



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Διαχρονική Συνεισφορά & Προοπτικές των  
Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Σταθμών στο  
Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**Γινο Ε. Κρόι**

**Επιβλέπων:**

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

Αθήνα, Μάρτιος 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Διαχρονική Συνεισφορά & Προοπτικές των  
Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Σταθμών στο  
Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**Γινο Ε. Κρόι**

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 27<sup>η</sup> Μαρτίου 2023

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

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

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

.....  
Δρ. Ιωάννης Κ. Καλδέλλης  
Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Μάρτιος 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.

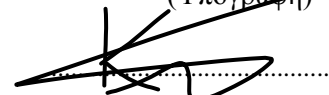
#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ίβο Κρόι του Ερζέν, με αριθμό μητρώου 46146129 φοιτητής 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».

Ο Δηλών

(Υπογραφή)



Ίβο Ε. Κρόι

# Περίληψη

Ανέκαθεν η ενέργεια είχε ένα πολύ σημαντικό ρολό στην ζωή των ανθρώπων, με την παρουσία παραδοσιακών και νεότερων τεχνολογιών να συνδράμουν στην ικανοποίηση των ολοένα και μεγαλύτερων ενεργειακών αναγκών σε πλανητικό επίπεδο.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία εστιάζει το ενδιαφέρον της στην παραγωγή ενέργειας μέσω υδροηλεκτρικών, και πιο συγκεκριμένα στην διεξαγωγή μίας προκαταρκτικής ενεργειακής αξιολόγησης του στόλου των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ελλάδα.

Σε συνέχεια των ανωτέρω, στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στη βάση γενικής περιγραφής, καθώς και στη βάση ειδικότερης αναφοράς στη συμβολή τους σε εθνικό επίπεδο.

Στο δεύτερο μέρος, η ανάλυση προσανατολίζεται στην παρουσίαση του στόλου των μεγάλων υδροηλεκτρικών στην Ελλάδα, καθώς και της εγκατεστημένης ισχύος παρόμοιων σταθμών ευρύτερα στην Ευρώπη.

Τέλος, στο τρίτο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται προκαταρκτική ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ελλάδα, στη βάση ωριαίων δεδομένων λειτουργίας και εκτίμησης του συντελεστή φορτίου για διαφορετικές χρονικές περιόδους, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται συμπερασματικά με την παράθεση των βασικών ευρημάτων.

## Λέξεις Κλειδιά

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, Ελλάδα, Υδροηλεκτρική Ενέργεια.

# Abstract

Energy has always played a vital role in the life of people, with both traditional and newer technologies contributing to the satisfaction of the growing energy needs at the global level.

In this context, the current work emphasized on hydropower and more specifically on a preliminary energy assessment of large hydropower stations in Greece.

To that end, the first part of the work looks into renewable energy sources, providing a general description as well as a more dedicated elaboration of their contribution at the national level.

In the second part, the analysis is oriented towards large hydropower stations in Greece, and a presentation also of their capacity in the rest of Europe.

Finally, in the third part of the work, a preliminary assessment is conducted with regard to the energy performance of large hydropower stations in Greece, on the basis of hourly operational data and the estimation of the relevant capacity factor for different time periods, with the conclusion part providing the main findings of the work.

## Keywords

Renewable Energy Sources, Large Hydropower Stations, Greece, Hydroelectric Energy

# Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της Διπλωματικής μου Εργασίας σηματοδοτεί και το τέλος ενός πολύ όμορφου κύκλου της ζωής μου. Έχοντας εκπληρώσει την στρατιωτική μου θητεία το μοναδικό πράγμα που έμεινε, ήταν να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Νιώθω λοιπόν υποχρεωμένος να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους, οι οποίοι μου έδωσαν τις βάσεις και με βοήθησαν να ολοκληρώσω το συναρπαστικό αυτό το ταξίδι.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή και επιβλέποντα στην εργασία μου, κ. Δημήτριο Ζαφειράκη, καθώς μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ιδιαίτερο και ενδιαφέρον θέμα.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω του φίλους μου που με στηρίζανε κάθολη την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, με τις συμβουλές και με την δύναμη που μου έδωσαν.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, για όλα αυτά που έχει κάνει όχι μόνο κατά την διάρκεια της σχολής αλλά σε όλη μου την ζωή. Τίποτα δεν θα είχα καταφέρει χωρίς την καθοδήγηση και την υπομονή σας.

Σας ευχαριστώ πολύ και σας αγαπάω.

# Περιεχόμενα

<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>12</b>
<b>Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....</b>	<b>14</b>
1.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	15
1.2 Ηλιακή ενέργεια.....	15
1.3 Αιολική Ενέργεια.....	18
1.4 Βιομάζα.....	18
1.5 Γεωθερμία.....	19
1.6 Συνεισφορά ΑΠΕ.....	19
<b>Κεφάλαιο 2: Υδροηλεκτρική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη.....</b>	<b>22</b>
2.1 Υδροηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα.....	22
2.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια στην Ευρώπη.....	26
2.3 Μελλοντικά Έργα στον Ελληνικό Χώρο.....	32
<b>Κεφάλαιο 3: Ανάλυση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Σταθμών. .</b>	<b>33</b>
3.1 Εισαγωγική Ανάλυση.....	33
3.3 Ανάλυση Συντελεστή Φορτίου.....	36
<b>Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα.....</b>	<b>39</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>41</b>
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>43</b>

# Κατάλογος Εικόνων

**Εικόνα 1:** Διαχωρισμός Ηλιακής Ενέργειας ανάλογα με την χρήση της.

**Εικόνα 2:** Συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

**Εικόνα 3:** Ο ρόλος των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στην Ευρώπη

**Εικόνα 4:** Χάρτης με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της Ελλάδας

**Εικόνα 5:** Γεωγραφική κατανομή μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών ανά συγκρότημα

**Εικόνα 6:** Κατανομή χωρών σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ - έτος 2019

**Εικόνα 7:** Κατανομή χωρών σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ - έτος 2022

**Εικόνα 8:** Συμμετοχή υδροηλεκτρικής παραγωγής επί της παραγωγής ΑΠΕ (α) και εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών (β) ανά χώρα



# Κατάλογος Σχημάτων

**Σχήμα 1:** Μίγμα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

**Σχήμα 2:** Μίγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

**Σχήμα 3:** Εξέλιξη υδροηλεκτρικής παραγωγής στην Ελλάδα για το διάστημα 1990-2019

**Σχήμα 4:** Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ευρώπη

**Σχήμα 5:** Ποσοστιαία παραγωγή υδροηλεκτρικών προς το συνολικό φορτίο του δικτύου

**Σχήμα 6:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών

**Σχήμα 7:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών (καλοκαίρι)

**Σχήμα 8:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών (χειμώνας)

**Σχήμα 9:** Υδροηλεκτρικές μονάδες Γκιώνα και Άγρα

**Σχήμα 10:** Υδροηλεκτρικές Μονάδες Ιλαρίωνα και Θησαυρού

**Σχήμα 11:** Συγκεντρωτικό διάγραμμα υδροηλεκτρικών σταθμών

**Σχήμα 12:** Συντελεστής φορτίου υδροηλεκτρικών (καλοκαίρι – χειμώνα)

**Σχήμα 13:** Συγκεντρωτικό διάγραμμα υδροηλεκτρικών σταθμών (έτος, χειμώνας, καλοκαίρι)

**Σχήμα 14:** Υδροηλεκτρική μονάδα Ιλαρίωνα (3ετία)

**Σχήμα Π1:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π2:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)

**Σχήμα Π3:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

**Σχήμα Π4:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π5:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).

**Σχήμα Π6:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας).

**Σχήμα Π7:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π8:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).

**Σχήμα Π9:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας).

**Σχήμα Π10:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π11:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).

**Σχήμα Π12:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

**Σχήμα Π13:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π14:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)

**Σχήμα Π15:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

**Σχήμα Π16:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο

(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π17:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο

(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)

**Σχήμα Π18:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο

(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

**Σχήμα Π19:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020  
(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

**Σχήμα Π20:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020  
(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)

**Σχήμα Π21:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Γκιώνα,  
Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

## Εισαγωγή

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή αλλιώς πράσινη ενέργεια, νέες πηγές ενέργειας ή και ήπιες μορφές ενέργειας, αποτελούν εκείνες τις μορφές ενέργειας που είναι αξιοποιήσιμες και των οποίων η προέλευσή τους πηγάζει από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως η κυκλοφορία του νερού, ο ήλιος, η γεωθερμία, ο άνεμος κ.α. Ειδικότερα, όπως επισημαίνεται και από την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, στην ενέργεια που δημιουργείται από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές συμπεριλαμβάνονται η ενέργεια που παράγεται από τους ωκεανούς, τον ήλιο, τον αέρα, το νερό, τη βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται στους χώρους υγειονομικής ταφής και τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τα βιοαέρια, καθώς και η ενέργεια που παράγεται από τα έγκατα της γης (γεωθερμία).

Για τις συγκεκριμένες πηγές ενέργειας χρησιμοποιείται ο όρος «ήπιες» για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι το γεγονός ότι η εκμετάλλευσή τους δεν συνάδει με κάποια μορφή ανθρώπινης παρέμβασης, όπως είναι η διαδικασία της καύσης, της άντλησης και της εξόρυξης, διαδικασίες που ακολουθούνταν για τις μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενες ενεργειακές πηγές. Σε αντίθεση, η εκμετάλλευσή τους στηρίζεται στη φυσική ροή της ενέργειας. Δεύτερη παράμετρος που καθιστά τις πηγές αυτές ήπιες, είναι το γεγονός ότι αποτελούν μια μορφή καθαρής ενέργειας, η οποία είναι φιλική για το περιβάλλον και δεν αποδεδμεύει τοξικά ή ραδιενεργά απόβλητα, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογονάνθρακες, όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες ευρείας χρήσης ενεργειακές πηγές. Επομένως, είναι κοινή ομολογία ότι αποτελούν την αφετηρία για να μπορέσουν να λυθούν τα μεγαλύτερα οικολογικά ζητήματα με τα οποία έρχεται αντιμέτωπος ο πλανήτης μας.

Ως ανανεώσιμες πηγές χαρακτηρίζονται όλες εκείνες οι εναλλακτικές ως προς τις παραδοσιακές μεθόδους (π.χ. άνθρακας ή πετρέλαιο) ενεργειακές πηγές, όπως είναι για παράδειγμα η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον, ο όρος «ανανεώσιμες» σε μερικές των περιπτώσεων έχει καταχρηστικό χαρακτήρα, καθώς υπάρχουν ορισμένες εξ αυτών, οι οποίες ανανεώνονται με πολύ αργό ρυθμό. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της γεωθερμίας. Από την άλλη πλευρά, οι ΑΠΕ αποτελούν την καλύτερα μελετημένη λύση για την επίλυση των προβλημάτων που ανακύπτουν από την επικείμενη εξάντληση των

αποθεμάτων σε ορυκτά καύσιμα, καθώς τα τελευταία δεν ανανεώνονται σε χρονικό ορίζοντα συγκρίσιμο με το προσδόκιμο ζωής του ανθρώπου ή την παρουσία συνολικά του ανθρώπου στη γη. Με γνώμονα αυτό, τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση για το σύνολο των κρατών μελών της, όσο και από κάθε κράτος ξεχωριστά, λαμβάνονται πολιτικές αποφάσεις που συμβάλλουν στην υιοθέτηση αυτών των νέων πηγών ενέργειας. Τέλος, οι ΑΠΕ βάζουν τα θεμέλια για τη διαμόρφωση εκείνων των μοντέλων οικονομικής ανάπτυξης που στηρίζονται στην πράσινη οικονομία και αποτελούν το επίκεντρο στο οποίο εστιάζουν οι σχολές που ασχολούνται με την οικολογική οικονομία και τα οικολογικά κινήματα [1,2,3].

## Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας είναι ένα μεγάλο θέμα της κοινωνίας μας που χρειάζεται ιδιαίτερη αντιμετώπιση, υπευθυνότητα και προσοχή καθώς οι προεκτάσεις που έχει είναι οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές. Το πλέον εξελιγμένο μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο έχει ως βάση την κατανάλωση τεράστιας ποσότητας ενέργειας που πηγάζει από συμβατικές πηγές ενέργειας ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο και τα παράγωγά του, οι στερεοί άνθρακες, το φυσικό αέριο και τα πυρηνικά. Οι ορυκτοί πόροι που αναφέραμε είναι συγκεντρωμένες πηγές ενέργειας και μας προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως η εύκολη διαθεσιμότητα, η ευκολία χρήσης και το χαμηλό κόστος εξόρυξης [4].

Η κατανάλωση αυτών των πόρων έφτασε κοντά στο 80% της παγκόσμιας κατανάλωσης για την παραγωγή ενέργειας κατά την δεκαετία του '90, με αποτέλεσμα η ρύπανση να έχει επιβαρύνει το περιβάλλον επί δεκαετίες υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα ζωής στον πλανήτη. Σημαντικές επιπτώσεις από την εξόρυξη και την κατανάλωση των πόρων αυτών είναι οι ακόλουθες [4]:

- α) η παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη.
- β) το φαινόμενο του θερμοκηπίου και
- γ) η όξινη βροχή.

Η φύση όμως, όπως προαναφέρθηκε, διαθέτει και άλλα είδη πηγών ενέργειας οι οποίες αποκαλούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή εναλλακτικά ήπιες μορφές ενέργειας. Σε αυτήν την κατηγορία πηγών εντάσσονται η θαλάσσια ενέργεια, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις (υδραυλική ενέργεια), ο άνεμος (αιολική ενέργεια) και ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια) [5]. Οι αναφερόμενες πηγές ενέργειας ονομάζονται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έχουν άμεση σύνδεση με την φύση, με αποτέλεσμα να είναι πρακτικά ανεξάντλητες, ενώ μας δίνουν το πλεονέκτημα ότι η κατανάλωση τους δεν είναι ρυπογόνα προς το περιβάλλον. Αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές, καθίσταται εφικτή η σταδιακή αντικατάσταση των ορυκτών πόρων, με εγκαθίδρυση ενός μοντέλου «πράσινης οικονομίας και ενέργειας» [5].

Η στροφή αυτή στις ΑΠΕ αρχικά αντιμετώπισε τις προκλήσεις του σημαντικά υψηλού κόστους και της εγγενούς μεταβλητότητας στην παραγωγή. Σταδιακά όμως, οι πιο ώριμες από τις εν λόγω τεχνολογίες έγιναν ανταγωνιστικές έναντι των ορυκτών καυσίμων [6].

### **1.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα**

Ακολουθεί σύντομη καταγραφή των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των ΑΠΕ, με έμφαση στην τεχνολογία των υδροηλεκτρικών η οποία θα αποτελέσει και το βασικό αντικείμενο έρευνας της εν λόγω εργασίας.

#### Πλεονεκτήματα ΑΠΕ με έμφαση στα υδροηλεκτρικά

1. Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
2. Ταχεία δυνατότητα ανάληψης φορτίου.
3. Παράλληλες χρήσεις υδάτινων αποθεμάτων (π.χ. άρδευση, ύδρευση).
4. Μεγάλη διάρκεια ζωής.

#### Μειονεκτήματα ΑΠΕ με έμφαση στα υδροηλεκτρικά

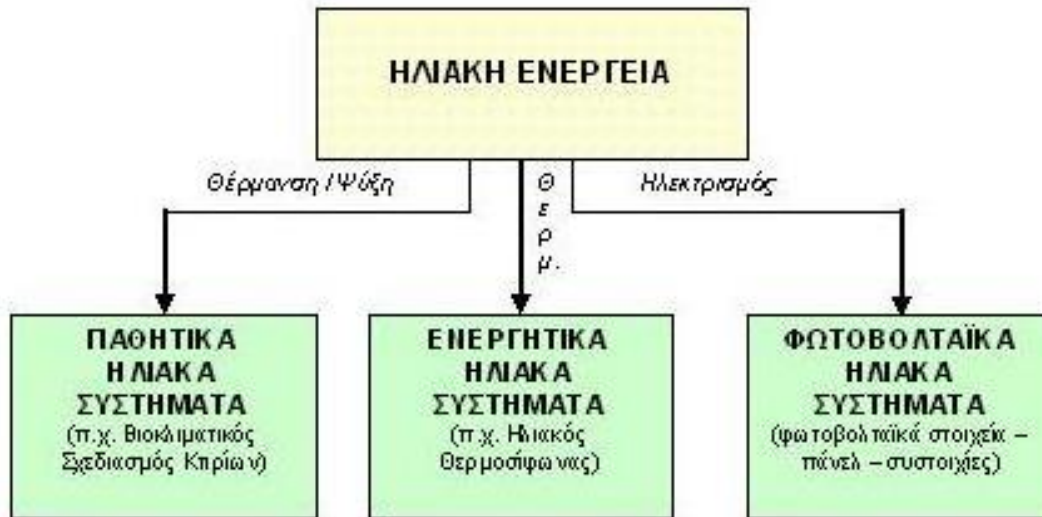
1. Μεταβλητότητα στην παραγωγή με την αλλαγή των εποχών.
2. Ο συχνά χαμηλός συντελεστής χρήσης.
3. Επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου που υπερβαίνει αυτό των συμβατικών μονάδων.
4. Δυσκολία στην εύρεση κατάλληλων περιοχών για την ανάπτυξη παρόμοιων σταθμών.

### **1.2 Ηλιακή ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια είναι από τις σημαντικότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και θεωρείται σαν η βάση για τις υπόλοιπες μορφές πράσινης ενέργειας. Οι κυρίες τεχνολογίες της ηλιακής ενέργειας διαχωρίζονται σε ενεργητικές και παθητικές, με πληθώρα χρήσεων, όπως αυτές απεικονίζονται στην **Εικόνα 1**:

Ειδικότερα, ενεργητικά χαρακτηρίζονται εκείνα τα συστήματα τα οποία δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια, την μετατρέπουν σε θερμότητα και την μεταφέρουν στον αέρα, στο νερό ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία αυτή θεωρείται απλή και χρησιμεύει συνήθως για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ένα τυπικό σύστημα για την παραγωγή ζεστού νερού

περιλαμβάνει τους επίπεδους συλλέκτες της ηλιακής ενέργειας, το δοχείο στο οποίο αποθηκεύεται η ακτινοβολία και τις σωληνώσεις. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα έχουν κυρίως τις ακόλουθες χρήσεις:



Εικόνα 1: Διαχωρισμός Ηλιακής Ενέργειας ανάλογα με την χρήση της.

#### α) Παραγωγή ζεστού νερού

Η παραγωγή ζεστού νερού αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές χρήσεις της ηλιακής ενέργειας, με χαμηλό κόστος και ευρεία εφαρμογή.

#### β) Θέρμανση χώρου

Για να χαρακτηριστεί ωφέλιμη μια τέτοια εφαρμογή, κρίσιμο είναι να γίνουν όλες εκείνες οι ενέργειες που απαιτούνται και να ληφθούν τα αναγκαία μέτρα στα κτήρια με γνώμονα τη βελτίωση της αποδοτικότητας, όπως για παράδειγμα να μονωθεί σωστά ο χώρος και να αξιοποιηθούν παθητικά ηλιακά συστήματα.

#### γ) Κλιματισμός

Η χρήση ηλιακής ενέργειας για τον κλιματισμό χώρων αποτελεί ιδιαίτερα ωφέλιμη πρακτική, κυρίως λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας σε περιόδους που χρειάζεται η ψύξη.



