φτάνει τα  $95\text{km}^2$ . Έπειτα, έχουμε την Στερεά Ελλάδα και την Ήπειρο, με 5 και 4 λίμνες αντίστοιχα. Το σύνολο των λιμνών στην Στερεά Ελλάδα αθροίζει  $60,5\text{km}^2$ , ενώ στην Ήπειρο  $59,27\text{km}^2$ . Ακόμη, έχουμε άλλα δύο γεωγραφικά διαμερίσματα με 3 λίμνες συνολικά στο κάθε ένα από αυτά. Πιο συγκεκριμένα, κάνουμε λόγο για την Θεσσαλία και την Πελοπόννησο, όπου το πλήθος των λιμνών καταλαμβάνει αθροιστική έκταση της τάξεως των  $69,87\text{km}^2$  και  $10,1\text{km}^2$  αντίστοιχα. Τέλος, έχουμε και την Αττική, στην οποία είχαμε εντοπίσει μονάχα μία λίμνη, αυτή του Μαραθώνα. Επομένως, η συνολική έκταση των λιμνών του παρόντος γεωγραφικού διαμερίσματος ταυτίζεται με την έκταση της λίμνης αυτής. Δηλαδή, στην Αττική έχουμε αθροιστική έκταση  $2,45\text{km}^2$ .

Τα ανωτέρω συγκεντρώνονται επίσης στον ακόλουθο **Πίνακα 2.2**:

A/A	Γεωγραφικό Διαμέρισμα	Σύνολο λιμνών	Συνολική επιφάνεια (km <sup>2</sup> )
1	Θεσσαλία	3	69,87
2	Πελοπόννησος	3	10,1
3	Δυτική Ελλάδα	12	288,23
4	Κεντρική Μακεδονία	9	264,56
5	Ήπειρος	4	59,27
6	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	7	95
7	Αττική	1	2,45
8	Δυτική Μακεδονία	9	234,8
9	Στερεά Ελλάδα	5	60,5

Πίνακας 2.2: Συγκεντρωτικά δεδομένα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα

Έτσι λοιπόν σχηματίζεται μια πρώτη ξεκάθαρη εικόνα κατανομής υδάτινου δυναμικού στην Ελλάδα. Μάλιστα, γίνεται ακόμα πιο σαφές πως μεγαλύτερο δυναμικό εντοπίζεται στο βόρειο κομμάτι της χώρας (Κεντρική και Δυτική Μακεδονία) καθώς και στην Δυτική Ελλάδα. Ενδιαφέρον θα ήταν ακόμη να εξετάσουμε το ποσοστό κάλυψης των λιμνών αναλογικά του συνόλου της χώρας. Θεωρούμε, δηλαδή, πως κάνουμε λόγο για μια ενιαία λίμνη, η οποία θεωρητικά ταυτίζεται με το άθροισμα των επιμέρους λιμνών που έχουμε εντοπίσει και θεωρήσει ως υπολογίσιμες. Για τον σκοπό αυτό, αθροίσαμε τις επιμέρους εκτάσεις όλων των σημαντικών λιμνών (53) και καταλήξαμε σε μια συνολική έκταση της τάξεως των  $1.084,78\text{km}^2$ . Γνωρίζοντας πως η συνολική έκταση της ηπειρωτικής Ελλάδας φτάνει τα  $111.856\text{km}^2$  κάνουμε λόγο για κάλυψη γύρω στο **0,97%**. Το ποσοστό αυτό δεν καθίσταται σε καμία περίπτωση αμελητέο και φανερώνει, σε ένα αρχικό επίπεδο ανάλυσης, το διαθέσιμο δυναμικό, καταρχάς με όρους έκτασης. Δηλαδή, και με μία πρώτη εκτίμηση, φαίνεται πως το υδάτινο δυναμικό της Ελλάδας είναι αρκετά σημαντικό και μπορεί να αξιοποιηθεί αναλόγως.

Ακόμη, για περαιτέρω ανάλυση και αξιολόγηση του δυναμικού, ακολουθεί αντίστοιχος πίνακας που απεικονίζει τα ποσοστά κάλυψης ανά γεωγραφικό διαμέρισμα (**Πίνακας 2.3**).

A/A	Γεωγραφικό Διαμέρισμα	Αριθμός Λιμνών	Συνολική Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )	Έκταση Γεωγραφικού Διαμερίσματος (km <sup>2</sup> )	Ποσοστό Κάλυψης	Μέση Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )
1	Θεσσαλία	3	69,87	14037	0,50%	23,29
2	Πελοπόννησος	3	10,1	15490	0,07%	3,37
3	Δυτική Ελλάδα	12	288,23	11336	2,54%	24,02
4	Κεντρική Μακεδονία	9	264,56	18811	1,41%	29,40
5	Ήπειρος	4	59,27	9203	0,64%	14,82
6	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	7	95	14158	0,67%	13,57
7	Αττική	1	2,45	3808	0,06%	2,45
8	Δυτική Μακεδονία	9	234,8	9451	2,48%	26,09
9	Στερεά Ελλάδα	5	60,5	15549	0,39%	12,10
	<b>Σύνολα</b>	<b>53</b>	<b>1084,78</b>	<b>111843</b>	<b>0,97%</b>	<b>20,47</b>

Πίνακας 2.3: Ποσοστό κάλυψης ανά γεωγραφικό διαμέρισμα

Έτσι, παρατηρούμε σε ένα πρώτο επίπεδο ανάλυσης ότι μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνει το κομμάτι της Δυτικής Ελλάδας και Δυτικής Μακεδονίας. Επιβεβαιώνονται κατά μια έννοια τα όσα έχουν ήδη αναλυθεί και ειπωθεί στο πλαίσιο αυτό. Ενδιαφέρον έχει ακόμη να σταθούμε στο γεγονός πως στην ηπειρωτική χώρα το συνολικό ποσοστό κάλυψης των λιμνών ανέρχεται σε ~1%, το οποίο αν και φαντάζει συγκριτικά μικρό, με όρους απόλυτης έκτασης προσφέρει ένα ιδιαίτερα σημαντικό θεωρητικό δυναμικό ανάπτυξης.

Τέλος, και για ακόμη πιο εύληπτα αποτελέσματα, ακολουθεί οπτικοποίηση των παραπάνω δεδομένων υπό την μορφή χάρτη (**Εικόνα 2.7**). Με την οπτικοποίηση αυτή φαίνεται ακόμα καλύτερα που κυριαρχεί το υδάτινο δυναμικό, χωρικά ανά την Ελλάδα. Σε γενικές γραμμές, θα μπορούσαμε να πούμε πως οι λίμνες στην χώρα μας κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα όσον

αφορά στο είδος των λιμνών (φυσική/τεχνητή) που φιλοξενεί το κάθε γεωγραφικό κομμάτι. Ωστόσο, παρατηρήθηκε πως στην Θεσσαλία και στην Αττική εντοπίζονται μονάχα τεχνητές λίμνες. Το γεγονός αυτό, όμως στην παρούσα μελέτη και εργασία δεν θα μας απασχολήσει, καθώς δεν λαμβάνουμε υπόψη μας παρόμοιους περιορισμούς, ενώ επισημαίνεται πως δε θα εστιάσουμε επίσης στο ήδη εξασφαλισμένο δυναμικό που παρέχουν τα υδροηλεκτρικά (λόγω φραγμάτων).



Εικόνα 2.7: Κατανομή υδάτινου δυναμικού ανά την Ελλάδα

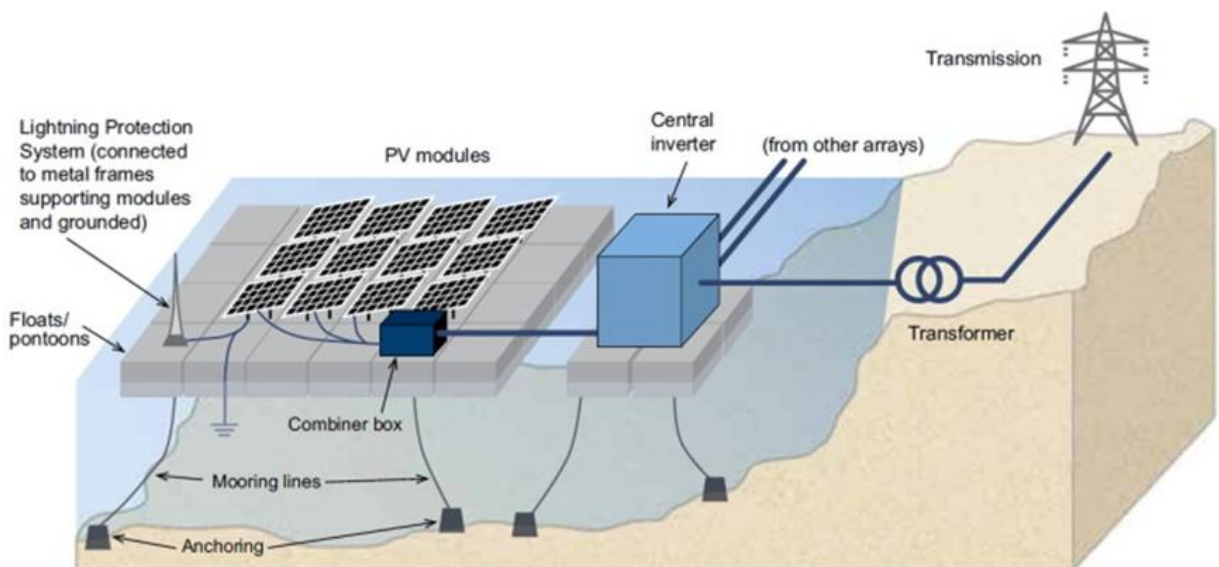
Ενδιαφέρον έχει επίσης να παρατηρήσουμε πως οι μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας αναφέρονται στις λίμνες Κερκίνη, Τριγωνίδα και σε αυτή των Κρεμαστών (κατά φθίνουσα σειρά). Οι λίμνες αυτές εντοπίζονται στη Δυτική Ελλάδα και στην Κεντρική Μακεδονία, όπου και παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο υδάτινο δυναμικό. Όπως έχουμε προαναφέρει, το γεγονός αυτό δεν αποτελεί από μόνο του καθοριστικό παράγοντα για το χαρακτηρισμό μίας ευρύτερης περιοχής ως προς το δυναμικό της, εντούτοις, διαμορφώνει σε σημαντικό βαθμό τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Αντίστοιχα, παρατηρείται πως οι μικρότερες λίμνες της Ελλάδας αφορούν στις λίμνες Γρατινής, Χότκοβα και Ορυχείων, οι οποίες με την σειρά τους φιλοξενούνται από διαμερίσματα χαμηλότερου υδάτινου δυναμικού, όπως για παράδειγμα είναι αυτό της Ηπείρου.

## Κεφάλαιο 3. Προτεινόμενη λύση

### 3.1 Τεχνική περιγραφή λύσης

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης ενότητας θα πραγματοποιηθεί σύντομη τεχνική περιγραφή της προτεινόμενης λύσης, θα παρουσιαστούν παραδείγματα υφιστάμενων εγκαταστάσεων ανά τον κόσμο, θα επισημανθεί το ερευνητικό ενδιαφέρον που συγκεντρώνει ο εν λόγω τομέας, θα συζητηθούν οι προοπτικές, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας, καθώς και θα γίνει αναφορά στο υφιστάμενο και θεωρητικό δυναμικό παραγωγής ενέργειας από πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις σε παγκόσμια κλίμακα, αρχής γενομένης από την περιγραφή τυπικής διάταξης πλωτού Φ/Β σταθμού.

Η γενική διάταξη ενός πλωτού Φ/Β σταθμού προσομοιάζει αρκετά με την αντίστοιχη χερσαίων Φ/Β συστημάτων (**Εικόνα 3.1**), με τη μόνη διαφορά, αυτή της αξιοποίησης πλωτής πλατφόρμας επί της οποίας εγκαθίστανται οι Φ/Β συστοιχίες καθώς και οι αντιστροφείς του σταθμού. Το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια κατευθύνεται μέσω ενδιάμεσων ηλεκτρολογικών διατάξεων και των απαραίτητων καλωδιώσεων στους αντιστροφείς, όπου και μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο. Στην περίπτωση δε μικρής κλίμακας πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων, οι οποίες βρίσκονται πλησίον της όχθης/ακτής, είναι επίσης δυνατή η διαίρεση των υποσυστημάτων, με εγκατάσταση των αντιστροφέων επί του χερσαίου τμήματος της υπό εξέταση περιοχής.



Εικόνα 3.1: Τυπική διάταξη πλωτού Φ/Β σταθμού

Εκ των βασικών τμημάτων της εγκατάστασης, η πλωτή πλατφόρμα με τις απαραίτητες αγκυρώσεις και προσδέσεις στον πυθμένα, αποτελεί τον υποδοχέα των επιμέρους



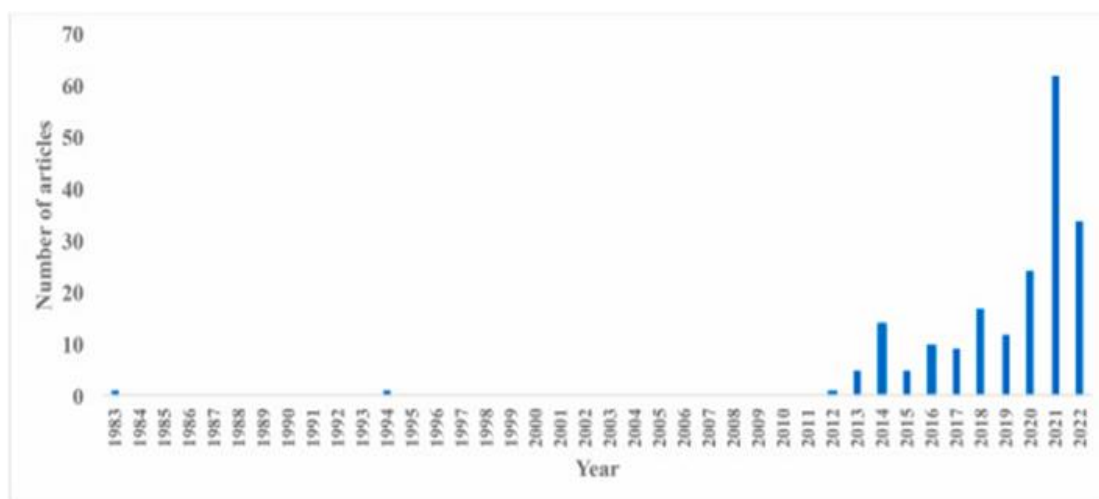
υποσυστημάτων, με τη συνηθέστερη των λύσεων να αναφέρεται σε πλωτές εξέδρες οι οποίες φιλοξενούν Φ/Β πλαίσια τα οποία εγκαθίστανται υπό σταθερή γωνία κλίσης. Συνήθως, οι πλωτές κατασκευές αποτελούνται από σειρά πλωτήρων οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με τη χρήση μεταλλικών αντηρίδων και οι οποίοι είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι, εφοδιασμένοι με τις απαραίτητες υποδοχές για την εύκολη και ταχεία προσαρμογή των Φ/Β βάσεων. Ήδη, η συγκεκριμένη λύση απολαμβάνει ευρείας διάδοσης, με πολυάριθμους κατασκευαστές και παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ εκατοντάδων MW. Εναλλακτικά, δημιουργούνται μεταλλικές κατασκευές (βάσεις), παρόμοιες με αυτές των χερσαίων Φ/Β σταθμών, οι οποίες προσδένονται σε επιπλέουσες μεταλλικές εξέδρες, απουσία συμπαγούς διάταξης πλωτήρων.

Ακολούθως, και αναφορικά με τις αγκυρώσεις και τις προσδέσεις της πλατφόρμας, ο σχεδιασμός τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ασκούμενα φορτία, τον τύπο των πλωτήρων, το βάθος στην περιοχή εγκατάστασης, καθώς και τη διακύμανση της στάθμης της επιφάνειας του νερού. Η πλατφόρμα μπορεί να αγκυρωθεί στην όχθη, στον πυθμένα, ή και σε πυλώνες, καθώς και σε συνδυασμούς των ανωτέρω, λαμβάνοντας υπόψη τη βαθυμετρία της περιοχής, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την μεταβολή της στάθμης του νερού. Η πρώτη εκ των λύσεων ενθαρρύνεται στην περίπτωση μικρών εγκαταστάσεων πλησίον της όχθης και για μικρές και ρηχές λίμνες, ενώ η επικρατέστερη όλων είναι η αγκύρωση στον πυθμένα. Τέλος, και ανεξάρτητα της εφαρμοσθείσας λύσης, ο σχεδιασμός πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του σταθμού σε βάθος τουλάχιστον 25ετίας [51].

## 3.2 Ερευνητικές τάσεις & υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Σε συνέχεια της παρουσίασης της τυπικής διάταξης ενός πλωτού Φ/Β σταθμού, στη συγκεκριμένη ενότητα καταγράφονται συνοπτικά, αφενός το ενδιαφέρον που συγκεντρώνει ο εν λόγω τομέας ερευνητικά, αφετέρου παραδείγματα υφιστάμενων εγκαταστάσεων ανά τον κόσμο, με την αμέσως επόμενη παράγραφο να αναφέρεται στην εκτίμηση του θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης πλωτών Φ/Β παγκοσμίως.

Αναφορικά με το ερευνητικό ενδιαφέρον, και σύμφωνα με πρόσφατα δημοσιευμένη ερευνητική εργασία [52], οι πρώτες δημοσιεύσεις στον τομέα εντοπίζονται ήδη από το 2012, με την τελευταία δεκαετία να καταγράφει σημαντική αύξηση του όγκου ερευνητικών εργασιών, με κορύφωση αυτών κατά την τελευταία τριετία (62% των εργασιών κατά την περίοδο 2020-2022). Παρόλα αυτά, και σύμφωνα με τους συγγραφείς, ένα μικρό ποσοστό των εν λόγω εργασιών, της τάξης του 9%, εντρυφεί σε βάθος αναφορικά με την τεχνική αξιολόγηση για την ανάπτυξη παρόμοιων εγκαταστάσεων, γεγονός που μαρτυρά τον πρώιμο ακόμη χαρακτήρα της βιβλιογραφίας στο αντικείμενο, καθώς και τα περιθώρια παραγωγής πρωτότυπων ερευνητικών αποτελεσμάτων που θα συμβάλλουν στην εξέλιξη και την προώθηση της τεχνολογίας.



Σχήμα 3.1: Δημοσίευση άρθρων/Ερευνητικό ενδιαφέρον

Σε επιβεβαίωση των ανωτέρω, σημαντικό μέρος της κείμενης βιβλιογραφίας διερευνά το θεωρητικό δυναμικό ανάπτυξης της τεχνολογίας σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη, μελετώντας ταυτόχρονα παραλλαγές εφαρμογών που κατά κύριο λόγο συνδέονται με το υπό αξιοποίηση υδατικό δυναμικό (αξιοποίηση παράκτιων περιοχών, υφιστάμενων ταμιευτήρων, φυσικών υδάτινων όγκων, κλπ).

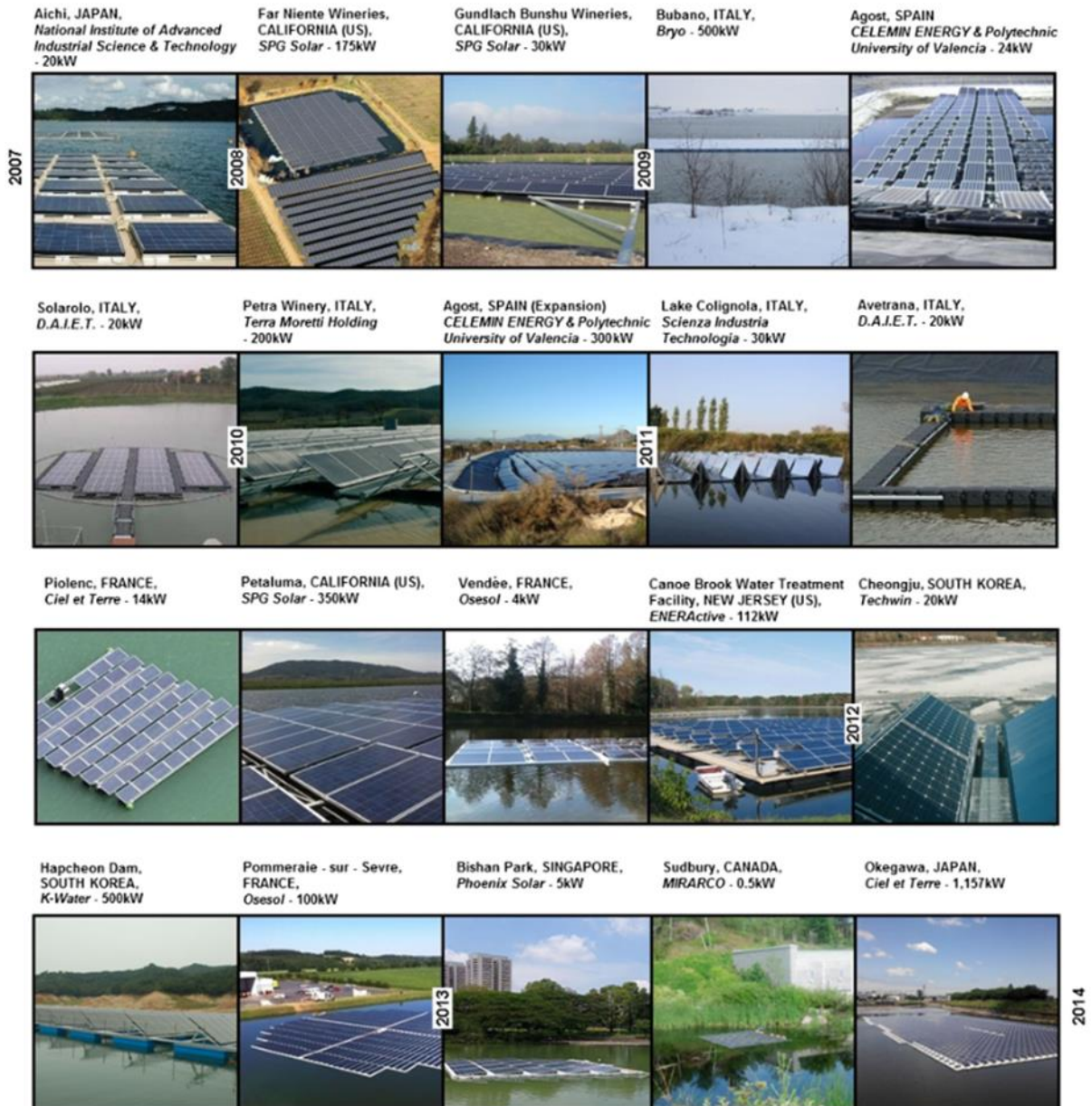
Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα αποτελέσματα έρευνας που αφορά στην Ισπανία, και τα οποία έδειξαν ότι τα πλωτά Φ/Β πάρκα μπορούν να υποστηρίξουν σε σημαντικό βαθμό την περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ σε εθνικό επίπεδο. Μάλιστα, και βάσει υιοθέτησης ποσοστιαίας κάλυψης στα επίπεδα του 1%, όπως και στην δική μας περίπτωση (βλέπε και **Κεφάλαιο 4**), εκτιμήθηκε ότι τα πλωτά Φ/Β πάρκα προσφέρουν ετήσια ενεργειακή παραγωγή ισοδύναμη του 1,7% της τρέχουσας εθνικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ισπανία [53].

Πιο εντυπωσιακά είναι τα αποτελέσματα που καταγράφει αντίστοιχη, πρόσφατη έρευνα που αφορά στην περιοχή της Τουρκίας. Με καταγραφή περισσότερων από 4,000 ταμιευτήρες προς αξιοποίηση σε ολόκληρη την επικράτεια, και με εφαρμογή περιορισμών αναφορικά με το βαθμό κάλυψης, αλλά και κριτηρίων αναφορικά με την οριστική καταλληλότητα των ταμιευτήρων, οι ερευνητές κατέληξαν σε εκτίμηση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής στα επίπεδα των 125TWh, μέγεθος ισοδύναμο με το 40% της ηλεκτρικής ζήτησης σε εθνικό επίπεδο [54].

Την ίδια στιγμή, και σε σχέση με υφιστάμενες εγκαταστάσεις ανά τον κόσμο, η πρώτη εφαρμογή παγκοσμίως, η οποία και δημιουργήθηκε το 2007 για ερευνητικούς σκοπούς, βρίσκεται στην Ιαπωνία και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Aichi [51]. Έκτοτε, ολοένα και ενισχύεται το ερευνητικό και επενδυτικό ενδιαφέρον στον τομέα, με τις χώρες που πρωτοστατούν μέχρι σήμερα να περιλαμβάνουν τη Γαλλία, την Ιταλία, την Κορέα, την Κίνα, την Ισπανία αλλά και το Ηνωμένο Βασίλειο [51].

Η δε πρώτη εμπορική εγκατάσταση έλαβε χώρα στην Καλιφόρνια, το 2008, και αφορούσε σε πλωτό Φ/Β σταθμό ισχύος 175kW<sub>p</sub>, ως εναλλακτική έναντι χειρσαίας εγκατάστασης η οποία θα έθιγε τα συμφέροντα τοπικών καλλιεργητών σταφυλιών. Μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις ακολούθησαν κατά κύριο λόγο στην Κίνα, καθώς ακόμη και προγραμματίζονται μελλοντικά για τις περιοχές της Ινδίας και της ευρύτερης Νοτιοανατολικής Ασίας, ενώ ορόσημο αποτελεί σε κάθε περίπτωση η πρώτη μονάδα ισχύος μεγαλύτερης από 10MW<sub>p</sub>, η οποία και εγκαταστάθηκε το 2016 στην Κίνα [51].

Λεπτομερής καταγραφή των πρώιμων εγκαταστάσεων πλωτών Φ/Β σταθμών, κατά την περίοδο 2007-2014, δίνεται και στην ακόλουθη **Εικόνα 3.2**, με την ισχύ τους να κλιμακώνεται σταδιακά, από τα δεκάδες kW στα επίπεδα του MW [55].



Εικόνα 3.2: Πρώιμες πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις (2007-2014) [55]

Έως το τέλος του 2021, και με βάση πρόσφατη έκθεση του IRENA [56], η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς πλωτών Φ/Β σταθμών ανήλθε σε 3,8GW, με την μεγαλύτερη εγκατάσταση να βρίσκεται στην Κίνα (320MW) και με τις προβλέψεις να αναφέρονται σε παγκόσμια ισχύ που θα αγγίζει τα 30GW έως το 2030.

Στο πλαίσιο αυτό, και λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του αισθητικού παράγοντα σε παρόμοιες εγκαταστάσεις οι οποίες καλούνται να ισορροπήσουν μεταξύ των απαιτήσεων για μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, για εναρμόνιση με το φυσικό τοπίο και για σεβασμό στα τοπικά, ευαίσθητα τις περισσότερες φορές οικοσυστήματα, ξεχωριστής σημασίας

θεωρείται η εγκατάσταση ισχύος 41MW η οποία φιλοξενείται σε ταμιευτήρα ευρισκόμενο στην Ν. Κορέα, αποτελούμενη από 17 επιμέρους Φ/Β συστοιχίες σε σχήμα λουλουδιών (νούφαρα), διατεταγμένες σε διαφορετικά, διαδοχικά σημεία επί της επιφάνειας του ταμιευτήρα (*Εικόνα 3.3*). Πέραν του ιδιαίτερου σχεδιαστικού του χαρακτήρα όμως, άξιο επισημάνσης για το εν λόγω έργο είναι επίσης το γεγονός της συμμετοχής στην επένδυση 1400 κατοίκων, οι οποίοι κατόρθωσαν να συγκεντρώσουν συνολικό ποσό της τάξης των 2.6M\$, συνεισφέροντας κατά 4% επί της συνολικής επένδυσης, με προσδοκία ετήσιας απόδοσης 10% επί του επενδεδυμένου τους κεφαλαίου, κίνηση, η οποία πέραν του συμβολικού τους χαρακτήρα, αναδεικνύει την λύση των πλωτών Φ/Β ως μέσο τοπικής ανάπτυξης [57].



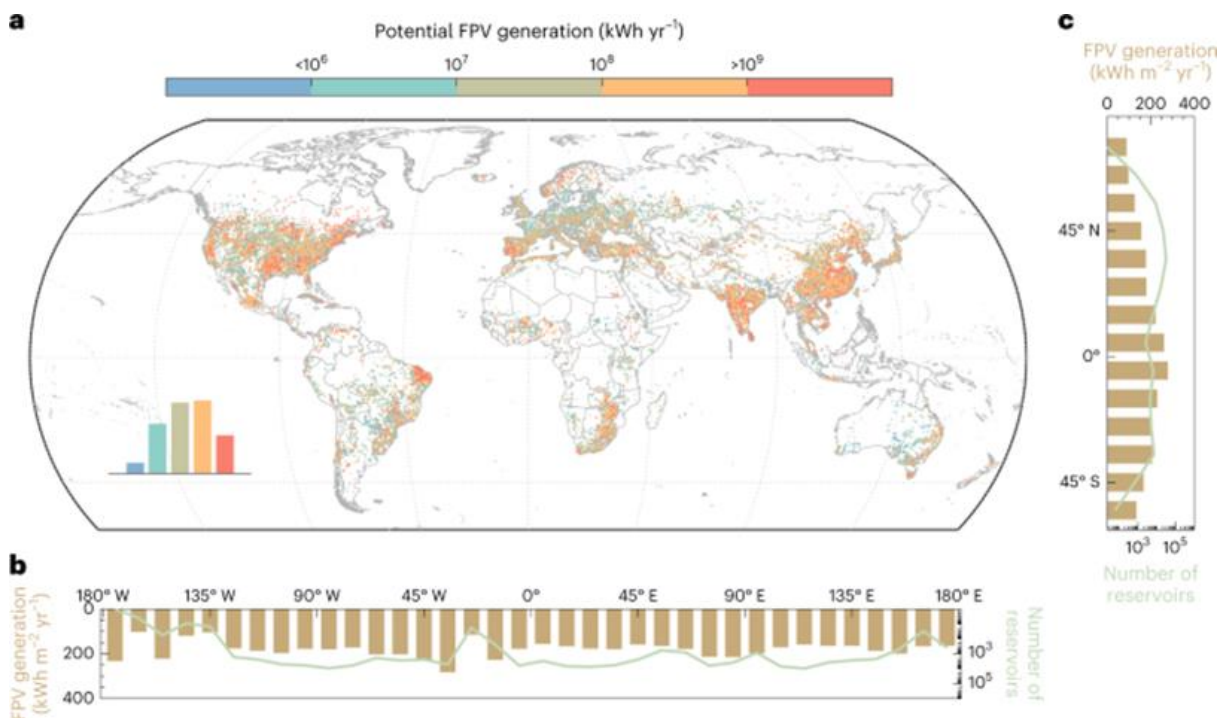
*Εικόνα 3.3: Εγκατάσταση πλωτών Φ/Β σε σχήμα λουλουδιών στη Ν. Κορέα [57]*



### 3.3 Θεωρητικό δυναμικό σε παγκόσμια κλίμακα

Κατόπιν της καταγραφής αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων ανά τον κόσμο, στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζονται τα ευρήματα πρόσφατης επιστημονικής εργασίας στο περιοδικό Nature [58] αναφορικά με την εκτίμηση του δυναμικού παραγωγής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα, μέσω της αξιοποίησης υφιστάμενων ταμιευτήρων. Για το σκοπό αυτό, οι ερευνητές συνέλεξαν στοιχεία από σύνολο 114.555 ταμιευτήρων και μέσω της προσομοίωσης της Φ/Β παραγωγής, συνυπολογίζοντας επίσης τις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες στις διαφορετικές περιοχές του πλανήτη, κατέληξαν στην εκτίμηση για ετήσιο δυναμικό στα επίπεδα των  $\sim 9,500\text{TWh}$  (Σχήμα 3.2).

Λαμβάνοντας δε υπόψη την εγγύτητα των ταμιευτήρων σε πληθυσμιακά κέντρα καθώς και τη δυνατότητα ανάπτυξης λύσεων τοπικού χαρακτήρα, οι ερευνητές κάνουν αναφορά για 6.256 κοινότητες/πόλεις σε 124 χώρες οι οποίες θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την δημιουργία παρόμοιων εγκαταστάσεων, με παράπλευρο επίσης όφελος την "εξοικονόμηση"  $106\text{km}^3$  νερού, λόγω της παρεμπόδισης από τις εγκαταστάσεις του φαινομένου της εξάτμισης.



Σχήμα 3.2: Κατανομή θεωρητικού δυναμικού παραγωγής πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων μέσω της αξιοποίησης υφιστάμενων ταμιευτήρων νερού σε παγκόσμια κλίμακα [58]

### 3.4 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα

---

Τα οφέλη μιας πλωτής Φ/Β εγκατάστασης είναι πολυάριθμα. Καταρχάς, οι πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια έναντι αντίστοιχων χερσαίων, είναι κατά κανόνα αποδοτικότερες ενεργειακά εξαιτίας της διατήρησης των πλαισίων σε χαμηλότερη θερμοκρασία λόγω της επαφής τους με το νερό [59], [60], καθώς και επιτυγχάνουν, όπως αναφέρθηκε ήδη, ικανή εξοικονόμηση νερού μέσω της μείωσης των απωλειών εξάτμισης. Ταυτόχρονα, η εγκατάστασή τους μπορεί υπό συνθήκες να είναι πιο άμεση, καθώς και η διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο ευκολότερη.

Επιστρέφοντας στην αξιοποίηση καλύτερων συνθηκών ψύξης, ιδιαίτερης σημασίας είναι ο σχεδιασμός της πλατφόρμας στήριξης της εγκατάστασης καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λεκάνης νερού, σημειώνοντας πως σε ορισμένες των περιπτώσεων, είναι επίσης πιθανόν οι θερμοκρασίες λειτουργίας των πλωτών σταθμών να υπερβούν αυτές των αντίστοιχων χερσαίων συστημάτων. Σημαντικός παράγοντας σχεδιασμού είναι επίσης η γωνία κλίσης των Φ/Β πλαισίων, καθώς σε μικρή ή μηδενική κλίση μειώνονται οι απώλειες ακτινοβολίας λόγω ανάκλασης, ενώ σημαντικός είναι και ο περιορισμός των φορτίων που ασκούνται από τον άνεμο στην πλωτή δομή στήριξης. Επομένως, διαπιστώνεται ότι το κατά πόσο μία πλωτή εγκατάσταση δύναται να προσφέρει υψηλότερες ενεργειακές αποδόσεις συγκριτικά με μια αντίστοιχη χερσαία διάταξη, συνδέεται σε σημαντικό βαθμό και με τις σχεδιαστικές παραμέτρους του προβλήματος.

Επιπλέον, η αξιοποίηση πλωτών Φ/Β σταθμών μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμό του κόστους. Ειδικότερα, αναμένεται μειωμένο κόστος παραγωγής ενέργειας καθώς οι πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις συνήθως δεν απαιτούν σημαντικές εργασίες προετοιμασίας του χώρου, ακόμη και στην περίπτωση όπου λειτουργούν συνδυαστικά με ταμιευτήρες [61]. Επιπλέον, ο ρυθμός εξάτμισης από τις λεκάνες είναι μειωμένος και επομένως συντηρείται διαθέσιμο νερό για άλλες χρήσεις, δημιουργώντας επιπρόσθετα οικονομικά οφέλη, ενώ όπως προαναφέρθηκε, η κατά κανόνα μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση λόγω συνθηκών συνεισφέρει στη μείωση του κόστους παραγωγής ενέργειας καθώς και συνεπάγεται μικρότερο χωρικό αποτύπωμα, καταλαμβάνοντας συγκριτικά μικρότερη έκταση έναντι χερσαίων εγκαταστάσεων, με το οποίο κέρδος να πολλαπλασιάζεται σε περιοχές όπου το κόστος γης είναι ιδιαίτερα αυξημένο.