#### δ) Θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών

Σημαντικό προνόμιο των ηλιακών συστημάτων για πολλές ευρωπαϊκές χώρες αποτελεί η θέρμανση των κολυμβητικών δεξαμενών, καθώς επικρατούν και ευνοϊκές συνθήκες, όπως οι χαμηλές θερμοκρασίες των συλλεκτικών επιφανειών. Στο παρελθόν, η θέρμανση γινόταν κυρίως με την καύση πετρελαίου.

#### ε) Ηλεκτροπαραγωγή

Στα περισσότερα βιομηχανικά έργα, για την παραγωγή ενέργειας και ζεστού νερού στις βιομηχανίες χρησιμοποιείται πετρέλαιο Diesel ή μαζούτ, οπότε τα οφέλη από τη χρήση της ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκής παραγωγής είναι πολλά, τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά.

#### στ) Γεωργικές χρήσεις

Σε ορισμένους γεωργικούς τομείς καταναλώνονται σημαντικά ποσά ενέργειας, οπότε και παρέχονται πολλές δυνατότητες με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, ιδίως σε εφαρμογές που απαιτούν θερμότητα κατά τους θερινούς μήνες όπως στα θερμοκήπια και στην ξήρανση προϊόντων [4,7].

Αναφορικά με τα παθητικά συστήματα, ένας τρόπος χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας για το φωτισμό, τη θέρμανση ή την ψύξη των κτηρίων είναι με βάση την βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Ο βιοκλιματισμός αποτελεί κλάδο της αρχιτεκτονικής που στόχο έχει τον εκσυγχρονισμό των κτηρίων με δομικά στοιχεία που είναι εναρμονισμένα και φιλικά προς το περιβάλλον. Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες παθητικών συστημάτων όπως του άμεσου κέρδους, της θερμικής μάζας, του θερμοκηπίου και του ηλιακού φωτισμού. Στο σύστημα του άμεσου κέρδους η ενέργεια απορροφάται από το δάπεδο και μετατρέπεται στη συνέχεια σε θερμότητα που διαχέεται στο χώρο. Στη θερμική μάζα, η μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο απαιτεί ένα χρονικό διάστημα, καθώς αυτή γίνεται μέσω ενός γυάλινου καλύμματος, που τοποθετείται νότια. Τα θερμοκήπια είναι ενσωματωμένα στο κτήριο, απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και παρέχουν θερμότητα στο χώρο. Το σύστημα ηλιακού φωτισμού τοποθετείται κυρίως σε μεγάλα κτίρια με αντίστοιχα μεγάλες ανάγκες φωτισμού, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο

στην αξιοποίηση του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο κτήριο και στη μείωση χρήσης τεχνητού φωτισμού. Επομένως, με βάση τα συστήματα που αναλύθηκαν, το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί το βασικό τρόπο λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων, καθώς αυτά αναφέρονται στη συλλογή και τον «εγκλωβισμό» της ηλιακής ενέργειας με μορφή θερμότητας σε ένα χώρο. Συνολικά, ένα κτήριο για να θεωρηθεί κατάλληλα σχεδιασμένο με δομές βιοκλιματισμού, θα πρέπει να δέχεται αρκετή ακτινοβολία το χειμώνα και ελάχιστη το καλοκαίρι [4].

### **1.3 Αιολική Ενέργεια**

Η αιολική ενέργεια είναι επίσης ανανεώσιμη και παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα έχει μικρό αντίκτυπο προς το περιβάλλον και αποτελεί μια πολύ ενδιαφέρουσα λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Επίσης, διαθέτει ρίζες στην αρχαιότητα με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ιστοφόρα και τους ανεμόμυλους. Στις μέρες μας, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση των ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να καλυφθούν πλήρως, είτε για να συμπληρωθούν οι ενεργειακές ανάγκες που έχουμε. Μάλιστα, το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες μπορεί να καταναλωθεί είτε επί τόπου, είτε διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Όταν η ενέργεια που παράγεται υπερβαίνει αυτή των ζητούμενων αναγκών, συχνά δύναται να αποθηκευτεί ώστε να μπορέσουμε να την χρησιμοποιήσουμε αργότερα στις περιπτώσεις που η παραγωγή της είναι μικρότερη από την ζήτηση. Η αποθήκευση της γενικά επιτυγχάνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους και εξαρτάται από το μέγεθος της ενέργειας που παράγεται. Η πιο γνωστή μέθοδος αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) και χρησιμοποιείται για μονάδες μικρής κλίμακας που δεν είναι διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο. Άλλη, μεγαλύτερης κλίμακας μέθοδος, είναι η αντλησιοταμίευση η οποία συνδέεται με εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας [8].

### **1.4 Βιομάζα**

Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τον ήλιο και μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης τα φυτά την μετατρέπουν σε βιομάζα. Όταν θα χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο έχει είτε στερεή, είτε υγρή, είτε αέρια μορφή και αποκαλείται βιοκαύσιμο. Επίσης, είναι η πιο παλιά

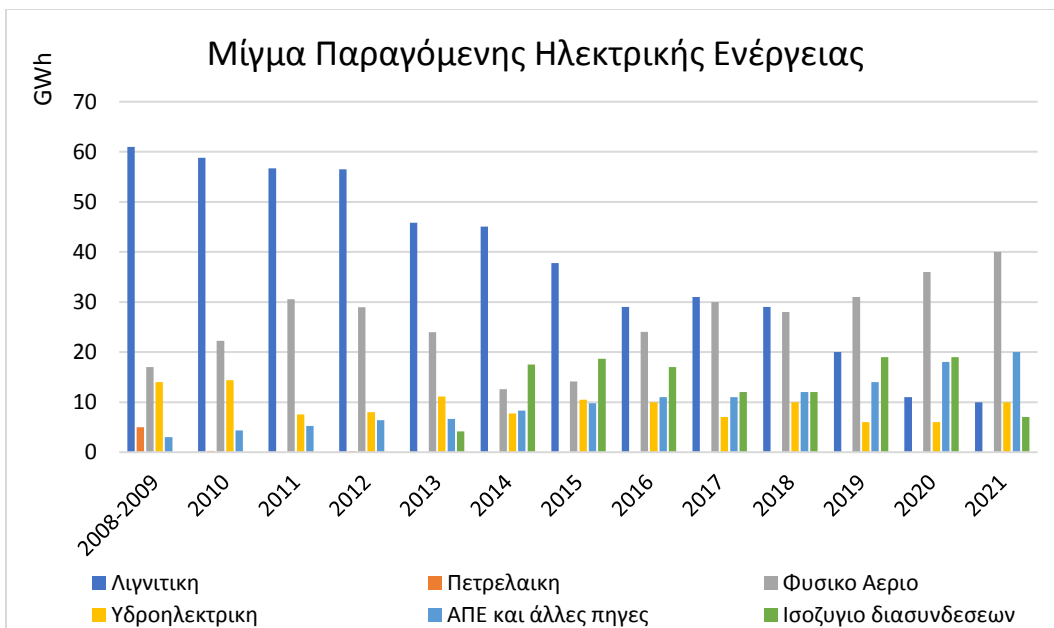
μέθοδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, καθώς ακόμα και οι προγονοί μας για να ζεσταθούν και να μαγειρέψουν χρησιμοποιούσαν θερμότητα μέσω της καύσης των ξύλων.

## **1.5 Γεωθερμία**

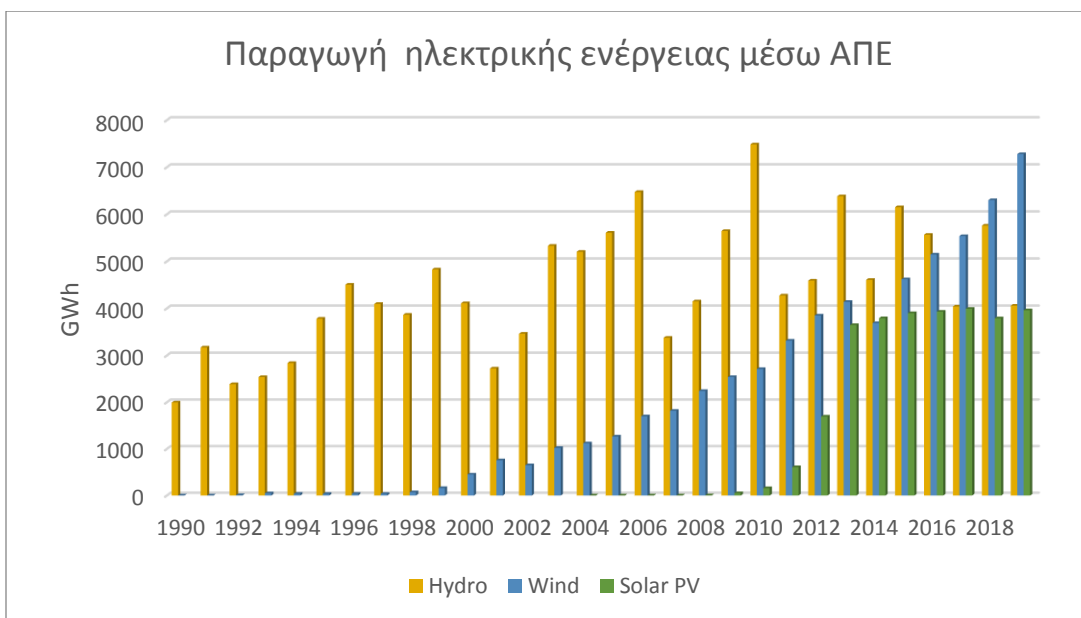
Είναι η θερμική ενέργεια που διαρρέει το εσωτερικό της γης. Μια από τις δυνατότητες της είναι ότι μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή είτε θερμικής, είτε ηλεκτρικής ενέργειας με την βοήθεια των τεχνολογικών δυνατοτήτων που διαθέτουμε [4,9].

## **1.6 Συνεισφορά ΑΠΕ**

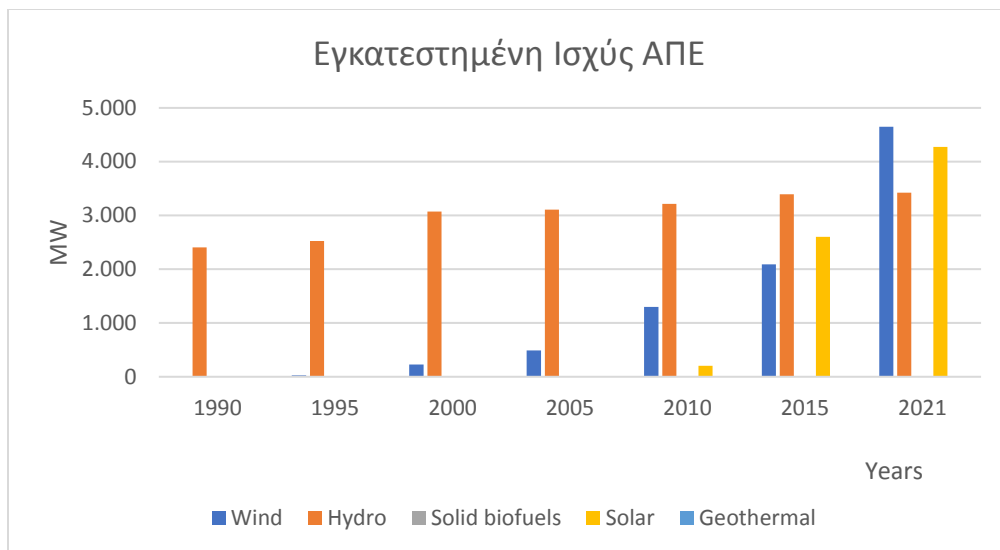
Σε συνέχεια των ανωτέρω, παρουσιάζεται ακολούθως η εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας. Παρατηρούμε από το **Σχήμα 1** την καθοδική πορεία του λιγνίτη και την ανοδική πορεία που είχαν οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια χαρακτηρίζεται από σταθερή συνεισφορά με το πέρασμα των χρόνων. Η εν λόγω συμπεριφορά επιβεβαιώνεται και από το **Σχήμα 2**, στο οποίο εστιάζουμε στις βασικές ΑΠΕ, καθώς και από το **Σχήμα 3**, στο οποίο παρατίθεται η διαχρονική εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος στη χώρα μας για μεγάλα υδροηλεκτρικά, ηλιακά και αιολικά. Τέλος, και στο πλαίσιο σύγκρισης με την Ευρώπη, παρατίθενται οι **Εικόνες 1 και 2** [10,11].



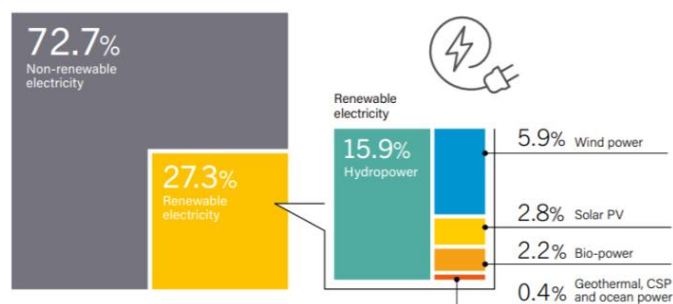
**Σχήμα 1:** Μίγμα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα



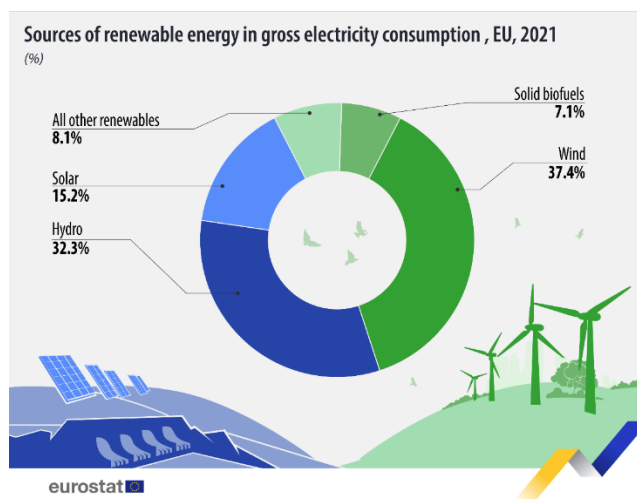
**Σχήμα 2:** Μίγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ



**Σχήμα 3:** Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα



**Εικόνα 2:** Συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



**Εικόνα 3:** Ο ρόλος των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στην Ευρώπη

## Κεφάλαιο 2: Υδροηλεκτρική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη

### 2.1 Υδροηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα

Η γεωμορφολογία της Ελλάδας, σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφό της, κύριο χαρακτηριστικό ολόκληρης της επικράτειας, καθιστούν την υδροηλεκτρική ενέργεια μια από τις πιο προσιτές σε σχέση με τη δυνατότητα εκμετάλλευσης μορφές πράσινης ενέργειας, με το θεωρητικό δυναμικό της να αγγίζει τις 80TWh. Το αξιοποιούμενο δυναμικό είναι σαφώς μικρότερο και βασίζεται στην λειτουργία τόσο μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών (**Εικόνα 3**) όσο και αρκετών μικρότερων, οι οποίοι είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον [11].



Εικόνα 4: Χάρτης με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της Ελλάδας

Ειδικότερα, και όπως γίνεται σαφές από το ακόλουθο διάγραμμα (**Σχήμα 4**) οι τιμές της ετησίως παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις, οι οποίες κυρίως σχετίζονται με το ετησίως διαθέσιμο δυναμικό και την αντίστοιχη μεταβολή ανά υδρολογικό έτος – από ~2TWh έως και 7.5TWh [12,13].



**Σχήμα 3:** Εξέλιξη υδροηλεκτρικής παραγωγής στην Ελλάδα για το διάστημα 1990-2019

Στη συνέχεια, στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της χώρας (**Πίνακας 1**). Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι οι εν λόγω μονάδες είναι κατασκευασμένες πριν το 2000, αλλά και ότι οι περισσότερες εξ αυτών βρίσκονται στο βορειοδυτικό κομμάτι της χώρας μας, αξιοποιώντας το μεγαλύτερο διαθέσιμο δυναμικό, το τοπικό ανάγλυφο αλλά και την μικρότερη πληθυσμιακή κάλυψη που χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή [14,15].

**Πίνακας 1:** Μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί

<i>Σταθμός</i>	<i>Τοποθεσία</i>	<i>Έτος Εγκ/σης</i>	<i>Εγκ/νη Ισχύς (MW)</i>
<i>ΚΑΣΤΡΑΚΙ</i>	Δυτική Στερεά Ελλάδα	1969	320
<i>ΑΣΩΜΑΤΑ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1985	108
<i>ΑΓΡΑΣ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1978	50
<i>ΑΩΟΣ</i>	Ήπειρος	1990/1	210
<i>ΕΛΕΣΣΑΙΟΣ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1970	19
<i>ΘΗΣΑΥΡΟΣ</i>	Ανατολική Μακεδονία	1998	384
<i>ΙΛΑΡΙΩΝ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1991	153
<i>ΚΡΕΜΑΣΤΑ</i>	Δυτική Στερεά Ελλάδα	1967	437.2
<i>ΛΑΔΩΝΑΣ</i>	Κεντρική Πελοπόννησος	1955	70
<i>ΛΟΥΡΟΣ</i>	Ήπειρος	1954	10.3
<i>ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1992	10.8
<i>ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ</i>	Θεσσαλία	1962	129.9
<i>ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ</i>	Ανατολική Μακεδονία	1999	116
<i>ΠΟΛΥΦΥΤΟ</i>	Δυτική Μακεδονία	1974/75	375
<i>ΠΟΥΡΝΑΡΙ 1</i>	Ήπειρος	1981	300
<i>ΠΟΥΡΝΑΡΙ 2</i>	Ήπειρος	1981	33.6
<i>ΣΤΡΑΤΟΣ 1</i>	Δυτική Στερεά Ελλάδα	1989	150
<i>ΣΦΗΚΙΑ</i>	Κεντρική Μακεδονία	1985/86	315



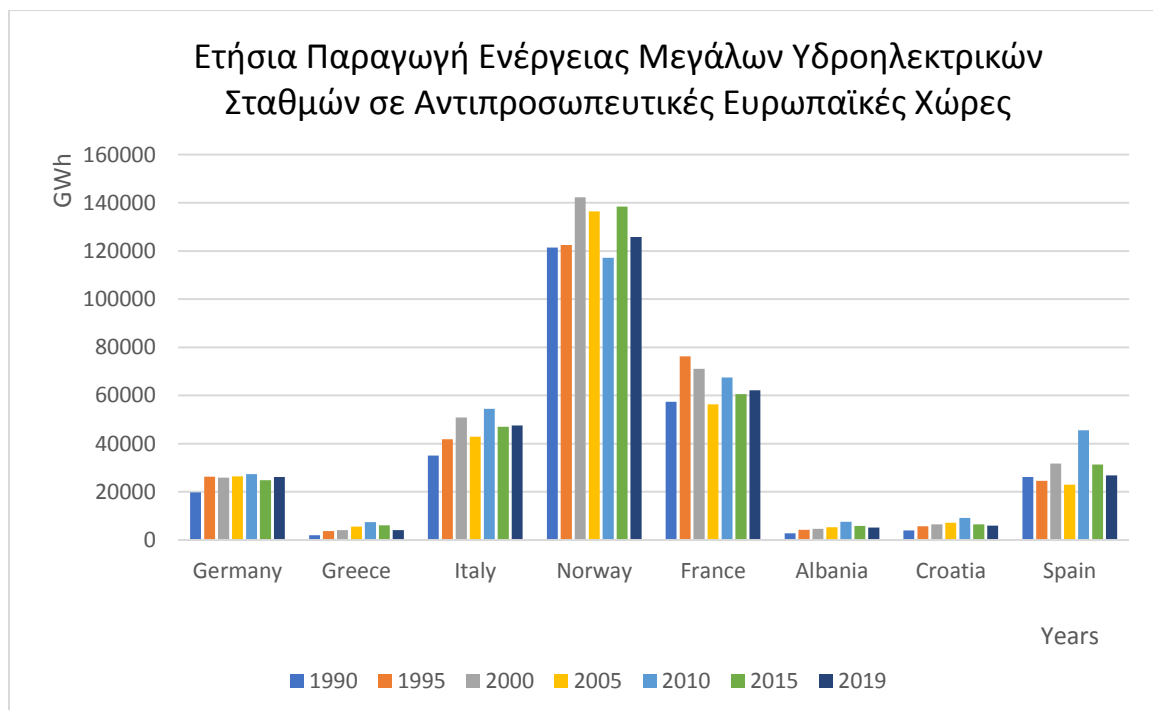


Εικόνα 5: Γεωγραφική κατανομή μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών ανά συγκρότημα

## 2.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια στην Ευρώπη

Εκτός από την Ελλάδα, η συνεισφορά των μεγάλων υδροηλεκτρικών είναι εξαιρετικής σημασίας και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ενδεικτικά, και στο ακόλουθο διάγραμμα του **Σχήματος 5**, παρατίθενται στιγμιότυπα ετήσιας ενεργειακής παραγωγής ανά πενταετία, για διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες. Μεταξύ αυτών, ξεχωρίζει η Νορβηγία, η οποία καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες της σχεδόν στο σύνολό τους μέσω των υδροηλεκτρικών. Την ίδια στιγμή, οι χώρες της Βαλκανικής παρουσιάζουν παρόμοια μεγέθη με τα αντίστοιχα της Ελλάδας, ενώ Ιταλία και Ισπανία επίσης εμφανίζουν σημαντικό βαθμό αξιοποίησης, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της Γερμανίας [16].