Στον αντίποδα, δεν είναι ακόμη σαφές το κατά πόσο η λειτουργία των πλαισίων σε παρόμοια περιβάλλοντα επιτείνει τη γήρανσή τους, εξαιτίας κυρίως της έκθεσης των πλαισίων σε υψηλότερα επίπεδα υγρασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, η θερμοκρασία περιβάλλοντος / λειτουργίας, η υγρασία και η επίδραση της υπερϊώδους ακτινοβολίας είναι οι σημαντικότεροι περιβαλλοντικοί και κλιματικοί παράγοντες [62]. Για τον σκοπό αυτό, ο σχεδιασμός παρόμοιων Φ/Β μονάδων λαμβάνει υπόψη την επίδραση της υγρασίας, με την προσθήκη ανθεκτικών υλικών και προστατευτικών επικαλύψεων έναντι αυτής.

Αναφορικά με τον τρόπο επίδρασης, η υγρασία μπορεί να εισέλθει στα πλαίσια από το εξωτερικό λόγω κατασκευαστικών ελαττωμάτων των πλαισίων. Ακόμη, η ίδια η γήρανση της Φ/Β μονάδας ευνοεί την παρουσία υγρασίας, που συνδυαστικά με υψηλές θερμοκρασίες και ακτινοβολίες UV, δύναται να οδηγήσει στην αποκόλληση και αποχρωματισμό των ενθυλακώσεων, στη διάβρωση μεταλλικών επαφών και στη συνολική υποβάθμιση των Φ/Β κυψελών. Ως εκ τούτου, η επιλογή κατάλληλων υλικών καθώς και η ορθή στεγανοποίηση των πλαισίων θεωρείται μείζονος σημασίας για την μακροζωία της εγκατάστασης και τη διασφάλιση αυξημένης απόδοσης καθόλη τη διάρκεια ζωής της.

Σε σχέση τέλος με δυνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση παρόμοιων σταθμών, η παρουσία αγκυρώσεων και καλωδίων ενδεχομένως υποβαθμίζει την ποιότητα των υδάτων καθώς και διαταράσσει τα τοπικά οικοσυστήματα, σε βαθμό ανάλογο της έκτασης της εγκατάστασης. Ακόμη, τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται για το πλωτό σύστημα και την ηλεκτρική διασύνδεση, και οι διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης στο σύνολό τους, υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού καθώς και επηρεάζουν τη ζωή εντός της λίμνης. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση παρόμοιων έργων οφείλει να συνοδεύεται από εμπειριστατωμένες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με εφαρμογή επίσης ενός αυστηροποιημένου πλαισίου για την αποτίμηση των τελευταίων.



### 3.5 Οικονομικά μεγέθη

---

Δεδομένου ότι τα πλωτά Φ/Β αποτελούν μια αναδυόμενη αγορά, τα συγγενή κόστη είναι τη δεδομένη στιγμή υψηλότερα των αντίστοιχων που αναμένονται σε βάθος δεκαετίας. Από την άλλη, οι προοπτικές άνθισης της τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές, συμπεράσμα το οποίο αποτυπώνεται και στον τετραπλασιασμό σχεδόν της εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως κατά την πρόσφατη περίοδο. Ειδικότερα, και σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, στα τέλη του 2018 η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς πλωτών Φ/Β σταθμών έφτανε τα 1,1GW [51], ενώ όπως είδαμε και προηγούμενα, η αντίστοιχη τιμή στα τέλη του 2021 ήταν στα επίπεδα των 3,8GW. Ακόμη, η ζήτηση για πλωτά Φ/Β πάρκα ολοένα και αυξάνεται, με έντονο ενδιαφέρον να αναπτύσσεται στα νησιά, αλλά και γενικότερα σε περιοχές περιορισμένης διαθέσιμης γης, καθώς το κόστος επιφανείας του νερού είναι εν γένει χαμηλότερο έναντι του κόστους χερσαίας έκτασης γης στις συγκεκριμένες περιοχές.

Για την οικονομική σύγκριση μεταξύ πλωτών και χερσαίων Φ/Β πάρκων, το σταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείκτη αξιολόγησης, όπως και στην περίπτωση των υπόλοιπων τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας, δεδομένου ότι εκφράζει το κόστος παραγωγής ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη συνολική διάρκεια ζωής ενός συστήματος (20ετία) [63].

Στο πλαίσιο αυτό, και με βάση τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης, το σταθμισμένο κόστος πλωτής εγκατάστασης στην Ταϊλάνδη εκτιμάται σε 20,3€/MWh, ενώ σε αντίστοιχη χερσαία το εκτιμώμενο κόστος παραγωγής ανέρχεται σε 36,4€/MWh [64], με τη διαφορά, να αποδίδεται από τους ερευνητές αφενός στο χαμηλότερο κόστος κατασκευής, αφετέρου στην υψηλότερη ενεργειακή απόδοση.

Μια επόμενη ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για τις περιοχές της Βραζιλίας, της Ισπανίας και του Ηνωμένου Βασιλείου έδειξε μείωση του LCOE στην περίπτωση πλωτών Φ/Β, από 5,03€/MWh έως 9,62€/MWh [65]. Ακόμη, μια μελέτη που επικεντρώθηκε στην οικονομική σύγκριση χερσαίων και πλωτών εγκαταστάσεων στο Ιράν έδειξε πως το κόστος παραγωγής ενέργειας πλωτών Φ/Β πάρκων κυμαίνεται μεταξύ 30€/MWh και 39€/MWh, ενώ αντίστοιχα, για χερσαίες περιπτώσεις, μεταξύ 29€/MWh και 38€/MWh. Επιπλέον, ο χρόνος απόσβεσης για τις πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις εκτιμήθηκε σε 6 ή και λιγότερα έτη [62].

Μια διαφορετική ανάλυση που έγινε στη Βραζιλία έδειξε ότι το LCOE για πλωτά είναι αυξημένο κατά 10% σε σχέση με το αντίστοιχο χερσαίων εγκαταστάσεων [66], ενώ από

αντίστοιχες μελέτες περίπτωσης στην Πολωνία, διαπιστώθηκε ότι στη χώρα αυτή είναι τελείως ασύμφορη μια τέτοια επένδυση, καθώς τα οφέλη υδρόψυξης δεν είναι ικανά να αντισταθμίσουν το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης [67].

Τέλος, σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας από πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις κυμαίνεται από 21€/MWh έως 43€/MWh [51]. Έτσι, εάν αυξανόταν ο λόγος απόδοσης των πλωτών Φ/Β πάρκων κατά 10% λόγω της ψυκτικής επίδρασης που έχει το νερό, τότε το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ενέργειας θα βρισκόταν μεταξύ 3%-4% υψηλότερα από αυτό των χερσαίων περιπτώσεων. Ακόμη, προκύπτει ότι εάν η βελτίωση ψύξης περιοριζόταν στο 5%, τότε το αντίστοιχο LCOE θα ήταν 8%-9% υψηλότερο από αυτό των χερσαίων Φ/Β πάρκων.

Με βάση τα ανωτέρω, εξάγεται το συμπέρασμα πως τη δεδομένη στιγμή τα κόστη των πλωτών και των χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων πρέπει να θεωρούνται συγκρίσιμα, καθώς και πως το αυξημένο κόστος εγκατάστασης, λόγω και του αναδυόμενου χαρακτήρα της τεχνολογίας, φαίνεται να αντισταθμίζεται σε σημαντικό βαθμό από την καλύτερη ενεργειακή απόδοση των εν λόγω συστημάτων.

## Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία

## 4.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο

---

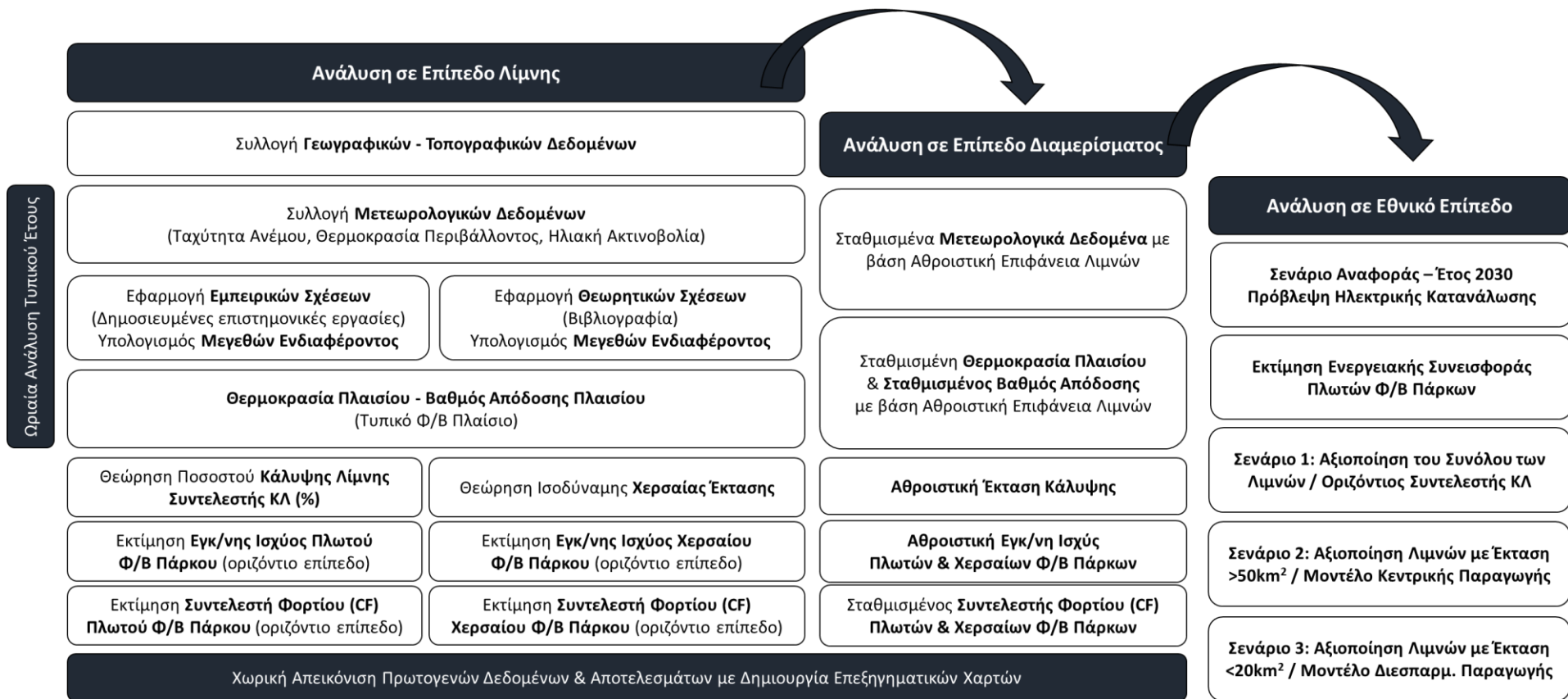
Σε συνέχεια του κεφαλαίου για την περιγραφή της προτεινόμενης λύσης, στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται το μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο αναπτύχθηκε για τη διερεύνηση του υπό εξέταση προβλήματος, της εκτίμησης δηλαδή του θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων σε επιλεγμένες λίμνες της ελληνικής επικράτειας, και πιο συγκεκριμένα της ηπειρωτικής χώρας.

Ειδικότερα, και με βάση την ανάλυση του **Κεφαλαίου 2** για το σύνολο των λιμνών της ηπειρωτικής χώρας, αποφασίστηκε η μελέτη λιμνών, φυσικών και τεχνητών, με έκταση μεγαλύτερη ίση του  $1\text{km}^2$ , εξαιρώντας παράλληλα τις λίμνες εκείνες που χαρακτηρίζονται ως λιμνοθάλασσες. Εφαρμόζοντας τον συγκεκριμένο περιορισμό καταλήγουμε σε εξεταζόμενο αριθμό 53 συνολικά λιμνών, με ικανή γεωγραφική διασπορά κατά μήκος του κορμού της ηπειρωτικής χώρας και με συνολική έκταση  $1.084,78\text{ km}^2$  (βλέπε και **Πίνακα 2.3**).

Κατόπιν της διαμόρφωσης του δείγματος των λιμνών προς μελέτη, εφαρμόζεται -για κάθε λίμνη ξεχωριστά- σειρά μεθοδολογικών βημάτων η οποία περιγράφεται στην αμέσως επόμενη ενότητα, με παράθεση επίσης των σημαντικότερων εξισώσεων που χρησιμοποιήθηκαν, τροφοδοτώντας εν συνεχεία ανάλυση υψηλότερου επιπέδου, ανά γεωγραφικό διαμέρισμα και επί του συνόλου της ηπειρωτικής χώρας.

Το διάγραμμα ροής του **Σχήματος 4.1** συνθέτει τα ανωτέρω επίπεδα ανάλυσης, καθώς και παρουσιάζει το ευρύτερο μεθοδολογικό πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας, συγκεντρώνοντας τους βασικούς άξονες διαμόρφωσης αλλά και ανάλυσης του υπό εξέταση προβλήματος. Στη βάση αυτών, απαντώνται ερευνητικά ερωτήματα τα οποία συνδέονται με τον καθορισμό μεγεθών ενεργειακού χαρακτήρα, όπως το θεωρητικό δυναμικό ανάπτυξης πλωτών Φ/Β, καθώς και την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς παρόμοιων εγκαταστάσεων, μέσω σύγκρισης εσωτερικά του δείγματος υπό μελέτη, αλλά και μέσω σύγκρισης με χερσαίες Φ/Β εγκαταστάσεις ανάλογων χαρακτηριστικών.

Καθοριστικής σημασίας παράμετρο στο πλαίσιο αυτό αποτελεί το θεωρούμενο ποσοστό κάλυψης της διαθέσιμης επιφανείας σε επίπεδο λίμνης, με υιοθέτηση, εν προκειμένω, προσέγγισης χαμηλής-ελάχιστης όχλησης με στόχο τη διαφύλαξη του περιβαλλοντικού χαρακτήρα των λιμνών και την προστασία των ευαίσθητων τοπικών οικοσυστημάτων.



Σχήμα 4.1: Σχηματική περιγραφή του μεθοδολογικού πλαισίου της εργασίας

## 4.2 Συλλογή και οργάνωση των δεδομένων

---

Για την εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου της έρευνας, αξιοποιήθηκαν ανοιχτά μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία προήλθαν από το μοντέλο επανανάλυσης ατμοσφαιρικών δεδομένων MERRA-2 [68], μέσω της σχετικής βάσης δεδομένων και ανοιχτού online εργαλείου με δυνατότητα επιλογής της επιθυμητής γεωγραφικής θέσης για την ανάκτηση ωριαίων δεδομένων, διάρκειας ενός έτους, λαμβάνοντας σε κάθε περίπτωση υπόψη τον περιορισμό που τίθεται από τα όρια του πλέγματος ανάλυσης (εν προκειμένω  $0.625^\circ \times 0.5^\circ$  για γεωγραφικό μήκος και πλάτος αντίστοιχα) [68].

Τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν αναφέρονται σε ωριαίες χρονοσειρές θερμοκρασίας περιβάλλοντος, ταχύτητας ανέμου, και ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (μηδενική γωνία κλίσης και νότιος προσανατολισμός), για κάθε λίμνη ξεχωριστά, έχοντας προηγουμένα καθορίσει τις σχετικές γεωγραφικές θέσεις με θεώρηση εγκατάστασης των Φ/Β σε κεντρική περιοχή της λίμνης. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η ύπαρξη ικανής απόστασης από τις παρόχθιες ζώνες, κατά κανόνα επιθυμητή, καθότι οι εν λόγω περιοχές:

- Χαρακτηρίζονται από υψηλότερα επίπεδα βιοποικιλότητας -χλωρίδας και πανίδας- σε σύγκριση με τα ενδολίμνια τμήματα.
- Εισάγουν μεγαλύτερη πιθανότητα έκθεσης της Φ/Β εγκατάστασης σε σκίαση.
- Υστερούν σε βάθος σε σύγκριση με κεντρικότερα σημεία των λιμνών, με την αύξηση του πρώτου να συνεπάγεται, υπό φυσιολογικές συνθήκες, την εμφάνιση χαμηλότερων θερμοκρασιών επιφανειακά της λίμνης, λόγω της ανάμιξης των υδάτων με ύδατα μεγαλύτερου βάθους σε χαμηλότερη θερμοκρασία.

Κατόπιν της μεταφόρτωσης των δεδομένων από τη βάση της MERRA-2 σε μορφή αρχείων csv, ανά ξεχωριστό μετεωρολογικό μέγεθος και λίμνη, τα αρχεία ομαδοποιήθηκαν για το σύνολο των λιμνών, πρωτογενώς σε ενιαίο αρχείο csv και ακολούθως σε κοινά φύλλα εργασίας για καθένα από τα τρία μετεωρολογικά μεγέθη υπό εξέταση.

Για το σκοπό αυτό προσαρμόστηκαν κατάλληλα μακροεντολές VBA ανοιχτού κώδικα για τη συγχώνευση αρχείων και φύλλων csv, αυτοματοποιώντας με τον τρόπο αυτό τη διαδικασία οργάνωσης των δεδομένων στον επιθυμητό βαθμό. Ενδεικτικό παράδειγμα της οργάνωσης των χρονοσειρών των δεδομένων δίνεται στον ακόλουθο **Πίνακα 4.1**, ενώ ακολουθεί παρουσίαση των δύο μακροεντολών ανοιχτού κώδικα (**Πίνακας 4.2** και **Πίνακας 4.3**).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
6		αγ.βαρβαράς	αγ.γεωργίου	αγρια	αμβρακία	αρκάστη	αίου	βεγοριτσά	βιστωνίδα	βόλφη	βουλκαρία	γρατσητής	δουρανή	δουτσά	εμπόλου	ζαζαρή	θησοπού	δαρμώνα	καπαφά	επλά	κατρακίου
7	local time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8	1/1/2022 0:00	5.85	3.71	3.30	8.44	4.31	3.29	3.28	7.86	6.98	11.09	7.18	4.03	11.34	5.06	3.72	3.31	4.66	9.18	9.57	6.79
9	1/1/2022 1:00	5.65	3.49	3.05	8.09	3.98	3.13	3.04	7.55	6.68	10.81	6.54	3.80	11.11	4.77	3.47	3.16	4.42	8.84	9.51	6.44
10	1/1/2022 2:00	3.72	1.82	1.21	8.07	3.44	3.13	0.00	7.06	4.77	10.31	5.39	2.66	10.72	5.30	1.40	2.95	1.87	9.12	7.97	6.66
11	1/1/2022 3:00	3.61	1.81	1.06	8.40	3.18	3.46	0.00	7.12	4.55	10.45	5.36	2.45	10.64	5.50	1.29	3.07	1.74	9.41	7.81	7.08
12	1/1/2022 4:00	3.52	1.79	0.00	8.81	3.10	3.65	0.00	7.14	4.54	10.64	5.41	2.31	10.56	6.20	1.19	3.29	1.64	9.76	7.68	7.60
13	1/1/2022 5:00	3.50	1.83	0.00	9.16	3.07	3.84	0.00	7.04	4.69	10.92	5.35	2.26	10.63	6.55	1.17	3.54	1.61	10.13	7.64	8.01
14	1/1/2022 6:00	3.48	1.87	1.15	9.58	2.75	3.75	0.00	6.91	4.60	11.26	5.24	2.12	10.86	6.97	1.32	3.80	1.54	10.16	7.48	8.54
15	1/1/2022 7:00	3.74	2.17	1.57	9.55	2.98	3.72	1.35	6.88	4.65	11.28	5.27	2.38	11.02	6.76	1.69	4.25	1.78	10.74	7.94	8.47
16	1/1/2022 8:00	5.05	3.36	2.64	9.91	3.86	4.59	2.44	7.78	5.56	11.46	6.62	3.13	11.65	7.38	2.83	5.18	3.08	11.41	8.27	8.90
17	1/1/2022 9:00	8.24	6.83	6.17	11.57	6.11	7.41	6.06	9.34	6.97	12.59	8.99	4.96	13.07	9.43	6.37	6.63	6.92	12.96	10.67	10.78
18	1/1/2022 10:00	10.74	10.24	8.67	13.72	8.70	10.54	8.66	10.32	8.25	14.16	10.25	7.28	13.96	11.37	9.24	8.06	9.86	14.52	11.99	13.13
19	1/1/2022 11:00	12.67	12.07	10.50	15.85	11.53	12.31	10.38	10.84	10.39	15.65	10.89	9.91	14.86	13.33	10.85	9.91	11.89	15.73	13.37	15.38
20	1/1/2022 12:00	14.54	13.49	12.37	17.09	13.67	13.65	12.25	11.39	12.86	16.59	11.46	12.13	15.22	15.10	12.53	11.99	13.75	16.43	15.06	16.82
21	1/1/2022 13:00	15.26	14.08	13.13	17.77	14.69	14.22	12.99	12.55	14.47	17.16	12.37	13.36	15.36	15.87	13.17	13.24	14.87	16.74	16.37	17.48
22	1/1/2022 14:00	15.15	13.80	13.01	17.82	14.87	14.05	12.80	13.78	15.10	17.23	13.50	13.68	15.32	16.02	12.90	13.23	14.92	16.75	16.70	17.49
23	1/1/2022 15:00	14.27	12.80	12.13	17.21	14.10	13.21	11.87	13.77	14.63	16.83	13.11	12.93	15.24	15.49	11.93	11.98	13.97	16.37	16.36	16.80
24	1/1/2022 16:00	11.50	10.12	9.16	15.25	11.46	10.93	8.85	12.49	12.25	15.49	11.14	10.23	14.59	13.81	9.03	9.12	11.18	14.93	14.96	14.72
25	1/1/2022 17:00	9.23	7.70	6.61	13.38	9.38	8.75	6.25	11.79	10.44	14.11	10.25	8.38	13.80	11.73	6.54	7.01	8.63	12.91	13.87	12.73
26	1/1/2022 18:00	8.78	6.63	6.07	12.79	9.14	7.62	5.60	11.51	10.20	13.72	9.85	8.04	13.35	10.91	5.70	6.34	7.45	12.19	13.19	12.01
27	1/1/2022 19:00	8.20	5.61	5.38	12.39	8.78	6.64	4.81	10.82	9.91	13.56	9.13	7.29	12.92	10.16	4.81	5.80	6.40	11.65	12.58	11.45
28	1/1/2022 20:00	7.57	4.64	4.65	11.81	8.19	5.54	4.05	10.11	9.44	13.21	8.41	6.60	12.61	9.45	4.00	5.24	5.50	11.20	12.03	10.69
29	1/1/2022 21:00	6.97	3.97	4.16	11.20	7.79	4.74	3.49	9.33	8.82	12.77	7.74	6.29	12.40	8.52	3.32	4.84	4.90	10.85	11.47	9.88
30	1/1/2022 22:00	6.49	3.42	3.83	10.62	7.50	4.05	3.12	8.67	8.26	12.43	7.18	6.02	12.10	7.68	2.84	4.66	4.48	10.61	10.95	9.18
31	1/1/2022 23:00	6.00	2.87	3.46	10.04	7.10	3.35	2.74	8.21	7.66	12.01	6.83	5.59	11.76	7.03	2.43	4.50	4.04	10.40	10.52	8.55

Πίνακας 4.1: Ενδεικτικό απόσπασμα οργάνωσης των δεδομένων για περιορισμένο δείγμα 20 λιμνών και διάστημα 24ώρης διάρκειας- χρονοσειρές θερμοκρασίας περιβάλλοντος

```
Sub GetSheets()
```

```
'Update ExcelJunction.com
```

```
Path = ""
```

```
Filename = Dir(Path & "*.xlsx")
```

```
Do While Filename <> ""
```

```
Workbooks.Open Filename:=Path & Filename, ReadOnly:=True
```

```
For Each Sheet In ActiveWorkbook.Sheets
```

```
Sheet.Copy After:=ThisWorkbook.Sheets(1)
```

```
Next Sheet
```

```
Workbooks(Filename).Close
```

```
Filename = Dir()
```

```
Loop
```

```
End Sub
```

Πίνακας 4.2: Μακροεντολή VBA για συγχώνευση διακριτών αρχείων csv

```

Sheet_Names = Array("αγ. γεωργιου", "αγ. βαρβαρας", "αγρα", "αμβρακια", "αρζανη",
"αωου", "βεγοριτιδα", "βιστωνιδα", "βολβη", "βουλκαρια", "γρατινης", "δοιρανη", "δυστος",
"ευηνου", "ζαζαρη", "θησαυρου", "ιλαριωνα", "καιαφα", "καρλα", "καστρακιου", "κερκινη",
"κρεμαστων", "λαδωνα", "λυσιαμαχια", "μαραθωνα", "μεγαλη πρεσπα", "μητρικου", "μικρη
πρεσπα", "μορνου", "νυμφων", "οζερος", "ορεστιαδα", "ορυχειων", "παμβωτιδα",
"παραλιμνη", "παραλιμνη", "πηνειου", "πικρολιμνη", "πλαστηρα", "πλατανοβρουσης",
"πολυφυτου", "πουρναριου", "σαλινη", "σμοκοβου", "στρατου", "στυμφαλια", "σφηκια",
"τακα", "τριχωνιδα", "υλικη", "χειμαδιτιδα", "χοτκοβα", "χρυσουπολης")

Sub Pull_Data_from_Multiple_WorkSheets_Horizontally()

Dim Sheet_Names() As Variant
Sheet_Names = Array("αγ. γεωργιου", "αγ. βαρβαρας", "αγρα", "αμβρακια", "αρζανη",
"αωου", "βεγοριτιδα", "βιστωνιδα", "βολβη", "βουλκαρια", "γρατινης", "δοιρανη", "δυστος",
"ευηνου", "ζαζαρη", "θησαυρου", "ιλαριωνα", "καιαφα", "καρλα", "καστρακιου", "κερκινη",
"κρεμαστων", "λαδωνα", "λυσιαμαχια", "μαραθωνα", "μεγαλη πρεσπα", "μητρικου", "μικρη
πρεσπα", "μορνου", "νυμφων", "οζερος", "ορεστιαδα", "ορυχειων", "παμβωτιδα",
"παραλιμνη", "παραλιμνη", "πηνειου", "πικρολιμνη", "πλαστηρα", "πλατανοβρουσης",
"πολυφυτου", "πουρναριου", "σαλινη", "σμοκοβου", "στρατου", "στυμφαλια", "σφηκια",
"τακα", "τριχωνιδα", "υλικη", "χειμαδιτιδα", "χοτκοβα", "χρυσουπολης")

Destination_Sheet = "ALL"

Gap = 1

Set Destination_Cell = Worksheets(Sheet_Names(0)).UsedRange.Cells(1, 1)

Starting_Row = Destination_Cell.Row
Starting_Column = Destination_Cell.Column

For i = LBound(Sheet_Names) To UBound(Sheet_Names)
Worksheets(Sheet_Names(i)).Activate
Row_Width = ActiveSheet.UsedRange.Columns.Count
ActiveSheet.UsedRange.Copy
Worksheets(Destination_Sheet).Activate
ActiveSheet.Cells(Starting_Row, Starting_Column).PasteSpecial Paste:=xlPasteAll
Starting_Column = Starting_Column + Row_Width + Gap
Next i

Application.CutCopyMode = False

End Sub

```

*Πίνακας 4.3: Μακροεντολή VBA για συγχώνευση διακριτών φύλλων εργασίας εντός κοινού αρχείου csv*



### 4.3 Επεξεργασία των δεδομένων και παραγωγή αποτελεσμάτων

---

Έχοντας ολοκληρώσει την οργάνωση των πρωτογενών δεδομένων, ακολουθεί η περαιτέρω επεξεργασία τους, με εφαρμογή υπολογιστικών εξισώσεων για την παραγωγή ενεργειακών αποτελεσμάτων ενδιαφέροντος, οι οποίες αναλύονται στα κάτωθι. Αρχικά, αξιοποιώντας εμπειρικές σχέσεις πρόσφατων επιστημονικών εργασιών [53], εξαχθείσες από την επεξεργασία συστηματικών πειραματικών μετρήσεων σε πραγματικές εγκαταστάσεις πλωτών και χερσαίων Φ/Β πάρκων, εκτιμάται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων σε περιβάλλον λίμνης και σε χερσαίες εγκαταστάσεις αντίστοιχα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα ωριαία δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος " $T_a$ ", ταχύτητας ανέμου " $WS$ " και ολικής ηλιακής ακτινοβολίας προσπίπτουσας στο Φ/Β πλαίσιο " $G$ " (εν προκειμένω σε οριζόντιο επίπεδο) και υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας πλαισίου " $T_{fpv}$ ", καταρχάς για πλωτές εγκαταστάσεις, ως ο μέσος όρος των τιμών που προκύπτουν από την εφαρμογή των *Εξισώσεων 1-2* (βλέπε και *Εξίσωση 4*).

$$T_{fpv-1} = 0.943 \cdot T_a + 0.0195 \cdot G - 1.528 \cdot WS + 0.3529 \quad (1)$$

$$T_{fpv-2} = 2.0458 + 0.9458 \cdot T_a + 0.0215 \cdot G - 1.2376 \cdot WS_w \quad (1)$$

$$WS_w = 1.62 + 1.17 \cdot WS \quad (3)$$

$$T_{fpv} = 0.5 \cdot (T_{fpv-1} + T_{fpv-2}) \quad (4)$$

Οι δε αντίστοιχες τιμές για χερσαίες εγκαταστάσεις " $T_{lpv}$ " προκύπτουν από την εφαρμογή της *Εξίσωσης 5*.

$$T_{lpv} = 3.81 + 0.0282 \cdot G + 1.31 \cdot T_a - 1.65 \cdot WS \quad (5)$$

Μετάπειτα, και θεωρώντας τυπικό Φ/Β πλαίσιο με τα χαρακτηριστικά του *Πίνακα 4.4*, εκτιμάται ο ωριαίος βαθμός απόδοσης του τελευταίου " $\eta_{pv}$ ", ο οποίος θεωρείται επίσης ταυτόσημος με το βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης, και ο οποίος, με βάση και την *Εξίσωση 6*, εξαρτάται από το βαθμό απόδοσης του κατασκευαστή υπό συνθήκες πρότυπων δοκιμών " $\eta_{STC}$ " (20.5%), ήτοι θερμοκρασία πλαισίου " $T_{STC}$ ", την πραγματικά επικρατούσα θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλαισίου " $T_{pv}$ " ( $T_{fpv}$  ή  $T_{lpv}$ ) και το συντελεστή ισχύος θερμοκρασίας " $\gamma$ " (-0,36%/°C).

$$\eta_{pv} = \eta_{STC} \cdot [1 - \gamma \cdot (T_{pv} - T_{STC})] \quad (6)$$

Τύπος Πλαισίου	Πολυκρυσταλλικό
Μέγιστη Ισχύς (W)	425
Μέγιστη Τάση (V)	42.5
Μέγιστο Ρεύμα (A)	10.01
Τάση Ανοιχτοκυκλώσεως (V)	49.8
Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως (A)	10.67
Βαθμός Απόδοσης (%) " $\eta_{STC}$ "	20.5
Συντελεστής Ισχύος-Θερμοκρασίας " $\gamma$ "	-0.36% / °C

Πίνακας 4.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά τυπικού Φ/Β πλαισίου υπό εξέταση

Με την εκτίμηση του βαθμού απόδοσης, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός της ωριαίας αποδιδόμενης ισχύος ανά λίμνη, αφού προηγουμένως καθοριστούν τα αντίστοιχα επίπεδα εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος με βάση την **Εξίσωση 7**. Ειδικότερα, θεωρώντας συντελεστή κάλυψης "LCC" της επιφανείας της λίμνης "A<sub>l</sub>", καθώς και λόγο επιφανείας πλαισίων ως προς τη συνολική επιφάνεια της Φ/Β εγκατάστασης "AR" (εν προκειμένω λαμβάνεται τιμή ίση με την μονάδα καθότι θεωρείται μηδενική γωνία κλίσης για την εγκατάσταση των πλαισίων), εκτιμάται, για τιμή ακτινοβολίας "G<sub>STC</sub>" (1000W/m<sup>2</sup>), το θεωρητικό δυναμικό ανάπτυξης πλωτών Φ/Β με όρους εγκατεστημένης ισχύος "N<sub>pv</sub>". Ανάλογα, και βάσει της **Εξίσωσης 8**, υπολογίζεται η μέση ωριαία αποδιδόμενη ισχύς "N<sub>pv(h)</sub>", με ενσωμάτωση του ωριαίου βαθμού απόδοσης " $\eta_{pv}$ " και της ωριαίας ολικής ακτινοβολίας "G<sub>(h)</sub>".

$$N_{pv} = \eta_{STC} \cdot A_l \cdot LCC \cdot G_{STC} \cdot AR \quad (7)$$

$$N_{pv(h)} = \eta_{pv} \cdot A_l \cdot LCC \cdot G_{(h)} \cdot AR \quad (8)$$

Ολοκληρώνοντας τις ωριαίες τιμές μέσης αποδιδόμενης ισχύος, είναι δυνατή η εκτίμηση της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής "E<sub>pv(y)</sub>" καθώς και του ετήσιου συντελεστή φορτίου "CF<sub>pv(y)</sub>" της Φ/Β εγκατάστασης, με εφαρμογή των **Εξισώσεων 9-10** αντιστοίχως.

$$E_{pv(y)} = \sum_{h=1}^{8760} N_{pv(h)} \quad (9)$$

$$CF_{pv(y)} = E_{pv(y)} \cdot (N_{pv} \cdot 8760)^{-1} \quad (10)$$

Την ίδια στιγμή, και εξετάζοντας πλέον το άθροισμα των εξεταζόμενων λιμνών, εκτιμάται επίσης η ενεργειακή συνεισφορά π.χ. σε εθνικό "TE<sub>pv(y)</sub>" (**Εξίσωση 11**), ή σε περιφερειακό επίπεδο – επίπεδο διαμερίσματος, με τα αποτελέσματα σε επίπεδο λίμνης να ανάγονται σε υψηλότερο επίπεδο ανάλυσης είτε μέσω άθροισης, είτε μέσω εξαγωγής σταθμισμένων αποτελεσμάτων που ενσωματώνουν τη διαφορετική βαρύτητα που εισάγει η κάθε λίμνη, λόγω

της διαφορετικής διαθέσιμης επιφάνειας (βλέπε και **Εξίσωση 12**, ως παράδειγμα για τον υπολογισμό του σταθμισμένου συντελεστή φορτίου σε εθνικό επίπεδο "WCF<sub>pv(y)</sub>").

$$TE_{pv(y)} = \sum_{i=1}^{53} E_{pv(y),i} \quad (11)$$

$$WCF_{pv(y)} = \left( \sum_{i=1}^{53} CF_{pv(y),i} \cdot A_{l,i} \cdot LCC_i \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^{53} A_{l,i} \cdot LCC_i \right)^{-1} \quad (12)$$

## 4.4 Βασικές παραδοχές

---

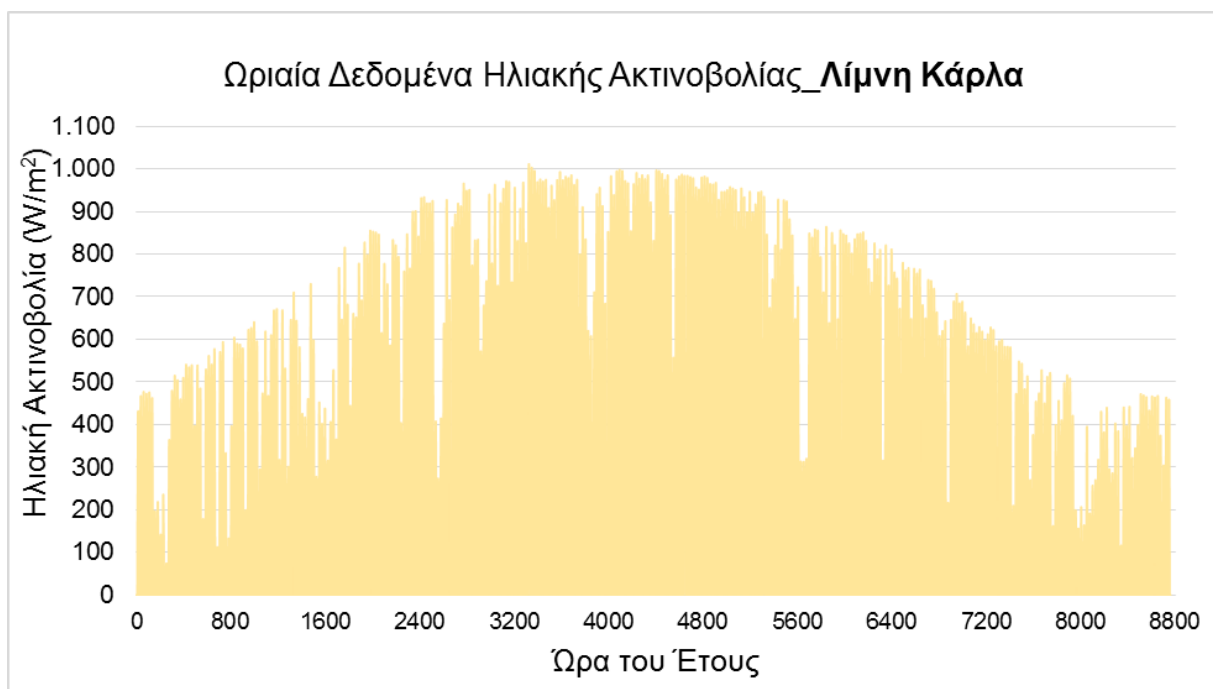
Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο της Μεθοδολογίας, παρατίθενται οι βασικές παραδοχές της εργασίας, καθώς και παρουσιάζεται ενδεικτικό παράδειγμα εφαρμογής του ακολουθούμενου πλαισίου για τη λίμνη Κάρλα.

Αναφορικά με τις βασικές παραδοχές, σημειώνονται τα εξής:

- Δεδομένης της επιλογής για χωροθέτηση των εγκαταστάσεων σε κεντρικό σημείο της λίμνης, δεν λαμβάνεται υπόψη μείωση της απόδοσης λόγω σκίασης.
- Παρότι σε αρκετές των γεωγραφικών θέσεων στις οποίες εντοπίζονται οι λίμνες του δείγματος σημειώνονται ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο, δεν λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο χιονοκάλυψης των πλαισίων, το οποίο θα ισοδυναμούσε με μηδενική ενεργειακή παραγωγή.
- Τα μετεωρολογικά δεδομένα που ανακτήθηκαν από τη βάση MERRA-2 αναφέρονται στο έτος 2022, χωρίς να εξετάζεται το κατά πόσο το τελευταίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως τυπικό.
- Η ανάκτηση των δεδομένων, παρότι στη βάση σημειακής θέσης επιλογής, αναφέρεται σε ανάλυση πλέγματος  $0.625^\circ \times 0.5^\circ$  για γεωγραφικό μήκος και πλάτος αντίστοιχα.
- Ο υπολογισμός της αποδιδόμενης ισχύος πραγματοποιείται στο επίπεδο της Φ/Β εγκατάστασης και δεν λαμβάνει υπόψη απώλειες μετατροπής και μεταφοράς-διανομής της ενέργειας.
- Δεν εξετάζεται ο βαθμός εγγύτητας, στον περιβάλλοντα χώρο των λιμνών, προσβάσιμου ηλεκτρικού δικτύου για τη σύνδεση της Φ/Β εγκατάστασης.
- Η σύγκριση μεταξύ πλωτών και χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων πραγματοποιείται θεωρώντας τα ίδια μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου, με την όποια διαφοροποίηση να υπαγορεύεται αποκλειστικά από το προκύπτον, διαφορετικό θερμοκρασιακό προφίλ στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων.
- Αναφορικά με τις εμπειρικές σχέσεις των *Εξισώσεων 1-5*, δεν εξετάζεται περιορισμός της ισχύος τους σε σχέση με τα υπό μελέτη εύρη των εμπλεκόμενων παραμέτρων.

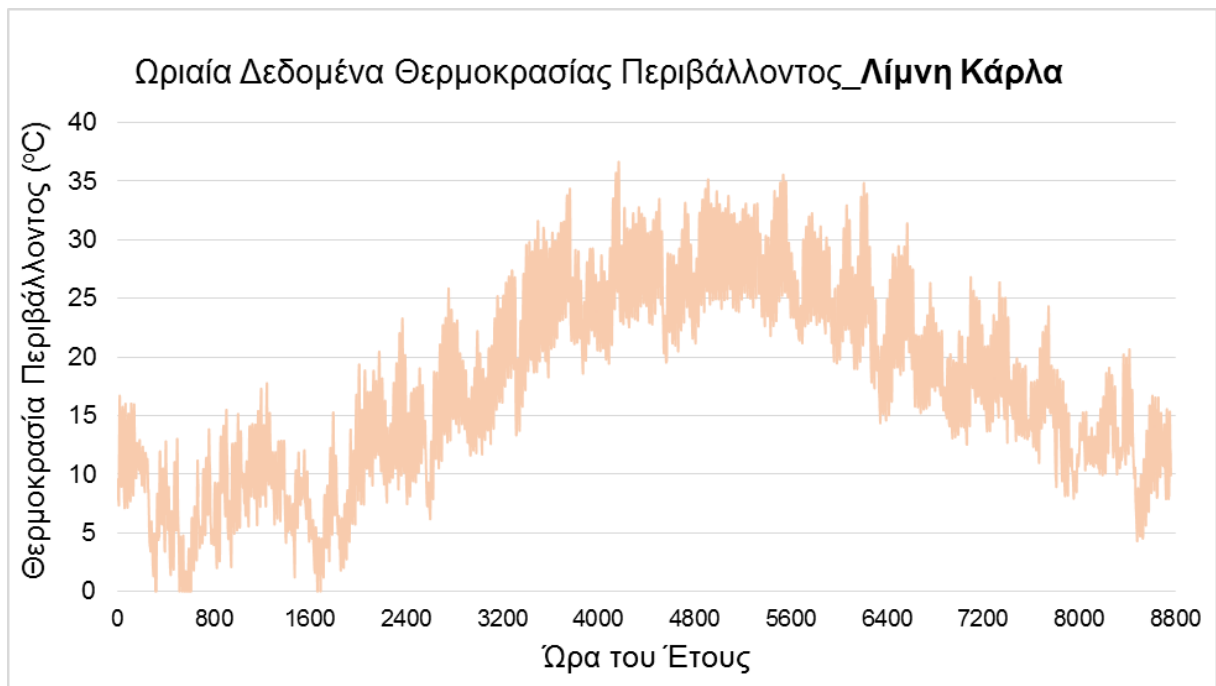
## 4.5 Επεξηγηματικό παράδειγμα- λίμνη Κάρλα

Για την καλύτερη κατανόηση της ακολουθούμενης μεθοδολογίας, στην τελευταία ενότητα του **Κεφαλαίου 4**, παρουσιάζεται ενδεικτικό παράδειγμα εφαρμογής για μία εκ των λιμνών του υπό εξέταση δείγματος, την λίμνη Κάρλα, στην περιοχή της Λάρισας. Στο πλαίσιο αυτό, στα **Σχήματα 4.2-4.4** παρουσιάζονται τα πρωτογενή, ωριαία δεδομένα, τα οποία εξήχθησαν από τη βάση MERRA-2 για τα μετεωρολογικά μεγέθη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, της ταχύτητας ανέμου και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και για νότιο προσανατολισμό.



Σχήμα 4.2: Ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο – Λίμνη Κάρλα (2022)

Όπως παρατηρείται, τα προφίλ θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας ακολουθούν αναμενόμενη συμπεριφορά. Ειδικότερα, η μέση ετήσια θερμοκρασία κινείται στα επίπεδα των  $17.5^{\circ}\text{C}$ , με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες να σημειώνονται κατά τη χειμερινή περίοδο, πλησιάζοντας ακόμα και τους  $0^{\circ}\text{C}$  στα τέλη Ιανουαρίου. Την ίδια στιγμή, οι μέγιστες θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ξεπερνούν, έστω και οριακά, τους  $35^{\circ}\text{C}$ . Αντίστοιχα, η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία τοποθετείται στα επίπεδα των  $\sim 1820\text{kWh/m}^2$  ενώ η μέση ταχύτητα ανέμου είναι της τάξης των  $5,5\text{m/s}$ , καταγράφοντας μεγαλύτερη ένταση κατά το πρώτο τρίμηνο του έτους.



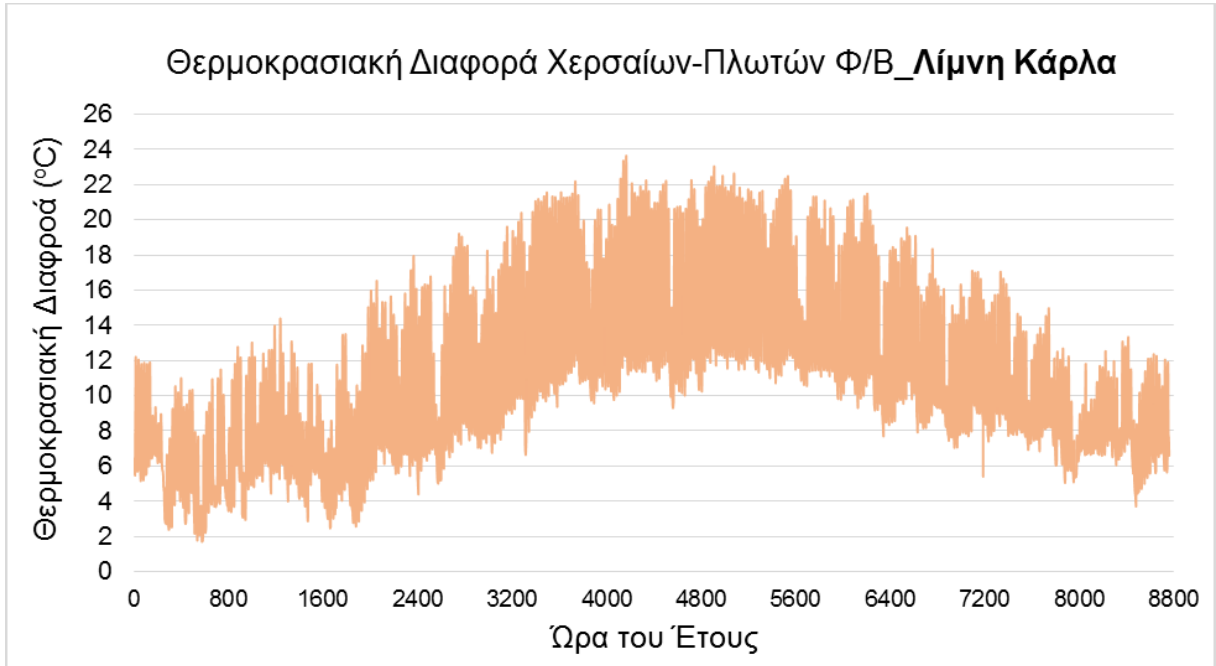
Σχήμα 4.3: Ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος – Λίμνη Κάρλα (2022)



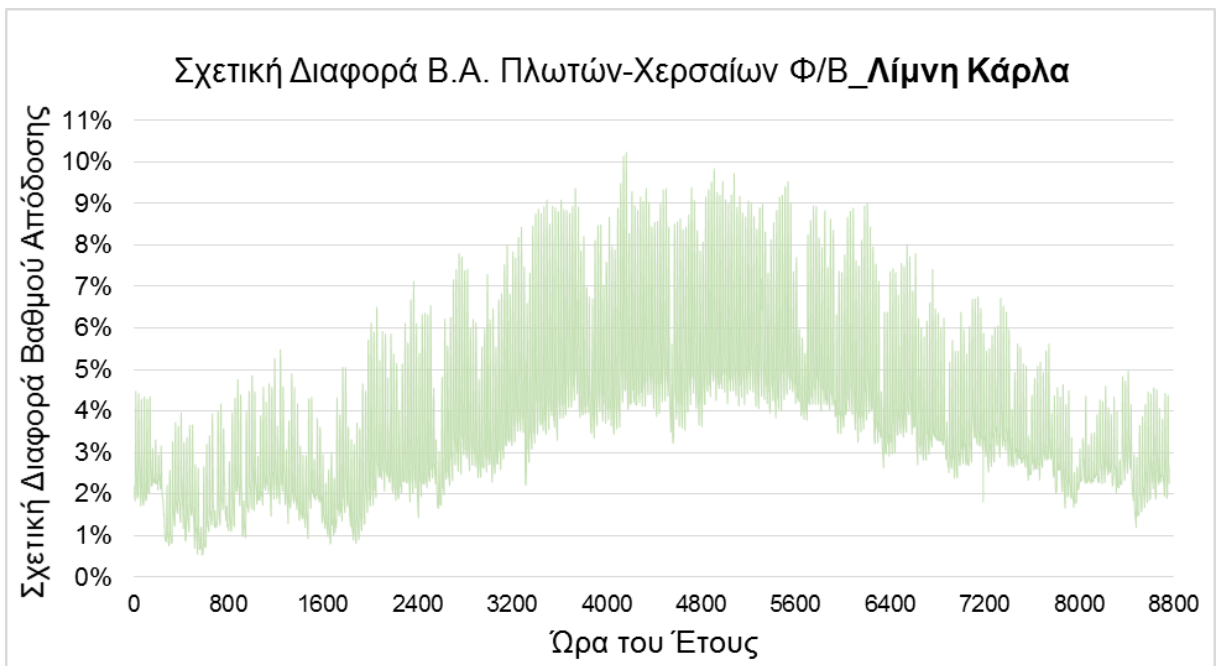
Σχήμα 4.4: Ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου – Λίμνη Κάρλα (2022)

Σε συνέχεια της παρουσίασης των πρωτογενών δεδομένων για την λίμνη Κάρλα, ακολουθεί η παρουσίαση αποτελεσμάτων σε ωριαία βάση, έχοντας ως γνώμονα καταρχήν τη σύγκριση μεταξύ πλωτής και αντίστοιχης χερσαίας Φ/Β εγκατάστασης. Αρχικά, στο **Σχήμα 4.5** παρουσιάζεται η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ χερσαίας και πλωτής εγκατάστασης σε επίπεδο Φ/Β πλαισίου, κατόπιν εφαρμογής των **Εξισώσεων 1-5**. Όπως παρατηρείται, οι

εντονότερες διαφορές σημειώνονται την καλοκαιρινή περίοδο, με εύρος διακύμανσης από 10°C -20°C, ενδεικτικό της θετικής επίδρασης του ηπιότερου θερμοκρασιακού περιβάλλοντος στο εσωτερικό της λίμνης, ενώ οι χαμηλότερες διαφορές εντοπίζονται κατά τους πρώτους χειμερινούς μήνες του έτους, υποχωρώντας στα επίπεδα των 2°C -8°C. Σε ετήσια βάση, η μέση θερμοκρασιακή διαφορά είναι της τάξης των 10°C.



Σχήμα 4.5: Προφίλ θερμοκρασιακής διαφοράς χερσαίας και πλωτής Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022)



Σχήμα 4.6: Προφίλ σχετικής διαφοράς απόδοσης πλωτής και χερσαίας Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022)

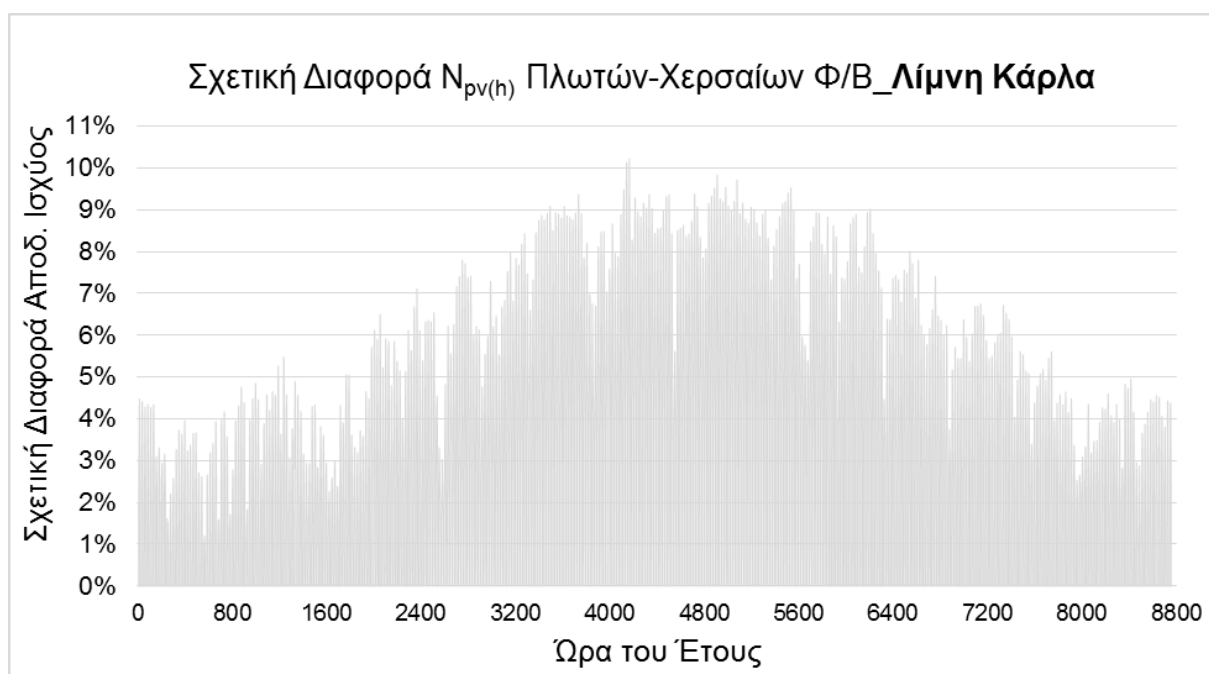
Ακολουθώντας, μέσω της εφαρμογής της **Εξίσωσης 7**, προσδιορίζονται οι ωριαίες τιμές βαθμού απόδοσης τόσο για την πλωτή όσο και για τη χερσαία εγκατάσταση, οδηγώντας επιπρόσθετα στον υπολογισμό της σχετικής διαφοράς των δύο στο διάγραμμα του **Σχήματος 4.6**.

Ανατρέχοντας στο ετήσιο προφίλ της θερμοκρασιακής διαφοράς του προηγούμενου **Σχήματος 4.5**, εξηγείται η αυξημένη σχετική διαφορά του βαθμού απόδοσης, προς όφελος της πλωτής εγκατάστασης, η οποία παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες και η οποία αγγίζει ακόμη και το 10%. Την ίδια στιγμή, κατά τη χειμερινή περίοδο, η σχετική διαφορά του βαθμού απόδοσης μειώνεται σημαντικά, εξακολουθώντας παρόλα αυτά να παραμένει θετική, ενώ σε ετήσια βάση, η μέση σχετική διαφορά ανέρχεται στα επίπεδα του 4%.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω και προκειμένου να εκτιμηθεί το θεωρητικό δυναμικό ανάπτυξης πλωτής Φ/Β εγκατάστασης με όρους ισχύος στην λίμνη Κάρλα, θεωρείται συντελεστής κάλυψης επιφάνειας της λίμνης "LCC" ίσος με 1%, που για συνολική επιφάνεια 37,37km<sup>2</sup> οδηγεί σε εγκατεστημένη ισχύ "N<sub>pv</sub>" ίση με 76,6MW<sub>p</sub> (**Πίνακας 4.5**).

Τύπος Εγκ/σης	Έκταση Εγκ/σης (km <sup>2</sup> )	N <sub>pv</sub> (MW)	E <sub>pv(y)</sub> (GWh)	CF <sub>pv(y)</sub>
Πλωτή	0,37	76,6	138,6	20,66%
Χερσαία	0,37	76,6	130,7	19,49%

Πίνακας 4.5: Χαρακτηριστικά πλωτής / χερσαίας εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα



Σχήμα 4.7: Προφίλ σχετικής διαφοράς ισχύος πλωτής και χερσαίας Φ/Β εγκατάστασης – Λίμνη Κάρλα (2022)



Συνδυάζοντας τα ανωτέρω με τις ωριαίες τιμές βαθμού απόδοσης (*Εξίσωση 6*), είναι επίσης δυνατή η εκτίμηση της ετήσιας ενεργειακής συνεισφοράς (*Εξίσωση 9*), καθώς και του ετήσιου συντελεστή φορτίου (*Εξίσωση 10*) της εγκατάστασης, στη βάση προηγουμένα του υπολογισμού των ωριαίων τιμών αποδιδόμενης ισχύος (*Εξίσωση 8*).

Οι τελευταίες επανυπολογίζονται και για την περίπτωση χερσαίας εγκατάστασης με ανάλογα χαρακτηριστικά, με τα συγκριτικά αποτελέσματα να παρέχονται τόσο σε ετήσια βάση (*Πίνακας 4.5*), όσο και υπό του μορφή γραφήματος ωριαίας ανάλυσης (*Σχήμα 4.7*), στο οποίο δίνονται οι τιμές σχετικής διαφοράς της αποδιδόμενης ισχύος, κατά αναλογία με το *Σχήμα 4.6* της σχετικής διαφοράς του βαθμού απόδοσης μεταξύ της πλωτής και της χερσαίας εγκατάστασης.

## Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα Εφαρμογής

## 5.1 Ανάλυση πρωτογενών δεδομένων

---

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα, καταλήξαμε σε ένα πλήθος αποτελεσμάτων που αφορούν στο σύνολο των υπό εξέταση λιμνών. Σε ένα πρώτο στάδιο παρουσίασης των αποτελεσμάτων αυτών θα πραγματοποιηθεί ανάλυση καταρχάς των πρωτογενών δεδομένων σε επίπεδο λίμνης και διαμερίσματος, ως απόρροια της αρχικής επεξεργασίας των στοιχείων μας. Ειδικότερα, η ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων συνδέεται με χωρική αποτύπωση των λιμνών ανά την Ελλάδα, προσέγγιση που μας δίνει τη δυνατότητα συγκριτικής αξιολόγησης μεταξύ των λιμνών με σχετική ευχέρεια, επιτρέποντας την ίδια στιγμή τη διαμόρφωση ολοκληρωμένης αντίληψης αναφορικά με το εύρος διακύμανσης των μεγεθών ενδιαφέροντος κατά μήκος του ηπειρωτικού άξονα της χώρας. Στην ίδια κατεύθυνση, και για λόγους καλύτερης αφομοίωσης των αποτελεσμάτων, η ανάλυση πραγματοποιείται σε ετήσια βάση, υπενθυμίζοντας σε κάθε περίπτωση πως στο υπόβαθρο, η επεξεργασία των δεδομένων μας αναφέρεται σε πιο λεπτομερές επίπεδο, ωριαίας ανάλυσης και υψηλότερης πολυπλοκότητας. Για όλους τους ανωτέρω λόγους, τα αποτελέσματα της εργασίας παρουσιάζονται με την μορφή συγκεντρωτικών και επαρκώς επεξηγηματικών χαρτών.

Στο πλαίσιο αυτό, και αναλογιζόμενοι την κρισιμότητα της παραμέτρου της επιφανείας των λιμνών στο υπό εξέταση πρόβλημα, η ανάλυση των επιμέρους μεγεθών διατηρεί ως κεντρικό της άξονα την επιφάνεια των λιμνών, επιδιώκοντας την άμεση συσχέτιση της τελευταίας με καθένα από τα μεγέθη ενδιαφέροντος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επιλογής της επιφανείας των λιμνών ως συνιστώσα υποβάθρου στους χάρτες, προετοιμάζοντας με τον τρόπο αυτό τον αναγνώστη ως προς τα αναμενόμενα αποτελέσματα σε ένα υψηλότερο επίπεδο ανάλυσης, με βάση το βαθμό επίδρασης που εισάγει η διαφορετική επιφάνεια της κάθε συμμετέχουσας λίμνης. Επισημαίνεται στο σημείο αυτό πως η ανάλυση κάθε μεγέθους θα πραγματοποιηθεί τόσο σε επίπεδο λίμνης όσο και σε επίπεδο διαμερίσματος, στοχεύοντας με τον τρόπο αυτό στην πρόσδοση μίας πληρέστερης εικόνας αναφορικά με τη δυναμική που φέρει η προοπτική ανάπτυξης πλωτών Φ/Β πάρκων στις λίμνες της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Έτσι, αρχικά η ανάλυσή μας κινείται στα σημεία αναφοράς μας (λίμνες) και στη συνέχεια τοποθετείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο, αυτό των διαμερισμάτων. Έχουμε δηλαδή με αυτόν τον τρόπο ανάγει τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματά μας από τοπικό σε κεντρικό επίπεδο, δημιουργώντας ένα πιο ισχυρό πλαίσιο κατανόησης μέσω της διεπίπεδης αυτής ανάλυσης.

### 5.1.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης

---

Με βάση τα ανωτέρω, θα εξετάσουμε καταρχάς τι συμβαίνει σε επίπεδο λίμνης δημιουργώντας έτσι ένα πρώτο επίπεδο απεικόνισης και ανάλυσης για τα πρωτογενή μας μεγέθη, τα οποία αφορούν:

- Στην επιφάνεια κάθε λίμνης
- Στην ταχύτητα ανέμου στην περιοχή κάθε λίμνης
- Στην ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην περιοχή κάθε λίμνης
- Στην θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή κάθε λίμνης

#### 5.1.1.1 Επιφάνεια λιμνών

---

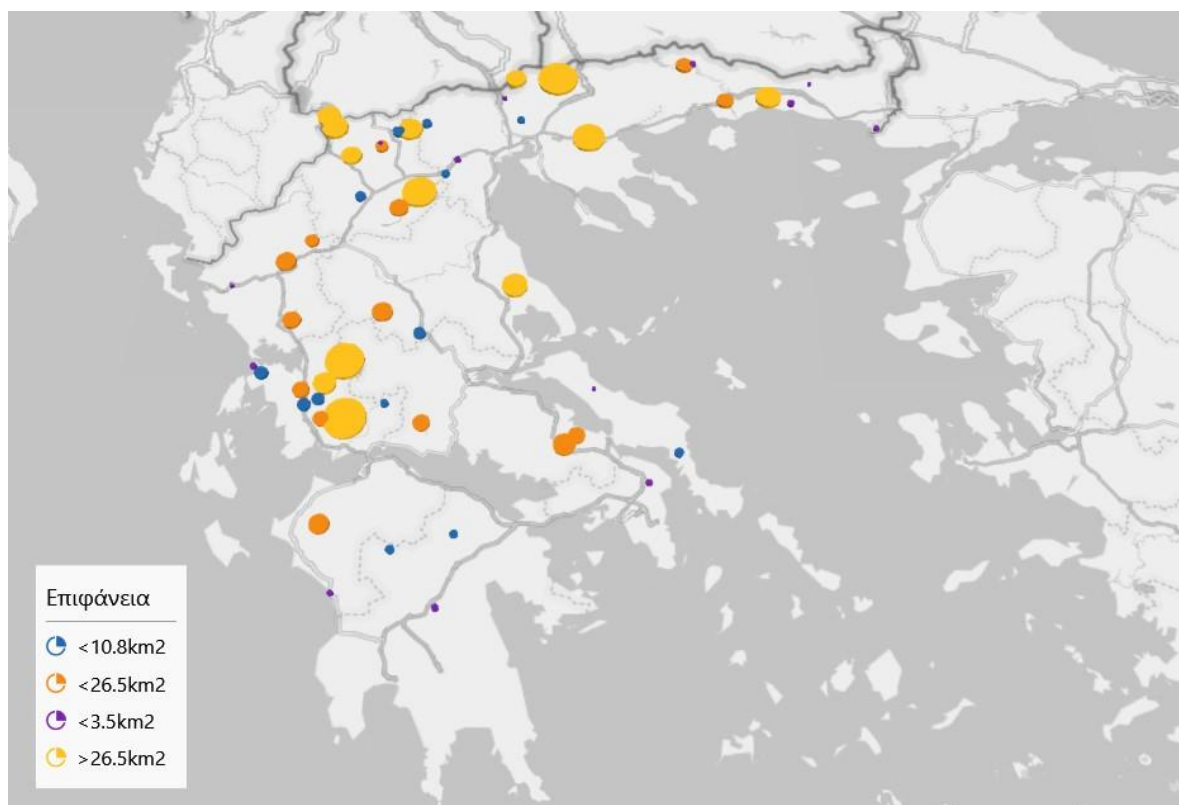
Η ανάλυσή μας ξεκινά με παράθεση του χάρτη που αφορά στην επιφάνεια κάθε λίμνης, παράμετρο τη οποία αναγνωρίσαμε και προηγουμένως ως κεντρικού ενδιαφέροντος για την μελέτη μας. Με αυτόν τον τρόπο, η σύγκριση με τα υπόλοιπα πρωτογενή μεγέθη καθίσταται ευκολότερη και πιο κατανοητή.

Αναφορικά με την διαμόρφωσή τους, να επισημάνουμε στο σημείο αυτό πως οι χάρτες εστιάζουν στο τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας, καθώς εκεί επικεντρώνεται το ενδιαφέρον μας. Επίσης, σε κάθε χάρτη παρατίθεται το αντίστοιχο υπόμνημα, το οποίο αφορά στις κλάσεις που συνοδεύουν τη διαφοροποίηση έκαστης παραμέτρου, εντός του υπό εξέταση δείγματος λιμνών, ενώ, όπως είδαμε και νωρίτερα, όλοι οι χάρτες διατηρούν ως παράμετρο υποβάθρου την επιφάνεια της κάθε λίμνης. Ταυτόχρονα, κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί το τί απεικονίζει ο κάθε χάρτης καθώς και να επισημανθεί πως όλα τα δεδομένα που έχουμε συγκεντρώσει στο πλαίσιο της μεθοδολογίας, έρχονται και ενσωματώνονται σε δομή αντίστοιχη ενός χάρτη. Έτσι, λοιπόν κάθε γεωγραφικό σημείο αναφοράς στο χάρτη αντιστοιχεί σε μία λίμνη, αθροίζοντας συνολικά 53, όσες και οι λίμνες δηλαδή του πεδίου μελέτης μας, χωρίς περαιτέρω διάκριση σε φυσικές και τεχνητές, με τη διάμετρο του κάθε σημείου (κύκλου αναφοράς) να αντιστοιχεί στην έκταση της κάθε λίμνης. Δηλαδή, όσο πιο μικρή η λίμνη, τόσο πιο περιορισμένη η διάμετρος του σημείου αναφοράς. Αντίστοιχα όσο αυξάνεται η έκταση μιας λίμνης, μεγαλώνει αναλογικά και η διάμετρος του αντίστοιχου κύκλου που την περιγράφει.

Τέλος, και όπως προαναφέρθηκε, σε κάθε τέτοια μορφή απεικόνισης των αποτελεσμάτων ενσωματώνεται και το αντίστοιχο υπόμνημα, στο οποίο εμφανίζονται οι κλάσεις εκάστου

μεγέθους. Αυτό καθώς κάθε λίμνη έχει την μοναδικότητά της ως προς κάθε χαρακτηριστικό μέγεθος. Έτσι, και για λόγους ομαδοποίησης, έχουν παραχθεί κλάσεις οι οποίες συγκεντρώνουν και διαφοροποιούν τις λίμνες μας, επιδιώκοντας με τον τρόπο αυτό την παραγωγή πιο επεξηγηματικών και ταυτόχρονα πιο ουσιαστικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Ακόμη, οι διαφορετικές κατηγορίες (κλάσεις) διακρίνονται μεταξύ τους στη βάση επιλογής διαφορετικών χρωμάτων τα οποία εμφανίζονται σε κάθε χάρτη ξεχωριστά. Συνήθως, για κάθε μέγεθος έχουν οριστεί τέσσερις (4) κλάσεις και η χρωματική παλέτα ορίζεται αντίστοιχα. Δηλαδή, όσο πιο χαμηλά, τόσο πιο ανοιχτές αποχρώσεις, και αντίστοιχα, όσο αυξάνει η τιμή της κλάσης, τόσο περισσότερο σκουραίνει και το χρώμα που την περιγράφει, με την αντίστροφη κλιμάκωση να είναι επίσης πιθανή. Όλα τα παραπάνω ισχύουν για κάθε χάρτη που ακολουθεί και που αναφέρεται σε επίπεδο λίμνης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, στην ακόλουθη εικόνα (**Εικόνα 5.1**) δίνεται ο χάρτης με την επιφάνεια κάθε λίμνης, ο οποίος έρχεται και ουσιαστικά οπτικοποιεί την πληροφορία της **Παραγράφου 2.3**, αναφορικά με τα «Συγκεντρωτικά δεδομένα χαρτογράφησης λιμνών».



Εικόνα 5.1: Χάρτης επιφανείας λιμνών ( $\text{km}^2$ ) - Επίπεδο λίμνης

Όσον αφορά λοιπόν στην επιφάνεια των λιμνών στην ηπειρωτική Ελλάδα, παρατηρούμε πως υπάρχει μια σχετικά ομοιόμορφη κατανομή υδάτινου δυναμικού, με το υψηλότερο ενδιαφέρον

να συγκεντρώνεται στο βόρειο τμήμα της χώρας, αλλά και τη Δυτική Ελλάδα. Είναι επίσης προφανές ότι στο γεωγραφικό τμήμα της Δυτικής Ελλάδας φιλοξενούνται οι περισσότερες από τις λίμνες που μελετάμε. Γενικότερα, όπως προκύπτει, το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται περισσότερο στην «καρδιά» της χώρας, καθώς όσο κατευθυνόμαστε προς τα άκρα, όλο και λιγοστεύουν σε πλήθος οι υπό εξέταση λίμνες. Επιπλέον, όπως εξηγήσαμε και προηγουμένως, κάθε σημείο αναφοράς αντιστοιχεί σε μία ξεχωριστή λίμνη, ενώ ανάλογα με το μέγεθός της διαφοροποιείται και το μέγεθος του σημείου. Έτσι, βλέπουμε πως δύο εκ των μεγαλύτερων λιμνών βρίσκονται στη Δυτική Ελλάδα (οι λίμνες της Τριγωνίδας και των Κρεμαστών), όπως εξάλλου γνωρίζουμε και από την ανάλυση που έχει προηγηθεί. Ακόμη, η λίμνη Κερκίνη εντοπίζεται στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, και αποτελεί την μεγαλύτερη της χώρας.