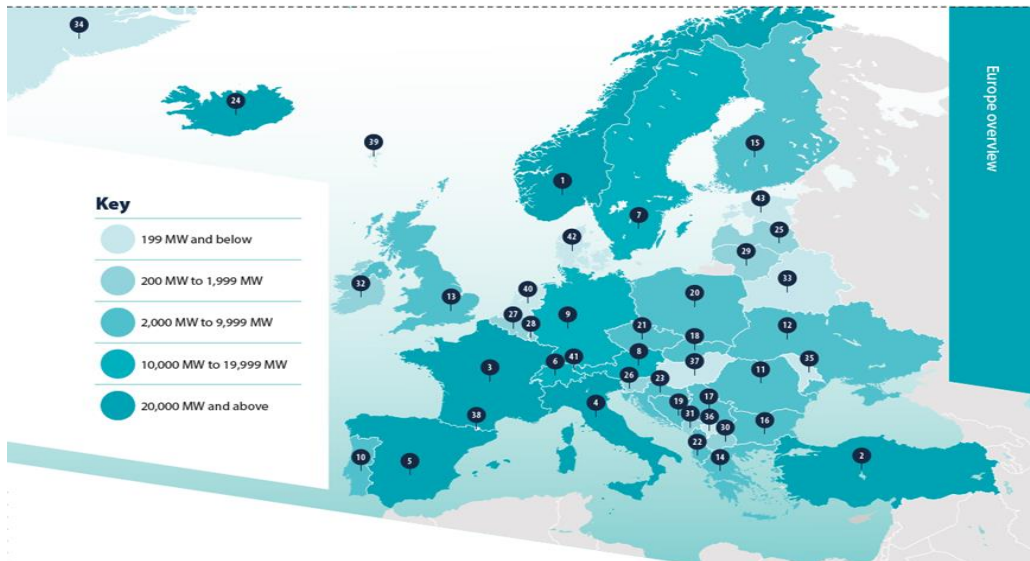
Επιπρόσθετα, αναλυτικότερα δεδομένα και για μεγαλύτερο πλήθος χωρών δίνονται στον **Πίνακα 2** που ακολουθεί, ενώ στους ακόλουθους δύο πίνακες (**Πίνακες 3 και 4**) και σχήματα (**Εικόνα 5 και 6**) παρατίθενται στοιχεία αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ των μεγάλων υδροηλεκτρικών για τα έτη 2019 και 2022 αντίστοιχα [17,18].



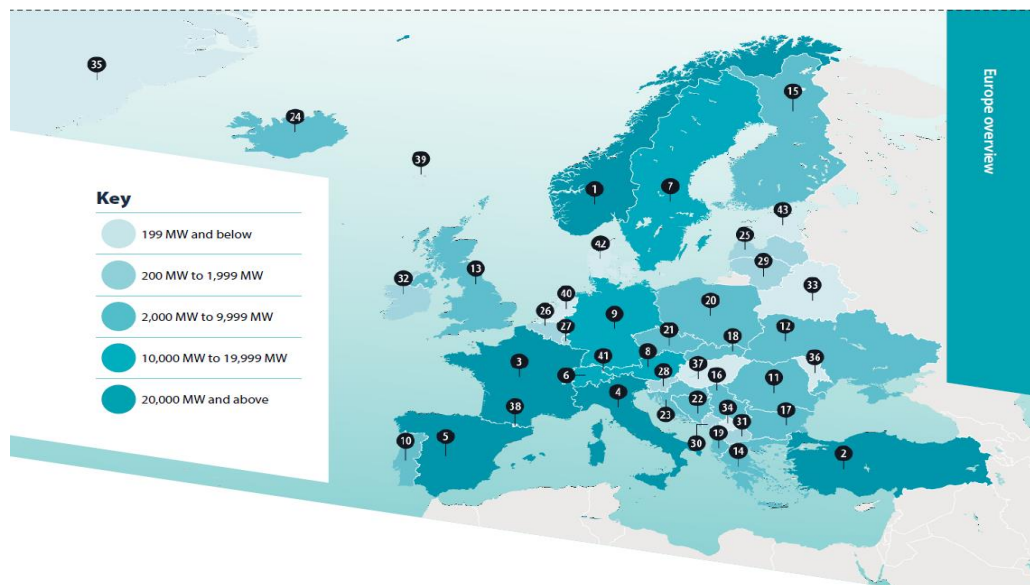
**Σχήμα 4:** Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ευρώπη

**Πίνακας 2:** Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών βάσει υδροηλεκτρικής παραγωγής ανά 5 έτη (GWh)

A/A	Χώρα	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
1	Ρωσία	165917	176412	165375	174604	168397	169914	196169
2	Νορβηγία	121382	122487	142289	136452	117152	138450	125796
3	Σουηδία	73033	68160	78619	72874	66501	75439	65139
4	Γαλλία	57418	76192	71133	56332	67526	60513	62137
5	Ιταλία	35079	41907	50900	42927	54407	46969	47499
6	Αυστρία	32507	38114	43219	39438	41558	40592	44223
7	Ελβετία	30982	35953	38230	33087	37825	39881	40962
8	Ισπανία	26184	24569	31807	23025	45511	31368	26810
9	Τουρκία	23148	35541	30879	39561	51796	67146	88886
10	Γερμανία	19791	26250	25962	26417	27353	24898	26201
11	Ρουμανία	11411	16693	14778	20207	20243	17007	15811
12	Φινλανδία	10859	12925	14660	13784	12922	16769	12439
13	Ουκρανία	10723	10150	11450	12505	13152	6971	7765
14	Πορτογαλία	9303	8454	11715	5118	16547	9800	10165
15	Σερβία	8282	10660	10337	12032	12571	10783	10172
16	Ην. Βασίλειο	7189	6390	7780	7852	6741	9037	7715
17	Λετονία	4496	2937	2819	3326	3521	1860	2108
18	Ισλανδία	4204	4682	6356	7019	12592	13781	13459
19	Κροατία	3928	5683	6471	7141	9232	6556	5932
20	Πολωνία	3313	3851	4116	3778	3488	2435	2664
21	Βοσνία	3058	3643	5094	5998	8026	5551	6081
22	Σλοβενία	2950	3252	3834	3461	4703	4091	4682
23	Αλβανία	2848	4204	4594	5373	7567	5895	5206
24	Ελλάδα	1997	3782	4111	5610	7485	6150	4059
25	Βουλγαρία	1878	2314	2951	4730	5693	6147	3383
26	Τσεχία	1449	2274	2313	3027	3380	3071	3175
27	Ιρλανδία	983	968	1151	975	776	1095	1132
28	Βέλγιο	897	1230	1699	1604	1668	1418	1177
29	Λιθουανία	414	752	644	820	1295	1024	948
30	Ουγγαρία	178	163	178	202	188	234	219
31	Λευκορωσία	20	20	27	36	45	107	348
32	Κόσοβο			52	112	156	140	210



Εικόνα 6: Κατανομή χωρών σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ - έτος 2019



Εικόνα 7: Κατανομή χωρών σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ - έτος 2022

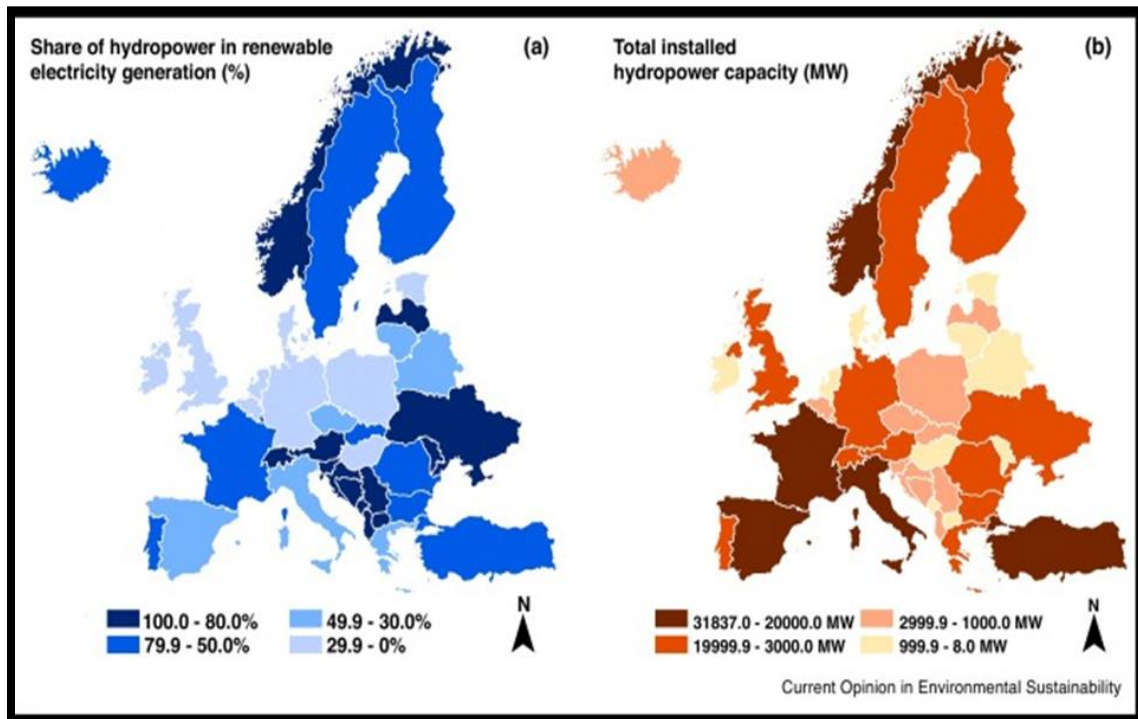
**Πίνακας 3:** Κατάταξη χωρών βάσει της υφιστάμενης υδροηλεκτρικής ισχύος - 2019 (MW)

<i>A/A</i>	<i>Χώρα</i>	<i>MW</i>	<i>A/A</i>	<i>Χώρα</i>	<i>MW</i>
1	Νορβηγία	32,671	23	Κροατία	2,141
2	Τουρκία	28,503	24	Ισλανδία	2,086
3	Γαλλία	25,557	25	Λετονία	1,576
4	Ιταλία	22,593	26	Σλοβενία	1,524
5	Ισπανία	20,414	27	Βέλγιο	1,427
6	Ελβετία	16,863	28	Λουξεμβούργο	1,330
7	Σουηδία	16,478	29	Λιθουανία	1,016
8	Αυστρία	14,545	30	Σκόπια	674
9	Γερμανία	11,022	31	Μαυροβούνιο	658
10	Πορτογαλία	7,193	32	Ιρλανδία	529
11	Ρουμανία	6,313	33	Λευκορωσία	97
12	Ουκρανία	6,229	34	Γροιλανδία	91
13	Ην. Βασίλειο	4,712	35	Μολδαβία	76
14	Ελλάδα	3,400	36	Κόσοβο	92
15	Φινλανδία	3,257	37	Ουγγαρία	56
16	Βουλγαρία	3,129	38	Ανδόρα	45
17	Σερβία	3,098	39	Νησία Φερόε	39
18	Σλοβακία	2,522	40	Ολλανδία	38
19	Βοσνία	2,513	41	Λίχτενσταϊν	35
20	Πολωνία	2,385	42	Δανία	9
21	Τσεχία	2,268	43	Εσθονία	8
22	Αλβανία	2,193			

**Πίνακας 4:** Κατάταξη χωρών βάσει της υφιστάμενης υδροηλεκτρικής ισχύος - 2022 (MW)

<i>A/A</i>	<i>Χώρα</i>	<i>MW</i>	<i>A/A</i>	<i>Χώρα</i>	<i>MW</i>
1	Νορβηγία	33,391	23	Κροατία	2,155
2	Τουρκία	31,497	24	Ισλανδία	2,086
3	Γαλλία	25,494	25	Λετονία	1,588
4	Ιταλία	22,593	26	Σλοβενία	1,427
5	Ισπανία	20,425	27	Βέλγιο	1,330
6	Ελβετία	16,842	28	Λουξεμβούργο	1,301
7	Σουηδία	16,478	29	Λιθουανία	1,028
8	Αυστρία	14,747	30	Σκόπια	649
9	Γερμανία	10,883	31	Μαυροβούνιο	644
10	Πορτογαλία	7,199	32	Ιρλανδία	508
11	Ρουμανία	6,317	33	Λευκορωσία	97
12	Ουκρανία	6,313	34	Γροιλανδία	92
13	Ην. Βασιλείο	4,713	35	Μολδαβία	91
14	Ελλάδα	3,421	36	Κόσοβο	76
15	Φινλανδία	3,263	37	Ουγγαρία	58
16	Βουλγαρία	3,133	38	Ανδόρα	45
17	Σερβία	3,129	39	Νησία Φερόε	39
18	Σλοβακία	2,522	40	Ολλανδία	38
19	Βοσνία	2,390	41	Λίχτενσταϊν	35
20	Πολωνία	2,385	42	Δανία	7
21	Τσεχία	2,281	43	Εσθονία	4
22	Αλβανία	2,187			

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη ενότητα, παρατίθενται στο επόμενο σχήμα (Εικόνα 7), αφενός το μερίδιο παραγωγής ενέργειας από υδροηλεκτρικά επί της συνολικής παραγωγής ΑΠΕ σε εθνικό επίπεδο, αφετέρου η εγκατεστημένη ισχύς ανά ευρωπαϊκή χώρα [19]. Με τον τρόπο αυτό, προκύπτει η συνεισφορά των υδροηλεκτρικών στη διαφοροποίηση του μίγματος ΑΠΕ καθώς και η σημασία που διαδραματίζει η τεχνολογία σε εθνικό επίπεδο με όρους ισχύος. Στο πλαίσιο αυτό, για την πλειονότητα των ευρωπαϊκών χωρών, η συμμετοχή της υδροηλεκτρικής παραγωγής στην παραγωγή ΑΠΕ ξεπερνά το 30%, ενώ στις βορειότερες περιοχές, η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται ακόμα και στα επίπεδα των 20GW [19].



**Εικόνα 8:** Συμμετοχή υδροηλεκτρικής παραγωγής επί της παραγωγής ΑΠΕ (α) και εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών (β) ανά χώρα

### **2.3 Μελλοντικά Έργα στον Ελληνικό Χώρο.**

Κλείνοντας το δεύτερο κεφάλαιο, πραγματοποιείται αναφορά σε μελλοντικά έργα προς ανάπτυξη στον ελλαδικό χώρο. Μεταξύ αυτών, ιδιαίτερης σημασίας είναι η κατασκευή του συστήματος αντλησιοταμίευσης στην Αμφιλοχία, ισχύος 680MW (παραγωγή) και 730MW (άντληση). Σύμφωνα με το σχεδιασμό, το έργο θα αποτελείται από δυο ξεχωριστούς άνω ταμιευτήρες (με σύνολο χωρητικότητας περίπου 7 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων) και τον κάτω ταμιευτήρα, ο οποίος θα αξιοποιεί την λίμνη Καστρακίου. Η αντίστοιχη επένδυση ανέρχεται σε 480 εκατομμύρια με εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας της τάξης των 800GWh. Επιπρόσθετα, και με βάση προγενέστερες μελέτες, υπάρχει επίσης η δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησης των υφιστάμενων υδροηλεκτρικών σταθμών με μετατροπή τους σε αντλησιοταμιευτικούς σταθμούς υπό λελογισμένο κόστος, και με παραγωγή οφελών, ειδικά ως προς την υποστήριξη της μεγαλύτερης διείσδυσης τα προσεχή έτη [20].