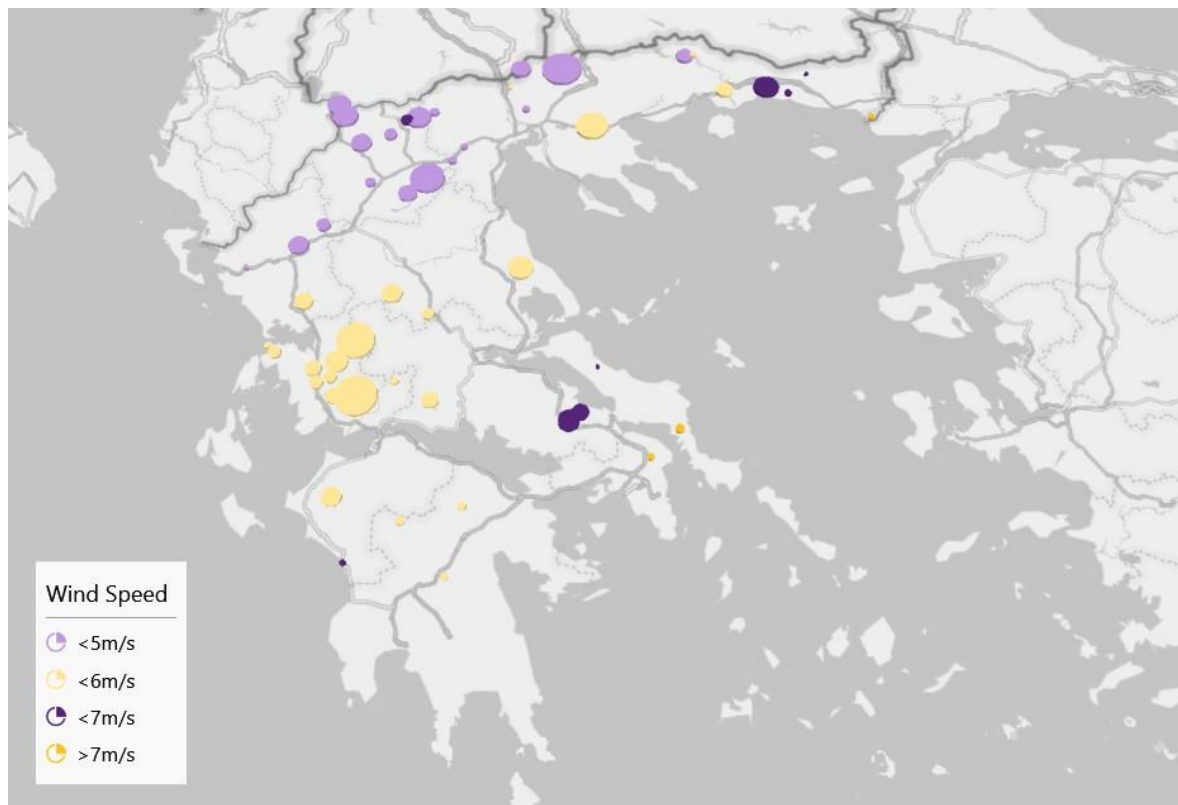
Όλα αυτά μπορούν να γίνουν αντιληπτά και από τις κλάσεις που έχουν δημιουργηθεί για το μέγεθος της επιφανείας. Η κατηγοριοποίηση αναφέρεται σε λίμνες οι οποίες καταλαμβάνουν έκταση μικρότερη από  $3,5\text{km}^2$ , μεταξύ  $3,5\text{km}^2$  και  $10,8\text{km}^2$ , μεταξύ  $10,8\text{km}^2$  και  $26,5\text{km}^2$  και μεγαλύτερη από  $26,5\text{km}^2$ . Γενικώς, σε κάθε κλάση συγκεντρώνονται 13 λίμνες, με εξαίρεση την κατηγορία των λιμνών με έκταση μεταξύ  $10,8\text{km}^2$  και  $26,5\text{km}^2$ , όπου περιέχονται 14 λίμνες. Γίνεται λοιπόν ακόμα πιο ξεκάθαρος ο ισομοιρασμός των εξεταζόμενων λιμνών, αλλά φανερώνεται και η ευαισθησία των κλάσεων, καθώς για μικρές αποκλίσεις, της τάξεως των  $0,1\text{km}^2$ , υπάρχει το ενδεχόμενο να διαφοροποιηθούν δυο λίμνες ως προς την κατάταξή τους. Παρόλα αυτά, η ομαδοποίηση και η συγκέντρωση των στοιχείων είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Τέλος, να παρατηρήσουμε ακόμη πως σε κάθε επιμέρους κατηγορία υπάρχουν πάλι διαφοροποιήσεις ως προς την απεικόνιση. Αυτό συμβαίνει, καθώς όπως εξηγήσαμε και προηγουμένως, η απεικόνιση κλιμακώνεται. Έτσι, είναι λογικό, παρόλο που κάποια σημεία αναφοράς ανήκουν στην ίδια κατηγορία, να διαφοροποιούνται μεταξύ τους απεικονιστικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι λίμνες Κερκίνη και Βόλβη της Κεντρικής Μακεδονίας, οι οποίες ανήκουν και οι δύο στην 4<sup>η</sup> κλάση, ωστόσο απεικονίζονται με διαφορετική διάμετρο, καθώς έχουν διαφορετική έκταση. Μάλιστα, η Κερκίνη καλύπτει  $109,96\text{km}^2$ , ενώ η Βόλβη φτάνει τα  $68,6\text{km}^2$ .

#### **5.1.1.2 Μέση ετήσια ταχύτητα λιμνών**

---

Ακολουθεί αντίστοιχος χάρτης (**Εικόνα 5.2**) ο οποίος αποδίδει το αιολικό δυναμικό στην περιοχή κάθε λίμνης, λαμβάνοντας υπόψη την τιμή της μέσης ετήσιας ταχύτητας.



Εικόνα 5.2: Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου (m/s) - Επίπεδο λίμνης

Αρχικά, είναι σκόπιμο να εξηγήσουμε τί βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα και τι εννοούσαμε με το γεγονός ότι εξετάζουμε κάθε μέγεθος ως προς την επιφάνεια. Έτσι λοιπόν, και σε αυτήν την περίπτωση κάθε λίμνη απεικονίζεται με ένα σημείο αναφοράς. Επομένως, έχουμε και πάλι 53 σημεία, ενώ εξακολουθεί το μέγεθος του κάθε σημείου αναφοράς να συνδέεται αναλογικά με την έκταση της λίμνης που περιγράφει. Ωστόσο, από εδώ και στο εξής, η χρωματική παλέτα, αλλά και τα δεδομένα που απεικονίζονται και είναι ενσωματωμένα στον κάθε χάρτη, θα αφορούν στο εξεταζόμενο κάθε φορά επόμενο μέγεθος. Έτσι, στο συγκεκριμένο χάρτη βλέπουμε ποιες ταχύτητες ανέμου επικρατούν σε κάθε λίμνη, με δυνατότητα παράλληλα συσχέτισής τους με τις επιφάνειες των λιμνών. Δηλαδή στην ουσία οι χάρτες παραμένουν ίδιοι ως προς τις γεωγραφικές θέσεις και την παράμετρο υποβάθρου, με διαφοροποίηση κάθε φορά του μεγέθους υπό εξέταση, των σχετικών κλάσεων, καθώς και της χρωματικής παλέτας που έχει επιλεγεί.

Επιστρέφοντας στον χάρτη, παρατηρούμε ότι στις λίμνες της Ελλάδας επικρατούν χαμηλές σχετικά ταχύτητες ανέμου, που σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) χαρακτηρίζονται ως ασθενείς ή σχεδόν μέτριοι άνεμοι για ταχύτητες ανέμου 4-5m/s και 6-8m/s αντίστοιχα [69]. Οι κλάσεις που έχουν δημιουργηθεί για το συγκεκριμένο πρωτογενές μέγεθος

είναι για ταχύτητες ανέμου μικρότερες από 5m/s, μεταξύ 5m/s και 6m/s, μεταξύ 6m/s και 7m/s, και μεγαλύτερες από 7m/s. Γενικά, φαίνεται ότι η σημαντική πλειοψηφία των λιμνών απαντά σε ταχύτητες ανέμου μικρότερες από 6m/s. Μάλιστα, κάνουμε λόγο για 23 λίμνες στις οποίες επικρατούν τέτοιες ταχύτητες, τόσο φυσικές, όσο και τεχνητές. Επομένως, ένα ποσοστό της τάξεως του 45% χαρακτηρίζεται από σχεδόν μέτριους ανέμους που δεν ξεπερνάνε τα 6m/s [69]. Οι ταχύτητες αυτές εντοπίζονται κυρίως στην «καρδιά» της χώρας. Ακόμη φαίνεται πως στο βόρειο τμήμα της χώρας έχουμε ασθενείς ανέμους, και πως όσο κατευθυνόμαστε προς τον νότο οι ταχύτητες αυτές σταδιακά αυξάνουν.

Επίσης, βλέπουμε πως κατά βάση, σε κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα επικρατεί και μια συγκεκριμένη κλάση ταχυτήτων ανέμου. Υπάρχει δηλαδή μια σχετικά ομοιόμορφη κατανομή ανά γεωγραφικό τμήμα της χώρας. Όπως ακόμη και ότι γειτονικά διαμερίσματα ακολουθούν μια ήπια μετάβαση, ή μια σχετική σταθερότητα αναφορικά με τις επικρατούσες τιμές ταχύτητες ανέμου. Ωστόσο, ενδιαφέρον έχει το κομμάτι της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, στο οποίο υπάρχει έντονη διακύμανση, καθώς φαίνεται να ευνοούνται όλες οι προκαθορισμένες κλάσεις. Αξίζει επιπλέον να σημειώσουμε και την λίμνη των Πετρών, στην οποία επικρατούν ταχύτητες ανέμου μεταξύ 6m/s και 7m/s, ενώ σε όλη την υπόλοιπη περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας έχουμε ταχύτητες ανέμου μικρότερες από 5m/s. Τέλος, υπάρχουν μονάχα τρεις (3) λίμνες οι οποίες ξεπερνούν τα 7m/s, δηλαδή ανήκουν στην ανώτερη κλάση και είναι αυτές του Δυστού, του Μαραθώνα και των Νυμφών. Μάλιστα, η τελευταία παρουσιάζει και την μεγαλύτερη ταχύτητα που εμφανίζεται σε ολόκληρο το πεδίο μελέτης μας. Από την άλλη, η λίμνη Κερκίνης χαρακτηρίζεται από την χαμηλότερη ταχύτητα ανέμου που έχουμε εντοπίσει στο σύνολο του υπό εξέταση δείγματος.

Επίσης, θα μπορούσαμε να πούμε πως η επιφάνεια σχετίζεται σε κάποιον βαθμό με την παράμετρο που μελετάμε, καθώς όπως φαίνεται, στην Κερκίνη, που αποτελεί την μεγαλύτερη λίμνη του πεδίου μελέτης μας, αναπτύσσεται η χαμηλότερη δυνατή ταχύτητα ανέμου, ενώ σε μικρότερες εκτάσεις παρατηρούμε πιο ισχυρό αέρα. Γενικότερα δηλαδή φαίνεται πως στην ηπειρωτική Ελλάδα οι μικρότερες σε έκταση λίμνες, μέχρι  $20km^2$ , απολαμβάνουν αιολικό δυναμικό καλύτερης ποιότητας. Από την άλλη, όσο η έκταση των λιμνών αυξάνει, η ποιότητα του δυναμικού φαίνεται να υποβαθμίζεται, διατηρούμενη περίπου σταθερή για λίμνες έκτασης της τάξεως των  $20-50km^2$ . Τέλος, κάνοντας λόγο για μεγάλες λίμνες, οι ταχύτητες εμφανίζουν μια φθίνουσα πορεία. Θα μπορούσαμε λοιπόν στο σημείο αυτό να αναπτύξουμε μία ακόμη



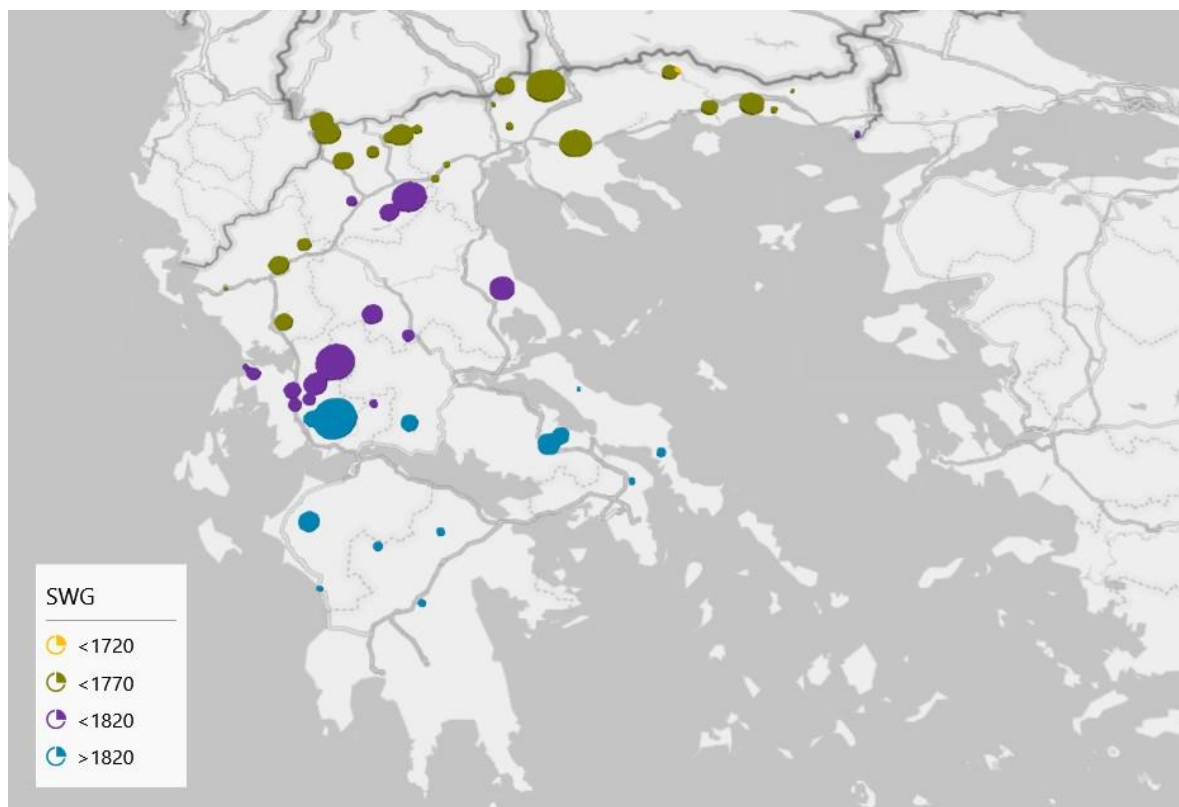
κατηγοριοποίηση σχετικά με την επιφάνεια, και πέρα από τις ήδη υπάρχουσες, συσχετίζοντας τα μεγέθη μας και για τις εξής επιπλέον κατηγορίες, οι οποίες θα αφορούν σε:

- Μικρές λίμνες μέχρι  $20\text{km}^2$  ( $\leq 20\text{km}^2$ )
- Μεσαίες λίμνες μεταξύ  $20\text{km}^2$  και  $50\text{km}^2$  ( $>20\text{km}^2$  και  $\leq 50\text{km}^2$ )
- Μεγάλες λίμνες μεγαλύτερες από  $50\text{km}^2$  ( $> 50\text{km}^2$ )

Ολοκληρώνοντας, όπως αντιλαμβανόμαστε οι ταχύτητες ανέμου στις εξεταζόμενες περιοχές φαίνεται να έχουν μικρές διακυμάνσεις. Παρόλα αυτά, τα ανεμολογικά μας δεδομένα συνδιαμορφώνουν με τα υπόλοιπα πρωτογενή δεδομένα το αποτέλεσμα του καθορισμού των τελικών αποτελεσμάτων, και ως εκ τούτου μπορούν υπό προϋποθέσεις να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο.

### 5.1.1.3 Ολική ακτινοβολία λιμνών στο οριζόντιο επίπεδο

Αντίστοιχα, έχουμε ένα επιπλέον πρωτογενές μέγεθος, αυτό της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδο λίμνης και σε ετήσια βάση, που περιγράφεται και ορίζεται από τον ακόλουθο χάρτη (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3: Χάρτης ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ( $\text{kWh/m}^2.\text{a}$ ) - Επίπεδο λίμνης

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τα δεδομένα αφορούν στις τιμές ακτινοβολίας κάθε περιοχής. Για το συγκεκριμένο πρωτογενές μέγεθος έχουμε εξετάσει την περίπτωση κατά την οποία τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε οριζόντιο επίπεδο στις επιφάνειες των λιμνών. Δηλαδή, όπως έχει άλλωστε προαναφερθεί και στην μεθοδολογία, κάνουμε λόγο για φωτοβολταϊκά τα οποία βρίσκονται σε κλίση μηδέν (0) μοίρες.

Οι κλάσεις που έχουν οριστεί για το συγκεκριμένο πρωτογενές μέγεθος είναι τέσσερις (4) και αφορούν σε ακτινοβολίες που δεν ξεπερνούν τα  $1720\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$ , βρίσκονται μεταξύ  $1720\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  και  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$ , μεταξύ  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  και  $1820\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  και ξεπερνούν τις  $1820\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$ . Σε αυτή την περίπτωση η διαφοροποίηση έχει περισσότερο νόημα από ότι προηγουμένως, καθώς υπάρχουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις. Με μια πρώτη εκτίμηση, ακτινοβολίες χαμηλότερες από  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  φαίνεται να επικρατούν στο μεγαλύτερο κομμάτι της χώρας. Μάλιστα, είναι συνολικά 25 λίμνες οι οποίες βάσει διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας ανήκουν στην 2<sup>η</sup> κατηγορία (κλάση). Επομένως, κάνουμε λόγο για ένα ποσοστό γύρω στο 45%, το οποίο εμφανίζει ηλιακό δυναμικό της τάξεως των  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$ .

Παρατηρούμε ακόμη πως όσον αφορά και στις ακτινοβολίες, υπάρχει μια αύξουσα τάση από τον βορρά προς τον νότο. Δηλαδή, στο βόρειο κομμάτι της Ελλάδας, οι υπό εξέταση περιοχές φαίνεται να απαντούν σε χαμηλότερης ποιότητας ηλιακό δυναμικό, ενώ όσο κατευθυνόμαστε προς τον νότο, το τελευταίο ολοένα και βελτιώνεται, κάτι που εξάλλου θα έπρεπε να αναμένεται καθότι αναφερόμαστε σε γεωγραφικά πλάτη εγγύτερα του ισημερινού.

Γενικά, θα μπορούσε να ειπωθεί πως ανά γεωγραφικό κομμάτι αναπτύσσεται μία ζώνη σταθερού περίπου ηλιακού δυναμικού, η οποία και εκτείνεται κατά μήκος του. Ωστόσο, μεγαλύτερο ενδιαφέρον και άξιο σχολιασμού είναι το γεωγραφικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, στην οποία εντοπίζονται διαφορετικές τιμές ακτινοβολίας. Κατά κανόνα ισχύει ό,τι και για την υπόλοιπη βόρεια Ελλάδα, με δυναμικά της τάξεως των  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  και κάτω. Διαφέρει όμως η λίμνη των Νυμφών, της οποίας το δυναμικό τοποθετείται μεταξύ  $1770\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$  και  $1820\text{kWh}/\text{m}^2.\text{a}$ . Το γεγονός αυτό ωστόσο χαρακτηρίζεται φυσιολογικό, καθώς η θέση της λίμνης αναφέρεται σε μικρότερο γεωγραφικό πλάτος συγκριτικά με τους υπόλοιπους υδάτινους όγκους της συγκεκριμένης περιοχής. Μάλιστα, η λίμνη Νυμφών βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της Θράκης, σε παράλληλο στο ύψος του βορειότερου ορίου της κεντρικής Ελλάδας. Ακόμη, στο γεωγραφικό αυτό τμήμα φιλοξενείται και η λίμνη της Πλατανόβρυσης, στην οποία αναπτύσσεται ακτινοβολία ίση με

~1720kWh/m<sup>2</sup>.a, και η οποία ανήκει στην πρώτη κατηγορία με ακτινοβολίες μικρότερες των 1720 kWh/m<sup>2</sup>.a. Μάλιστα, η λίμνη αυτή είναι και η μοναδική από το πλήθος των 53 συνολικά λιμνών η οποία ανήκει στην συγκεκριμένη (χαμηλότερη) κλάση ακτινοβολιών. Ακόμη, το υψηλότερο ηλιακό δυναμικό συναντάται στην λίμνη του Μαραθώνα, και φτάνει τα ~1915kWh/m<sup>2</sup>.a. Ο υδάτινος χώρος του Μαραθώνα βρίσκεται στην Αττική, στο κεντρικό προς νότιο τμήμα της χώρας, ενώ η Πλατανόβρυση αρκετά βορειότερα. Επομένως, επιβεβαιώνεται και η αρχική μας εκτίμηση ως προς τη χωρική μεταβολή του δυναμικού ακτινοβολίας ανά την Ελλάδα.

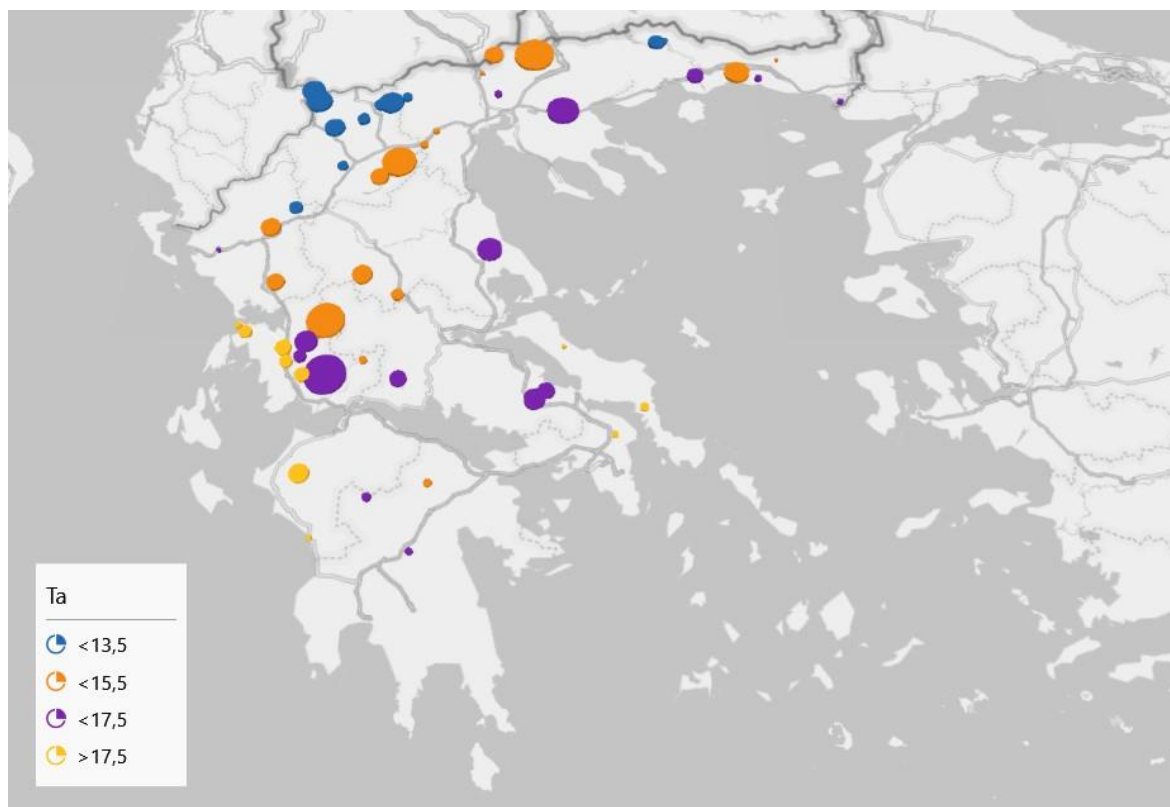
Γενικότερα παρατηρείται, πως όσον αφορά και στις ακτινοβολίες, οι μικρές λίμνες ( $\leq 20\text{km}^2$ ) απαντούν σε υψηλότερης ποιότητας δυναμικά, ενώ οι μεγαλύτερες σε χαμηλότερης. Τέλος, οι μικρές λίμνες, και σε έναν βαθμό και οι μεσαίες ( $>20\text{km}^2$  και  $\leq 50\text{km}^2$ ), χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διασπορά. Δηλαδή, φαίνεται ότι οι μικρές εμφανίζουν την υψηλότερη και την χαμηλότερη τιμή που συναντάμε, καθώς όπως σχολιάσαμε και προηγουμένως, τόσο ο Μαραθώνας όσο και η Πλατανόβρυση, αναφέρονται σε πολύ μικρές εκτάσεις (2,45km<sup>2</sup> και 3,2km<sup>2</sup> αντίστοιχα). Αντίθετα, οι μεγάλες λίμνες ( $>50\text{km}^2$ ) παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας. Γενικά, μας ενδιαφέρει η παράμετρος αυτή να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, καθώς συνδέεται άμεσα με το αναμενόμενο δυναμικό θεωρητικής Φ/Β παραγωγής, γεγονός το οποίο φαίνεται να ισχύει καθολικά, ανεξάρτητα από τις εσωτερικές διαφοροποιήσεις ανά λίμνη. Προφανώς, το ευρύτερο πρόβλημα είναι πολυπαραγοντικό και χρήζει περαιτέρω εμβάθυνσης, με την ακτινοβολία να είναι μεν καθοριστικής σημασίας, σε καμία περίπτωση όμως να μην αποτελεί το μοναδικό μέγεθος που επηρεάζει το πρόβλημα.

#### **5.1.1.4 Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος λιμνών**

---

Τέλος, και σε σχέση με τα πρωτογενή μας μεγέθη, ολοκληρώνουμε με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν και αφορούν στην μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος που επικρατεί στην περιοχή της κάθε λίμνης. Από τον ακόλουθο χάρτη (**Εικόνα 5.4**) αντλούμε δεδομένα σχετικά με τις τιμές θερμοκρασίας αέρα που αναπτύσσονται σε περιοχές κεντρικά των λιμνών. Αυτό που παρατηρείται με μια πρώτη ανάλυση είναι πως η κατανομή αυτή κλιμακώνεται σε ζώνες. Έτσι, στο βόρειο κομμάτι της χώρας, αλλά και στην «καρδιά», αναπτύσσονται χαμηλές και μεσαίες θερμοκρασίες, ενώ προς τα νότια, αλλά και γενικότερα προς τα άκρα, ευνοούνται υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας.

Ωστόσο, σε ένα γενικότερο πλαίσιο, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος των λιμνών δεν είναι υψηλές. Οι λίμνες γενικώς ευνοούν την ανάπτυξη μικροκλίματος λόγω όλων των οργανισμών, που φιλοξενούνται περιμετρικά, αλλά και εντός του περιβάλλοντός τους. Έτσι, η πανίδα, και ιδιαίτερα η χλωρίδα, που αναπτύσσονται σε αυτές, δημιουργούν μια «ασπίδα» - ένα προστατευμένο περιβάλλον - που ευνοεί την εμφάνιση χαμηλότερων θερμοκρασιών. Συνδυαστικά και με τα υψηλά ποσοστά υγρασίας, λόγω της υδάτινης μάζας, οδηγούμαστε στην επικράτηση ηπιότερων θερμοκρασιών στις λίμνες καθώς και στον περιβάλλοντα χώρο αυτών.



Εικόνα 5.4: Χάρτης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος ( $^{\circ}\text{C}$ ) - Επίπεδο λίμνης

Οι κλάσεις που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο αυτό αφορούν θερμοκρασίες περιβάλλοντος που δεν ξεπερνούν τους  $13,5^{\circ}\text{C}$ , βρίσκονται μεταξύ  $13,5^{\circ}\text{C}$  και  $15,5^{\circ}\text{C}$ , μεταξύ  $15,5^{\circ}\text{C}$  και  $17,5^{\circ}\text{C}$  και είναι υψηλότερες των  $17,5^{\circ}\text{C}$ . Γενικά, η κατάταξη των υδάτινων όγκων που εξετάζουμε ισομοιράζεται στις παραπάνω κατηγορίες, με λίγο μεγαλύτερο ενδιαφέρον να συναντάται στην 2<sup>η</sup> κατηγορία, στην οποία εντάσσονται 16 λίμνες. Ακόμη, η επιφάνεια δεν φαίνεται να παίζει καθοριστικό ρόλο για το συγκεκριμένο μέγεθος. Μάλιστα, μεγαλύτερη διασπορά και εύρος τιμών συναντάται για μικρές ( $\leq 20\text{km}^2$ ) και για μεσαίες λίμνες ( $>20\text{km}^2$  και  $\leq 50\text{km}^2$ ), ενώ και οι μεγάλες ( $>50\text{km}^2$ ) εμφανίζουν ποικιλία τιμών θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα καλύτερης περίπτωσης αποτελεί η λίμνη της Μεγάλης Πρέσπας, η οποία αναπτύσσει την

χαμηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία εκ του συνολικού μας πεδίου μελέτης, ίση με 11,62°C. Αντίθετα, η λίμνη Σαλτίνη παρουσιάζει μέση ετήσια θερμοκρασία της τάξεως των 18,31°C, αποτελώντας τη δυσμενέστερη περίπτωση στο πεδίο μελέτης μας.

### 5.1.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος

---

Σε συνέχεια της ανάλυσης σε επίπεδο λίμνης, ακολουθεί η ανάλυση **σε επίπεδο διαμερίσματος**. Γεωγραφικά, η τελευταία θα βασιστεί και πάλι στο πρόγραμμα Καλλικράτης [18], όπως συνέβη και με τη δεύτερη ενότητα της παρούσας εργασίας, συμβαδίζοντας με τον τρόπο αυτό με την έως τώρα προσέγγιση. Ακόμη, και σε συνέπεια με την προηγούμενη ενότητα, θα εξεταστεί το σύνολο των πρωτογενών μεγεθών που μελετήθηκαν, με την μόνη διαφορά ότι εν προκειμένω θα αναφερόμαστε σε σταθμισμένες τιμές, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική βαρύτητα που εισάγει η επιφάνεια της κάθε λίμνης. Με αυτόν τον τρόπο παράγονται αποτελέσματα συγκεντρωτικού χαρακτήρα τα οποία τροφοδοτούν ένα υψηλότερο επίπεδο ανάλυσης. Επιπλέον, διερευνώντας κάθε πρωτογενές, αλλά και δευτερογενές στην πορεία του παρόντος κεφαλαίου μέγεθος, μπορούμε να καταλήξουμε σε ακόμα πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα.

Σκόπιμο είναι λοιπόν στο σημείο αυτό να επεξηγηθεί και ο τρόπος με τον οποίον αναπαράγονται τα αποτελέσματα σε επίπεδο διαμερίσματος. Καταρχάς, παραμένει η μορφή του χάρτη ως μέσο απεικόνισης των αποτελεσμάτων, με τα όρια των διαμερισμάτων όμως αυτή τη φορά να είναι διακριτά, ενώ τα δεδομένα που ενσωματώνονται αφορούν στα σταθμισμένα μεγέθη κάθε ξεχωριστής παραμέτρου που εξετάζουμε. Ακόμη, ακολουθείται χρωματική διαβάθμιση αναλόγως της έντασης του κάθε μεγέθους. Δηλαδή, η χρωματική παλέτα που έχει επιλεγεί για την απεικόνιση των δεδομένων σε επίπεδο διαμερίσματος είναι τόνοι του γκρι, και όσο μεγαλώνει το μέγεθος που μελετάμε, τόσο σκουραίνει η κλίμακα του γκρι χρώματος. Επομένως, οι χάρτες αυτοί αφορούν σε σταθμισμένα ετήσια μεγέθη και παρέχουν πληροφορία σε επίπεδο διαμερίσματος. Ακόμη, επισημαίνεται πως η ευμενέστερη και η δυσμενέστερη κάθε φορά περίπτωση (διαμέρισμα) αποτυπώνονται με χρώματα διαφορετικά του γκρι. Συνήθως, έχουν επιλεγεί για τον σκοπό αυτό τυχαία χρώματα προκειμένου να γίνεται ξεκάθαρη η διαφορά. Ωστόσο, συνηθίζεται η ανοικτή απόχρωση να αφορά το γεωγραφικό διαμέρισμα που έχει το μικρότερο κάθε φορά εξεταζόμενο μέγεθος, ενώ το σκούρο χρώμα (αντίστοιχης παλέτας) αφορά στην περίπτωση της μεγαλύτερης τιμής της υπό μελέτη κάθε φορά παραμέτρου.

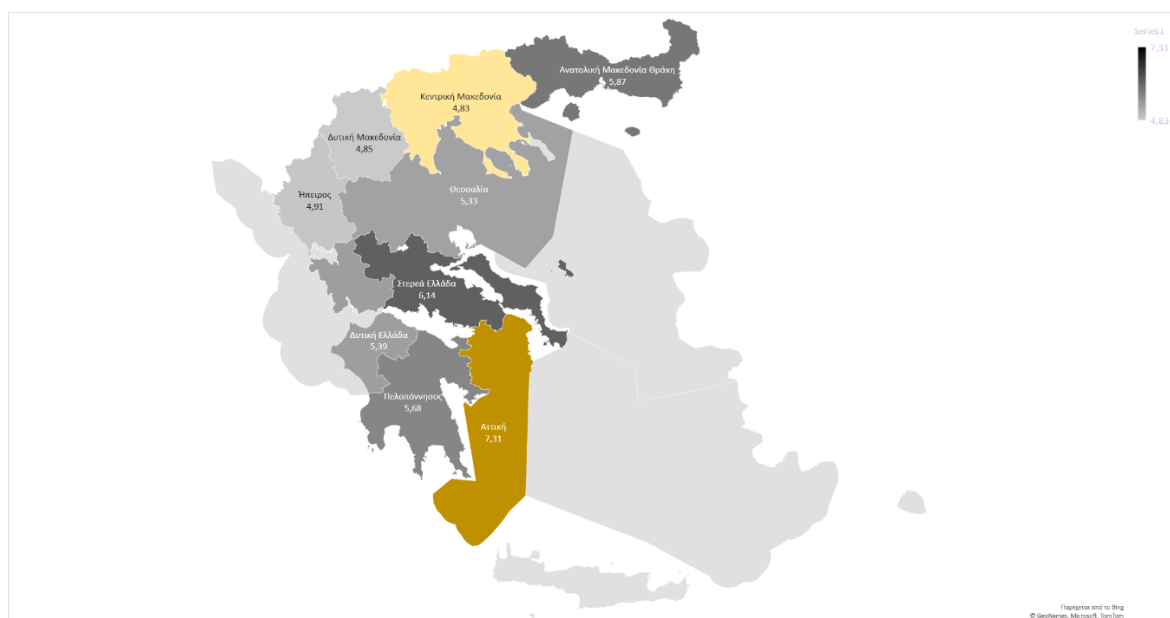
Επισημαίνουμε στο σημείο αυτό πως θα εξαιρέσουμε τον χάρτη που σχετίζεται με τις επιφάνειες, καθώς έχει προηγηθεί αλλά και περιγράφεται στην Παράγραφο 2.3

«Συγκεντρωτικά δεδομένα χαρτογράφησης λιμνών». Επομένως, σε επίπεδο διαμερίσματος θα εξετάσουμε τα ακόλουθα πρωτογενή μεγέθη:

- Την ταχύτητα ανέμου
- Την ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
- Την θερμοκρασία περιβάλλοντος

### 5.1.2.1 Σταθμισμένη μέση ετήσια ταχύτητα λιμνών

Αρχικά, παρατίθεται ο χάρτης αιολικού δυναμικού (*Εικόνα 5.5*), δίνοντας τη σταθμισμένη μέση ετήσια τιμή ταχύτητας ανά διαμέρισμα.



*Εικόνα 5.5: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου (m/s) – Επίπεδο διαμερίσματος*

Παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα πως το βόρειο κομμάτι χαρακτηρίζεται από ηπιότερο δυναμικό ενώ όσο κατευθυνόμαστε προς τα νότια τμήματα της χώρας το δυναμικό ενισχύεται, με τη σταθμισμένη μέση ετήσια ταχύτητα να εμφανίζει την μέγιστη τιμή της για το γεωγραφικό διαμέρισμα της Αττικής. Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να σημειώσουμε πως η περιφέρεια της Αττικής αποτελεί σε κάποιο βαθμό ιδιαίτερο στοιχείο ως προς την μελέτη και τα συμπεράσματά μας.

Αυτό συμβαίνει καθώς στην περιοχή αυτή εντοπίζεται μονάχα μία λίμνη, αυτή του Μαραθώνα. Επομένως είναι ουσιαστικά η μοναδική περίπτωση όπου δεν κάνουμε λόγο για

σταθμισμένα μεγέθη, ή διαφορετικά, τα σταθμισμένα αποτελέσματα που προκύπτουν για την Αττική ταυτίζονται και συμπίπτουν με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει για την λίμνη του Μαραθώνα. Για αυτόν τον λόγο, αρκετές φορές η Αττική, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση των ανεμολογικών στοιχείων, θα εκφράζει την μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου που μελετάμε, που εν προκειμένω αναφέρεται σε αιολικό δυναμικό μέσης ετήσιας ταχύτητας 7,31m/s.

Τα υπόλοιπα γεωγραφικά διαμερίσματα σχετίζονται με τις συνθήκες που είδαμε να επικρατούν σε επίπεδο λίμνης και αφορούσαν στο αιολικό δυναμικό που επικρατεί στην κάθε περιοχή. Μάλιστα, η γεωγραφική περιοχή που οριοθετεί την Κεντρική Μακεδονία παρουσιάζει σταθμισμένη μέση ταχύτητα ανέμου της τάξεως των 4,83m/s, τιμή που αποτελεί την χαμηλότερη επί του συνόλου. Ενδιαφέρον έχει επίσης να σχολιάσουμε την Στερεά Ελλάδα, η οποία επιδεικνύει μέση ταχύτητα 6,14m/s.

Κάτι τέτοιο όμως είναι λογικό, καθώς όλες οι περιοχές λιμνών αναφοράς μας στο κομμάτι αυτό ανήκαν στις υψηλότερες κλάσεις ταχύτητας ανέμου. Μάλιστα, κάνουμε λόγο για κατηγορίες ταχυτήτων μικρότερες ή μεγαλύτερες των 7m/s, αλλά υπήρχε και μία λίμνη, αυτή του Μόρνου, που χαρακτηριζόταν από μέση ετήσια ταχύτητα μικρότερη των 6m/s, αναδεικνύοντας τη σημασία της βαρύτητας που προσδίδεται από τις διαφορετικές επιφάνειες μεταξύ των λιμνών του ίδιου διαμερίσματος.

#### **5.1.2.2 Σταθμισμένη ολική ακτινοβολία λιμνών στο οριζόντιο επίπεδο**

---

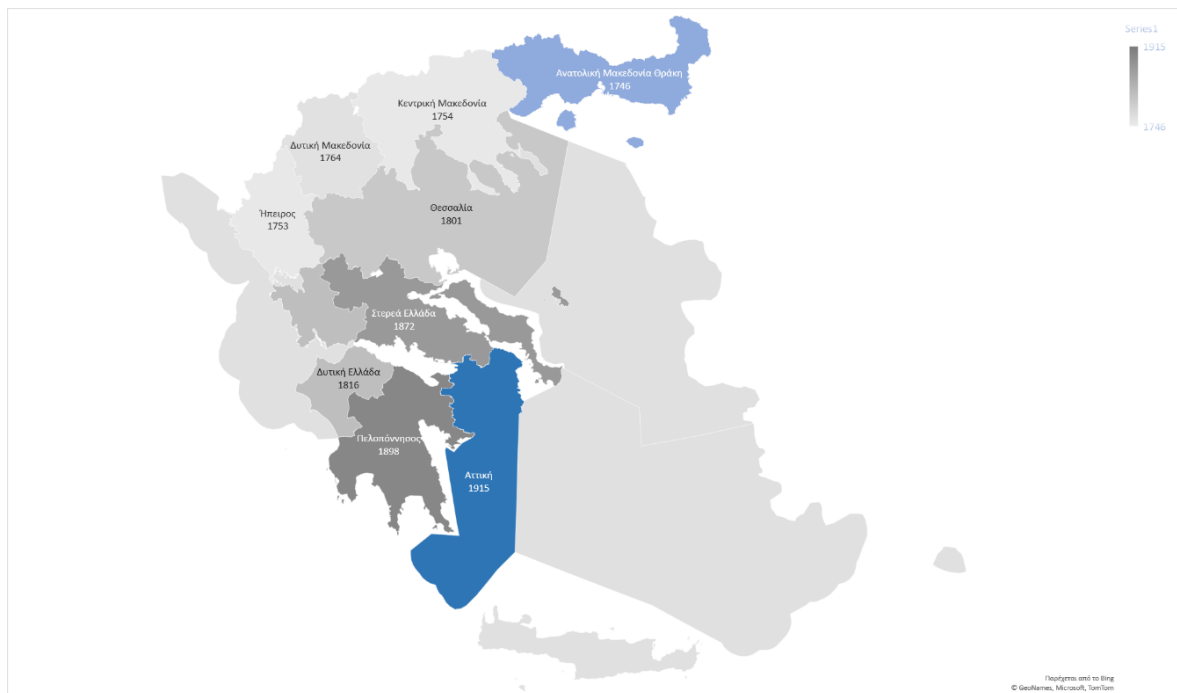
Ακολουθεί η απεικόνιση για τη σταθμισμένη διαθέσιμη ακτινοβολία σε ετήσια βάση, σε μορφή αντίστοιχου χάρτη και σε επίπεδο διαμερίσματος (**Εικόνα 5.6**).

Όπως λοιπόν παρατηρούμε ακολούθως, η μεγαλύτερη τιμή σταθμισμένης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζεται στην περιφέρεια της Αττικής. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει καθώς στην συγκεκριμένη περιοχή φιλοξενείται η λίμνη του Μαραθώνα, στην οποία προηγουμένως σε επίπεδο λίμνης εντοπίστηκε και η υψηλότερη τιμή ακτινοβολίας σε ολόκληρο το πεδίο εφαρμογής μας.

Σαφώς και ισχύει ότι και για τον προηγούμενο χάρτη της **Εικόνας 5.5**, πως δηλαδή ό,τι αφορά στην Αττική, δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό ως προς το συνολικό μας δείγμα. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση της ακτινοβολίας έχει μεγαλύτερο νόημα. Ακόμη, φαίνεται πως κατευθυνόμενοι από τον βορρά προς τον νότο η τιμή της υπό εξέταση παραμέτρου σταδιακά αυξάνει, όπως και αναμενόταν.



Επιπρόσθετα, έχει ενδιαφέρον να σημειώσουμε πως όσον αφορά στην ανάλυση ως προς τα διαμερίσματα, προέκυψε πως οι χαμηλότερες τιμές ακτινοβολίας απαντούν στο γεωγραφικό τμήμα της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. Το εν λόγω γεωγραφικό τμήμα φιλοξενεί επτά (7) λίμνες, εκ των οποίων οι πέντε (5) απαντούν σε ακτινοβολία μικρότερη των  $1770 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ . Δηλαδή, ένα ποσοστό περίπου 71% ανήκει στην 2<sup>η</sup> κατηγορία. Ωστόσο, σε αυτή τη γεωγραφική περιοχή βρίσκεται και η λίμνη της Πλατανόβρυσης, η οποία εμφανίζει το χαμηλότερο ηλιακό δυναμικό, ενώ υπάρχει και η λίμνη των Νυμφών, η οποία, όπως είδαμε, ανήκει στην 3<sup>η</sup> κατηγορία.



Εικόνα 5.6: Χάρτης σταθμισμένης ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ) - Επίπεδο διαμερίσματος

Αντίθετα, το γειτονικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας, στο οποίο ανήκουν συνολικά εννιά (9) λίμνες, και οι οποίες εμφανίζουν δυναμικά της 2<sup>ης</sup> κλάσης μονάχα, έρχεται 3<sup>ο</sup> σε κατάταξη. Το ίδιο ισχύει και για το γεωγραφικό τμήμα της Ηπείρου που έρχεται 2<sup>ο</sup> και ισχύει ότι και για την Κεντρική Μακεδονία. Οι διαφορές είναι μικρές και πιθανόν η Πλατανόβρυση να εξισορροπεί το σταθμισμένο μέγεθος της ακτινοβολίας για την εν λόγω περιοχή που τελικά καταλαμβάνει την τελευταία θέση. Επίσης, πολύ σημαντικό ρόλο για τα σταθμισμένα μεγέθη παίζει το πλήθος των λιμνών. Έτσι υπάρχει και η αντίστοιχη διακύμανση, που δεν είναι πάντα αντιπροσωπευτική. Όλα αυτά έρχονται και επιβεβαιώνουν σε μεγάλο βαθμό ό,τι είδαμε προηγουμένως σε επίπεδο λίμνης.

### 5.1.2.3 Σταθμισμένη μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος λιμνών

Τέλος, ολοκληρώνοντας την παράθεση των πρωτογενών μεγεθών σε επίπεδο διαμερίσματος, κλείνουμε με τον χάρτη που αφορά στις μέσες σταθμισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Εικόνα 5.7).



Εικόνα 5.7: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C) - Επίπεδο διαμερίσματος

Παραπάνω βλέπουμε πως οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος σε επίπεδο διαμερίσματος ταυτίζονται σημαντικά με την αντίστοιχη ανάλυση σε επίπεδο λίμνης. Τα μέσα σταθμισμένα μεγέθη κυμαίνονται σε παρόμοιες θερμοκρασιακές συνθήκες και κατά μέσο όρο φτάνουν τους 15,4°C. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνει η περιφέρεια της Αττικής, η οποία απαντά στην δυσμενέστερη μέση σταθμισμένη κατάσταση. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει, καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος στη λίμνη του Μαραθώνα φτάνει τους 17,91°C. Επομένως, απαντά στην 4<sup>η</sup> κατηγορία, και εφόσον τα σταθμισμένα μεγέθη επηρεάζονται σημαντικά από το πλήθος των λιμνών του κάθε μεμονωμένου διαμερίσματος, καταλήγουμε στα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Από την άλλη μεριά καλύτερη θερμοκρασιακή συμπεριφορά φαίνεται να αναπτύσσεται στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, η οποία απαντά σε μία μέση σταθμισμένη τιμή της τάξεως των 12,59°C. Είναι λογικό να συμβαίνει κάτι τέτοιο, καθώς οι λίμνες που φιλοξενούνται στη συγκεκριμένη περιοχή αναφέρονται σε θερμοκρασιακές συνθήκες 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> κατηγορίας.

Μάλιστα, το μεγαλύτερο ποσοστό των καλύτερων θερμοκρασιακών συνθηκών απαντά στην περιοχή αυτή. Ακόμη, ενδιαφέρον έχει να σχολιαστούν καθώς και να συγκριθούν τα γεωγραφικά διαμερίσματα της Στερεάς και Δυτικής Ελλάδας, με το πρώτο να χαρακτηρίζεται από οριακά υψηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία σε σχέση με το δεύτερο, και με τις λίμνες των Κρεμαστών και της Τριγωνίδας να είναι καθοριστικής σημασίας για τη συνολική εικόνα της Δυτικής Ελλάδας.

Κάπως έτσι ολοκληρώνεται η αναπαραγωγή όλων των πρωτογενών μεγεθών που έχουν προκύψει από την έως τώρα μελέτη μας, βοηθώντας μας ήδη να αποκομίσουμε μια πρώτη αίσθηση αναφορικά με το διαμορφούμενο δυναμικό. Σαφέστατα, και για μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση, πρόκειται να ακολουθήσει υπολογισμός και παράθεση και επιρόσθετων μεγεθών, ενεργειακού χαρακτήρα.

## 5.2 Θεωρητικό δυναμικό Φ/Β παραγωγής

---

Το επόμενο κομμάτι παρουσίασης αποτελεσμάτων επικεντρώνεται στην εφαρμογή εμπειρικών και κλασικών σχέσεων που αναπτύχθηκαν στην μεθοδολογία για τον υπολογισμό του θεωρητικού δυναμικού Φ/Β παραγωγής. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα πραγματοποιηθεί τόσο σε επίπεδο λίμνης, όσο και σε επίπεδο διαμερίσματος, όπως προηγουμένως. Με τον τρόπο αυτόν θα αναλυθεί περαιτέρω το δυναμικό ανάπτυξης πλωτών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε φυσικές και τεχνητές λίμνες της χώρας μας, καθώς και η κατανομή αυτού στον ηπειρωτικό κορμό.

### 5.2.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης

Αρχικά, τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει και αφορούν σε διάφορα δευτερογενή μεγέθη θα αναλυθούν σε επίπεδο λίμνης, με τα πρώτα να αναφέρονται στα ακόλουθα:

- Τη θερμοκρασία στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων
- Το βαθμό απόδοσης των Φ/Β πλαισίων
- Την εγκατεστημένη Φ/Β ισχύ υπό τη θεώρηση σταθερού συντελεστή κάλυψης
- Τον ετήσιο συντελεστή φορτίου των Φ/Β εγκαταστάσεων

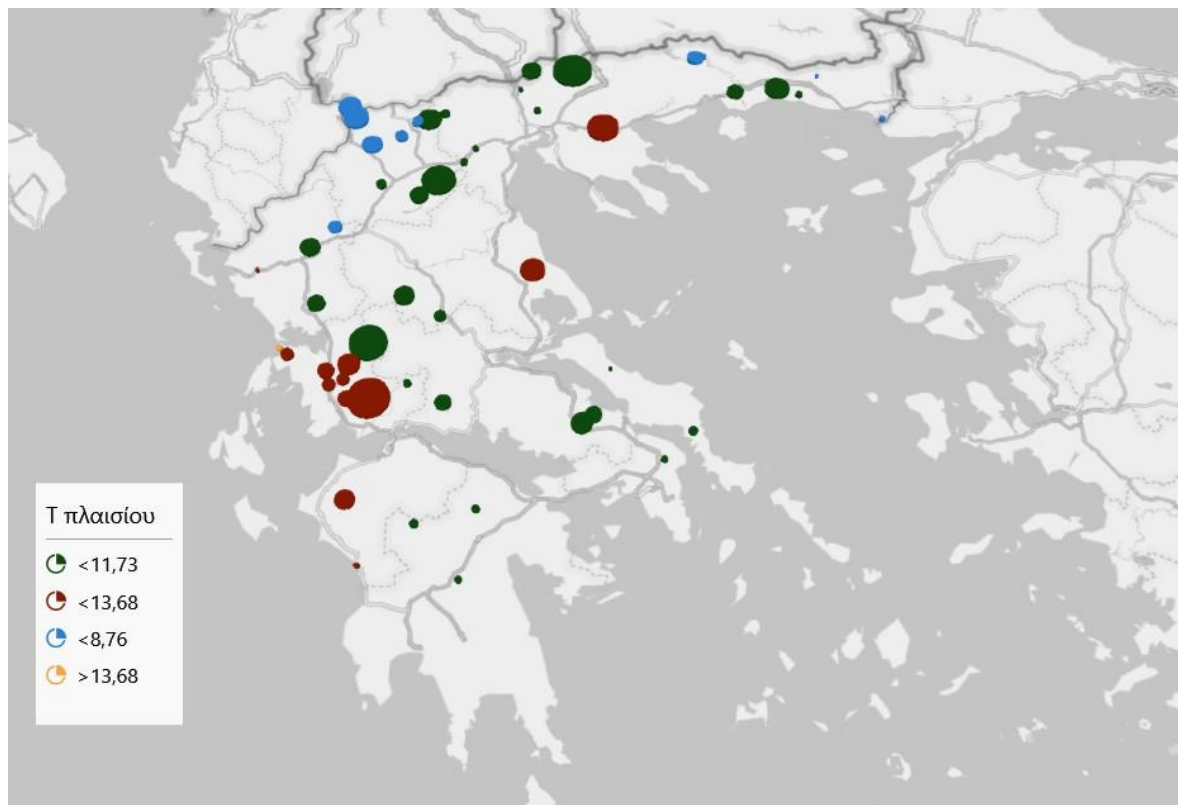
Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν υπό την μορφή χαρτών και πάλι, για τους ίδιους λόγους με προηγουμένως και ακολουθώντας την ίδια ακριβώς προσέγγιση.

#### 5.2.1.1 Μέση ετήσια θερμοκρασία Φ/Β πλαισίων

---

Αρχικά, παρατίθεται ο χάρτης, που αφορά στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων (*Εικόνα 5.8*).

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε τις θερμοκρασίες πλαισίου που αναπτύσσονται στις εξεταζόμενες λίμνες. Με μια πρώτη ματιά αντιλαμβανόμαστε πως δεν αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες στα Φ/Β πλαίσια. Μάλιστα, κατά μέγιστο δεν ξεπερνούν τους 14°C, ενώ ως μέση ετήσια κατάσταση και για το σύνολο των λιμνών, διαπιστώνεται διαφορά της τάξης των 5°C μεταξύ της θερμοκρασίας πλαισίου και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, γεγονός που αναδεικνύει τον ευεργετικό χαρακτήρα των λιμνών για την λειτουργία Φ/Β συστημάτων.



Εικόνα 5.8: Χάρτης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας Φ/Β πλαισίου ( $^{\circ}\text{C}$ ) - Επίπεδο λίμνης

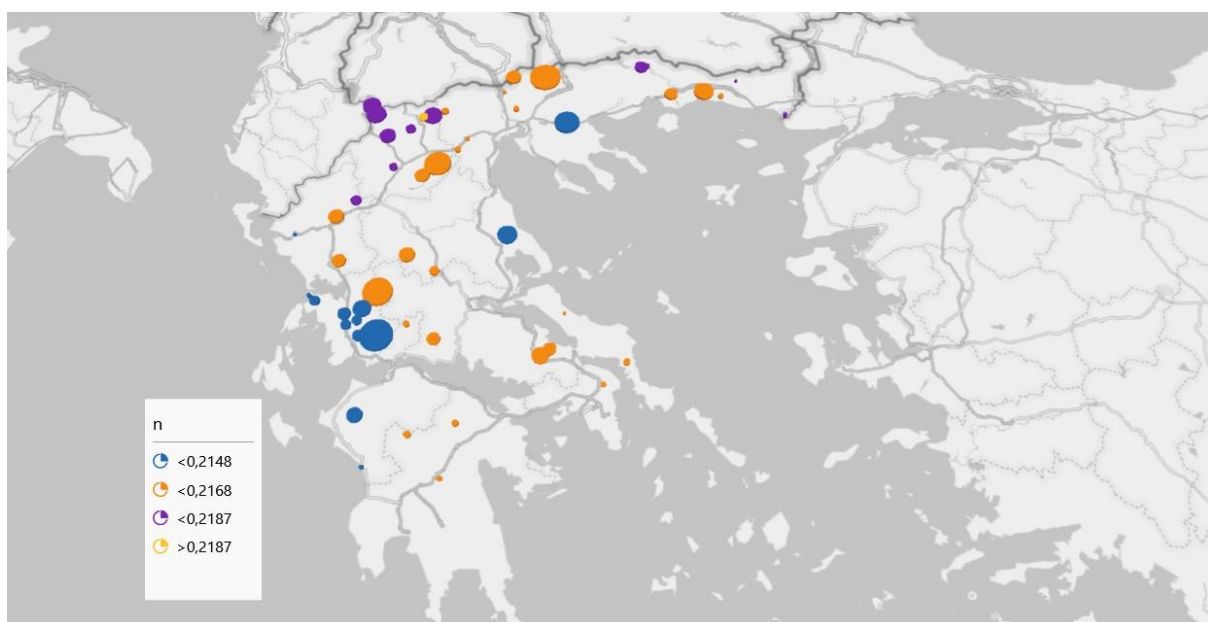
Οι λίμνες γενικώς, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, απολαμβάνουν ηπιότερες θερμοκρασιακές συνθήκες λόγω της φύσης τους. Οι κλάσεις λοιπόν που δημιουργήσαμε για το παρόν μέγεθος είναι για θερμοκρασίες πλαισίου χαμηλότερες από  $8,76^{\circ}\text{C}$ , μεταξύ  $8,76^{\circ}\text{C}$  και  $11,73^{\circ}\text{C}$ , μεταξύ  $11,73^{\circ}\text{C}$  και  $13,86^{\circ}\text{C}$  και υψηλότερες των  $13,68^{\circ}\text{C}$ . Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνεται στην 2<sup>η</sup> κατηγορία (μεταξύ  $8,76^{\circ}\text{C}$  και  $11,73^{\circ}\text{C}$ ), όπου κάνουμε λόγο για 29 συνολικά λίμνες, ή για το 55% επί του συνόλου. Αντίστοιχα, ένα ποσοστό 21% και 23% απαντά στην 1<sup>η</sup> και την 3<sup>η</sup> κατηγορία. Μεγάλη εξαίρεση αποτελεί η τελευταία κατηγορία, που αφορά στις υψηλότερες θερμοκρασίες και αναφέρεται σε μονάχα μία λίμνη, αυτή της Σαλτίνης, η οποία αναπτύσσει θερμοκρασία πλαισίου ίση με  $13,68^{\circ}\text{C}$ . Από την άλλη, η λίμνη των Πετρών αναπτύσσει την χαμηλότερη θερμοκρασία, στα επίπεδα των  $6,39^{\circ}\text{C}$ .

Γενικότερα, συναντούμε υψηλότερες τιμές όσο κατευθυνόμαστε προς την νότια ζώνη, ενώ όσο βρισκόμαστε στον βορρά επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασιακές συνθήκες. Επομένως, θα μπορούσαμε να πούμε πως ο παρών χάρτης ταυτίζεται στο μεγαλύτερο κομμάτι του με τον αντίστοιχο χάρτη που αφορούσε στις θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Σαφώς, είναι όλα τα πρωτογενή μεγέθη που επηρεάζουν την τελική θερμοκρασία που αναπτύσσουν τα πάνελ, αλλά πιο καθοριστικής σημασίας είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή της λίμνης.

Τέλος, η επιφάνεια δεν φαίνεται να σχετίζεται σημαντικά με την συγκεκριμένη παράμετρο. Μάλιστα, οι μικρότερες λίμνες φαίνεται να χαρακτηρίζονται από την μεγαλύτερη διακύμανση ( $<20\text{km}^2$ ), ενώ όσο αυξάνεται η έκταση των λιμνών ευνοούνται και μεσαίες θερμοκρασίες, γύρω στους  $11^\circ\text{C}$  κατά μέσο όρο.

### 5.2.1.2 Μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων

Ακολουθεί ένα ακόμη δευτερογενές μέγεθος, το οποίο αφορά στον βαθμό απόδοσης των Φ/Β πλαισίων (*Εικόνα 5.9*).



Εικόνα 5.9: Χάρτης μέσου ετήσιου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο λίμνης

Γενικά, ο βαθμός απόδοσης των Φ/Β πλαισίων επηρεάζεται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την ταχύτητα του ανέμου, αλλά και την ακτινοβολία, μεγέθη τα οποία ενυπάρχουν και στη θερμοκρασία πλαισίου. Δηλαδή, η απόδοση μιας αντίστοιχης εγκατάστασης με αυτήν που μελετάμε καθορίζεται από τα πρωτογενή μεγέθη που εξετάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, μέσω της παραμέτρου της θερμοκρασίας πλαισίου. Στο πλαίσιο αυτό, όπου έχουμε μειωμένες θερμοκρασίες πλαισίου, έχουμε και αυξημένη απόδοση, και το αντίστροφο. Για το βαθμό απόδοσης, έχουμε κλάσεις για τιμές χαμηλότερες από 21,48%, μεταξύ 21,48% και 21,68%, μεταξύ 21,68% και 21,87% και μεγαλύτερες από 21,87%.

Τα μεγέθη αυτά είναι άκρως ικανοποιητικά, καθώς σε γενικές γραμμές, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις εμφανίζουν παρόμοιους βαθμούς απόδοσης, της τάξης του 20%, για συνθήκες κατασκευαστή. Έτσι, ο βαθμός απόδοσης για πλωτά Φ/Β στα σημεία αναφοράς χαρακτηρίζεται

ως αρκετά υψηλός. Αυτό συμβαίνει λόγω του θερμοκρασιακού περιβάλλοντος των λιμνών, με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια της λίμνης να είναι κατά κανόνα χαμηλότερες από την τοπική θερμοκρασία αέρα αλλά και από τις θερμοκρασίες που απαντώνται σε αντίστοιχες χερσαίες περιοχές, σημείο το οποίο θα διερευνηθεί και περαιτέρω στις επόμενες ενότητες.

Ακόμη, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό των λιμνών ανήκει στην 2<sup>η</sup> κατηγορία. Μάλιστα, 27 από τις 53 λίμνες (51%) χαρακτηρίζονται από βαθμό απόδοσης στα επίπεδα του 21,68%. Επίσης, το 23% και το 25% αφορά σε λίμνες που ανήκουν στην 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατηγορία αντίστοιχα. Εξαίρεση αποτελεί το χαρακτηριστικό παράδειγμα της λίμνης των Πετρών, η οποία είναι και ο μοναδικός υδάτινος όγκος που συγκαταλέγεται στην 4<sup>η</sup> κλάση (>21,87%). Αυτό είναι λογικό, καθώς η λίμνη αυτή εντάσσεται στο γεωγραφικό κομμάτι της Δυτικής Μακεδονίας και μάλιστα βρίσκεται στο πιο βόρειο σημείο της χώρας. Γενικότερα, παρατηρείται πως υψηλότερη απόδοση εμφανίζεται για πλωτές Φ/Β εγκαταστάσεις στο βόρειο τμήμα της χώρας.

Επιπλέον, φαίνεται πως στις μικρές λίμνες ( $\leq 20\text{km}^2$ ) οι βαθμοί απόδοσης είναι ισομοιρασμένοι, με ανάπτυξη ενός σχετικά ισοκατανεμημένου εύρους διακύμανσης μεταξύ 21,3% και 21,8%. Για μεσαίες λίμνες ( $>20\text{km}^2$  και  $\leq 50\text{km}^2$ ) κάνουμε λόγο για ποσοστά γύρω στο 21,5%, ενώ οι μεγάλες λίμνες ( $> 50\text{km}^2$ ) φαίνεται να παρουσιάζουν απόδοση μεγαλύτερη από 21,5%. Γενικότερα ωστόσο, η επιφάνεια των λιμνών και η απόδοση των πλωτών φωτοβολταϊκών πάρκων δεν χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό συσχέτισης.

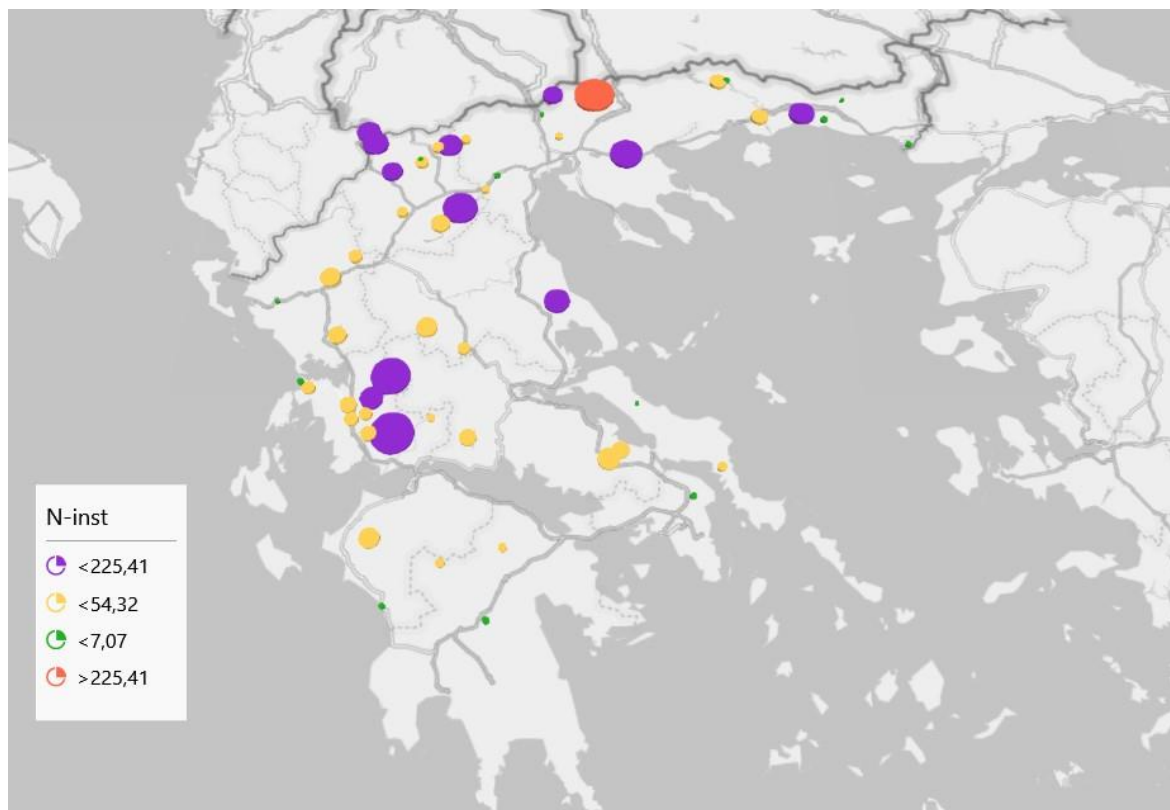
### **5.2.1.3 Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β εγκαταστάσεων**

---

Επιπλέον, στον ακόλουθο χάρτη (*Εικόνα 5.10*) εξετάζουμε τα επίπεδα εγκατεστημένης ισχύος που μπορούν να φιλοξενηθούν στις υπό εξέταση λίμνες, λαμβάνοντας υπόψη σενάριο αναφοράς για εφαρμογή συντελεστή κάλυψης 1% επί της επιφάνειας έκαστης λίμνης.

Η εγκατεστημένη ισχύς, όπως φαίνεται και παρακάτω εικόνα, δεν επηρεάζεται από γεωγραφικά, ηλιακά ή κλιματικά δεδομένα όπως οι προηγούμενοι υπό εξέταση παράγοντες. Όπως γνωρίζουμε άλλωστε, το μέγεθος αυτό απορρέει από τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης και αφορά την μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ [70]. Δηλαδή πρόκειται για την ονομαστική ισχύ της ενδεχόμενης εγκατάστασης που μελετάμε και προσπαθούμε να ορίσουμε.

Ακόμα, γίνεται ξεκάθαρο από τα αποτελέσματά μας πως κρίσιμο μέγεθος για τον προσδιορισμό της ισχύος είναι αυτό της επιφανείας.



Εικόνα 5.10: Χάρτης εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος (MW) - Επίπεδο λίμνης

Επειδή λοιπόν η κάθε λίμνη ξεχωρίζει ως προς την επιφάνεια, το φάσμα των κλάσεων που παρατηρούμε στην περίπτωση της εγκατεστημένης ισχύος είναι εξίσου ευρύ. Έτσι, έχουμε ορίσει κατηγορίες με βάση τιμές ονομαστικής ισχύος κάτω των 7,07MW, μεταξύ 7,07MW και 54,32MW, μεταξύ 54,32MW και 225,41MW, και άνω των 225,41MW.

Μεγάλο ενδιαφέρον συγκεντρώνει η 2<sup>η</sup> κλάση, στην οποία εντάσσονται 24 ολόκληρες λίμνες. Κάνουμε λόγο επομένως για ένα ποσοστό κοντά στο 51%, το οποίο απαντά σε δυνατότητα ανάπτυξης εγκαταστάσεων μεσαίας κλίμακας. Η 1<sup>η</sup> και η 3<sup>η</sup> κατηγορία αφορούν σε ένα μικρότερο ποσοστό γύρω στο 25% και 23% αντίστοιχα. Η δε τελευταία κατηγορία αναφέρεται σε αποδιδόμενη ισχύ που ξεπερνά τα 225,41MW. Προφανώς, σε αυτή την κλάση συναντάμε μονάχα μία λίμνη και δεν θα μπορούσε να είναι άλλη από αυτή της Κερκίνης, καθώς πρόκειται για την μεγαλύτερη με διαφορά στο πεδίο μελέτης μας. Μάλιστα, υποστηρίζει εγκατάσταση ισχύος 225,41MW.



Εφόσον η έκταση που καταλαμβάνει ένας υδάτινος όγκος επιδρά καθοριστικά στην εγκατεστημένη ισχύ, αντιλαμβανόμαστε πως το χαμηλότερο δυναμικό εγκατεστημένης ισχύος συναντάται στις πολύ μικρής επιφάνειας λίμνες, με τις τελευταίες να αθροίζουν 14 σε σύνολο 53. Έτσι, το μικρότερο δυναμικό εγκατεστημένης ισχύος αντιστοιχεί στις λίμνες της Γρατινής και των Ορυχείων, καθώς καταλαμβάνουν έκταση της τάξης του  $1\text{km}^2$ , την μικρότερη δηλαδή εντός του πεδίου μελέτης μας.

Έτσι, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω έχουμε καταλήξει σε μια πρώτη εικόνα του θεωρητικού δυναμικού ανάπτυξης πλωτών Φ/Β, υπό την παραδοχή εν προκειμένω μηδενικής γωνίας κλίσης καθώς και τοποθέτησης των πλαισίων κεντρικά της λίμνης. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε ποσοστιαία μονάδα κάλυψης επιφάνειας των λιμνών, προκύπτει συνολική αποδιδόμενη ισχύς της τάξεως των **2,21GW**, με την αντίστοιχη ετήσια ενεργειακή παραγωγή να αγγίζει τις **4TWh** (3,95TWh), τιμή που μεταφράζεται επίσης σε μέσο σταθμισμένο συντελεστή φορτίου της τάξης του 20.4%.

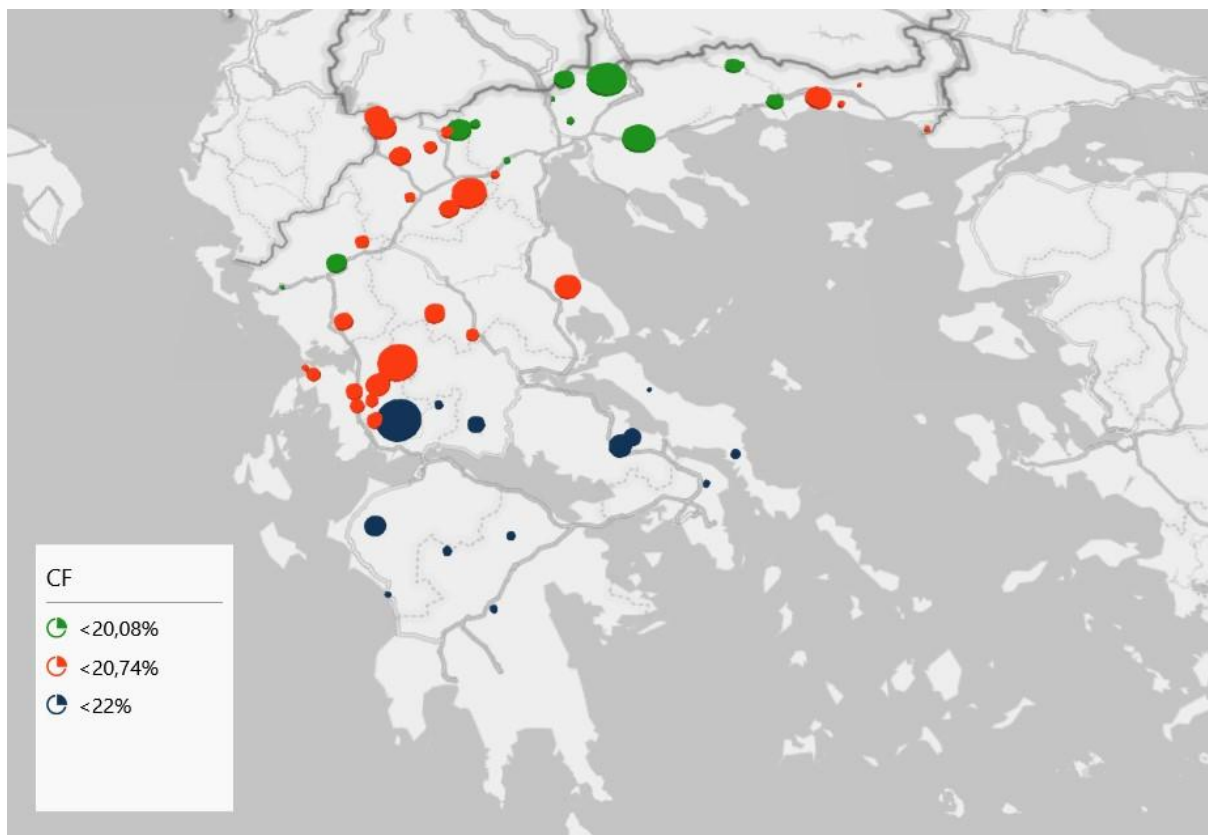
#### **5.2.1.4 Ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων**

---

Τέλος, και σε σχέση με τα δευτερογενή μεγέθη σε επίπεδο λίμνης, εξετάζουμε τον συνολικό (ετήσιο) συντελεστή φορτίου (*Εικόνα 5.11*). Ο τελευταίος εκφράζει το μέτρο της ανηγμένης ενεργειακής παραγωγής ανά μονάδα ισχύος σε ετήσια βάση και δίνει μια σαφή αίσθηση της ποιότητας του τοπικού παραγωγικού δυναμικού.