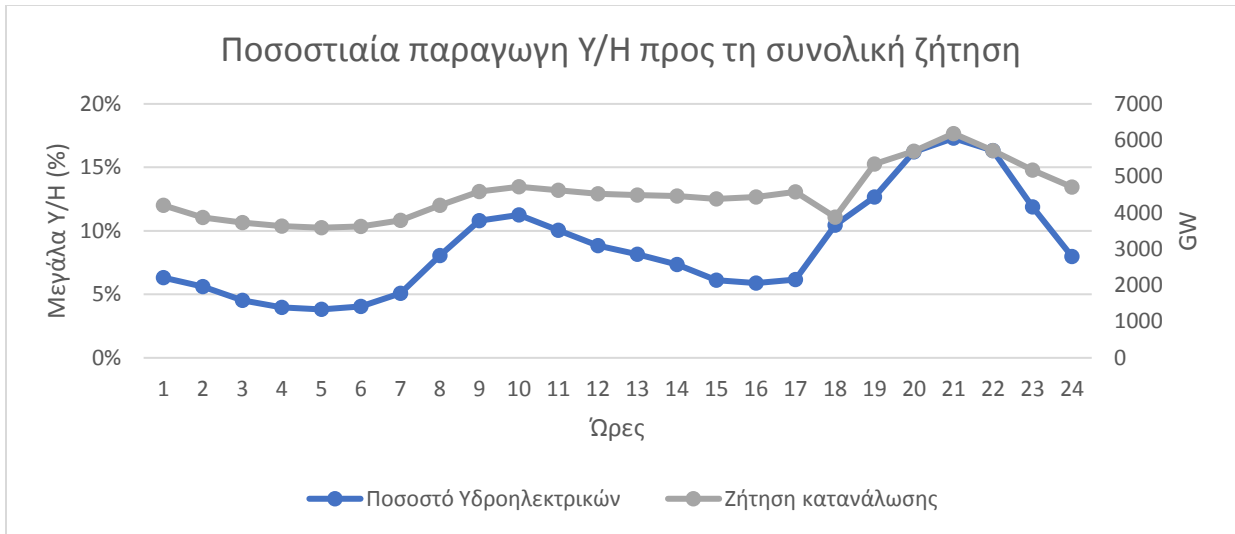
## Κεφάλαιο 3: Ανάλυση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Για την προκαταρκτική αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στη χώρα μας, ακολουθήθηκαν τα εξής μεθοδολογικά βήματα:

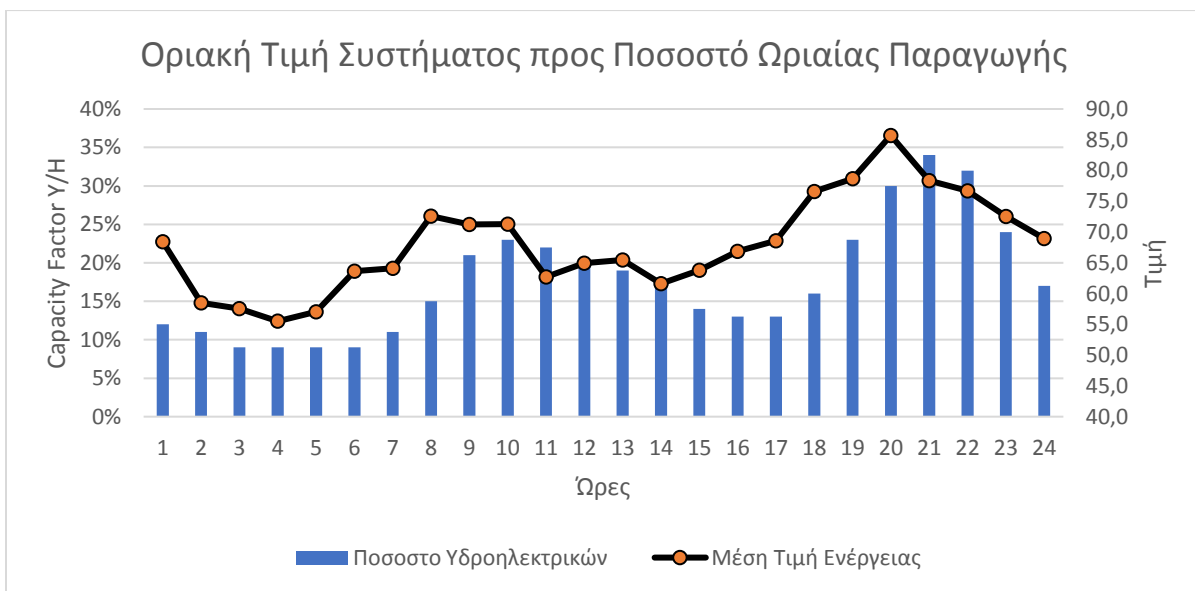
- Πρόσβαση σε ωριαία δεδομένα λειτουργίας του ΕΔΣ, σε επίπεδο μονάδας, μέσω του EnEx.
- Επεξεργασία δεδομένων για τριετές διάστημα και για την περίοδο 2018-2020.
- Εκτίμηση συντελεστή φορτίου για διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε επίπεδο μονάδας.
- Συσχέτιση παράλληλα με άλλα μεγέθη ενδιαφέροντος για τη λειτουργία του ΕΔΣ.

### 3.1 Εισαγωγική Ανάλυση

Εισαγωγικά, παρουσιάζεται η συσχέτιση της λειτουργίας των μεγάλων υδροηλεκτρικών με λοιπά χαρακτηριστικά μεγέθη όπως η ζήτηση φορτίου του ΕΔΣ και η οριακή τιμή του συστήματος (**Σχήματα 5-8**). Η σύγκριση διενεργείται σε ωριαία βάση και για το μέσο 24ωρο της τριετούς περιόδου υπό εξέταση, καταδεικνύοντας την αξιοποίηση των υφιστάμενων σταθμών για την επίτευξη πιο ομαλής και αποδοτικής λειτουργίας του συστήματος συνολικά. Ειδικότερα, παρατηρούμε, πως τα μεγάλα υδροηλεκτρικά παράγουν κατά μέσο όρο περί το ~10% του γενικού συνόλου που υποδέχεται το δίκτυο ως φορτίο. Στο πλαίσιο αυτό, εντοπίζουμε τη μικρότερη συνεισφορά κατά τις πρωινές ώρες, και την μεγαλύτερη τις πρώτες βραδινές, οπότε και εμφανίζονται οι ώρες αιχμής του δικτύου. Προκύπτει με τον τρόπο αυτό πως με βάση τη δυνατότητα της ρυθμιζόμενης παραγωγής, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά ακολουθούν την καμπύλη της κατανάλωσης, λειτουργώντας κατά κύριο λόγο ως μονάδες αιχμιακού χαρακτήρα. Αντίστοιχα είναι τα συμπεράσματα που εξάγονται από τη σύγκριση του ωριαίου συντελεστή φορτίου των υδροηλεκτρικών με την οριακή τιμή του συστήματος, με την αυξημένη χρήση των υδροηλεκτρικών να εντοπίζεται τις ώρες αιχμής, έχοντας ως στόχο τον περιορισμό της αύξησης των τιμών λόγω της συμμετοχής ακριβότερων μονάδων (π.χ. αεριοστρόβιλοι φυσικού αερίου).



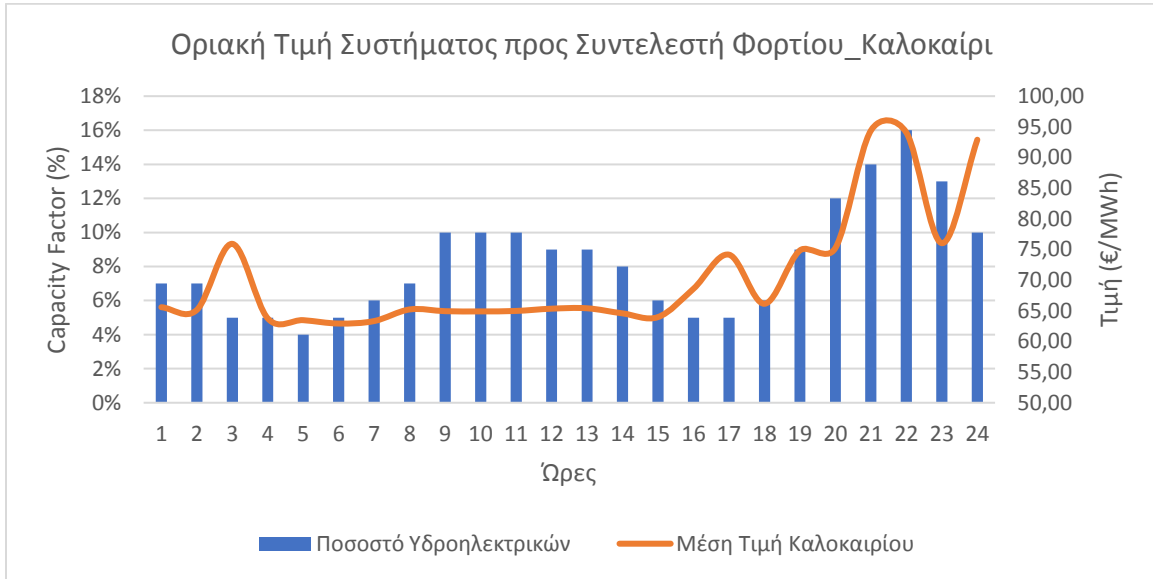
**Σχήμα 5:** Ποσοστιαία παραγωγή υδροηλεκτρικών προς το συνολικό φορτίο του δικτύου



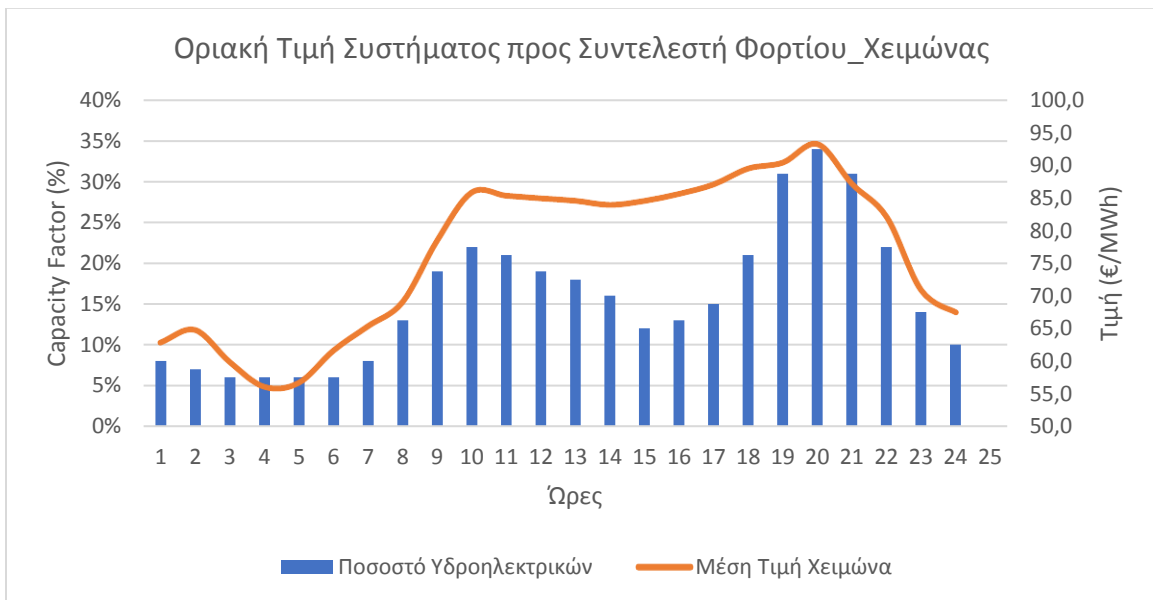
**Σχήμα 6:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών

Αντίστοιχα κατασκευάζονται γραφήματα για την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο, με βάση την εξεταζόμενη τριετία (Σχήματα 7-9). Στο πλαίσιο αυτό, παρατηρείται η σαφώς πιο έντονη και ευρεία διακύμανση του συντελεστή φορτίου κατά τους χειμερινούς μήνες, οπότε και τα επίπεδα των υδάτινων αποθεμάτων ευνοούν την μεγαλύτερη αξιοποίηση της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων, με το μοτίβο λειτουργίας να διατηρείται σε κάθε περίπτωση ανάλογο. Την ίδια στιγμή, διαπιστώνεται η σαφώς πιο αυξημένη οριακή τιμή

για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εντός της ημέρας κατά την χειμερινή περίοδο, γεγονός που συμπαρασύρει και τη συνεισφορά των μεγάλων υδροηλεκτρικών, ξανά στην λογική συμβολής τους στον περιορισμό των υψηλών τιμών.



**Σχήμα 7:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών (καλοκαίρι)



**Σχήμα 8:** Οριακή τιμή συστήματος προς συντελεστή φορτίου υδροηλεκτρικών (χειμώνας)

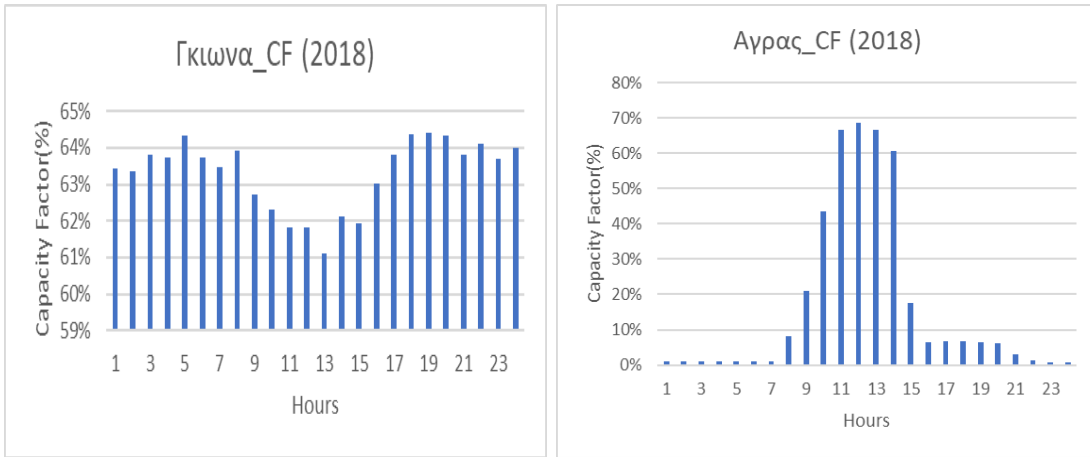
### 3.3 Ανάλυση Συντελεστή Φορτίου

Στη συνέχεια, η ανάλυση επεκτάθηκε σε επίπεδο μονάδας, με στόχο την εξαγωγή μοτίβων διακύμανσης του συντελεστή φορτίου (επί της εγκατεστημένης ισχύος) σε 24ωρη βάση και για διαφορετικές χρονικές περιόδους μελέτης, με τα επιμέρους αποτελέσματα της σχετικής επεξεργασίας να δίνονται στο **Παράρτημα** της εργασίας. Ταυτόχρονα, και για την καλύτερη κατανόηση των βασικών συμπερασμάτων που εξήχθησαν, παρατίθενται ακολούθως ενδεικτικά γραφήματα, τόσο συγκεντρωτικά όσο και σε επίπεδο μονάδας (**Σχήματα 9-14**).

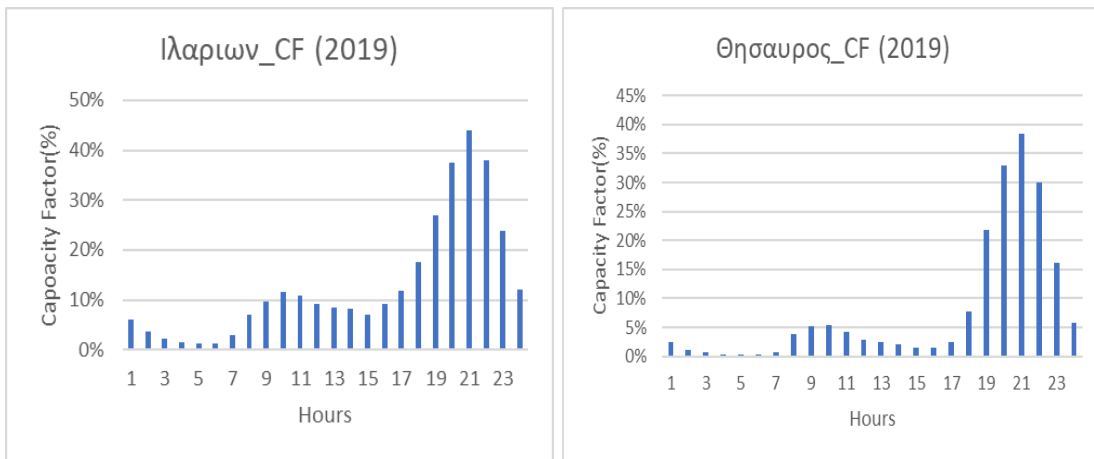
Με βάση τα αποτελέσματα (ενδεικτικά, **Σχήματα 9-10**), προκύπτει η αναγνώριση διαφορετικών μοτίβων, με μονάδες, όπως π.χ. η Γκιώνα, να εμφανίζουν σχεδόν σταθερούς συντελεστές φορτίου για όλο το 24ωρο, και με άλλες, όπως ο Ιλαρίωνας και ο Θησαυρός, να ακολουθούν την καμπύλη της ηλεκτρικής ζήτησης με πολύ περιορισμένη συνεισφορά κατά τις ώρες εκτός περιόδων αιχμής (και ειδικά της βραδινής), και με μεγιστοποίηση του συντελεστή χρήσης κατά τις βραδινές ώρες αιχμής. Την ίδια στιγμή, μονάδες όπως ο Άγρας εμφανίζουν συγκεντρωμένη παραγωγή κατά τις μεσημεριανές ώρες της ημέρας, εισάγοντας ένα ακόμα διακριτό μοτίβο. Ταυτοχρόνως, σημειώνεται ο πολύ υψηλός συντελεστής χρήσης που αγγίζει ακόμα και το 70% για συγκεκριμένες ώρες της ημέρας και συγκεκριμένες μονάδες όπως ο Άγρας και η Γκιώνα, ενώ η μέση κατάσταση σε ετήσια βάση, κινείται, όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 11**, στα επίπεδα του 20%.

Επιπρόσθετα, είναι αισθητή η διαφορά του συντελεστή φορτίου μεταξύ της καλοκαιρινής και της χειμερινής περιόδου (**Σχήματα 12-13**), με χαρακτηριστικότερες τις περιπτώσεις του Λάδωνα και του Πλαστήρα. Τέλος, και όπως προκύπτει από το **Σχήμα 14**, οι ετήσιες μεταβολές είναι εξίσου σημαντικές, στη βάση παρόλα αυτά σχετικά αμετάβλητων μοτίβων, όπως και με την περίπτωση του Ιλαρίωνα, γεγονός που αποδίδεται και στο υδρολογικό δυναμικό του υπό εξέταση κάθε φορά έτους.

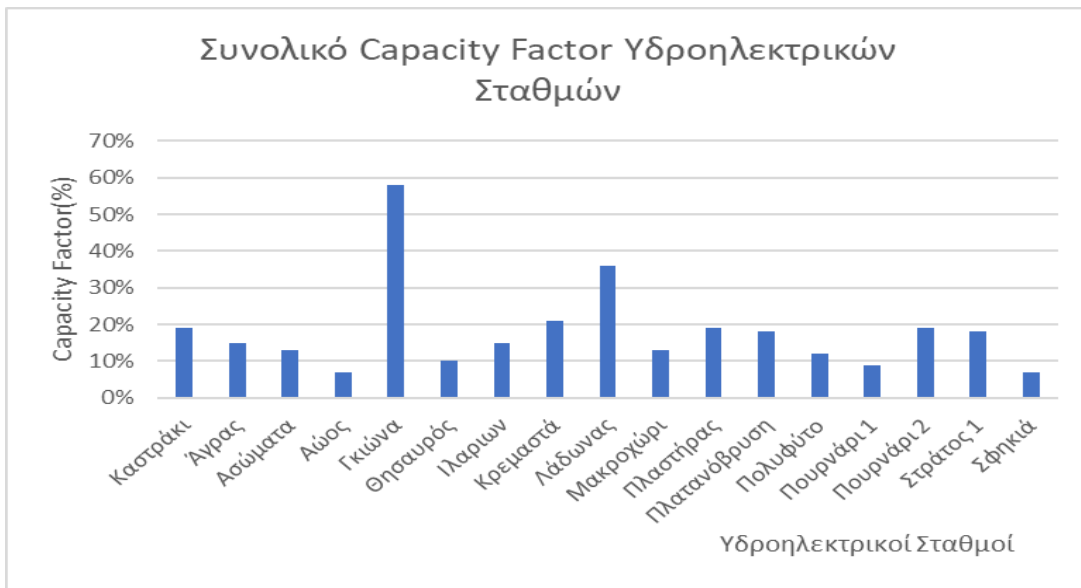
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρατίθενται, ανά ομάδα μονάδων, στο **Παράρτημα** της εργασίας και τα **Σχήματα Π1-Π21**.