Με μια πρώτη ματιά, το πεδίο μελέτης μας χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές CF. Ωστόσο, δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις. Οι κλάσεις, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί για τον συγκεκριμένο παράγοντα αφορούν σε συντελεστή φορτίου που δεν μειώνεται κάτω του 20,08%, βρίσκεται μεταξύ 20,08% και 20,74%, μεταξύ 20,74% και 22%, και τέλος ξεπερνά το 22%. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται και πάλι στην 2<sup>η</sup> κατηγορία, με ένα ποσοστό της τάξεως του 51% επί του συνόλου των λιμνών, αντίστοιχο 27 λιμνών οι οποίες απαντούν σε ετήσιο συντελεστή φορτίου χαμηλότερο από 22%, ενώ το υπόλοιπο 49% των λιμνών σχεδόν ισομοιράζεται μεταξύ των άλλων δύο κλάσεων. Ακόμη, παρατηρείται ότι βόρεια, και γενικότερα στο μεγαλύτερο κομμάτι της χώρας, ευνοούνται χαμηλές και μεσαίες τιμές της συγκεκριμένης παραμέτρου, ενώ υψηλά ποσοστά αυτής συγκεντρώνονται στο νότιο τμήμα. Γενικότερα, ο συντελεστής φορτίου επηρεάζεται από τον βαθμό απόδοσης και την ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, και παρότι ο συντελεστής φορτίου εξαρτάται και από το

βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης, παρατηρούμε πως ο παρών χάρτης συμβαδίζει περισσότερο με τα αποτελέσματα του αντίστοιχου χάρτη της ακτινοβολίας.



Εικόνα 5.11: Χάρτης ετήσιου συντελεστή φορτίου Φ/Β εγκατάστασης - Επίπεδο λίμνης

Επιπλέον, όσον αφορά την επιφάνεια της εκάστοτε λίμνης, φαίνεται και αυτή να επιδρά σε έναν βαθμό. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι για λίμνες μέχρι  $20\text{km}^2$  (μικρές λίμνες), οι τιμές του συντελεστή φορτίου κυμαίνονται κατά κύριο λόγο έως 20%, με ένα ικανό ποσοστό να ξεπερνά και το 21%. Στις μεσαίου μεγέθους λίμνες ( $20\text{-}50\text{km}^2$ ) το ποσοστό κατά κανόνα περιορίζεται στο 20%, με ανάλογη εικόνα να δίνεται και για λίμνες μεγαλύτερου μεγέθους ( $>50\text{km}^2$ ). Μάλιστα, ένα ποσοστό 20%-25% (γύρω στις 12 λίμνες) εμφανίζει πολύ υψηλό συντελεστή φορτίου, πάνω από 20%, που κατά κύριο λόγο αναφέρεται σε μικρές λίμνες. Επίσης, έχει ενδιαφέρον να αναφερθούν οι ευμενέστερες και δυσμενέστερες περιπτώσεις. Έτσι, η λίμνη του Μαραθώνα παρουσιάζει την καλύτερη συμπεριφορά με έναν συντελεστή φορτίου που ανέρχεται στο  $\sim 22\%$ , ενώ, από την άλλη πλευρά, ως δυσμενέστερη περίπτωση εμφανίζεται η λίμνη της Πλατανόβρυσης, με συντελεστή φορτίου της τάξεως του 19,8%.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορά στη σύγκριση των λιμνών του Αώου και της Παμβώτιδας, εμπλουτίζοντας την μελέτη του συντελεστή φορτίου με ένα επιπλέον στοιχείο, το

οποίο αναφέρεται στην επίδραση του υψόμετρου. Οι δύο παραπάνω λίμνες φιλοξενούνται στο γεωγραφικό τμήμα της Ηπείρου και έχουν μικρές αποκλίσεις ως προς τις συντεταγμένες τους. Η πρώτη λίμνη ανήκει στην 2<sup>η</sup> κατηγορία (<20,74%), ενώ η Παμβώτιδα χαρακτηρίζεται από CF 1<sup>ης</sup> κατηγορίας (<20,08%). Η βασική διαφορά σε αυτές τις δύο λίμνες είναι το υψόμετρο. Η λίμνη του Αωού βρίσκεται σε υψόμετρο 1350m ενώ της Παμβώτιδας σε υψόμετρο 470m, θεωρώντας εν προκειμένω πως το μεγαλύτερο υψόμετρο συνοδεύεται και από χαμηλότερες θερμοκρασίες, οι οποίες επιδρούν θετικά στον βαθμό απόδοσης.

## 5.2.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώνουμε την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που συμμετέχουν στην εκτίμηση του θεωρητικού δυναμικού Φ/Β παραγωγής, με παρουσίαση αυτών σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος. Η παρουσίαση θα πραγματοποιηθεί κατά τρόπο ανάλογο της παρουσίασης των πρωτογενών μεγεθών σε επίπεδο διαμερίσματος, στη βάση δημιουργίας αντίστοιχης σειράς χαρτών για τα ακόλουθα μεγέθη:

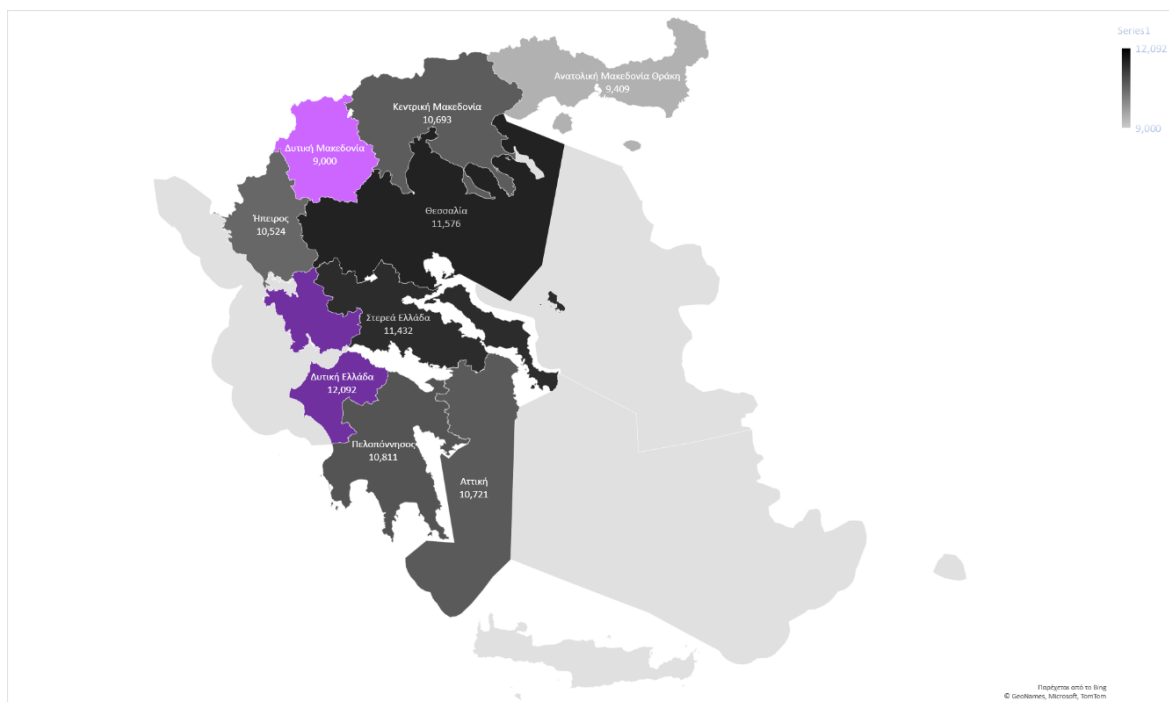
- Τη σταθμισμένη μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων
- Το σταθμισμένο μέσο βαθμό απόδοσης των Φ/Β πλαισίων
- Την αθροιστική Φ/Β ισχύ υπό τη θεώρηση σταθερού συντελεστή κάλυψης
- Τον σταθμισμένο μέσο ετήσιο συντελεστή φορτίου των Φ/Β εγκαταστάσεων

### 5.2.2.1 Σταθμισμένη μέση ετήσια θερμοκρασία Φ/Β πλαισίων

---

Αρχικά, ακολουθεί ο χάρτης που συγκεντρώνει τις σταθμισμένες μέσες θερμοκρασίες στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων (*Εικόνα 5.12*).

Σε επίπεδο διαμερίσματος λοιπόν παρατηρείται όμοια διαβάθμιση με αυτή του πρώτου επιπέδου ανάλυσης (ανά λίμνη). Οι θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται στα Φ/Β πλαίσια διατηρούνται χαμηλές και μάλιστα φτάνουν κατά μέσο όρο τους 10,69°C. Πιο συγκεκριμένα, υψηλού ενδιαφέροντος περιοχή αποτελεί η κεντρική ζώνη της ηπειρωτικής Ελλάδας. Δηλαδή, τόσο στο κομμάτι της Θεσσαλίας, της Στερεάς, αλλά και της Δυτικής Ελλάδας συγκεντρώνονται οι λίμνες με την υψηλότερη θερμοκρασία πλαισίων, με τη σταθμισμένη τιμή να κινείται στα επίπεδα των 12,1°C. Μία αναμενόμενη έκβαση εξαιτίας εν μέρει και της παρουσίας της λίμνης Σαλτίνης, η οποία, αν και περιορισμένης έκτασης, χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλή μέση ετήσια θερμοκρασία πλαισίων.



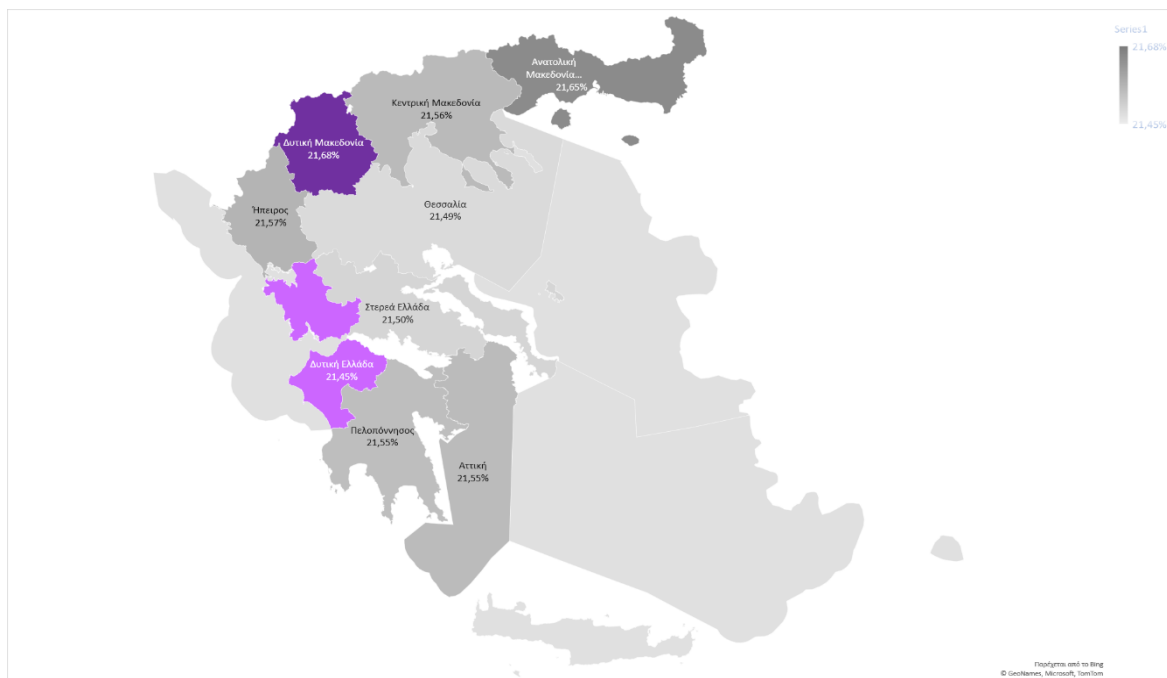
Εικόνα 5.12: Χάρτης σταθμισμένης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας Φ/Β πλαισίου (°C) - Επίπεδο διαμερίσματος

Μεσαίες θερμοκρασίες πλαισίου φαίνεται να αναπτύσσονται στη νότια ζώνη, ενώ χαμηλότερη κλίμακα θερμοκρασιών εντοπίζεται στη βόρεια ζώνη, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς το γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας, με σταθμισμένη μέση θερμοκρασία της τάξης των 9°C. Κάτι το λογικό εξάλλου, καθώς εκεί εντοπίζεται και η λίμνη Πετρών, με ιδιαίτερη χαμηλή μέση θερμοκρασία. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται πως για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας πλαισίων συνυπολογίζεται επίσης η επίδραση παραγόντων όπως η ταχύτητα του ανέμου και η ακτινοβολία, με την πρώτη να λειτουργεί ως φυσικός παράγοντας ψύξης του πλαισίου, εξασφαλίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο χαμηλότερη θερμοκρασία.

#### 5.2.2.2 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων

Αντίστοιχα, παρουσιάζεται ο χάρτης με τον σταθμισμένο μέσο βαθμό απόδοσης των Φ/Β πλαισίων (**Εικόνα 5.13**). Από την παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την κλιμάκωση του βαθμού απόδοσης, η οποία ταυτίζεται με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αναλύθηκαν προηγουμένως σε επίπεδο λίμνης. Μάλιστα, προκύπτει ότι κατά μέσο όρο, η αξιοποίηση των συγκεκριμένων σημείων αναφοράς χαρακτηρίζεται από μέση απόδοση της τάξης του 21,56%. Ευνοϊκότερες συνθήκες εμφανίζουν τα βόρεια διαμερίσματα της Ηπειρωτικής Ελλάδας, με την μεγαλύτερη απόδοση να παρατηρείται σε αυτό της Δυτικής Μακεδονίας, με σταθμισμένο βαθμό απόδοσης ~21,68%. Ακόμα, ενδιαφέρον τμήμα αποτελεί και το κομμάτι της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. Η διαβάθμιση είναι ανάλογη με την ανάλυση σε επίπεδο λίμνης και αυτό

υποδηλώνεται μέσω της χρωματικής διακύμανσης. Ακόμη, τον μικρότερο βαθμό απόδοσης έχει η περιοχή της Δυτικής Ελλάδας, της τάξης του 21,45%. Τέλος, ενδιαφέρον έχει και ο σχολιασμός της Αττικής και της Πελοποννήσου, με παραπλήσιες τιμές (21,55%) παρά την διαφορά του όγκου των υδάτινων πόρων που διαθέτει η κάθε μία από αυτές. Όλες αυτές οι λίμνες ανήκουν στην 2<sup>η</sup> κατηγορία (<21,87%), ενώ κάνουμε λόγο για μικρές εκτάσεις.



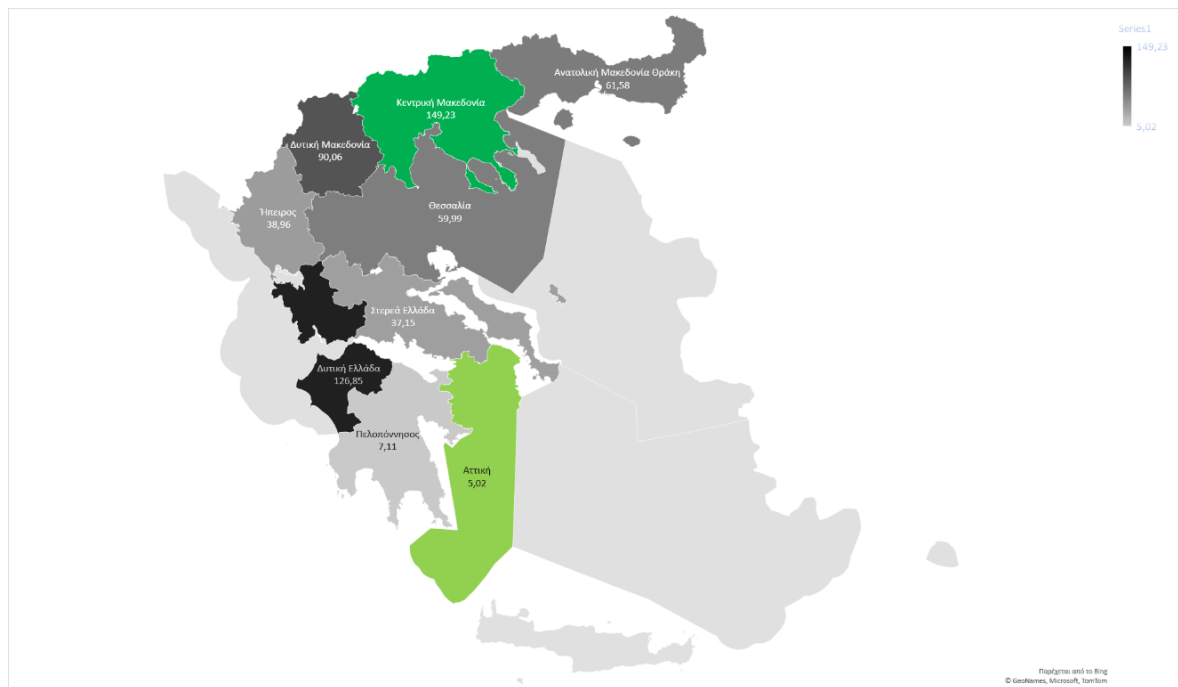
Εικόνα 5.13: Χάρτης σταθμισμένου μέσου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο διαμερίσματος

### 5.2.2.3 Αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β εγκαταστάσεων

Στη συνέχεια ακολουθεί ο συγκεντρωτικός χάρτης για τα αποτελέσματα της εγκατεστημένης ισχύος σε επίπεδο διαμερίσματος (**Εικόνα 5.14**), ως το άθροισμα των επιμέρους τιμών εγκατεστημένης ισχύος για τις λίμνες που εντάσσονται στο ίδιο διαμέρισμα.

Από την παραπάνω απεικόνιση προκύπτουν τα αποτελέσματα εγκατεστημένης ισχύος ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Ο χάρτης αυτός ακολουθεί αυστηρά την κάθε λίμνη βάσει της έκτασής της. Δηλαδή, παρατηρούμε πως αναλόγως της έκτασης υδάτινων πόρων που συγκεντρώνει κάθε διαμέρισμα, κλιμακώνεται και η κατηγοριοποίηση της εγκατεστημένης ισχύος, μέσω της ανάλογης χρωματικής διαβάθμισης. Οπότε, εφόσον η μεγαλύτερη λίμνη (Κερκίνη) του πεδίου ενδιαφέροντος μας εντοπίζεται στα χαρτογραφικά όρια της Κεντρικής Μακεδονίας, όπου συναντάμε και την Βόλβη (5<sup>η</sup> σε κατάταξη επιφανείας), το γεωγραφικό αυτό τμήμα είναι κεντρικής σημασίας ως προς το παραγωγικό δυναμικό σε εθνικό επίπεδο.

Μάλιστα, κάνουμε λόγο σε δεύτερο επίπεδο ανάλυσης (επίπεδο διαμερίσματος) για αθροιστική εγκατεστημένη ισχύ που φτάνει στα 149,23MW. Αρκετά υψηλά στην κατάταξη βρίσκεται και η Δυτική Ελλάδα, στην οποία φιλοξενούνται η Τριγωνίδα και η Κρεμαστών (2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> σε κατάταξη αντίστοιχα), ενώ παρόμοια είναι η επεξήγηση και για τα υπόλοιπα διαμερίσματα. Έτσι, το μικρότερο συνολικά δυναμικό εντοπίζεται στην Αττική, με την λίμνη του Μαραθώνα να υποστηρίζει δυναμικό εγκατάστασης της τάξης των ~5MW.



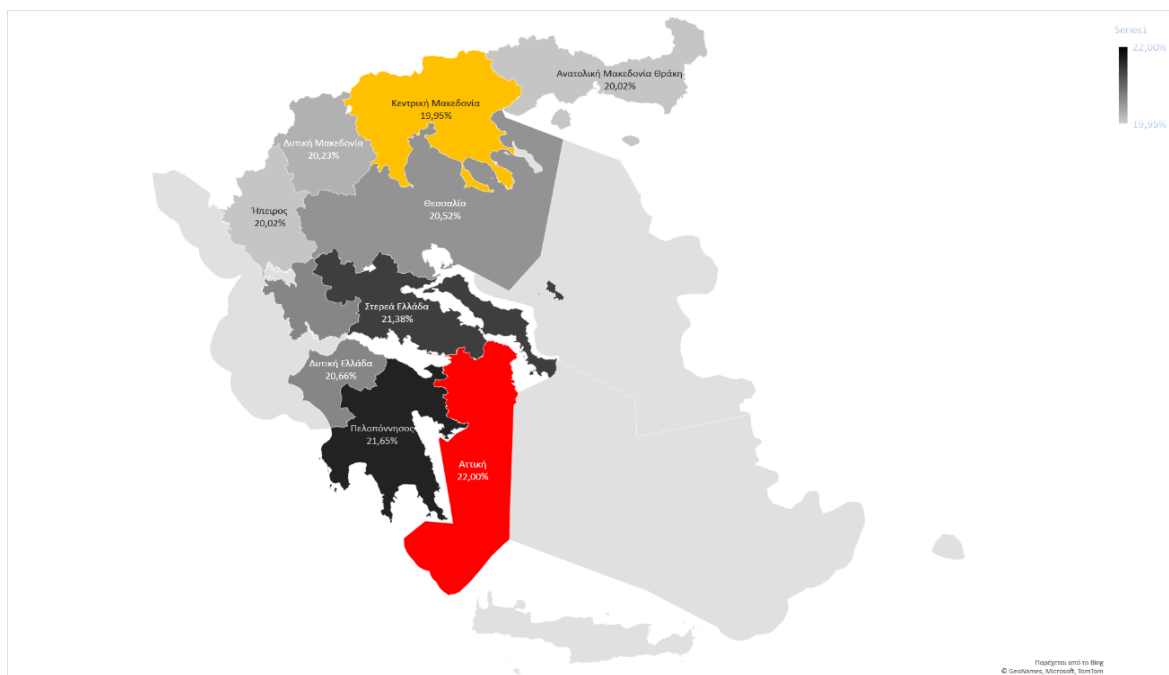
Εικόνα 5.14: Χάρτης αθροιστικής εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος (MW) - Επίπεδο διαμερίσματος

#### 5.2.2.4 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων

Τέλος, απεικονίζονται και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αφορούν στον σταθμισμένο συντελεστή φορτίου (**Εικόνα 5.15**). Παρατηρούμε, πως ο παρών χάρτης ταυτίζεται απόλυτα με την αντίστοιχη δομή σε επίπεδο λίμνης που μελετήθηκε προηγουμένως. Η χρωματική διαβάθμιση απαντά στις αντίστοιχες τιμές που συναντάμε στις εκάστοτε λίμνες, και που περιγράφουν το κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα.

Έντονη σκούρα (σχεδόν μαύρη) απόχρωση συναντάμε στο τμήμα της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας, με ποσοστά της τάξεως των 21,65% και 21,38% αντίστοιχα. Στα δύο αυτά γεωγραφικά τμήματα της χώρας, είναι γεγονός ότι φιλοξενούνται μονάχα λίμνες 3<sup>ης</sup> κατηγορίας (<22%). Επομένως, κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο και λογικό να συμβαίνει. Ακόμη, επίκεντρο ενδιαφέροντος αποτελεί και η Αττική, με συντελεστή φορτίου ίσο με 22%, ισοδύναμο της

κατάστασης που χαρακτηρίζει την λίμνη του Μαραθώνα. Από την άλλη πλευρά, ο μικρότερος συντελεστής φορτίου, ~19,95%, καταγράφεται στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, όπου και συγκαταλέγονται μόνο λίμνες 1<sup>ης</sup> κατηγορίας (<20,08%). Όλα τα υπόλοιπα γεωγραφικά διαμερίσματα ταξινομούνται βάσει του πλήθους των λιμνών που φιλοξενεί το κάθε ένα από αυτά, αλλά και με βάση τις περιεχόμενες κλάσεις, οι οποίες είναι συνδυασμός είτε της 1<sup>ης</sup> με τη 2<sup>η</sup> είτε της 2<sup>ης</sup> με την 3<sup>η</sup>.



Εικόνα 5.15: Χάρτης σταθμισμένου μέσου συντελεστή φορτίου - Επίπεδο διαμερίσματος

Βάσει λοιπόν και των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων καταλήγουμε σε μία ακόμα πιο ξεκάθαρη εικόνα του θεωρητικού δυναμικού παραγωγής για πλωτά Φ/Β. Έτσι, το πεδίο μελέτης που έχουμε επιλέξει και αφορά σε όλες τις υπό εξέταση λίμνες της ηπειρωτικής Ελλάδας, μπορεί σε ετήσια βάση να αποδώσει συντελεστή φορτίου στα επίπεδα του 20,35%.

Ακόμη, προσδίδεται στη μελέτη μας μία άλλη διάσταση και δυναμική, καθώς το αποτέλεσμα αυτής δύναται να υποστηρίξει σημαντικά τον εθνικό στόχο για κάλυψη -σε ποσοστό άνω του 60%- της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης το 2030 (~65TWh), από ΑΠΕ. Ειδικότερα, με βάση τις εκτιμήσεις μας, η συνολικά **αποδιδόμενη ενέργεια** σε ετήσια βάση, και υπό την προϋπόθεση κάλυψης του 1% της διαθέσιμης επιφάνειας των λιμνών υπό εξέταση, δύναται να καλύψει περίπου το **6%** της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε εθνικό επίπεδο. Δηλαδή, κάνουμε λόγο για ένα πιθανό σενάριο κάλυψης ενός ποσοστού του 6% μόνο από πλωτά Φ/Β πάρκα.

Κάπως έτσι ολοκληρώνεται η παρουσίαση και των δευτερογενών μεγεθών του προβλήματός μας, δίνοντάς μας πλέον μια αρκετά σαφή εικόνα του θεωρητικού δυναμικού που προσφέρει η προοπτική ανάπτυξης πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων σε εθνικό επίπεδο. Ωστόσο, για ακόμη πιο εμπειριστατωμένα αποτελέσματα, και προκειμένου να καταλήξουμε σε ολοκληρωμένα συμπεράσματα οφείλουμε να εξετάσουμε ένα ακόμη ενδιαφέρον σενάριο. Έτσι λοιπόν, το τελευταίο κομμάτι ανάλυσης και μελέτης αφορά στην σύγκριση μεταξύ πλωτών και χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων, σύγκριση η οποία θα ποσοτικοποιήσει το ενεργειακό όφελος που αναμένεται από την ανάπτυξη πλωτών έναντι χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων.



## 5.3 Σύγκριση πλωτών και χερσαίων Φ/Β πάρκων

---

Τελικό στάδιο παρουσίασης των αποτελεσμάτων είναι η σύγκριση πλωτών και χερσαίων Φ/Β πάρκων. Θα εξετάσουμε δηλαδή τα ίδια σημεία αναφοράς, με την παραδοχή να ήταν χερσαίες περιοχές και όχι ενδολίμνιες. Με αυτόν τον τρόπο θα διερευνήσουμε σε βάθος τη διαφοροποίηση που εισάγει με όρους ενεργειακής απόδοσης η αξιοποίηση των λιμνών για την εγκατάσταση πλωτών Φ/Β μονάδων έναντι αντίστοιχων χερσαίων συστημάτων.

Δεδομένου ότι τα πρωτογενή αποτελέσματα θεωρούνται ταυτόσημα για το υπό μελέτη σενάριο, τα μεγέθη που θα εξετάσουμε στη συγκεκριμένη ενότητα είναι τα δευτερογενή, τα οποία θα αναλυθούν τόσο σε επίπεδο λίμνης, όσο και σε επίπεδο διαμερίσματος. Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνήσουμε τί θα συνέβαινε ως προς τον βαθμό απόδοσης και τον ετήσιο συντελεστή φορτίου σε αντίστοιχες χερσαίες περιοχές, έχοντας προηγούμενα προβεί σε επανυπολογισμό της θερμοκρασίας πλαισίου στη βάση εφαρμογής διαφορετικών εμπειρικών σχέσεων έναντι αυτών που χρησιμοποιήθηκαν για τον αντίστοιχο υπολογισμό στην περίπτωση των πλωτών Φ/Β.

Επιπροσθέτως, να αναφέρουμε πως η παρουσίαση των αποτελεσμάτων εξακολουθεί να πραγματοποιείται υπό τη μορφή χαρτών, συμβαδίζοντας με την έως τώρα προσέγγιση. Ακόμη, οι κλάσεις κάθε μεγέθους παραμένουν σταθερές και όμοιες με της προηγούμενης ενότητας (5.2), καθώς έτσι προσφέρεται η δυνατότητα καλύτερης σύγκρισης των δεδομένων και των αποτελεσμάτων που εξετάζουμε.

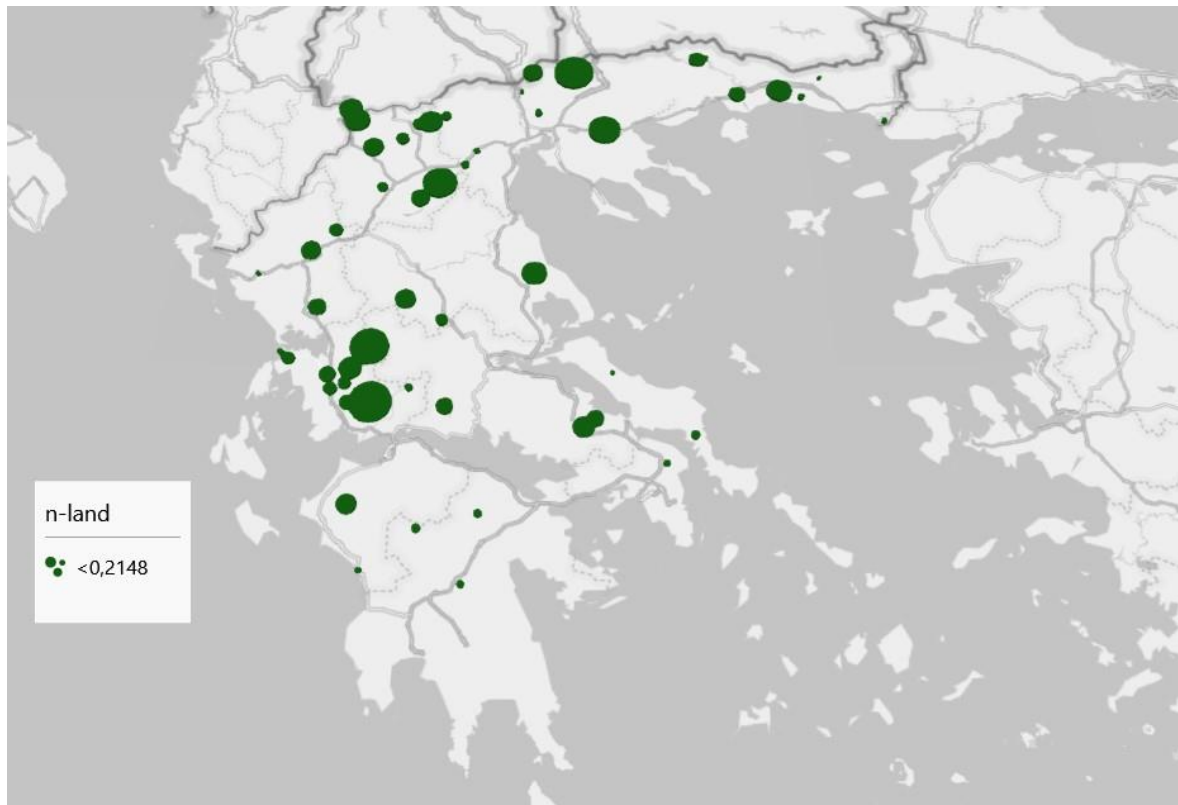
### 5.3.1 Ανάλυση σε επίπεδο λίμνης

Σε συμφωνία με τις προηγούμενες ενότητες, η ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται αρχικά σε επίπεδο λίμνης και στη συνέχεια σε επίπεδο διαμερίσματος.

#### 5.3.1.1 Μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων

---

Αρχικά λοιπόν, παρουσιάζεται ο χάρτης που αφορά στον βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης για χερσαίες περιοχές αντίστοιχων χαρακτηριστικών με αυτά των υπό εξέταση λιμνών (**Εικόνα 5.16**). Παρατηρούμε από την παρακάτω απεικόνιση αποτελεσμάτων πως ο βαθμός απόδοσης των χερσαίων εγκαταστάσεων αναφέρεται σε μία και μοναδική κλάση αποτελεσμάτων για το σύνολο των σημείων αναφοράς μας.



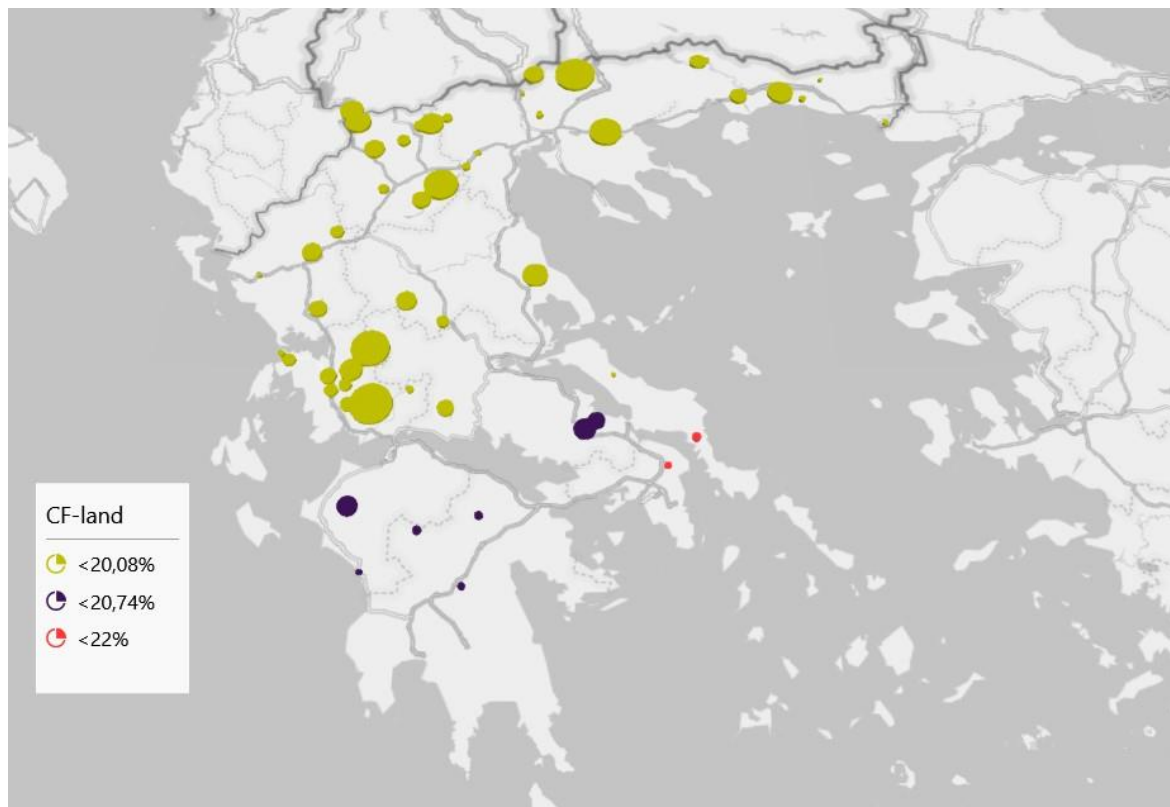
Εικόνα 5.16: Χάρτης μέσου ετήσιου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο λίμνης (χερσαία)

Μάλιστα, και με βάση την προηγούμενη κατηγοριοποίηση, η συγκεκριμένη κλάση είναι η 1<sup>η</sup> (δυσμενέστερη), και απαντά σε βαθμό απόδοσης της τάξεως του 21,48%, καταδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό τη διαφορά μεταξύ ενδολίμνιων και χερσαίων εγκαταστάσεων. Υπενθυμίζουμε στο σημείο αυτό πως για λόγους αποτελεσματικότερης σύγκρισης, αποφασίστηκε να διατηρηθούν οι ίδιες ακριβώς κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον χαρακτηρισμό των ενδολίμνιων εγκαταστάσεων. Επομένως, και με βάση τα ανωτέρω, ενισχύεται το συμπέρασμα ότι το ηπιότερο θερμοκρασιακό περιβάλλον στις λίμνες οδηγεί σε υψηλότερη απόδοση Φ/Β εγκαταστάσεων στις υπό εξέταση περιοχές.