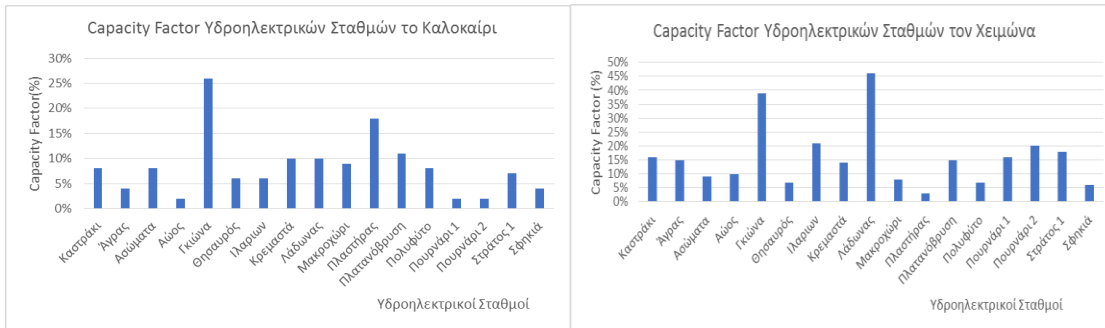
**Σχήμα 9:** Υδροηλεκτρικές μονάδες Γκιώνα και Αγρα



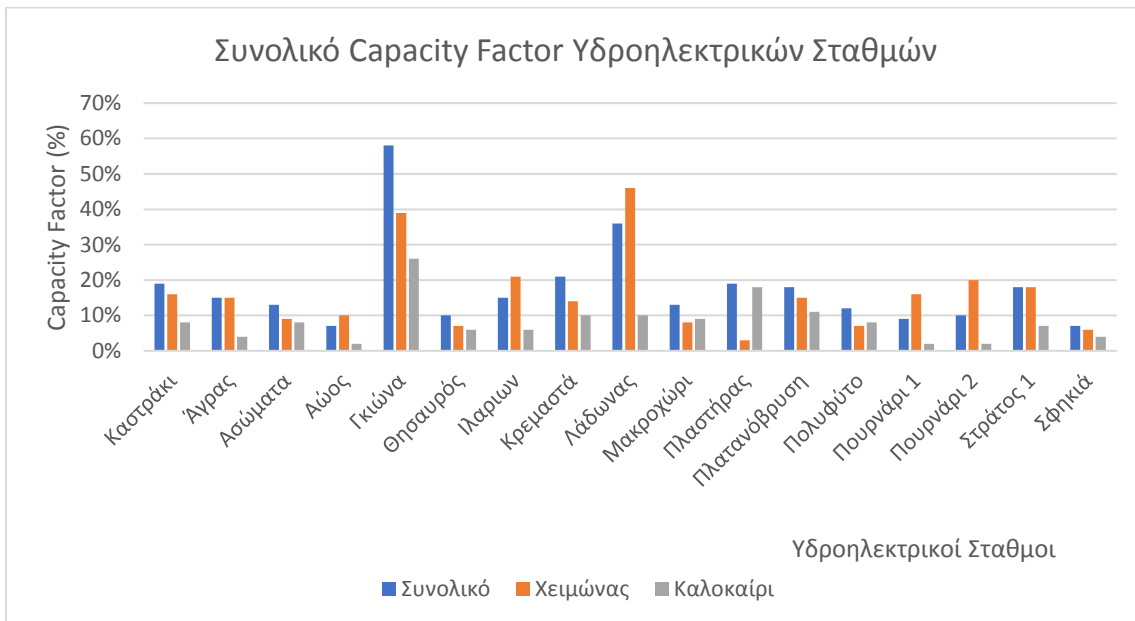
**Σχήμα 10:** Υδροηλεκτρικές Μονάδες Ιλαρίωνα και Θησαυρού



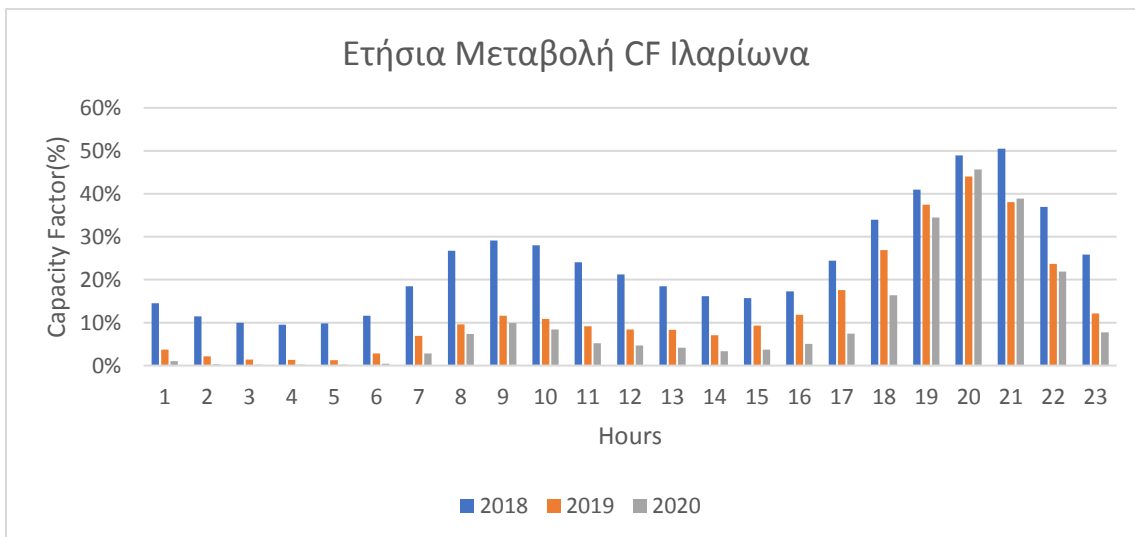
**Σχήμα 11:** Συγκεντρωτικό διάγραμμα υδροηλεκτρικών σταθμών



**Σχήμα 12:** Συντελεστής φορτίου υδροηλεκτρικών (καλοκαίρι – χειμώνα)



**Σχήμα 13:** Συγκεντρωτικό διάγραμμα υδροηλεκτρικών σταθμών (έτος, χειμώνας, καλοκαίρι)



**Σχήμα 14:** Υδροηλεκτρική μονάδα Ιλαρίωνα (Ζετία)

## **Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα**

Η παρούσα εργασία εστίασε το ενδιαφέρον της στην προκαταρκτική ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών στη χώρα μας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συνοπτική περιγραφή των διαφορετικών τεχνολογιών ΑΠΕ καθώς και αναφορά στο εγχώριο δυναμικό υδροηλεκτρικής παραγωγής, με καταγραφή του στόλου των υφιστάμενων υδροηλεκτρικών και των βασικών τεχνικών χαρακτηριστικών τους.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε συλλογή και επεξεργασία αναλυτικών στοιχείων λειτουργίας του ΕΔΣ, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία ενιαίων, μακροχρόνιων χρονοσειρών ωριαίου βήματος, για τριετή διάρκεια μελέτης (περίοδος 2018-2020). Το σετ δεδομένων που αναπτύχθηκε συγκεντρώνει αναλυτικά στοιχεία σε επίπεδο μονάδας, λαμβάνοντας υπόψη την ωριαία παραγωγή, που σε συνδυασμό με την εγκατεστημένη ισχύ οδηγεί στον υπολογισμό του ωριαίου συντελεστή φορτίου. Ο τελευταίος αποτέλεσε τον βασικό δείκτη ανάλυσης, στη βάση μέσων 24ώρων για ολόκληρη την περίοδο υπό εξέταση καθώς και ανά εποχή του έτους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε επίπεδο μονάδας, αναγνωρίστηκαν συγκεκριμένα μοτίβα λειτουργίας, με μικρή διαφοροποίηση μεταξύ διαφορετικών ετών, που πιθανότατα αποδίδεται στα διαφορετικά υδρολογικά έτη. Μεταξύ των μοτίβων, διαπιστώθηκαν προφίλ παρακολούθησης φορτίου, αυξημένης συνεισφοράς της βράδυνης ώρες αιχμής, σταθερού σχεδόν συντελεστή φορτίου κάθολη τη διάρκεια του 24ώρου, καθώς και προφίλ αυξημένης συνεισφοράς τις μεσημεριανές ώρες. Στο πλαίσιο αυτό, έγινε αντιληπτός ο κυρίαρχος τρόπος λειτουργίας των υδροηλεκτρικών σταθμών, ως αιχμάκες μονάδες, έχοντας ως στόχο τόσο την αποσυμφόρηση του συστήματος όσο και την αντιμετώπιση – περιορισμό των υψηλών τιμών κόστους παραγωγής που κατά κανόνα χαρακτηρίζουν τις συγκεκριμένους περιόδους.

Ταυτόχρονα, και αναλογιζόμενοι την αναμενόμενη αύξηση της διείσδυσης της αιολικής και Φ/Β παραγωγής στη χώρα μας τα επόμενα χρόνια, είναι σαφές πως τα μεγάλα υδροηλεκτρικά αποτελούν παράγοντα ευελιξίας, με δυνατότητα να διαδραματίσουν

κεντρικό ρόλο στην υποστήριξη των στόχων ΑΠΕ. Ως εκ τούτου, και λαμβάνοντας υπόψη την προκαταρκτική ανάλυση της εν εν λόγω εργασίας, είναι δυνατή η εξαγωγή κανόνων λειτουργίας σε ημερήσια βάση, με αναπροσαρμογή την ίδια στιγμή του προφίλ παραγωγής προς υποστήριξη της μεγαλύτερης διείσδυσης ΑΠΕ, σεβόμενοι παράλληλα τους περιορισμούς λειτουργίας των σταθμών, οι οποίοι εν τέλει ισοδυναμούν με περιορισμούς παραγωγικού δυναμικού και μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος στην χρονική κλίμακα που επιβάλλει η επίλυση του υπό εξέταση προβλήματος.

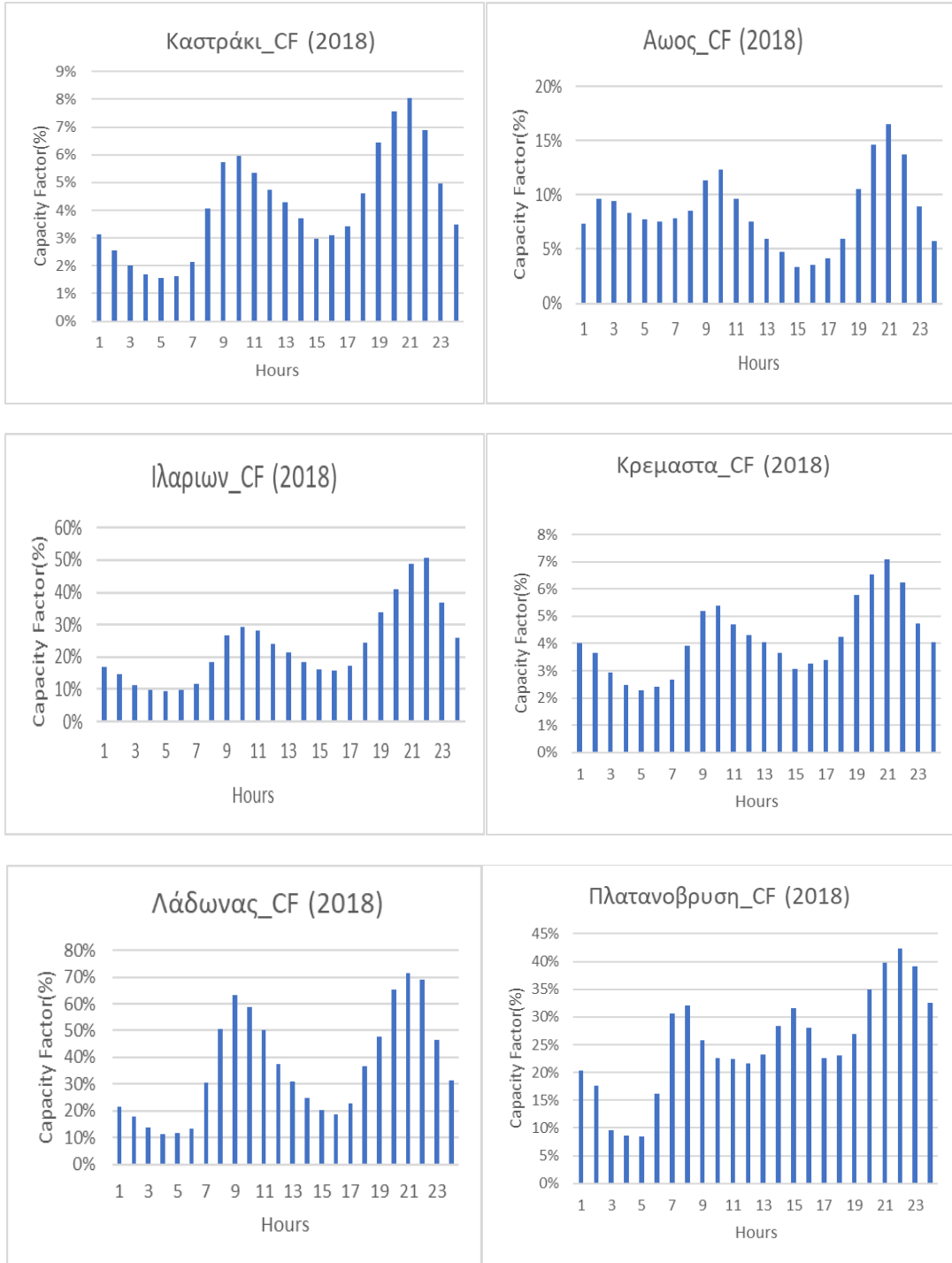


## Βιβλιογραφία

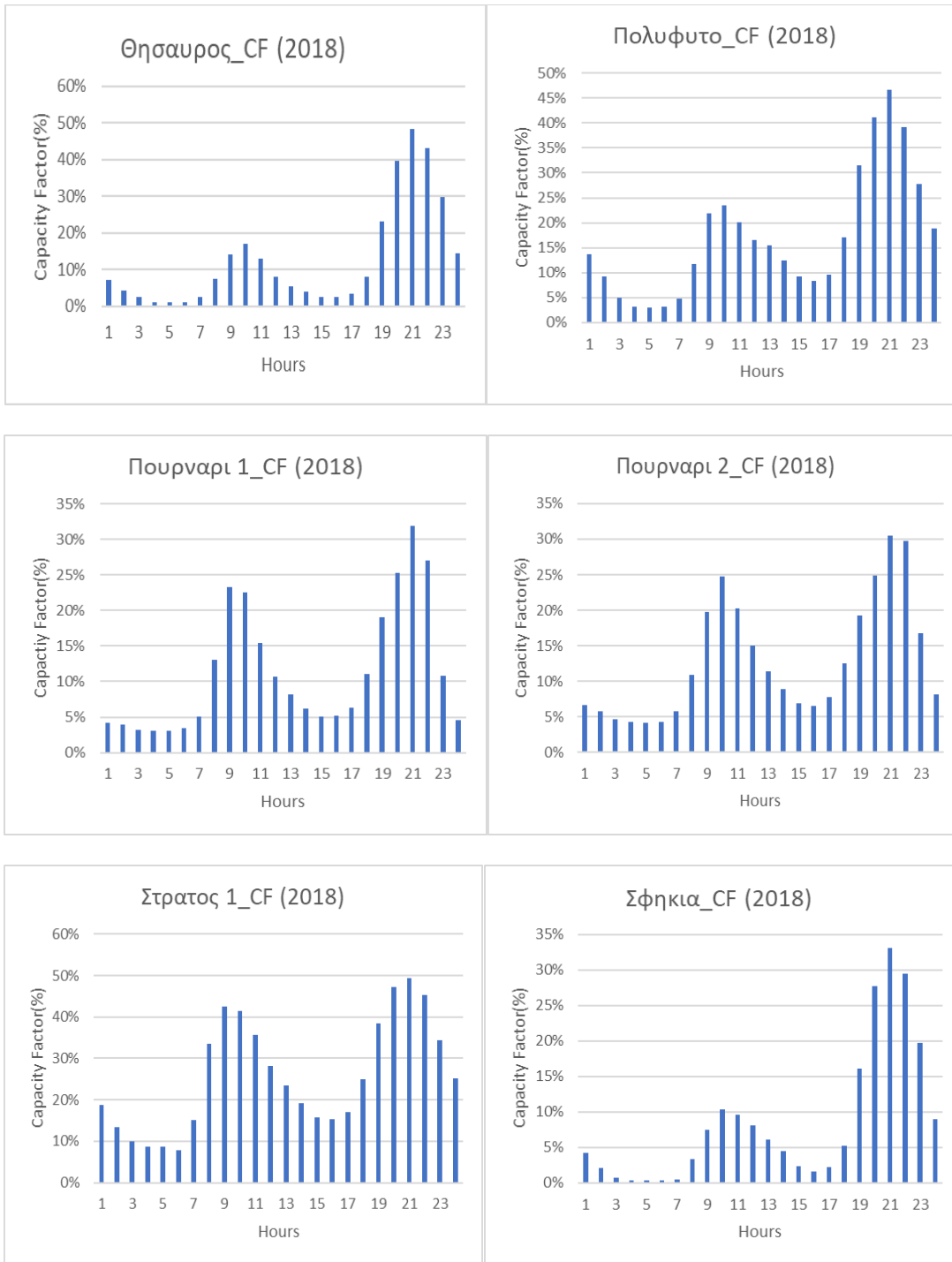
1. Ηλίας Παπαθανάσης: «Ενέργεια από τη θάλασσα», *Περισκόπιο της Επιστήμης*, Ιανουάριος 1997, σελ. 64.
2. Π. Πάτης Κατασκευή Λειτουργία & Συντήρηση Πάρκων Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα. [Book]. - Κρήτη : ΤΕΙ Κρήτης , 2009.
3. Αργυράκης Ι., “Εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών ως Έργων Πολλαπλού Σκοπού”, 2009.
4. Κ.Α.Π.Ε , Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας- Ενέργεια από Βιομάζα, 1998.
5. Forbes I., (2009), Solar Photovoltaics - The challenges and potential for research into a sustainable future, Northumbria Photovoltaics Applications Centre (NPAC), International Workshop on the Physics and Chemistry of Climate Change and Entrepreneurship.
6. Αποστόλου Ι., “Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα: Εξέλιξη ενεργειακών μεγεθών και προβλέψεις ”, Διπλωματική Εργασία Πανεπιστημίου Πειραιώς, 2018.
7. Κορωναίος Χ. Ι., 2012. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διδακτικές Σημειώσεις στο Δ.Π.Μ.Σ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
8. Καπλάνη Α., “Το ενεργειακό πρόβλημα στην σύγχρονη εποχή”, Ερευνητική Εργασία, 2013.
9. Ασημακόπουλος Δ., Καρταλίδης Α. και Αραμπατζής Γ. «Αφαλάτωση με ΑΠΕ στα άνυδρα νησιά», Ημερίδα ProDES, Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Αφαλάτωσης: Τεχνολογικές εξελίξεις, Νομοθετικό πλαίσιο – Χρηματοδότηση,
10. Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), “Μελέτη επάρκειας ισχύος”, 2013.
11. Καρυμπάλης Ε., Κιουράς Γ., ”Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας”, Πτυχιακή Εργασία Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, 2010.
12. 1ο Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, 2008.
13. Μαμασούλας Α., Πράσιнос Ν., “Μελέτη της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης στο τεχνητό φράγμα Καστρακίου”, Πτυχιακή Εργασία Πανεπιστημίου Πάτρας, 2015.
14. Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, “Τα φράγματα της Ελλάδας”, 2013.
15. Ανδρίτσος, “Ενέργεια και περιβάλλον”, 2008.

16. Αποστολάκης, Κ., Κυρίτσης Σ., Σούτερ Χ. (1987). Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων.
17. International Hydropower Association (IHA), “Advancing sustainable hydropower annual report”, 2022.
18. International Hydropower Association (IHA), “Advancing sustainable hydropower annual report”, 2019.
19. Panwar N.L, Kaushik S.C., Surendra Kothari, “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review”, 2010.
20. Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός, «Οδικός χάρτης για το 2050», 2012

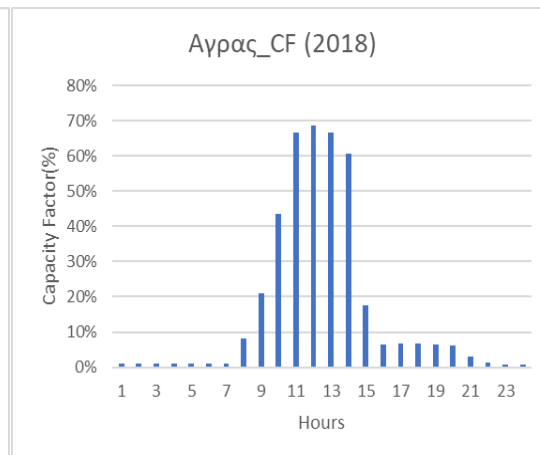
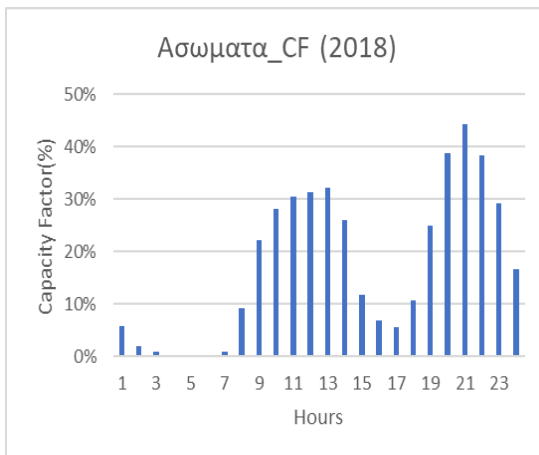
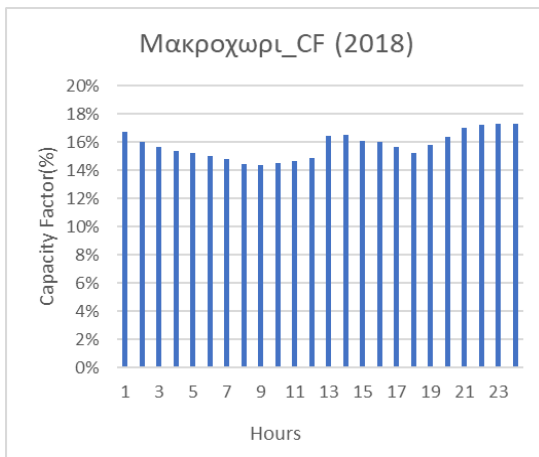
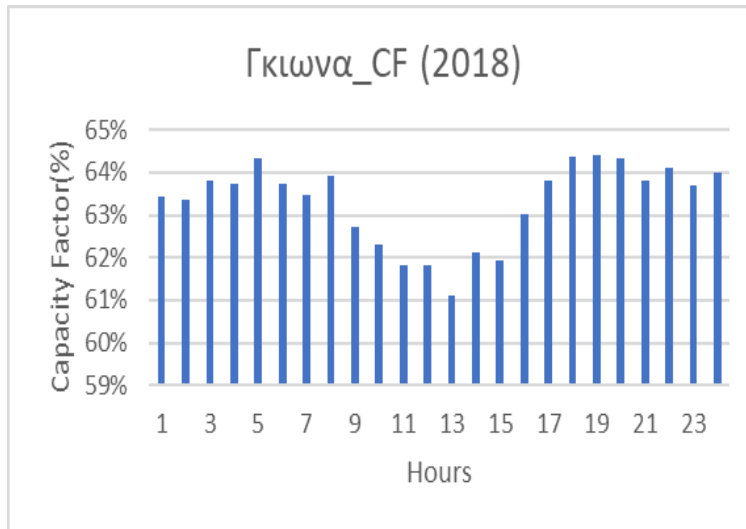
## Παράρτημα



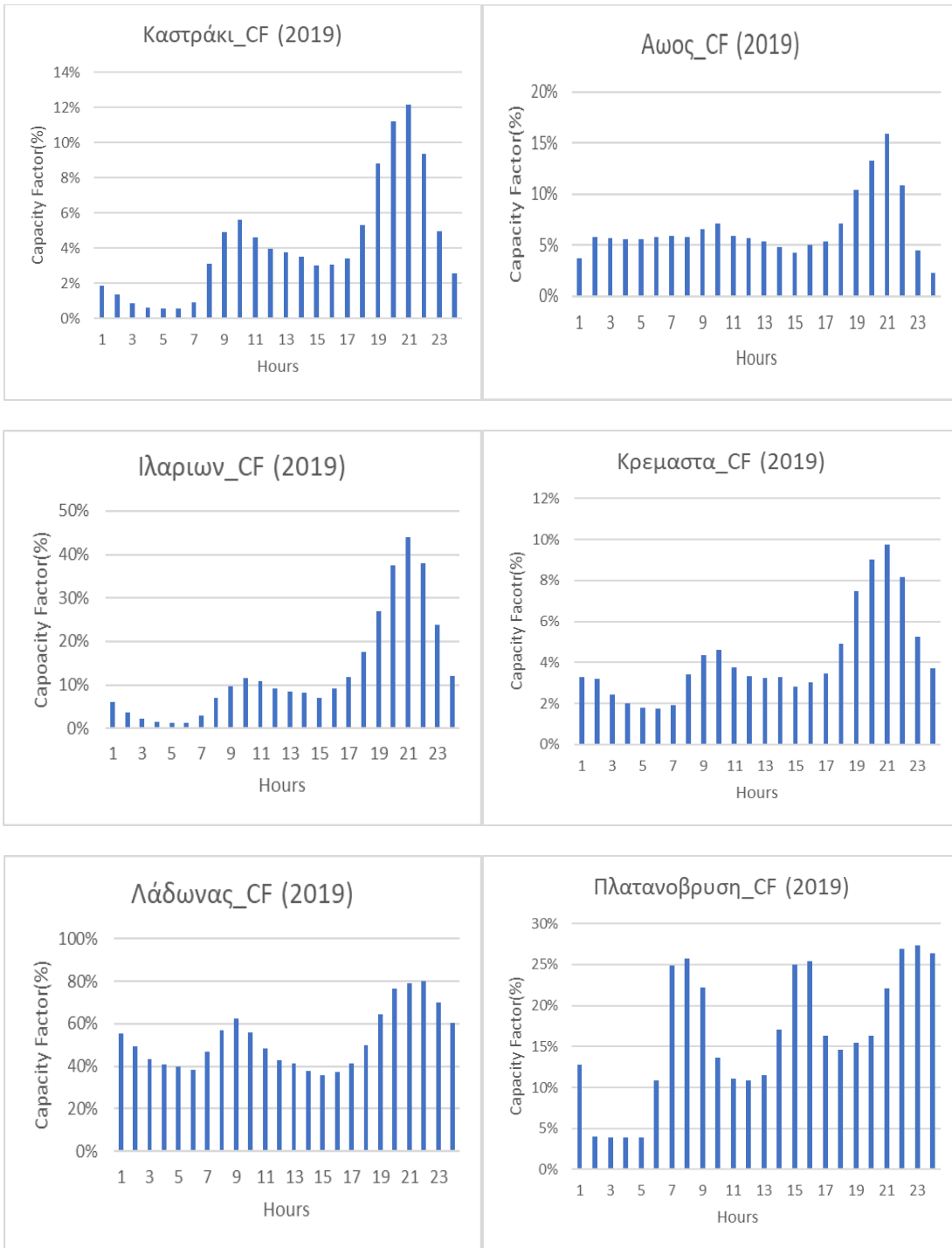
**Σχήμα Π1:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018  
(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσή)



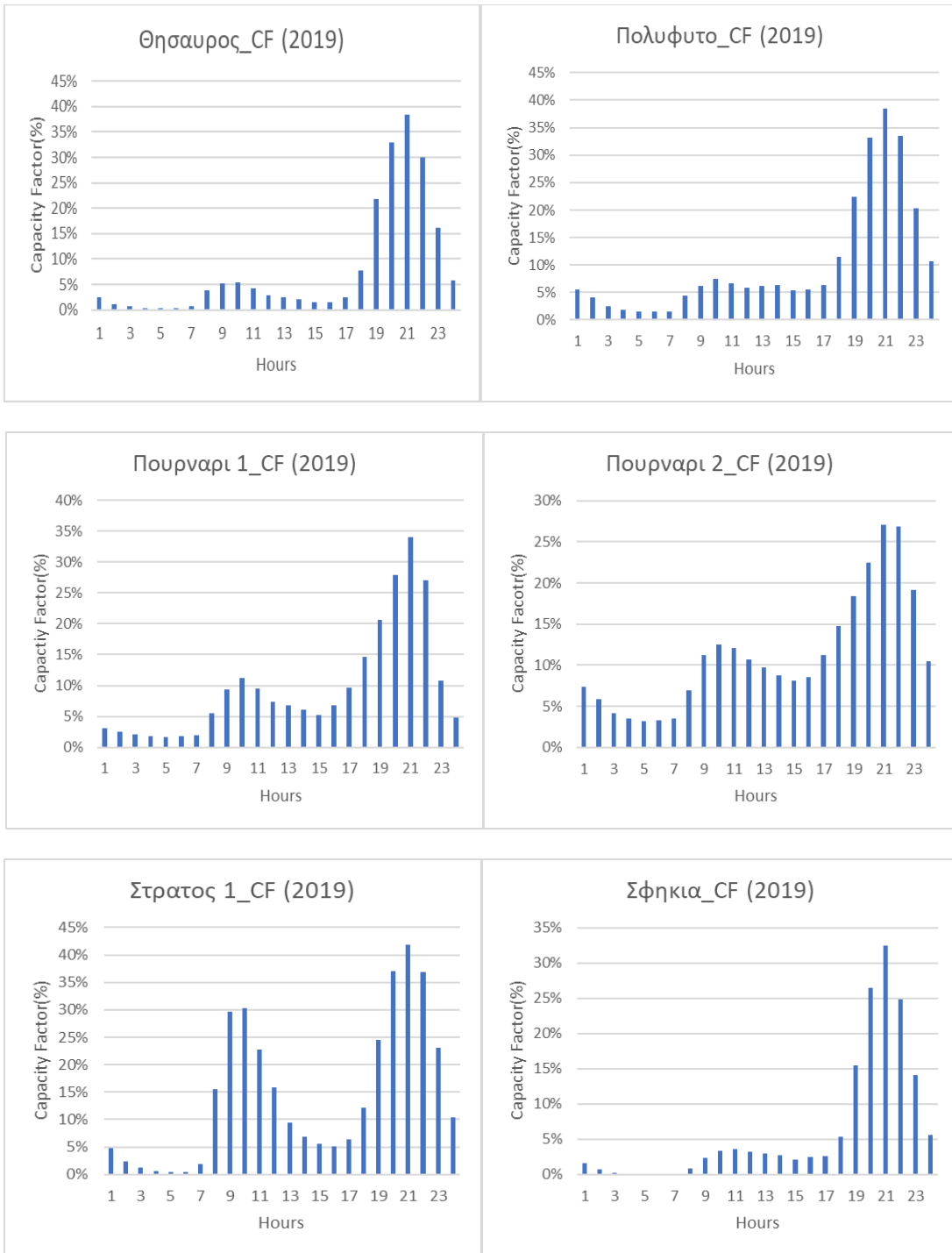
**Σχήμα Π2:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018  
(Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκία)



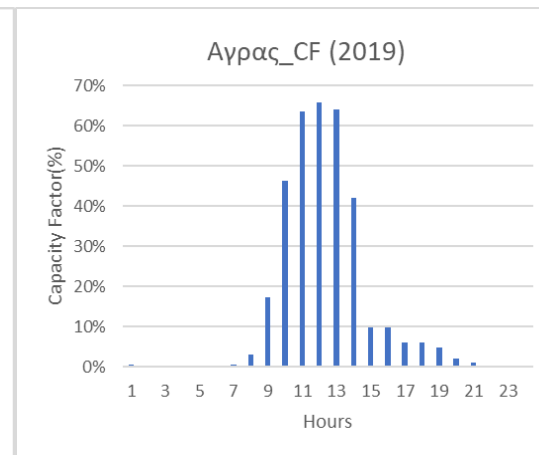
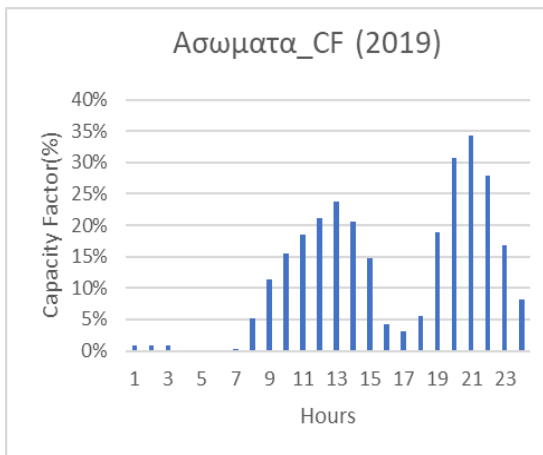
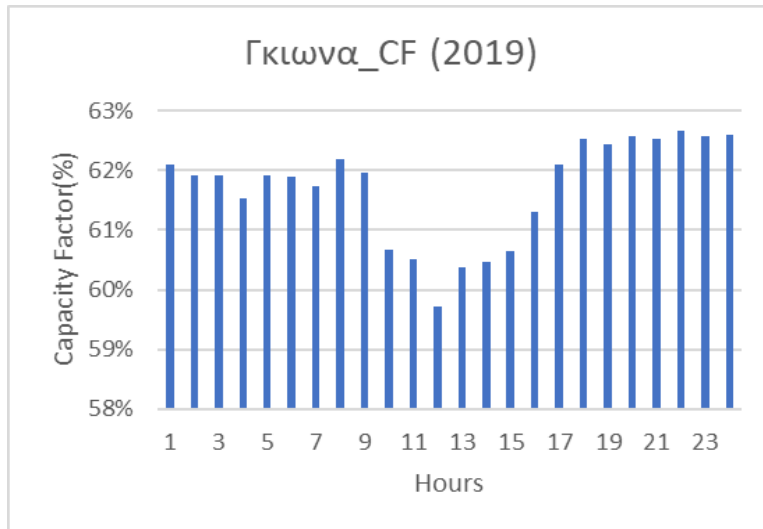
**Σχήμα Π3:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2018  
(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)



**Σχήμα Π4:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019  
(Καστράκι, Αώος, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)

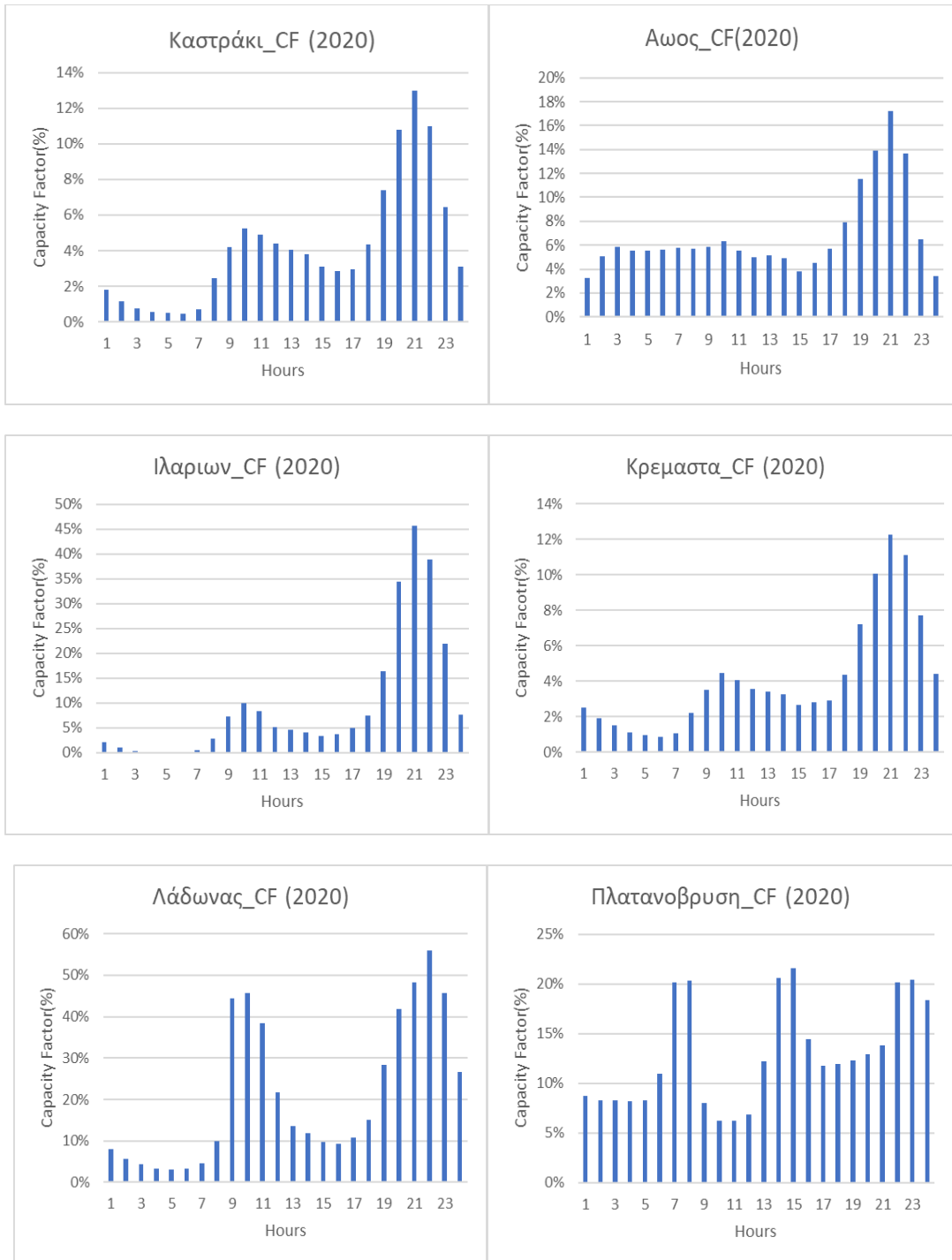


**Σχήμα Π5:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019 (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).