### 5.3.1.2 Ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται ο χάρτης που αφορά στο συντελεστή φορτίου της εγκατάστασης για χερσαίες περιοχές αντίστοιχων χαρακτηριστικών (Εικόνα 5.17). Δεδομένου ότι η εγκατεστημένη ισχύς των χερσαίων εγκαταστάσεων παραμένει ίδια με αυτή των πλωτών, ο συντελεστής φορτίου διαφοροποιείται εν προκειμένω με βάση τη διαφοροποίηση που σημειώθηκε προηγουμένως ως προς τον βαθμό απόδοσης των χερσαίων εγκαταστάσεων έναντι των πλωτών.

Στο πλαίσιο αυτό, παρατηρούμε πως όπου έχουμε υψηλούς συντελεστές φορτίου για πλωτές εγκαταστάσεις, αντίστοιχα έχουμε και για χερσαίες, και το αντίστροφο, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση οι τιμές του συντελεστή φορτίου τοποθετούνται χαμηλότερα, κατά μία κλάση.



Εικόνα 5.17: Χάρτης ετήσιου συντελεστή φορτίου Φ/Β εγκατάστασης - Επίπεδο λίμνης (χερσαία)

Αίσθηση προκαλεί στο σημείο αυτό ότι σε ολόκληρο το βόρειο και κεντρικό κομμάτι της ηπειρωτικής χώρας επικρατεί μία μόνο κλάση, αυτή της τάξεως του 20,08%, κάτω από την οποία περιλαμβάνονται 44 συνολικά λίμνες. Την ίδια στιγμή, στο νότιο κομμάτι της χώρας επικρατεί συντελεστής φορτίου της τάξης του 20,74%, ο οποίος χαρακτηρίζει επτά (7) συνολικά λίμνες, ενώ τέλος, το υψηλότερο δυναμικό αφορά σε μονάχα δύο λίμνες, αυτές του Δύστου και του Μαραθώνα. Πρόκειται για δύο σχετικά μικρής επιφάνειας λίμνες, οι οποίες φιλοξενούνται στη Στερεά Ελλάδα και την Αττική αντίστοιχα, και οι οποίες οριακά συγκαταλέγονται στην υψηλότερη κλάση, με την λίμνη του Μαραθώνα να εμφανίζει συντελεστή φορτίου 20,77%. Από την άλλη μεριά, το χαμηλότερο συντελεστή φορτίου έχει η λίμνη Αρζάνη, στα επίπεδα του 18,71%. Συμπεραίνεται με βάση τα παραπάνω ότι ο Μαραθώνας αναπτύσσει τον υψηλότερο συντελεστή φορτίου, τόσο για πλωτές όσο και για χερσαίες εγκαταστάσεις, ενώ γενικότερα, το βόρειο κομμάτι της Ελλάδας, και ειδικότερα το ευρύτερο τμήμα της Μακεδονίας, απαντά σε πολύ χαμηλά ποσοστά.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούμε και στη διαφοροποίηση η οποία προκύπτει αναφορικά με την ετήσια ενεργειακή παραγωγή σε εθνικό επίπεδο. Έτσι λοιπόν, διατηρώντας τις ίδιες συνθήκες και παραδοχές, η αποδιδόμενη ισχύς παραμένει σταθερή και ίση με 2,21GW. Παρόλα αυτά όμως, και εξαιτίας της θεώρησης χερσαίων εγκαταστάσεων, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή υποβιβάζεται από τις 3,95TWh στις 3,72TWh, δημιουργώντας ποσοστιαία διαφορά της τάξης του 6%.

### **5.3.2 Ανάλυση σε επίπεδο διαμερίσματος**

Για την ολοκλήρωση του κεφαλαίου των αποτελεσμάτων συνεχίζουμε με το τελικό στάδιο σύγκρισης χερσαίων και πλωτών περιοχών, σε επίπεδο διαμερίσματος. Αντίστοιχα, ακολουθούμε την έως τώρα ανάλυση υπό την μορφή χαρτών και υπό το ίδιο πρίσμα κανόνων και λογικής.

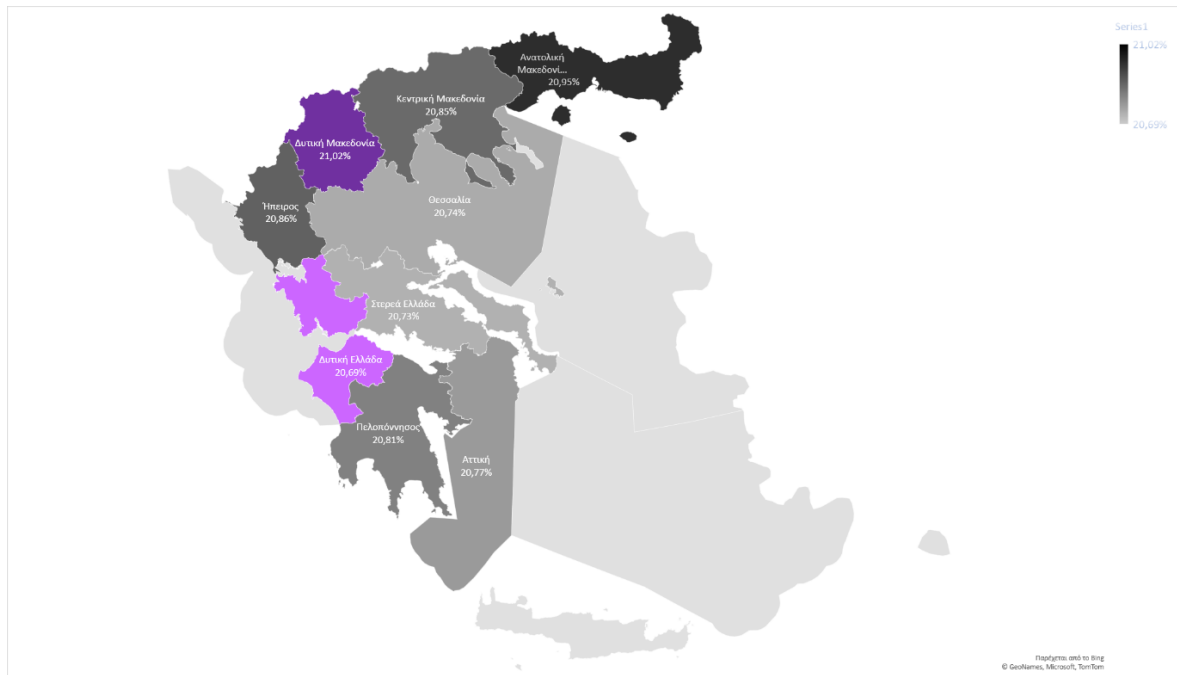
#### **5.3.2.1 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίων**

---

Αρχικά, παρουσιάζεται ο χάρτης του σταθμισμένου μέσου βαθμού απόδοσης σε επίπεδο διαμερίσματος (**Εικόνα 5.18**). Όπως παρατηρούμε, σε αυτή την περίπτωση υπάρχει μια πιο ισορροπημένη κλιμάκωση, καθώς τα σταθμισμένα μεγέθη δεν βασίζονται στις κλάσεις, αλλά αποτελούν συνάρτηση της απόδοσης που χαρακτηρίζει κάθε λίμνη ξεχωριστά. Ωστόσο, σε αυτό το σημείο ταυτίζονται οι χάρτες των δύο επιπέδων ανάλυσης. Δηλαδή, και σε επίπεδο λίμνης, αλλά και σε επίπεδο διαμερίσματος, οι πιθανές εγκαταστάσεις σε χερσαίες περιοχές δεν αποδίδουν πάνω από 21,5%. Την ίδια στιγμή, ο παρών χάρτης κλιμακώνεται όμοια με τον αντίστοιχο των πλωτών Φ/Β πάρκων.

Οι διακυμάνσεις και οι διαφορές είναι ανάλογες, απλά πλέον σε χαμηλότερη κλίμακα, καθώς και διατηρούνται τα ίδια μέγιστα και ελάχιστα στις αντίστοιχες περιοχές. Έχουμε δηλαδή έναν σταθμισμένο βαθμό απόδοσης 21,02% από 21,68% για τη Δυτική Μακεδονία, και έναν αντίστοιχο 20,69%, από 21,45% για τη Δυτική Ελλάδα.

Επομένως, θα μπορούσαμε σε αυτό το σημείο να συμπεράνουμε πως ανεξάρτητα από τον τύπο της εγκατάστασης, η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας φαίνεται να αποτελεί μια αξιόλογη περίπτωση, καθώς ευνοεί σημαντικά την ενεργειακή παραγωγή Φ/Β πάρκων. Αντίθετα, ως περιοχή αρκετά χαμηλού δυναμικού θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η Δυτική Ελλάδα, παρά το σημαντικό πλήθος των λιμνών που διαθέτει.



Εικόνα 5.18: Χάρτης σταθμισμένου μέσου βαθμού απόδοσης Φ/Β πλαισίου - Επίπεδο διαμερίσματος (χερσαία)

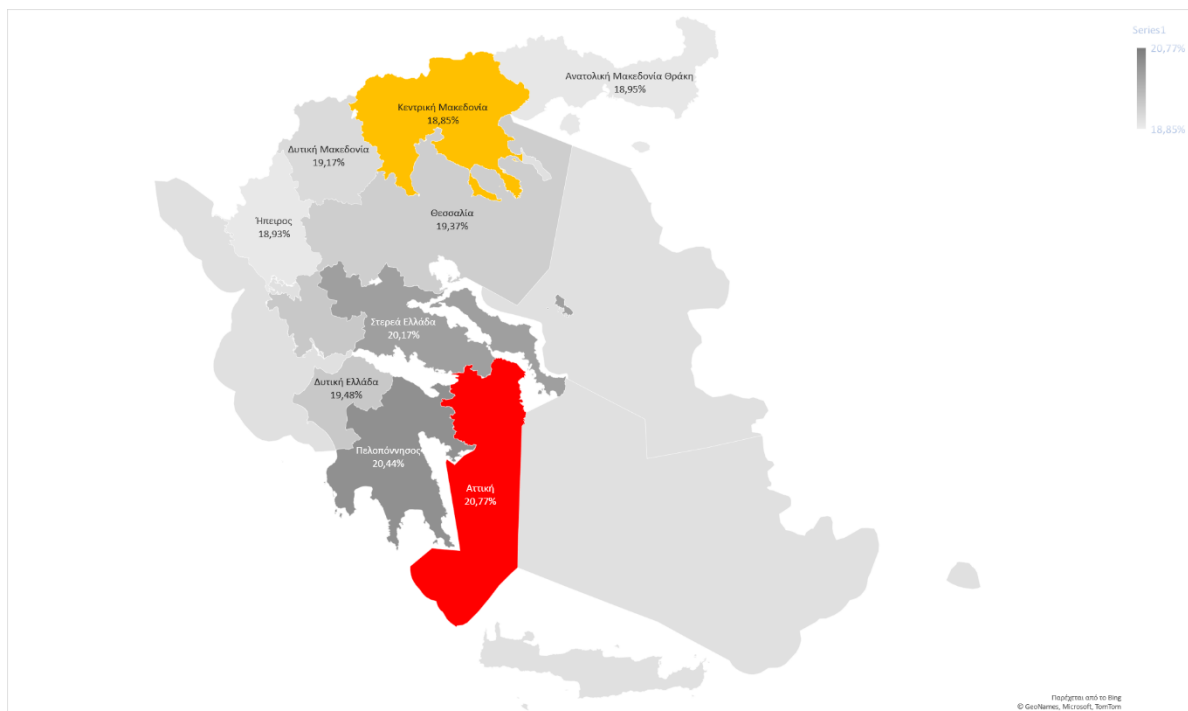
### 5.3.2.2 Σταθμισμένος μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου Φ/Β εγκαταστάσεων

Τέλος, παραθέτουμε συγκεντρωτικό χάρτη αναφορικά με τα αποτελέσματα του σταθμισμένου μέσου ετήσιου συντελεστή φορτίου για το σενάριο των χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων (**Εικόνα 5.19**).

Βάσει της παρακάτω εικόνας προκύπτουν διάφορα στοιχεία. Καταρχάς, όπως ήταν αναμενόμενο, ο χάρτης αυτός ταυτίζεται με τον αντίστοιχο σε επίπεδο λίμνης και ως εκ τούτου η διαβάθμιση του γκρι χρώματος είναι ανάλογη. Μάλιστα, το πιο υψηλό δυναμικό εμφανίζεται στην περιοχή της Αττικής, με την λίμνη του Μαραθώνα να χαρακτηρίζεται από συντελεστή φορτίου 20,77%, ενώ το χαμηλότερο εντοπίζεται στην Κεντρική Μακεδονία, με σταθμισμένο συντελεστή φορτίου 18,85%. Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η διαφοροποίηση μεταξύ Πελοποννήσου και Στερεάς Ελλάδας, με την πρώτη να εμφανίζει οριακά υψηλότερο συντελεστή φορτίου, ενώ συνολικά, αξίζει να σημειώσουμε πως η εκδοχή των χερσαίων τιμών συντελεστή φορτίου, αν και ταυτίζεται απόλυτα με την αντίστοιχη των πλωτών ως προς τις εσωτερικές διακυμάνσεις, κινείται σε χαμηλότερες τιμές.

Έτσι, και σε αντιπαραβολή με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας, έχουν προκύψει νέα στοιχεία αναφορικά με τον ετήσιο σταθμισμένο συντελεστή φορτίου και την αποδιδόμενη ενέργεια σε εθνικό επίπεδο.

Υπό το πρίσμα όμοιων όρων και συνθηκών, ο σταθμισμένος μέσος συντελεστής φορτίου εμφανίζει μείωση από 20,35% σε 19,23%, αποτέλεσμα αντίστοιχο της διαφοράς επί της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής, με την τελευταία να υφίσταται μείωση όπως είδαμε και νωρίτερα, από τις 3,95TWh στις 3,72TWh. Ως εκ τούτου, οι διαφορές λογίζονται ως αξιοσημείωτες και σε καμία περίπτωση δεν θεωρούνται αμελητέες.



Εικόνα 5.19: Χάρτης σταθμισμένου μέσου συντελεστή φορτίου - Επίπεδο διαμερίσματος (χερσαία)

Κάπου εδώ ολοκληρώνεται το κεφάλαιο των αποτελεσμάτων εφαρμογής, με τη διενεργηθείσα ανάλυση να κινείται σε διαφορετικά επίπεδα, παράγοντας με τον τρόπο αυτό αξιόλογα και συνάμα χρήσιμα συμπεράσματα σε σχέση με την προοπτική ανάπτυξης πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων στην ηπειρωτική χώρα αλλά και σε περιφερειακό επίπεδο μέσω της αξιοποίησης των υπό εξέταση λιμνών. Τα τελευταία θα τύχουν περαιτέρω σχολιασμού στην ακόλουθη και τελική ενότητα της διπλωματικής εργασίας, αυτή των «Συμπερασμάτων».

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

## 6.1 Σύντομη ανακεφαλαίωση και προοίμιο

---

Έχοντας διερευνήσει σε βάθος τις λεπτομέρειες και πτυχές που αφορούν στο θέμα μας, καθώς επίσης έχοντας εξετάσει και αναλύσει ικανό πλήθος πληροφοριών και δεδομένων που συγκεντρώθηκαν στο πλαίσιο αυτό, είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της έρευνάς μας. Η ανάλυση αυτή αναπτύσσεται και συγκεντρώνεται στο παρόν κεφάλαιο, αυτό των «Συμπερασμάτων».

Σκόπιμο είναι να πραγματοποιηθεί μια σύντομη ανακεφαλαίωση της όλης διαδικασίας. Έτσι λοιπόν, προκειμένου να εξετάσουμε το θεωρητικό δυναμικό που προσφέρουν οι υδάτινοι πόροι του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας μας για την ανάπτυξη πλωτών Φ/Β πάρκων, πραγματοποιήθηκε αρχικά ενδεδειγμένη έρευνα ως προς τα σημεία αναφοράς μας. Κατόπιν αυτής της διαδικασίας και υπό τον περιορισμό ελάχιστης έκτασης **1km<sup>2</sup>**, ορίστηκε το πεδίο μελέτης μας, **53 συνολικά λίμνες**, τόσο φυσικές, όσο και τεχνητές. Για κάθε σημείο αναφοράς συγκεντρώθηκαν όλα τα βασικά μετεωρολογικά δεδομένα που το χαρακτηρίζουν. Κάπως έτσι ολοκληρώθηκε η ανάλυση πρώτου επιπέδου και η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών σημείων που τέθηκαν υπό μελέτη.

Έπειτα, με τη χρήση καθιερωμένων, αλλά και εμπειρικών σχέσεων, εμβαθύνουμε περαιτέρω υπολογιστικά, διερευνώντας το θεωρητικό δυναμικό που προσφέρουν οι εξεταζόμενες λίμνες με ενεργειακούς όρους. Στη συνέχεια, και για λόγους σύγκρισης, η ανωτέρω μεθοδολογία εφαρμόστηκε και για την ενεργειακή μελέτη αντίστοιχων χερσαίων εγκαταστάσεων, ενώ τέλος, και στο πλαίσιο του κεφαλαίου των «Συμπερασμάτων» δημιουργείται δέσμη σεναρίων αναφορικά με την αξιοποίηση διαφορετικών υποσυνόλων του δείγματος μελέτης, με στόχο την παρουσίαση διαφορετικών προτάσεων αναφορικά με την ανάπτυξη πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Στο πλαίσιο αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως τέθηκε ένας ακόμη περιορισμός σχετικά με την εκμετάλλευση του εκάστοτε σημείου ενδιαφέροντος, σχετιζόμενος με την υπό κατάληψη έκταση, το μέγιστο ποσοστό της οποίας ορίστηκε ίσο με **1%** επί της επιφανείας εκάστης λίμνης. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η το κατά δυνατόν ελάχιστη όχληση ενόσω διατηρείται αναλλοίωτος ο χαρακτήρας του υδάτινου όγκου. Ακόμη, θεωρώντας ότι οι εγκαταστάσεις θα τοποθετηθούν στο κέντρο της κάθε υπό μελέτη περιοχής, δεν ερχόμαστε αντιμέτωποι με άλλους περιοριστικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα τα ενδεχόμενα προβλήματα σκίασης.



Στη συνέχεια, και στο πλαίσιο παρουσίασης των αποτελεσμάτων, σημειώνεται πως ακολουθήθηκε οπτικοποίησή τους υπό την μορφή χαρτών, διατηρώντας ταυτόχρονα ως παράμετρο υποβάθρου για κάθε χάρτη την επιφάνεια της κάθε λίμνης, προσέγγιση η οποία ενισχύει την κατανόηση αναφορικά με τη συνεισφορά των διαφορετικών λιμνών στη διαμόρφωση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων σε εθνικό ή και επίπεδο διαμερίσματος.

Την ίδια στιγμή, και έχοντας ως στόχο την ομαδοποίηση των λιμνών, η μελέτη κάθε ξεχωριστού μεγέθους αναλύθηκε μέσω της δημιουργία κλάσεων. Για παράδειγμα, οι επιφάνειες που καταλαμβάνουν οι λίμνες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα που ξεκινά από το  $1\text{ km}^2$  και φτάνει στα  $109,96\text{ km}^2$ , για το οποίο θεωρήθηκαν κλάσεις κάτω από  $3,5\text{ km}^2$ , μεταξύ  $3,5\text{ km}^2$  και  $10,8\text{ km}^2$ , μεταξύ  $10,8\text{ km}^2$  και  $26,5\text{ km}^2$  και πάνω από  $26,5\text{ km}^2$ . Στο πλαίσιο αυτό, προέκυψε ότι οι υδάτινοι όγκοι ανά την Ελλάδα είναι σχετικά ισομοιρασμένοι, ωστόσο το υψηλότερο ενδιαφέρον φαίνεται να συγκεντρώνεται στο **βόρειο τμήμα της, αλλά και τη Δυτική Ελλάδα**. Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι το κυρίαρχο δυναμικό συγκεντρώνεται στην «καρδιά» της χώρας και πως όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν, τόσο λιγοστεύουν τα εξεταζόμενα γεωγραφικά σημεία αναφοράς.

Στη βάση ανάλογης διάκρισης, βάσει δηλαδή της επιφανείας, θα παρουσιασθούν και τα συμπεράσματα που συγκεντρώνονται στο παρόν κεφάλαιο, με ομαδοποίηση σε τρεις συνολικά κλάσεις. Πιο συγκεκριμένα, θα κάνουμε λόγο για μικρές ( $\leq 20\text{ km}^2$ ), μεσαίες ( $> 20\text{ km}^2$  και  $\leq 50\text{ km}^2$ ) αλλά και μεγάλες ( $> 50\text{ km}^2$ ) λίμνες.

Συνολικά κάνουμε λόγο για **53** λίμνες, φυσικές και τεχνητές, οι οποίες καταλαμβάνουν συνολική έκταση της τάξεως των  **$1080,205\text{ km}^2$** . Από αυτές οι **36** λίμνες ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, αυτή των **μικρών** λιμνών, και έχουν συνολική επιφάνεια  **$267,075\text{ km}^2$** . Οι επόμενες **12** αφορούν **μεσαίους** υδάτινους όγκους με συνολική επιφάνεια που φτάνει τα  **$382,37\text{ km}^2$** . Τέλος, οι **5** υπολειπόμενες λίμνες χαρακτηρίζονται ως **μεγάλες** λίμνες και αθροιστικά φτάνουν τα  **$430,76\text{ km}^2$** .

Με βάση τα ανωτέρω, ακολουθεί στη συνέχεια αναλυτική παρουσίαση των συμπερασμάτων της έρευνας ως προς τις τρεις ανωτέρω κατηγορίες λιμνών, σε σχέση τόσο με τα πρωτογενή όσο και με τα δευτερογενή μεγέθη που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής.

## 6.2 Πρωτογενή μεγέθη (μετεωρολογικά δεδομένα)

---

Αρχικά, σχετικά με το αιολικό δυναμικό παρατηρήθηκε πως επικρατούν χαμηλές σχετικά ταχύτητες ανέμου (ασθενείς ή σχεδόν μέτριοι άνεμοι). Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι όσο κατευθυνόμαστε από το βορρά προς το νότο αυξάνει το αιολικό δυναμικό. Η Κερκίνη φαίνεται να χαρακτηρίζεται από την χαμηλότερη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, ενώ η Νυμφών από την υψηλότερη. Για τις **μικρές** λίμνες συμπεράναμε ότι το αιολικό δυναμικό που επικρατεί σε αυτές είναι **καλύτερης ποιότητας**. Ακόμη, όσο η έκταση των λιμνών αυξάνει παρατηρείται σταδιακή υποβάθμιση του αιολικού δυναμικού. Έτσι, για μεσαίες λίμνες διατηρείται περίπου σταθερή η ποιότητα ανέμου, ενώ τέλος, για μεγάλες λίμνες το αιολικό δυναμικό είναι πλέον εμφανώς αποδυναμωμένο.

Όσον αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία εξετάστηκε για την περίπτωση μηδενικής κλίσης επί της επιφάνειας των υδάτινων όγκων. Σε αυτήν την περίπτωση ένα ποσοστό της τάξεως του 45% απαντά σε ακτινοβολία ίση με  $1770\text{kWh/m}^2\cdot\text{a.}$ , ενώ και πάλι, φαίνεται να υπάρχει αυξητική τάση από το βορρά προς το νότο. Η λίμνη με το ηλιακό δυναμικό χαμηλότερης ποιότητας αναφέρεται στον υδάτινο όγκο της Πλατανόβρυσης, ενώ το ισχυρότερο εντοπίζεται στον Μαραθώνα. Γενικότερα, διαπιστώθηκε πως οι **μικρές** λίμνες ευνοούν **υψηλότερης ποιότητας** δυναμικά ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ οι μεγαλύτερες απαντούν σε χαμηλότερης. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι οι μικροί και οι μεσαίοι υδάτινοι όγκοι χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διασπορά σχετικά με τις τιμές ακτινοβολίας τις οποίες, συγκεντρώνουν.

Τελευταίο πρωτογενές μέγεθος που μελετήθηκε είναι αυτό της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η παράμετρος αυτή κλιμακώνεται σε ζώνες. Στο βόρειο και στο κεντρικό κομμάτι της χώρας αναπτύσσονται χαμηλές και μεσαίες θερμοκρασίες και περιμετρικά ολόκληρου του ηπειρωτικού άξονα της Ελλάδας αναπτύσσονται υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Γενικά, το ενδολίμνιο περιβάλλον ευνοεί σε ανάπτυξη μικροκλίματος. Έτσι, αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες και επικρατούν ηπιότερες συνθήκες έναντι των αντίστοιχων χερσαίων περιοχών. Η χαμηλότερη θερμοκρασία αναφέρεται στην λίμνη της Μεγάλης Πρέσπας (καλύτερη περίπτωση), ενώ η υψηλότερη αναπτύσσεται στην Σαλίτην. Γενικά, όσον αφορά στις θερμοκρασίες περιβάλλοντος φαίνεται η μεγαλύτερη διασπορά να εντοπίζεται στις μικρές και μεσαίες λίμνες, παρόλο που και οι μεγάλες εμφανίζουν ευρύ φάσμα τιμών.

### 6.3 Δευτερογενή μεγέθη (ενεργειακά αποτελέσματα)

---

Επιπλέον, ανάλογα συμπεράσματα προέκυψαν και αναφορικά με τα δευτερογενή μεγέθη της εργασίας. Γενικώς, σχετικά με την θερμοκρασία πλαισίου παρατηρήθηκε ότι δεν αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες στα Φ/Β πλαίσια εντός των εξεταζόμενων λιμνών (μέσες ετήσιες θερμοκρασίες **μέχρι 14°C**). Μάλιστα, διαπιστώθηκε πως επικρατεί μια διαφορά της τάξης των 5°C μεταξύ θερμοκρασίας πλαισίου και περιβάλλοντος. Τη χαμηλότερη θερμοκρασία αναπτύσσει η λίμνη των Πετρών, ενώ την υψηλότερη η Σαλτίνη. Ακόμη, στο βόρειο κομμάτι της χώρας ευνοούνται χαμηλότερες θερμοκρασιακές συνθήκες, ενώ όσο κατευθυνόμαστε προς το νότο, επικρατούν υψηλότερες τιμές, δεδομένου ότι, η θερμοκρασία πλαισίου καθορίζεται σημαντικά από την θερμοκρασία περιβάλλοντος που επικρατεί στην εκάστοτε περιοχή. Επιπλέον, είδαμε πως οι μικρότερες λίμνες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διασπορά της θερμοκρασίας πλαισίου, ενώ καθώς αυξάνεται η επιφάνεια λιμνών, αυξάνονται και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα Φ/Β πλαίσια.

Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί μία ακόμη σημαντική δευτερογενή παράμετρο που διέπει την μελέτη μας, και η οποία συνδέεται με τη θερμοκρασία πλαισίου. Έτσι, διαπιστώσαμε πως όπου επικρατούν μειωμένες θερμοκρασίες πλαισίου, ευνοείται η αυξημένη απόδοση πλαισίου και το αντίστροφο. Γενικά, προκύπτει πως οι υπό εξέταση πλωτές εγκαταστάσεις αποδίδουν κοντά ή/και σε υψηλότερα επίπεδα από τη θεωρούμενη ονομαστική απόδοση κατασκευαστή ( $\approx 20\%$ ). Την ίδια στιγμή, παρατηρείται πως στις μικρές λίμνες υπάρχει μια ισομοιρασμένη κατανομή μεταξύ 21,3-21,8% αναφορικά με τους βαθμούς απόδοσης. Αντίστοιχα, οι μεσαίες λίμνες απαντούν σε ένα ποσοστό της τάξεως του 21,5%, ενώ οι μεγάλες αποδίδουν παραπάνω. Ακόμη, αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ, η τελευταία καθορίζεται αποκλειστικά από την επιφάνεια και ως εκ τούτου κλιμακώνεται με ανάλογο τρόπο.

Τέλος, μελετήθηκε και ο ετήσιος συντελεστής φορτίου, με τις εμφανιζόμενες τιμές να κινούνται σε υψηλά επίπεδα σε όλο το πεδίο μελέτης μας. Ειδικότερα, το βόρειο κομμάτι της χώρας απαντά σε συγκριτικά χαμηλότερες και μεσαίες τιμές CF, ενώ οι τιμές αυτές αυξάνονται, καθώς κατευθυνόμαστε προς το νότο. Γενικά, ο συντελεστής φορτίου καθορίζεται από τον βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης, αλλά και από την ακτινοβολία σε ετήσια βάση. Στο πλαίσιο αυτό, διαπιστώθηκε ότι για μικρότερες λίμνες αντιμετωπίζουμε τιμές στα επίπεδα του 20%-21%, για μεσαίες λίμνες τιμές στα όρια του 20%, ενώ για τις μεγαλύτερου μεγέθους λίμνες ο συντελεστής φορτίου αυξάνει περαιτέρω.

## 6.4 Συμπεράσματα σε επίπεδο διαμερίσματος

---

Επιπρόσθετα, η ανάλυση έχει πραγματοποιηθεί και σε επίπεδο διαμερισμάτων. Έτσι, όπως είναι λογικό, έχουν προκύψει αντίστοιχα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Σε αυτό το σημείο θα παραθέσουμε τα πιο σημαντικά. Διαπιστώθηκε ότι αναφορικά με τις ταχύτητες ανέμου φαίνεται να επικρατεί σε κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα μια συγκεκριμένη κλάση ταχυτήτων ανέμου και γενικότερα να επικρατεί μια ήπια μετάβαση από το ένα διαμέρισμα στο γειτονικό του, ενώ, συνολικά και αναφορικά τόσο με τα πρωτογενή όσο και με τα δευτερογενή μεγέθη, διαπιστώθηκε ότι διατηρούνται οι τάσεις που είχαν αναδειχθεί και πρωτίτερα σε επίπεδο λίμνης, συνυπολογίζοντας φυσικά και την βαρύτητα της παραμέτρου της επιφανείας που χαρακτηρίζει τις συμμετέχουσες ανά διαμέρισμα λίμνες.

## 6.5 Σύγκριση πλωτών και χερσαίων Φ/Β εγκαταστάσεων

---

Επόμενο βήμα, και τελικό της παρούσας έρευνας υπήρξε η σύγκριση πλωτών με χερσαίες Φ/Β εγκαταστάσεις. Το κύριο συμπέρασμα που προέκυψε από αυτή την άσκηση ήταν πως σε **αντίστοιχες χερσαίες περιοχές η Φ/Β παραγωγή είναι λιγότερο ευνοϊκή**. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν δύο δευτερογενείς παράμετροι σχετικά με τον βαθμό απόδοσης και τον ετήσιο συντελεστή φορτίου, κατόπιν επανυπολογισμού της θερμοκρασίας πλαισίου, τόσο σε επίπεδο λίμνης όσο και διαμερίσματος. Αναφορικά με το πρώτο μέγεθος διαπιστώθηκε σε επίπεδο λίμνης πως το ηπιότερο θερμοκρασιακό ενδολίμνιο περιβάλλον οδηγεί σε υψηλότερη Φ/Β παραγωγή. Επίσης, ο **βαθμός απόδοσης** αντίστοιχων χερσαίων περιοχών φαίνεται να παραμένει σταθερός και ίσος με **21,48%**. Από την άλλη μεριά, σε επίπεδο διαμερίσματος επικρατεί μια πιο ισορροπημένη κλιμάκωση. Ωστόσο, και σε αυτό το επίπεδο ανάλυσης η Φ/Β εγκατάσταση δεν αποδίδει παραπάνω από 21,5%. Οι διακυμάνσεις κυμαίνονται αντίστοιχα με τις πλωτές κατασκευές, αλλά σε χαμηλότερη κλίμακα. Συνολικά, θα μπορούσαμε να πούμε πως **ανεξάρτητα από τον τύπο της εγκατάστασης**, προκύπτει ότι η περιοχή εκείνη η οποία φαίνεται να **ευνοεί σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή παραγωγή Φ/Β πάρκων**, είναι εκείνη της **Δυτικής Μακεδονίας**. Αντίθετα, μικρότερη δυναμική έχει η Δυτική Ελλάδα παρά το ισχυρό υδάτινο δυναμικό που τη χαρακτηρίζει.

Όσον αφορά στον συντελεστή φορτίου προέκυψε ότι η κλιμάκωση ήταν αντίστοιχη των πλωτών, αλλά κατά μία κλάση χαμηλότερα. Μάλιστα, η διακύμανση διαφοροποιείται ανά γεωγραφική ζώνη. Πιο συγκεκριμένα, το βόρειο και κεντρικό κομμάτι απαντούν σε έναν

συντελεστή φορτίου της τάξεως του 20,08%. Επίσης, το νότιο κομμάτι φτάνει σε επίπεδα του 20,74%, ενώ το υψηλότερο δυναμικό αφορά μονάχα στις λίμνες **Δύστου** και **Μαραθώνα**. Έτσι, λοιπόν προκύπτει ότι ο τελευταίος υδάτινος όγκος αναπτύσσει τον **υψηλότερο συντελεστή φορτίου και στα δύο σενάρια ανάλυσης**. Από την άλλη το **βόρειο τμήμα της χώρας, απαντά στις χαμηλότερες τιμές CF**. Σε επίπεδο διαμερίσματος, το υψηλότερο δυναμικό παρουσιάζεται στην περιοχή της Αττικής και το χαμηλότερο στην Κεντρική Μακεδονία. Παρατηρείται ακόμη, πως αν και ταυτίζεται απόλυτα με τα αντίστοιχα δεδομένα που περιγράφουν τα πλωτά πάρκα, κυμαίνεται **σε χαμηλότερα επίπεδα**. Συνολικά λοιπόν, φαίνεται ότι σε αντίστοιχες χερσαίες εγκαταστάσεις, επίσης αθροιστικής ισχύος **2,21GW**, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή υποβιβάζεται κατά 6%. Δηλαδή, από τις **3,95TWh** μειώνεται στις **3,72TWh**.

## **6.6 Προτάσεις ανάπτυξης πλωτών Φ/Β σε εθνικό επίπεδο**

---

Ολοκληρώνοντας την ενότητα των συμπερασμάτων, παραθέτουμε εναλλακτικά σενάρια-προτάσεις για την ανάπτυξη πλωτών Φ/Β σταθμών σε εθνικό επίπεδο και την ηπειρωτική χώρα ειδικότερα. Συνολικά λοιπόν, και από ολόκληρο το πεδίο εφαρμογής μας, προέκυψε ότι για κάθε ποσοστιαία μονάδα κάλυψης επιφάνειας των λιμνών αναπτύσσεται αποδιδόμενη ισχύς της τάξεως των **2,21GW**. Αντίστοιχα, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αγγίζει τις **4TWh**. Διατηρώντας, λοιπόν τα συγκεκριμένα επίπεδα παραγωγής ερχόμαστε σε αυτό το σημείο να εμβαθύνουμε περαιτέρω μέσω των σεναρίων που αναπτύχθηκαν για τον σκοπό αυτό. Στην ουσία πραγματοποιήθηκε έλεγχος ποσοστού κάλυψης και αξιολόγησης δυναμικού της κάθε βασικής από τις 3 κατηγορίες που αφορούν στην επιφάνεια. Έτσι, αρχικά προέκυψε πως για ποσοστιαία κάλυψη 1%, οι **μικρές** σε έκταση λίμνες προσφέρουν ετήσια ενεργειακή παραγωγή της τάξεως των **0,98 TWh**, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς φτάνει στα **0,55GW**. Ως εκ τούτου, και αν θέλαμε να φτάσουμε στα αντίστοιχα επίπεδα ενεργειακής παραγωγής του συνολικού πεδίου εφαρμογής, το ισοδύναμο ποσοστό κάλυψης θα ανερχόταν σε **4%** για την επιφάνεια του κάθε υδάτινου όγκου. Ακόμη, οι **μεσαίες λίμνες**, παρά το γεγονός ότι είναι λιγότερες σε πλήθος, παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά. Προέκυψε πως για ποσοστιαία κάλυψη 1% απαντούν στα επίπεδα των **0,78GW και 1,39TWh** αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση για κάλυψη ισόποση του συνόλου απαιτείται μια επέμβαση της τάξεως του **2,8%**. Τέλος, ακολουθήθηκε παρόμοια λογική σύγκρισης και ανάπτυξης αποτελεσμάτων σχετικά με τις **μεγάλες** λίμνες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πραγματοποιήθηκε περαιτέρω διαχωρισμός. Αρχικά, εξετάσαμε συνολικά το πλήθος των μεγάλων σε έκταση υδάτινων όγκων, όπου ανήκουν **5**

λίμνες. Εδώ έχουμε ότι για κάλυψη 1% φτάνουμε σε επίπεδα ενεργειακής παραγωγής και εγκατεστημένης ισχύος της τάξεως των **1,56TWh** και **0,88GW** αντίστοιχα. Έτσι, προκειμένου να φτάσουμε σε παραγωγή όμοια της συνολικής έρευνας, καλούμαστε να επέμβουμε με συντελεστή κάλυψης στα επίπεδα του **2,5%**. Στην συνέχεια, εξετάσαμε τις **3** μεγαλύτερες εκ του συνολικού πεδίου εφαρμογής λίμνες, οι οποίες απαιτούν επέμβαση  $\approx$ **3,75%**, καθώς όσον αφορά στην ποσοστιαία κάλυψή τους απαντούν σε ενεργειακούς όρους γύρω στα **0,59GW** και **1,05TWh** αντίστοιχα. Τέλος, διερευνήσαμε και την περίπτωση της μεγαλύτερης λίμνης της Ελλάδας, που είναι αυτή της **Κερκίνης**, στην οποία θα απαιτείτο επέμβαση της τάξεως του **10%**.

Ολοκληρώνοντας την ενότητα αυτή, είμαστε πλέον σε θέση να αναδείξουμε την σπουδαιότητα και σημασία των συμπερασμάτων μας. Σε αυτό το σημείο, θα μπορούσαμε να προτείνουμε πιθανές κατευθύνσεις για μελλοντικές έρευνες ή δράσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν βάση για περαιτέρω βελτίωση ή ανάπτυξη στον τομέα αυτόν. Έτσι, λοιπόν διαπιστώθηκε από το σύνολο της έρευνας ότι οι λίμνες της ηπειρωτικής Ελλάδας έχουν ενδιαφέρον και δυναμική ως προς την ενεργειακή Φ/Β παραγωγή. Μάλιστα, σε όρους και προϋποθέσεις που έχουν τεθεί σε εθνικό επίπεδο, μπορούν να καλύψουν έως και το **6,07%** των συνολικών απαιτήσεων από ΑΠΕ. Προφανώς, το ποσοστό αυτό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών δεν είναι αμελητέο. Κάνουμε λόγο δηλαδή, με την εν λόγω έρευνα, για μια συνεισφορά του 6,07% μόνο από πλωτά Φ/Β πάρκα. Βάσει των σεναρίων σύγκρισης, που αναπτύχθηκαν παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε ότι μεγαλύτερο ενδιαφέρον θα είχε αν επικεντρώνασταν σε μία πιο ενδεδειγμένη έρευνα, που θα αφορούσε στις **5** μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας, καθώς φαίνεται πως αυτές, με ένα ποσοστό κάλυψης της τάξεως του **2,5%** δύναται να επιτύχουν αντίστοιχο ενεργειακό αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο επεμβαίνοντας σε λιγότερες λίμνες και διατηρώντας χαμηλά ποσοστά κάλυψης, περιορίζουμε σημαντικά τα επίπεδα όχλησης ενώ διαφυλάσσουμε την ακεραιότητα των λιμναίων οικοσυστημάτων.

Ακόμη, από το σύνολο της μελέτης μας διαπιστώθηκε πως η λίμνη του Μαραθώνα παρουσιάζει τον υψηλότερο ετήσιο συντελεστή φορτίου, ενώ η Πλατανόβρυση, από την άλλη πλευρά, τον χαμηλότερο. Αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ, εξαιτίας της επιφανείας της, η λίμνη Κερκίνη εμφανίζει την μεγαλύτερη τιμή, ενώ η Γρατινής την μικρότερη. Επιπλέον, και από άποψη απόδοσης, η λίμνη των Πετρών αποτελεί την καλύτερη δυνατή περίπτωση, ενώ αντίθετα, η λίμνη Σαλτίνη εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή.

Άλλη μια πρόταση θα μπορούσε να είναι το φάσμα των **τεχνητών λιμνών**. Είναι γνωστό, πως τα φράγματα λειτουργούν ως υδροηλεκτρικοί σταθμοί κατά βάση. Επομένως, σε ήδη εγκατεστημένα υδροηλεκτρικά έχουμε τη δυνατότητα αφενός της συνδυασμένης παραγωγής, αφετέρου της αξιοποίησης υφιστάμενων υποδομών για τη διασύνδεση των σταθμών στο ηλεκτρικό δίκτυο. Τοποθετώντας, λοιπόν επιπλέον Φ/Β εγκαταστάσεις εξασφαλίζουμε μία ακόμη μεγαλύτερη παραγωγή σε ήδη αξιοποιούμενες περιοχές, ενισχύοντας μάλιστα την συμπληρωματικότητα μεταξύ των πηγών, δεδομένου ότι η Φ/Β παραγωγή μεγιστοποιείται τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε και τα υδροηλεκτρικά εμφανίζουν κατά κανόνα περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα. Στο πλαίσιο αυτό, η ηπειρωτική Ελλάδα διαθέτει ένα πλήθος **13** τεχνητών λιμνών ποικίλης έκτασης, ικανό να υποστηρίξει την εγκατάσταση ενός ικανού δυναμικού πλωτών Φ/Β σταθμών.

## 6.7 Αντί επιλόγου

---

Τα ανωτέρω μελετώνται με σκοπό ένα καλύτερο, πιο πράσινο και βιώσιμο μέλλον. Το περιβάλλον ζητάει βοήθεια με κάθε δυνατό τρόπο! Ίσως ήρθε η ώρα να μην το παραβλέψουμε για ακόμη μια φορά. Αξίζει να δώσουμε την σημασία που του αναλογεί, καθώς και να αναλογιστούμε ότι οι ίδιοι οι άνθρωποι είμαστε μέρος του περιβάλλοντος και ότι δεν μας ανήκει, αλλά του ανήκουμε. Με την παρούσα μελέτη λοιπόν, και με αίσθημα ευθύνης, επιδιώκουμε να δώσουμε μια νέα οπτική προκειμένου να προσεγγίσουμε μία καλύτερη εικόνα αυτού του πλανήτη, ευαισθητοποιώντας και ενημερώνοντας. Ας πάψουμε να σκεφτόμαστε «Ποιος θα το δει; Ποιος θα το καταλάβει άλλωστε» και ας υιοθετήσουμε μια καινούρια νοοτροπία, μια διαφορετική προσέγγιση, μια αγκαλιά για αυτόν τον κόσμο. Αν αλλάξουμε λίγο ο καθένας μας, ίσως τότε συνολικά να αντικρύσουμε και την αλλαγή που περιμένουμε, μα πάντα από τους άλλους. Ίσως αυτή την φορά να ξεκινήσουμε από εμάς, και τότε ενδεχομένως να μην είναι αργά εάν αλλάξουμε οπτική να δούμε αυτόν τον κόσμο να αλλάζει.



*Μικραίνει ο κόσμος, κι η θάλασσα γίνεται κήπος.  
(Τ. Κόρφης, Στ. Κουγιουμτζής – Μικραίνει ο κόσμος, 1982)  
Κι αλήθεια δεν είναι λίγες οι φορές που ανακαλύπτω εκεί, στο βάθος του πνιγμού,  
κοράλλια και μαργαριτάρια και θησαυρούς ναυαγισμένων πλοίων.  
(Γ. Ρίτσος – Η Σονάτα του Σεληνόφωτος, 1956)*

# Βιβλιογραφία

1. Micheli, L., & Talavera, D. (2023). Economic feasibility of floating photovoltaic power plants: Profitability and competitiveness. *Renewable Energy*, 211, 607–616. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.011>
2. Kougias, I., Nigel, T., Kakoulaki, G., & Jäger-Waldau, A. (2021). The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 144, 111017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111017>
3. Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα -. (2020). <https://ypen.gov.gr/energeia/eseik>
4. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2023). Πλαίσιο ανάπτυξης πιλοτικών θαλάσσιων πλωτών φωτοβολταϊκών σταθμών |<http://www.opengov.gr/minenv/?p=12336>
5. Ecotypos. (2022). ΕΒΕΘ: πρόταση για πλωτά φωτοβολταϊκά πάρκα σε λίμνες. *ECOPRESS*. <https://ecopress.gr/eveth-protasi-gia-plota-fotovoltaika-parka-se-limnes/>
6. Thessalia Economy. (2023). Πλωτά φωτοβολταϊκά στο δίκτυο ΤΟΕΒ Πηνειού. <https://www.thessaliaeconomy.gr/blog/energeia/plota-fotovoltaika-sto-diktyo-toev-pineioy>
7. Sinidisi. (2023). Πλωτά φωτοβολταϊκά: Στο «στόχαστρο» η λίμνη Κρεμαστών. <https://sinidisi.gr/plota-fotovoltaika-stochastro-limni-kremaston-plota-fo/>
8. Capital. (2020). Πλωτά φωτοβολταϊκά σε λίμνες θα φτιάξει η ΔΕΗ Ανανεώσιμες. *Capital.gr*. <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3503976/plota-fotovoltaika-se-limnes-tha-ftiaxe-i-dei-ananeosimes/>
9. Δεληγιάννης, Κ. (2022). ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή: «Ωριμάζει» το πρότζεκτ των πλωτών φωτοβολταϊκών. *Insider*. <https://www.insider.gr/epiheiriseis/208295/terna-energeiaki-orimazei-protzekt-ton-ploton-fotovoltaikon>
10. Lakes Network. (2019). <https://lakesnetwork.org/>
11. Υπουργείο Ενέργειας. (2023). <https://ypen.gov.gr/>
12. Τμήμα Περιβάλλοντος. (2023). <https://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/>
13. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία. (2023). <https://www.ornithologiki.gr/el/>
14. Ελληνικό Κέντρο Βιότοπων – Υγρότοπων. (2023). [https://www.ekby.gr/ekby/el/EKBY\\_Greek\\_Wetlands\\_el.html](https://www.ekby.gr/ekby/el/EKBY_Greek_Wetlands_el.html)
15. Εσωτερικά Ύδατα - Έγγραφα. <https://eclass.upatras.gr/modules/document/?course=ENV25>
16. Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης Δυτικής Μακεδονίας. (2020). Κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό προγραμμάτων κατάρτισης σε θέματα διαχείρισης υγροτόπων - <https://pta.pdm.gr/studies/katefthyntiries-grammes-gia-ton-schediasmo-programmaton-katartisis-se-themata-diacheirisis-ygrotopon/>
17. Μεταβιτσιάδου, Ε. (2020). Τα Υδρωνύμια: Κατασκευή Εκπαιδευτικού Διαθεματικού Υλικού με βάση τα Ονόματα των Ποταμών και των Λιμνών.
18. Καλλικράτης. (2022). <https://www.kallikratis.org/>
19. Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρειας Θεσσαλίας. (2023). <https://www.thessalia-espa.gr/>
20. Project ΑΣΕΛΙς. (2023). <https://www.greekhistoryrepository.gr/archive/item/337>
21. Ένωση Περιφερειών Ελλάδας. (2023). <https://www.enpe.gr/el/>
22. Web Greece. (2016). Λίμνη Πλαστήρα. [https://web-greece.gr/destinations/limni-plastira-karditsa/Fragmata\\_Elladas\\_201311.pdf](https://web-greece.gr/destinations/limni-plastira-karditsa/Fragmata_Elladas_201311.pdf)
23. Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων. (2016). [https://eemf.gr/Fragmata\\_Elladas\\_201311.pdf](https://eemf.gr/Fragmata_Elladas_201311.pdf)
24. Stratos. (2021). Λίμνη Σμοκόβου μία υπέροχη διαδρομή - Ομβριακή Δομοκού. <https://omvriaki.gr/limni-smokonou-mia-yperochi-diadromi/>
25. Κάγκαλου, Ι. (2011). Καλωσορίζοντας τη νέα λίμνη Κάρλα: Επαληθεύονται οι προσδοκίες μας; [https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/2019\\_02\\_05\\_imerida\\_ethem\\_paroysiasi\\_-\\_eisisigisi\\_if\\_kagkaloy\\_gia\\_karla.pdf](https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/2019_02_05_imerida_ethem_paroysiasi_-_eisisigisi_if_kagkaloy_gia_karla.pdf)
26. Περιφέρεια Πελοποννήσου. (2023). <https://www.ppel.gov.gr/>
27. Κουσουρή, Θ. (2014). Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες. 5/6. Στερεά Ελλάδα, Εύβοια, Πελοπόννησος. [https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/5\\_book.pdf](https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/5_book.pdf)



28. NaturaGraeca. (2023). <https://www.naturagraeca.com/ws/>
29. Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας. (2023). Βιοποικιλότητα στα Φράγματα της ΔΕΗ ΑΕ. [https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/fragmata\\_kai\\_vioikoilotita.pdf](https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/fragmata_kai_vioikoilotita.pdf)
30. Κουσουρή, Θ. (2013). Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες. 1/6. Δυτική Ελλάδα. [https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/1\\_book.pdf](https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/1_book.pdf)
31. Ελένη, Κ. (2023). Τριχωνίδα: Η γαλάζια λίμνη με τα σπάνια είδη και η αναπτυξιακή προοπτική της περιοχής. CNN.gr. <https://www.cnn.gr/perivallon/story/345256/trixonida-i-galazia-limni-meta-spania-eidi-kai-i-anartyksiaki-prooptiki-tis-perioxis>
32. Δήμος Θέρμου. (2023). Λίμνη Τριχωνίδα. <https://www.dimos-thermou.gr/>
33. Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. (2023). <https://www.pkm.gov.gr/>
34. Κουσουρή, Θ. (2013). Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες. 3/6. Μακεδονία. [https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/3\\_book.pdf](https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/3_book.pdf)
35. Περιφέρεια Ηπείρου. (2023). <https://php.gov.gr/>
36. Λίμνη Ιωαννίνων - Φωτογραφικό Υλικό. (2023). <https://www.zorpidis.gr/images/>
37. Κουσουρή, Θ. (2013). Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες. 2/6. Ήπειρος. [https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/2\\_book.pdf](https://www.ekke.gr/projects/estia/Cooper/limnes/2_book.pdf)
38. Δικτυακός Τόπος για τη Φύση και τη Βιοποικιλότητα. (2023). <http://greekwetlands.biodiversity-info.gr/Sites/Details/3258>
39. Δήμος Σουλίου. (2017). Λίμνη Χότκοβα. <https://dimossouliou.gov.gr/building/imni-choktova-ydrovivotopos/>
40. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. (2023). <https://www.pamth.gov.gr/index.php/el/>
41. ECOThraki. (2018). Αρχική – Θράκη - ECOThraki. <https://www.ecothraki.gr/>
42. Κουσουρή, Θ. (2015). Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες. <https://www.biologyinschool.gr/wp-content/uploads/2015/11/The-Lakes-in-Greece.pdf>
43. Περιοχή των Λιμνών της Χρυσούπολης - Π.Ε. Καβάλας. (2023). [http://www.jti-rhodope.eu/route.php?route=3\\_26&lang=el](http://www.jti-rhodope.eu/route.php?route=3_26&lang=el)
44. Λίμνη Μαραθώνα - Φωτογραφικό Υλικό. (2023). <https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-s/1d/fb/71/5e/caption.jpg>
45. Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. (2023). <https://www.pdm.gov.gr/>
46. WWF Ελλάς. (2023). [https://www.wwf.gr/ti\\_kanoume/fysh/prostaeuomenes\\_perioxes/prespes/?](https://www.wwf.gr/ti_kanoume/fysh/prostaeuomenes_perioxes/prespes/)
47. Λίμνη Αγίου Γεωργίου. (2023). <https://greveniotis.gr/>
48. Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. (2023). <https://pste.gov.gr/periferia-2/>
49. Λίμνη Υλίκη – Δήμος Ορχομενού Βοιωτίας. (2023). <https://www.orchomenos.gr/shmeia-entiaferontos/ylikh/>
50. WWF Ελλάς. (2023). <https://contentarchive.wwf.gr/blog/1551-limnes-oryxeion-otan-i-fysi-eroylonei-tis-pliges-tis>
51. World Bank Group, ESMAP and SERIS. (2018). Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report—Executive Summary. Washington, DC: World Bank
52. Muñoz-Cerón, E., Osorio-Aravena, J. C., Rodríguez-Segura, F. J., Φροлова, Μ., & Ruano-Quesada, A. (2023). Floating photovoltaics systems on water irrigation ponds: Technical potential and multi-benefits analysis. *Energy*, 271, 127039. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127039>
53. Kichou, S., Skandalos, N., & Wolf, P. (2022). Floating photovoltaics performance simulation approach. *Heliyon*, 8(12), e11896. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11896>
54. Kulat, M. I., Tosun, K., Karaveli, A. B., Yücel, İ., & Akinoglu, B. G. (2023). A sound potential against energy dependency and climate change challenges: Floating photovoltaics on water reservoirs of Turkey. *Renewable Energy*, 206, 694–709. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.058>
55. Trapani, K., & Santafé, M. R. (2014). A review of floating photovoltaic installations: 2007-2013. *Progress in Photovoltaics*, 23(4), 524–532. <https://doi.org/10.1002/pip.2466>
56. International Renewable Energy Agency. (2021). Energy from the Sea: An Action Agenda for Deploying Offshore Renewables Worldwide. <https://www.irena.org/events/2021/May/An-Action-Agenda-for-Deploying-Offshore-Renewables-Worldwide>
57. Lee, H. (2022). Floating solar panel flowers to power South Korea homes. *Bloomberg.com*. <https://www.bloomberg.com/news/features/2022-02-28/floating-solar-panel-flowers-to-power-south-korea-homes>

58. Jin, Y., Hu, S., Ziegler, A. D., Gibson, L., Campbell, J. E., Xu, R., Chen, D., Zhu, K., Zheng, Y., Ye, B., Ye, F., & Zeng, Z. (2023). Energy production and water savings from floating solar photovoltaics on global reservoirs. *Nature Sustainability*, 6(7), 865–874. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01089-6>
59. Peters, I. M., & Nobre, A. (2022). Deciphering the thermal behavior of floating photovoltaic installations. *Solar Energy Advances*, 2, 100007. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2021.100007>
60. Dörenkämper, M., Wahed, A., Kumar, A., De Jong, M., Kroon, J., & Reindl, T. (2021). The cooling effect of floating PV in two different climate zones: A comparison of field test data from the Netherlands and Singapore. *Solar Energy*, 219, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.03.051>
61. Silvério, N. M., Barros, R. M., Filho, G. L. T., Santafé, M. R., Santos, I. F. S. D., & De Mello Valério, V. E. (2018). Use of floating PV plants for coordinated operation with hydropower plants: Case study of the hydroelectric plants of the São Francisco River basin. *Energy Conversion and Management*, 171, 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.05.095>
62. Fereshtehpour, M., Sabbaghian, R. J., Farrokhi, A., Jovein, E. B., & Sarindizaj, E. E. (2021). Evaluation of factors governing the use of floating solar system: A study on Iran's important water infrastructures. *Renewable Energy*, 171, 1171–1187. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.005>
63. Micheli, L., & Talavera, D. (2023b). Economic feasibility of floating photovoltaic power plants: Profitability and competitiveness. *Renewable Energy*, 211, 607–616. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.011>
64. Clemons, S. K. C., Salloum, C. R., Herdegen, K. G., Kamens, R. M., & Gheewala, S. H. (2021). Life cycle assessment of a floating photovoltaic system and feasibility for application in Thailand. *Renewable Energy*, 168, 448–462. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.082>
65. Oliveira-Pinto, S., & Stokkermans, J. (2020). Assessment of the potential of different floating solar technologies – Overview and analysis of different case studies. *Energy Conversion and Management*, 211, 112747. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112747>
66. Lopes, M. P. C., De Andrade Neto, S., Branco, D. a. C., De Freitas, M. a. V., & Da Silva, N. F. (2020). Water-energy nexus: Floating photovoltaic systems promoting water security and energy generation in the semiarid region of Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122010>
67. Boduch, A., Mik, K., Castro, R., & Zawadzki, P. (2022). Technical and economic assessment of a 1 MWp floating photovoltaic system in Polish conditions. *Renewable Energy*, 196, 983–994. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.032>
68. Gelaro, R., McCarty, W., Suárez, M. J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L. L., Randles, C. A., Darmenov, A., Bosilovich, M. G., Reichle, R. H., Wargan, K., Coy, L., Cullather, R. I., Draper, C., Akella, S., Buchard, V., Conaty, A., Da Silva, A., Gu, W., . . . Zhao, B. (2017). The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 30(14), 5419–5454. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-16-0758.1>
69. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Ανεμολογικά Δεδομένα. (2023). [http://www.emy.gr/emv/el/navigation/naftilia\\_beaufort](http://www.emy.gr/emv/el/navigation/naftilia_beaufort)
70. Καββαδίας, Κ. Καλδέλλης, Ι. (2001), Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας Αιολική ενέργεια: Ηλιακή ενέργεια: Υδάτινο δυναμικό, βιομάζα, γεωθερμία. Εκδ. Σταμούλης.

Παράρτημα:  
Αναλυτικοί Πίνακες Μεγεθών

A/A	Λίμνη	Κατηγορία	Γεωγραφικό Διαμέρισμα (νέο)	Επιφάνεια (τετρ. χιλιομ.)	Wind	Temperature	SWG
1	Αγ. Βαρβάρας	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	2,6	4,7613	14,88	1762,599
2	Αγίου Γεωργίου	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	7	4,9177	12,44	1771,179
3	Άγρα-Βρυττών-Νησί	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	6	4,8317	12,72	1740,747
4	Αμβρακία	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	14,5	5,2720	17,54	1811,253
5	Αρζάνη	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	1,4	5,0226	15,11	1751,236
6	Αώου	Τεχνητή	Ήπειρος	11,4	4,9304	12,40	1750,057
7	Βεγορίτιδα	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	40	4,8083	12,33	1741,12
8	Βιστωνίδα	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	45	6,2903	15,41	1754,339
9	Βόλβη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	68,6	5,1266	15,91	1768,043
10	Βουλκαριά	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	9,4	5,4293	18,17	1811,909
11	Γρατινής	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	1	6,9401	14,85	1759,094
12	Δοϊράνη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία/ΠΓΔΜ	28	4,8711	14,17	1744,061
13	Δύστος	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	4,5	7,4959	17,83	1902,979
14	Ευήνου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	3,5	5,4751	14,89	1818,582
15	Ζάζαρη	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	2	4,8190	12,18	1751,252
16	Θησαυρού	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	20	4,9594	12,06	1721,223
17	Ιλαρίωνα	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	21,9	4,8213	13,59	1782,164
18	Καϊάφα	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	1,68	6,0679	17,87	1906,038
19	Κάρλα	Τεχνητή	Θεσσαλία	37,37	5,4362	17,48	1817,976
20	Καστρακίου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	28	5,2742	16,57	1804,643
21	Κερκίνη	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	109,96	4,6383	14,24	1751,957
22	Κρεμαστών	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα/Στ. Ελλάδα	81	5,2700	15,12	1788,419
23	Λάδωνα	Τεχνητή	Πελοπόννησος	4	5,6645	15,57	1897,138
24	Λισμαχία	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	13	5,3841	17,72	1825,455
25	Μαραθώνα	Τεχνητή	Αττική	2,45	7,3054	17,91	1915,147
26	Μεγάλη Πρέσπα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία/Αλβανία/ΠΓΔΜ	37,6	4,7507	11,62	1755,444
27	Μητρικού (Ισαμρίδα)	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	3,4	6,6664	15,80	1767,487
28	Μικρή Πρέσπα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	43,5	4,7453	11,66	1756,104
29	Μόρνου	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	15	5,3194	15,83	1847,234
30	Νυμφών	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	2,4	7,5020	16,21	1786,287
31	Οζερός	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	9,4	5,3201	17,91	1817,445
32	Ορεσιάδα (Καστοριάς)	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	28	4,8502	11,91	1757,055
33	Ορυχείων (14 λίμνες)	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	1	6,4046	17,50	1851,99
34	Παμβώτιδα	Φυσική	Ήπειρος	24	4,7366	14,40	1745,507
35	Παραλίμνη	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	15	6,3541	17,15	1875,079
36	Πετρών	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	10	6,3541	12,24	1745,373
37	Πηνειού	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	19,89	5,8223	18,15	1882,497
38	Πικρολίμνη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	3,7	4,9906	15,56	1758,723
39	Πλαστήρα	Τεχνητή	Θεσσαλία	24	5,2003	14,20	1779,077
40	Πλατανόβρυσης	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	3,2	5,0625	11,97	1719,695
41	Πολυφύτου	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	74	4,7774	13,74	1774,097
42	Πουρναρίου	Τεχνητή	Ήπειρος	18,23	5,1136	15,26	1764,46
43	Σαλτίνη	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	2,26	5,4023	18,31	1809,844
44	Σμοκόβου	Τεχνητή	Θεσσαλία	8,5	5,2666	14,50	1791,802
45	Στράτου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	8,4	5,3185	17,26	1813,98
46	Στυμφαλία	Φυσική	Πελοπόννησος	3,5	5,5029	15,36	1889,418
47	Σφηκιά	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	4,3	4,7513	14,37	1767,371
48	Τάκα	Φυσική	Πελοπόννησος	2,6	5,9514	15,54	1909,529
49	Τριχωνίδα	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	97,2	5,4333	16,84	1827,674
50	Υλίκη	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	25	6,2411	17,26	1880,835
51	Χειμαδίτιδα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	10,8	4,8138	12,22	1751,318
52	Χότκοβα	Φυσική	Ήπειρος	1,065	4,9896	17,11	1767,965
53	Χρυσούπολης (7 λίμνες)	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	20	5,5559	15,66	1745,423

Πίνακας Π.1: Τιμές προτογενών μεγεθών ανά λίμνη του υπό εξέταση δείγματος

Α/Α	Λίμνη	Κατηγορία	Γεωγραφικό Διαμέρισμα (νέο)	Νομός	Επιφάνεια (τετρ. χιλιομ.)	Πλωτά				Χερσαία	
						Ετήσιος CF	Nrn-inst	n	T-ave-temp	Ετήσιος CF-land	n-land
1	Αγ. Βαρβάρας	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	Ημαθία	2,6	0,2003	5,33	0,2151	11,29	0,1892	0,2079
2	Αγίου Γεωργίου	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	Γρεβενά	7	0,2032	14,35	0,2170	8,77	0,1926	0,2104
3	Άγρα-Βρυτών-Νησί	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	Πέλλα	6	0,1994	12,3	0,2167	9,09	0,1888	0,2101
4	Αμβρακία	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	14,5	0,2053	29,725	0,2137	13,15	0,1934	0,2058
5	Αρζάνη	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	Κιλκίς	1,4	0,1985	2,87	0,2153	11,09	0,1872	0,2080
6	Αώου	Τεχνητή	Ήπειρος	Ιωάννινα	11,4	0,2009	23,37	0,2171	8,66	0,1905	0,2105
7	Βεγορίτιδα	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	Πέλλα	40	0,1997	82	0,2170	8,76	0,1893	0,2104
8	Βιστωνίδα	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ξάνθη	45	0,2012	92,25	0,2164	9,49	0,1904	0,2092
9	Βόλβη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	Θεσσαλονίκης	68,6	0,2005	140,63	0,2148	11,74	0,1891	0,2073
10	Βουλκαριά	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	9,4	0,2058	19,27	0,2135	13,52	0,1940	0,2054
11	Γρατινής	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ροδόπη	1	0,2023	2,05	0,2175	8,01	0,1914	0,2106
12	Δοϊράνη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία/ΠΓΔΜ	Κιλκίς/ΠΓΔΜ	28	0,1984	57,4	0,2158	10,42	0,1874	0,2087
13	Δύστος	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Εύβοια	4,5	0,2196	9,225	0,2158	10,34	0,2077	0,2080
14	Ευήνου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	3,5	0,2080	7,175	0,2158	10,37	0,1966	0,2086
15	Ζάζαρη	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	2	0,2010	4,1	0,2171	8,63	0,1906	0,2106
16	Θησαυρού	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Δράμας	20	0,1979	41	0,2174	8,24	0,1878	0,2109
17	Ιλαρίωνα	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	Γρεβενά	21,9	0,2035	44,895	0,2160	10,03	0,1925	0,2091
18	Καϊάφα	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Ηλεία	1,68	0,2170	3,444	0,2142	12,50	0,2046	0,2062
19	Κάρα	Τεχνητή	Θεσσαλία	Λαρίσης/Μαγνησίας	37,37	0,2066	76,6085	0,2140	12,87	0,1949	0,2060
20	Καστρακίου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	28	0,2050	57,4	0,2144	12,22	0,1932	0,2068
21	Κερκίνη	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	Σερρών	109,96	0,1991	225,418	0,2154	10,85	0,1880	0,2084
22	Κρεμαστών	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα/Στ. Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία/Ευρυτανία	81	0,2040	166,05	0,2155	10,82	0,1926	0,2082
23	Λάδωνα	Τεχνητή	Πελοπόννησος	Αρκαδία	4	0,2162	8,2	0,2154	10,92	0,2040	0,2080
24	Λισμαχία	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	13	0,2070	26,65	0,2137	13,19	0,1949	0,2057
25	Μαραθώνα	Τεχνητή	Αττική	Αττική	2,45	0,2200	5,0225	0,2155	10,72	0,2077	0,2077
26	Μεγάλη Πρέσπα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία/Αλβανία/ΠΓΔΜ	Φλώρινα/Αλβανία/ΠΓΔΜ	37,6	0,2019	77,08	0,2174	8,21	0,1917	0,2110
27	Μητροκού (Ισμαρίδα)	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ροδόπη	3,4	0,2028	6,97	0,2166	9,34	0,1917	0,2093
28	Μικρή Πρέσπα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	43,5	0,2020	89,175	0,2174	8,25	0,1917	0,2110
29	Μόρου	Τεχνητή	Στερεά Ελλάδα	Φωκίδα	15	0,2106	30,75	0,2149	11,56	0,1988	0,2074
30	Νυμφών	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Έβρος	2,4	0,2060	4,92	0,2172	8,53	0,1950	0,2099
31	Οζερός	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	9,4	0,2058	19,27	0,2135	13,44	0,1938	0,2055
32	Ορεστιάδα (Καστοριάς)	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	Κατοριάς	28	0,2019	57,4	0,2173	8,34	0,1916	0,2109
33	Ορυχείων (14 λίμνες)	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Εύβοια	1	0,2121	2,05	0,2149	11,53	0,2003	0,2071
34	Παμβώτιδα	Φυσική	Ήπειρος	Ιωάννινα	24	0,1990	49,2	0,2155	10,83	0,1881	0,2083
35	Παραλίμνη	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Βοιωτία	15	0,2141	30,75	0,2151	11,33	0,2019	0,2073
36	Πετρών	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	10	0,2025	20,5	0,2187	6,39	0,1923	0,2124
37	Πηγειού	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	Ηλεία	19,89	0,2139	40,7745	0,2138	13,08	0,2015	0,2057
38	Πικρολίμνη	Φυσική	Κεντρική Μακεδονία	Κιλκίς	3,7	0,1992	7,585	0,2149	11,58	0,1877	0,2075
39	Πλαστήρα	Τεχνητή	Θεσσαλία	Καρδίτσα	24	0,2032	49,2	0,2160	10,03	0,1921	0,2090
40	Πλατανόβρυσης	Τεχνητή	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Δράμας	3,2	0,1979	6,56	0,2176	7,99	0,1879	0,2111
41	Πολυφύτου	Τεχνητή	Δυτική Μακεδονία	Κοζάνης	74	0,2025	151,7	0,2159	10,22	0,1915	0,2090
42	Πουρναρίου	Τεχνητή	Ήπειρος	Άρτα	18,23	0,2013	37,3715	0,2152	11,13	0,1902	0,2079
43	Σαλίτη	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	2,26	0,2056	4,633	0,2134	13,68	0,1938	0,2052
44	Σμοκόβου	Τεχνητή	Θεσσαλία	Καρδίτσα	8,5	0,2046	17,425	0,2159	10,25	0,1934	0,2088
45	Στράτου	Τεχνητή	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	8,4	0,2058	17,22	0,2140	12,83	0,1938	0,2061
46	Στυμφαλία	Φυσική	Πελοπόννησος	Κορινθία	3,5	0,2157	7,175	0,2154	10,94	0,2037	0,2080
47	Σφηκιά	Τεχνητή	Κεντρική Μακεδονία	Ημαθία	4,3	0,2013	8,815	0,2155	10,84	0,1902	0,2083
48	Τάκα	Φυσική	Πελοπόννησος	Αρκαδία	2,6	0,2182	5,33	0,2157	10,48	0,2060	0,2083
49	Τριχωνίδα	Φυσική	Δυτική Ελλάδα	Αιτωλοακαρνανία	97,2	0,2078	199,26	0,2144	12,29	0,1959	0,2066
50	Υλική	Φυσική	Στερεά Ελλάδα	Βοιωτία/Ευβοία	25	0,2145	51,25	0,2149	11,61	0,2022	0,2071
51	Χεσμαδίτιδα	Φυσική	Δυτική Μακεδονία	Φλώρινα	10,8	0,2010	22,14	0,2171	8,67	0,1906	0,2105
52	Χότκοβα	Φυσική	Ήπειρος	Θεσπρωτία	1,065	0,2006	2,18325	0,2138	13,07	0,1891	0,2060
53	Χρυσούπολης (7 λίμνες)	Φυσική	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Καβάλας	20	0,1993	41	0,2155	10,80	0,1883	0,2081

Πίνακας Π.2: Τιμές δευτερογενών μεγεθών ανά λίμνη του υπό εξέταση δείγματος