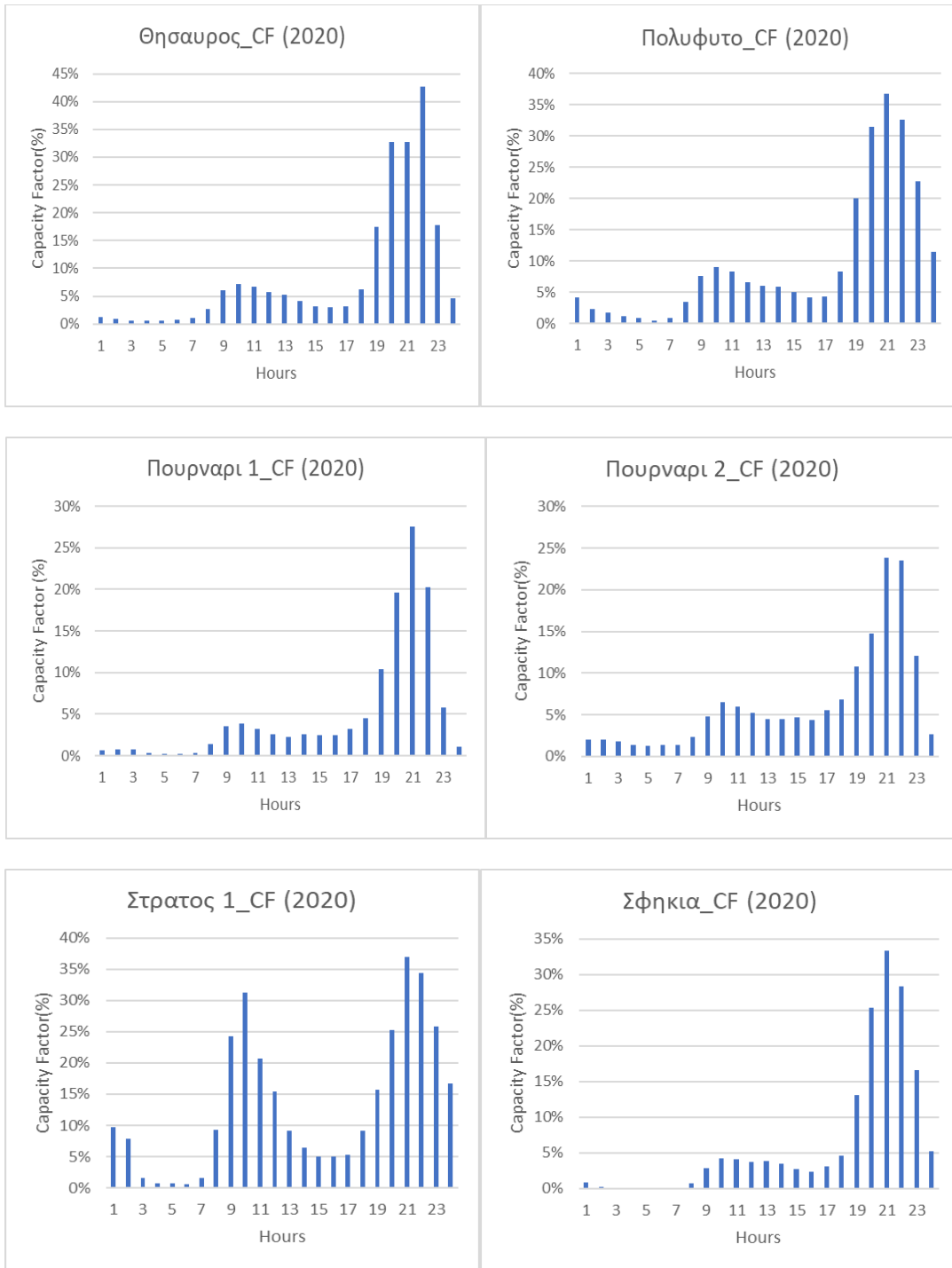


**Σχήμα Π6:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2019  
(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας).

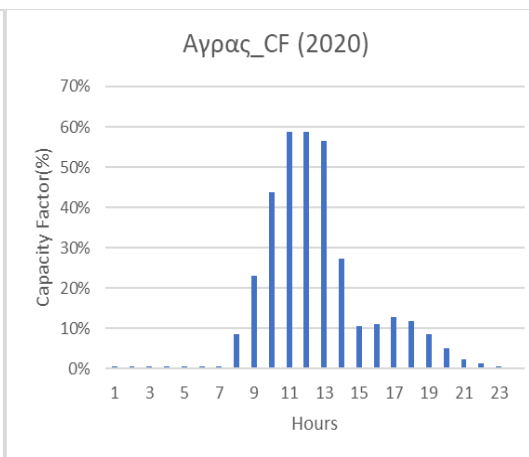
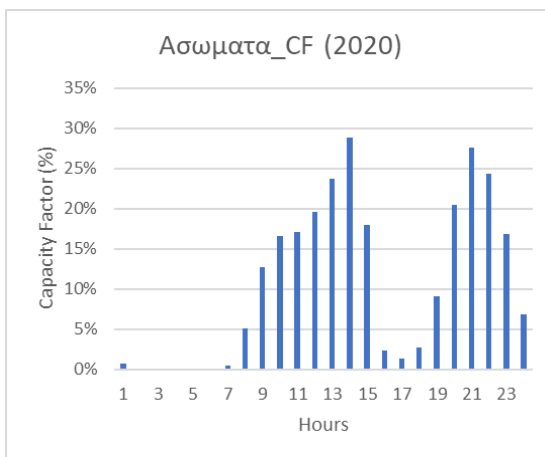
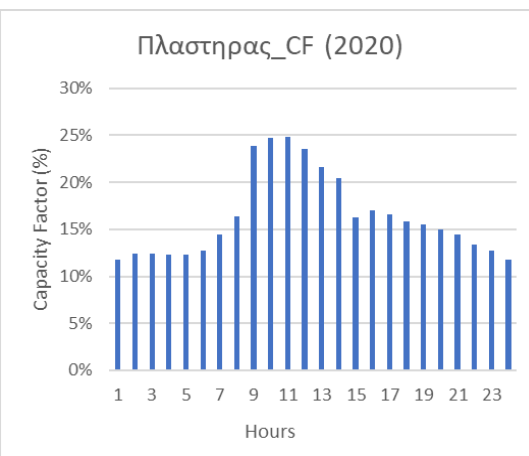
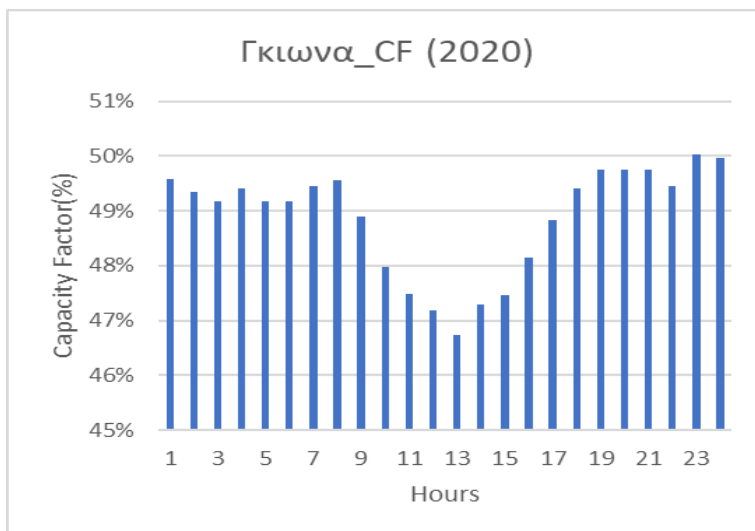




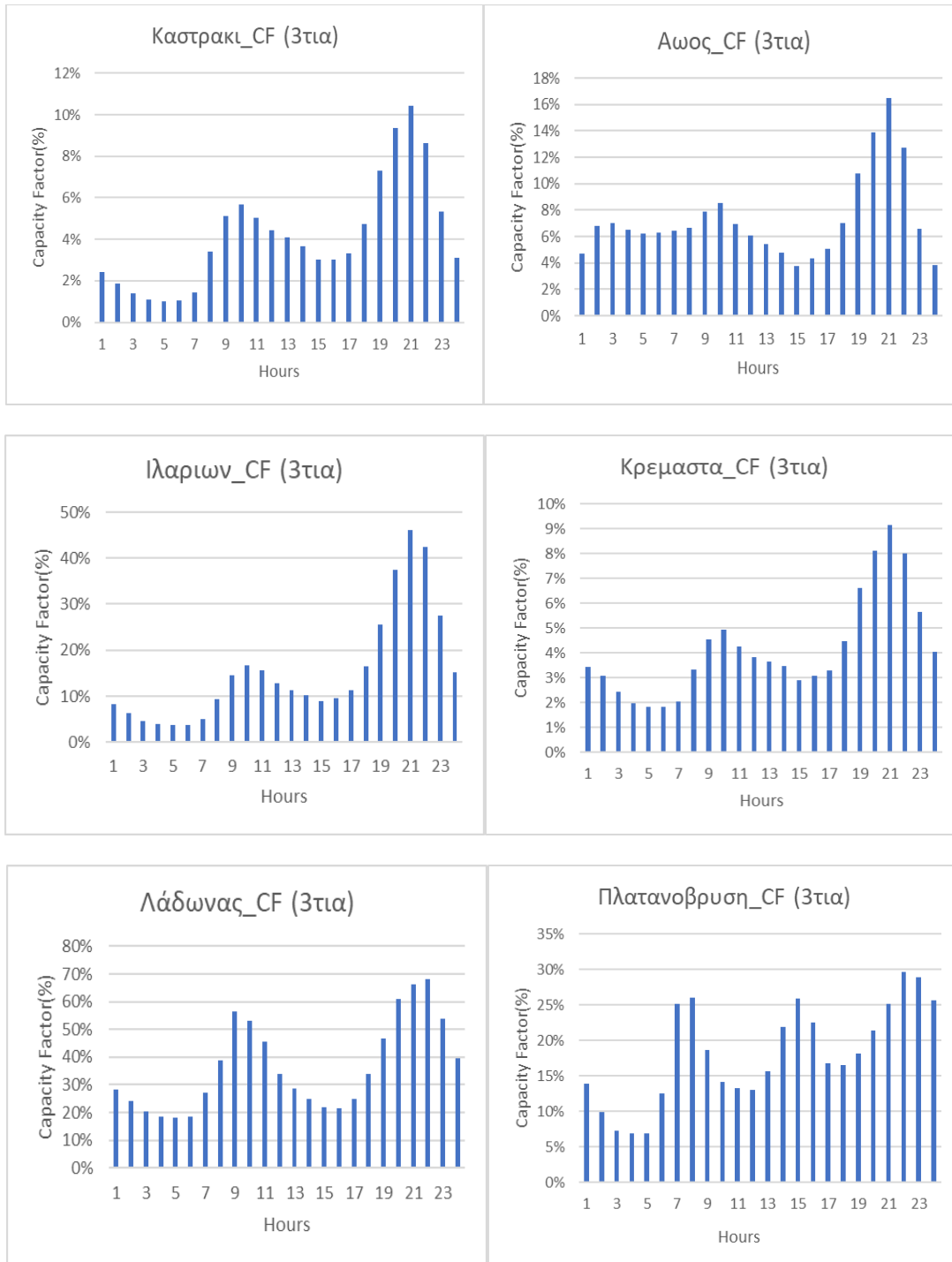
**Σχήμα Π7:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020  
(Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)



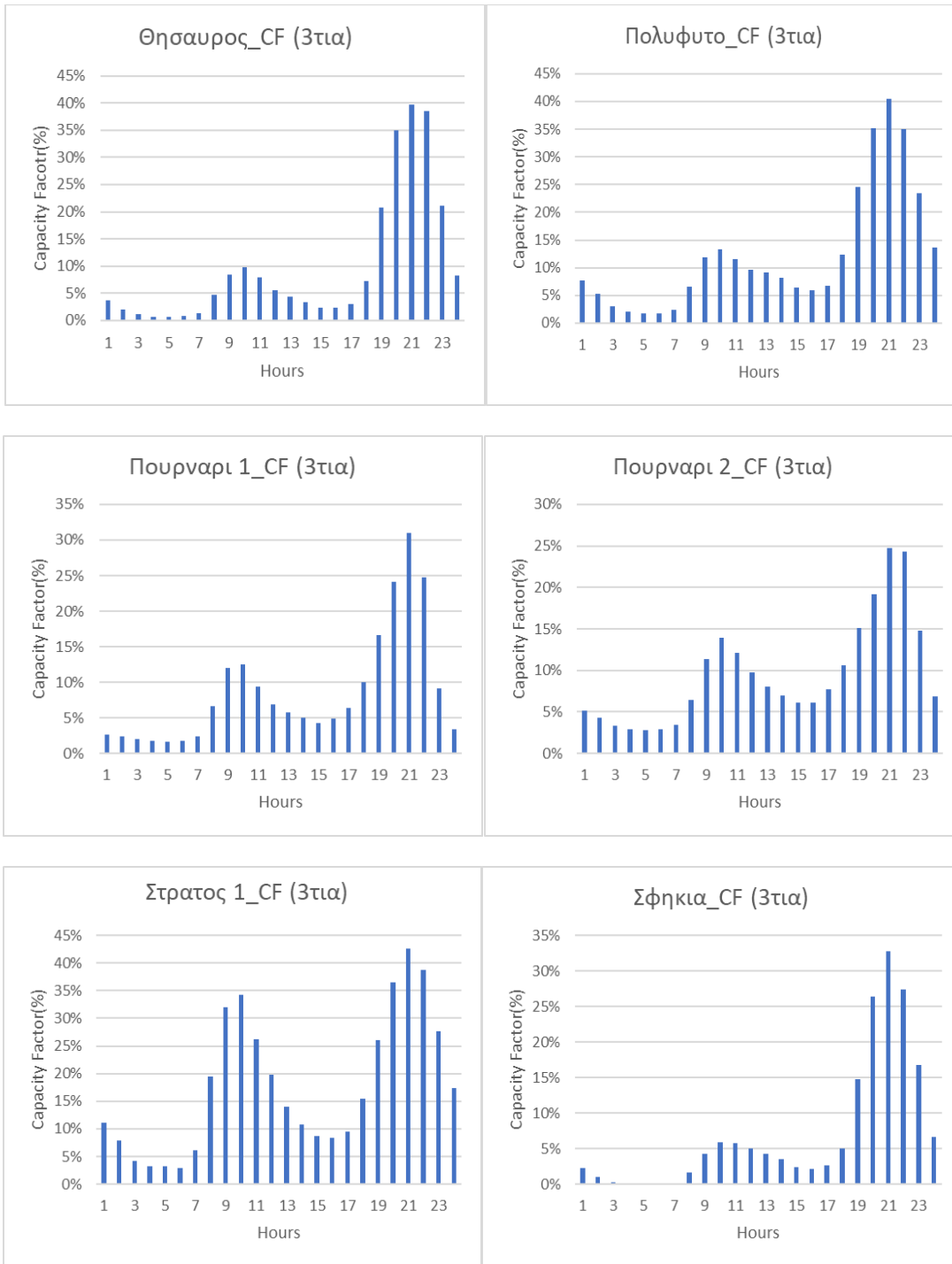
**Σχήμα Π8:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020 (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρναρί 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).



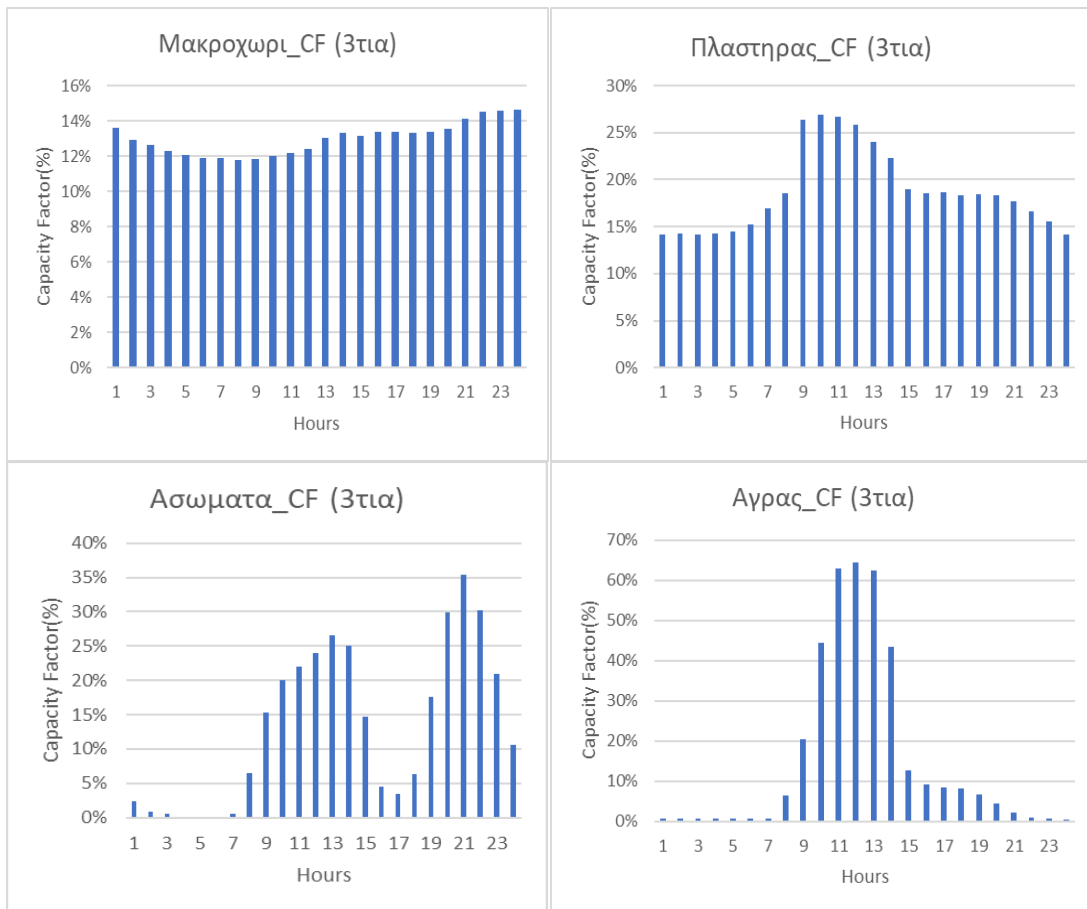
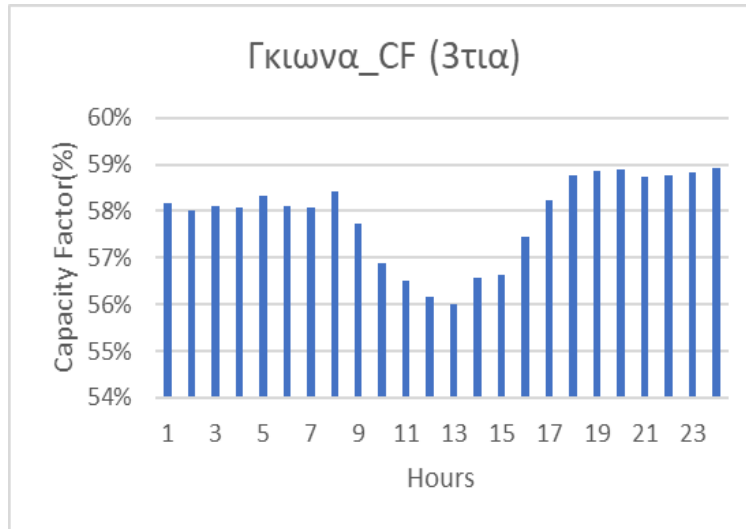
**Σχήμα Π9:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για το έτος 2020 (Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας).



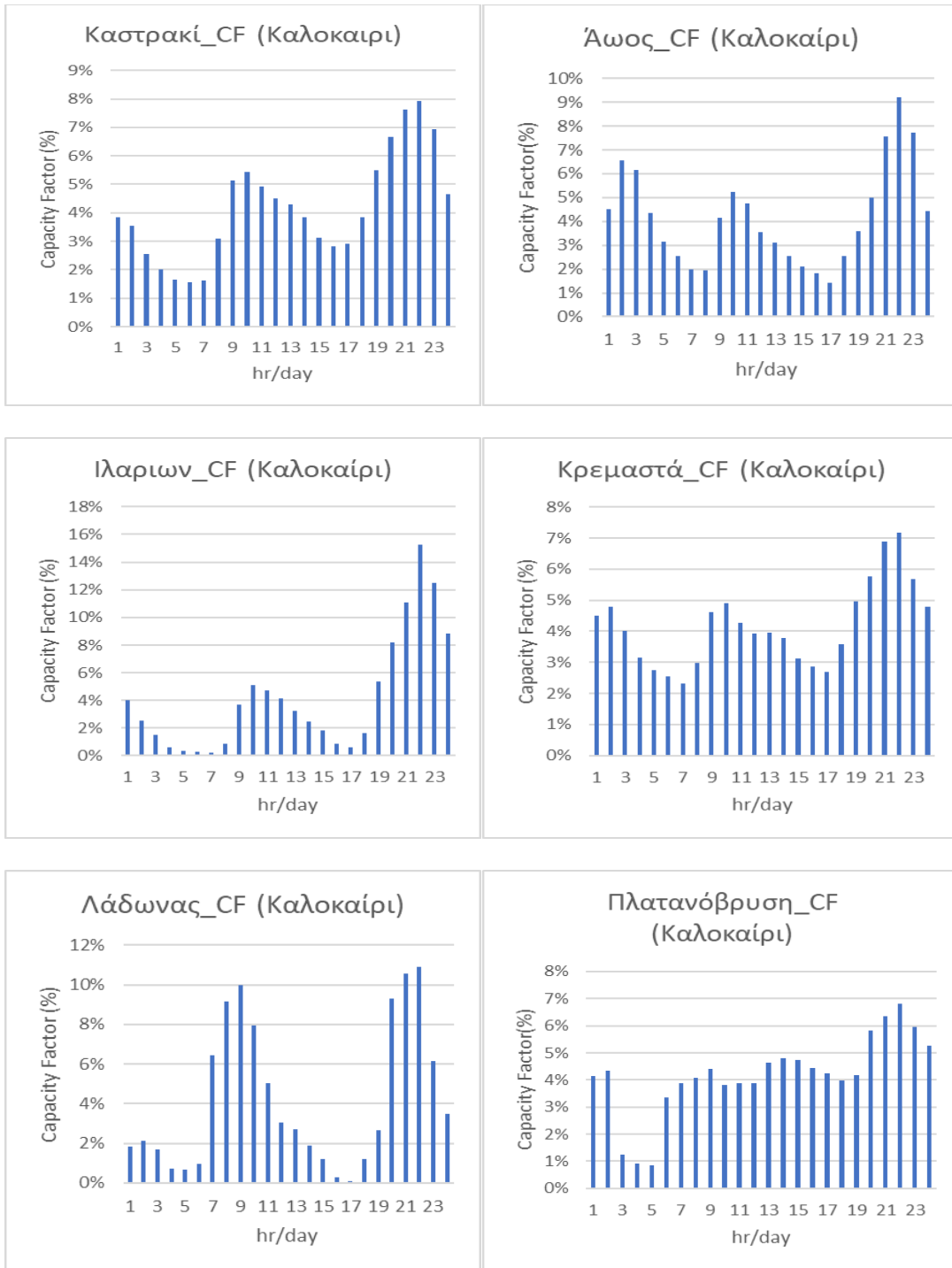
**Σχήμα Π10:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Καστράκι, Αωός, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)



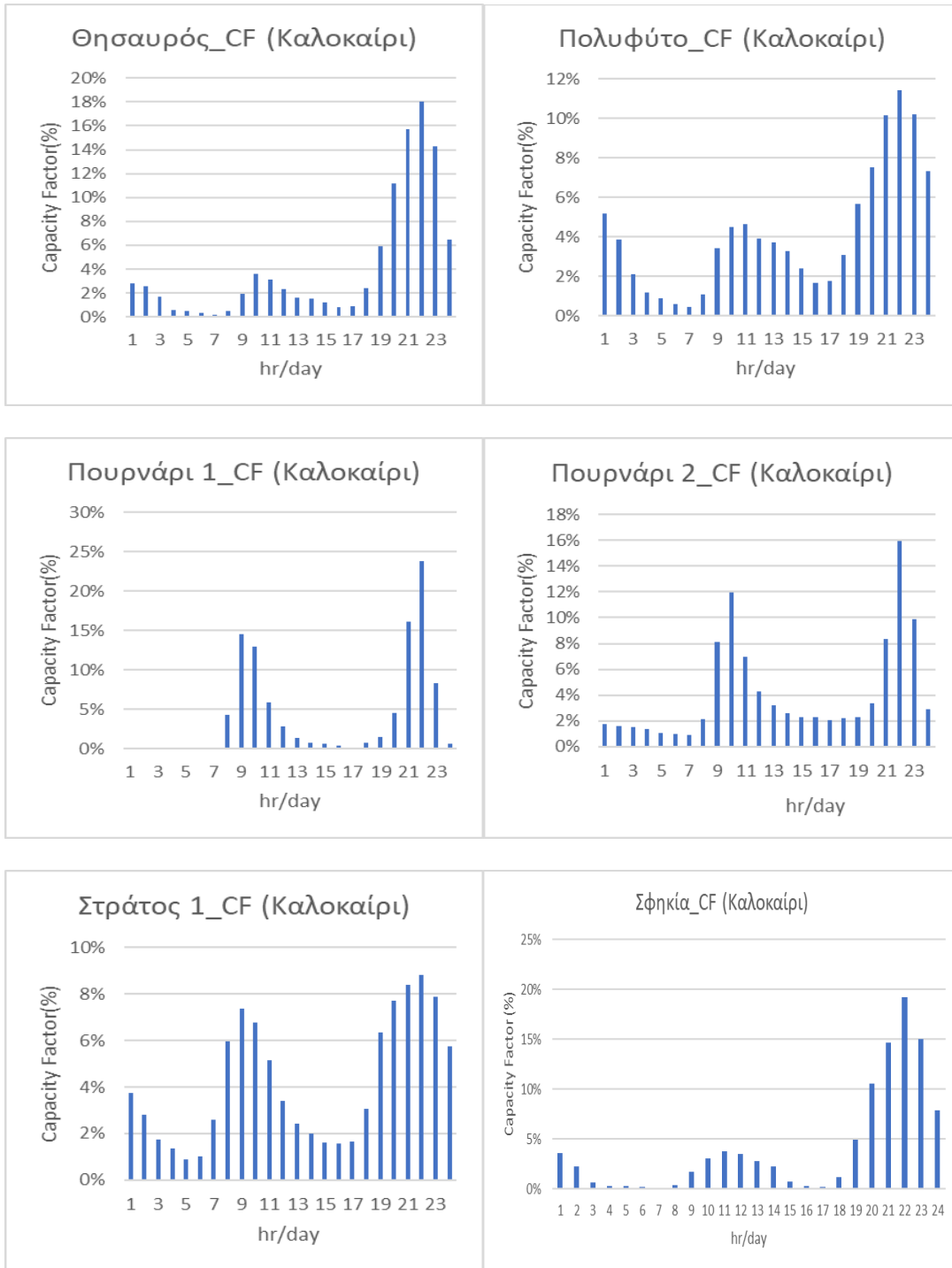
**Σχήμα Π11:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρναρί 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά).



**Σχήμα Π12:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020  
(Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)

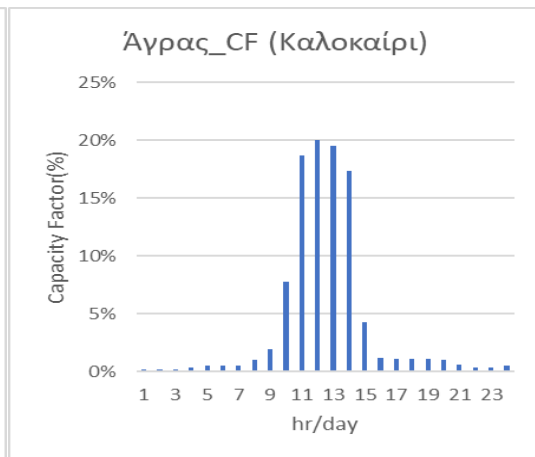
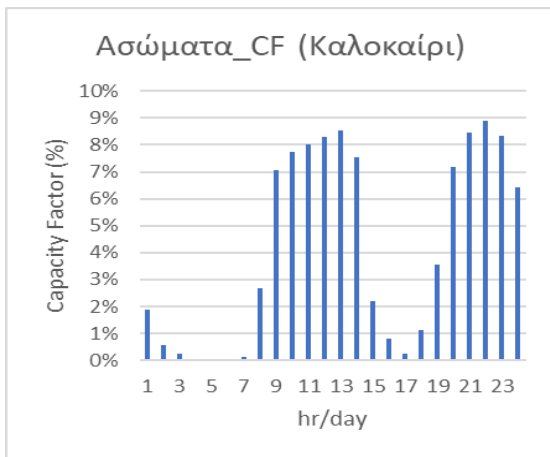
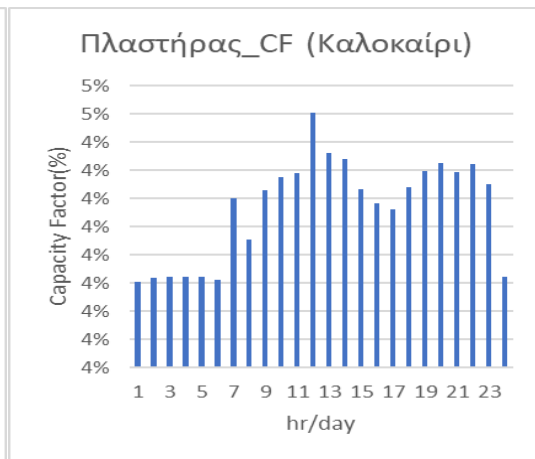
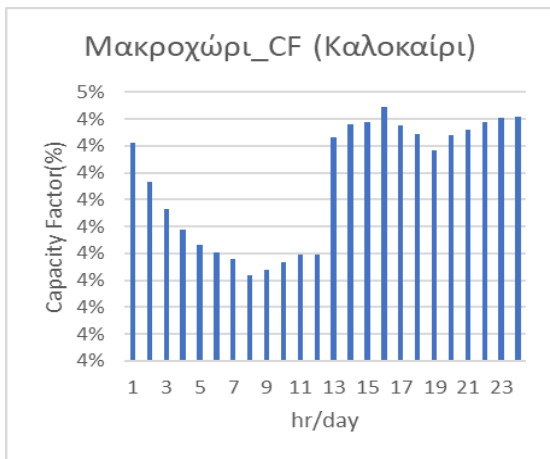
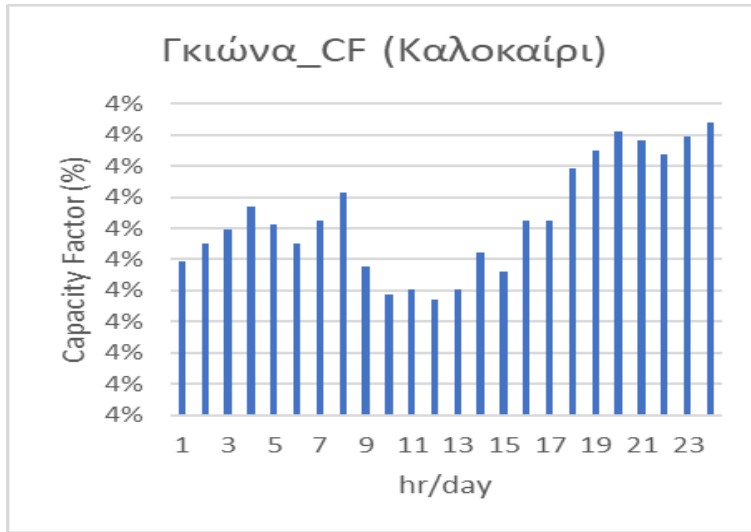


**Σχήμα Π13:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο (Καστρακί, Αώος, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσιού)

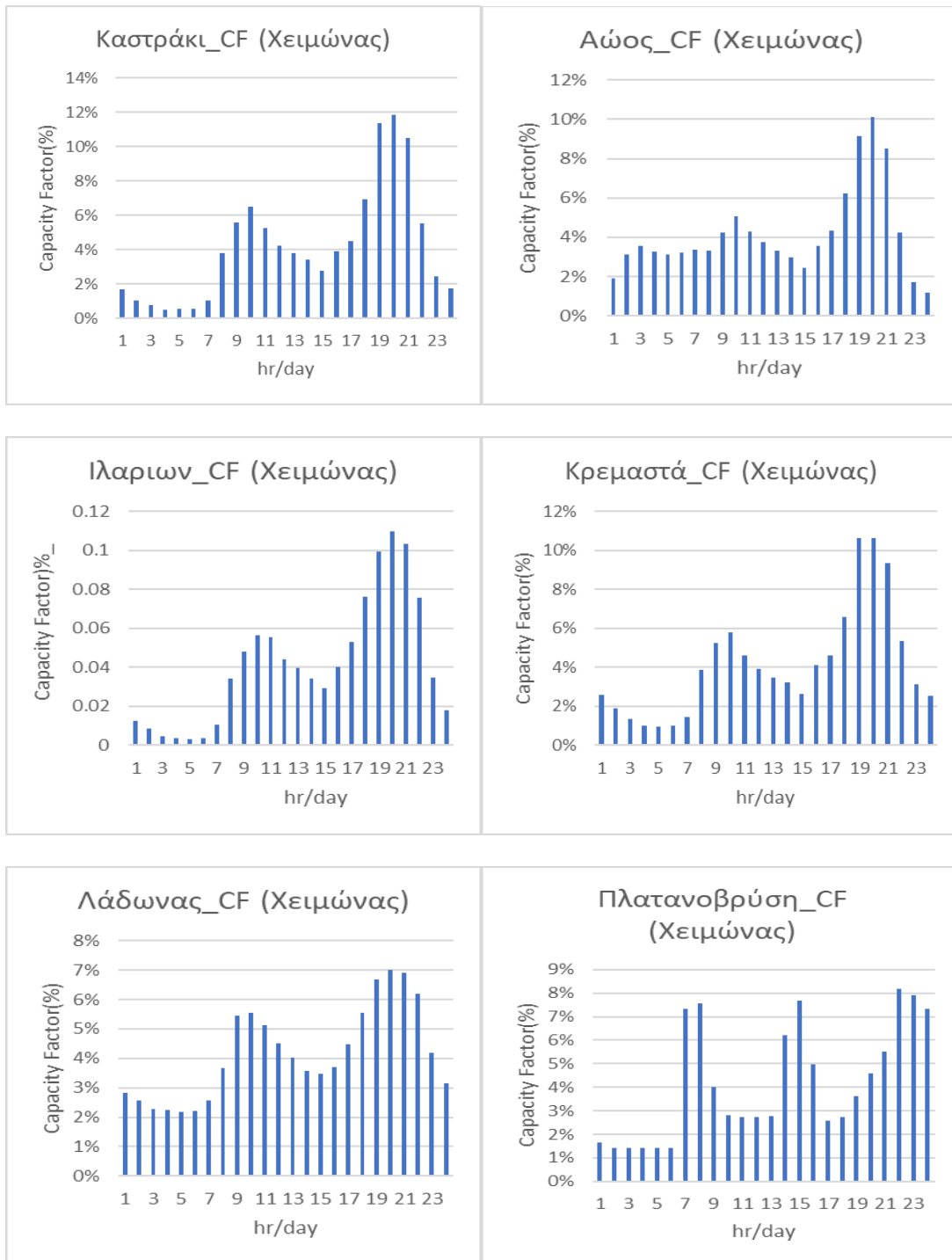


**Σχήμα Π14:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκία)

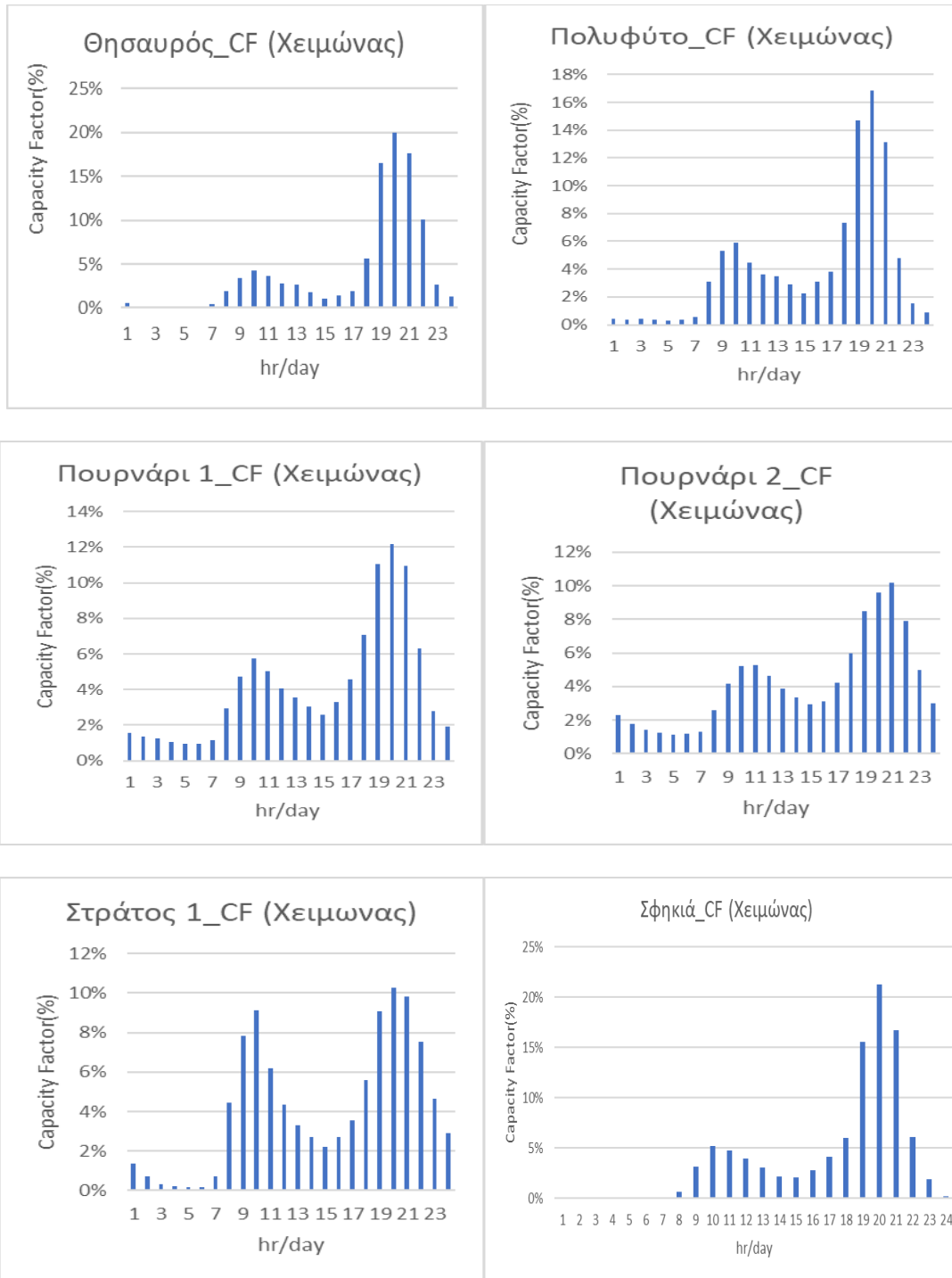




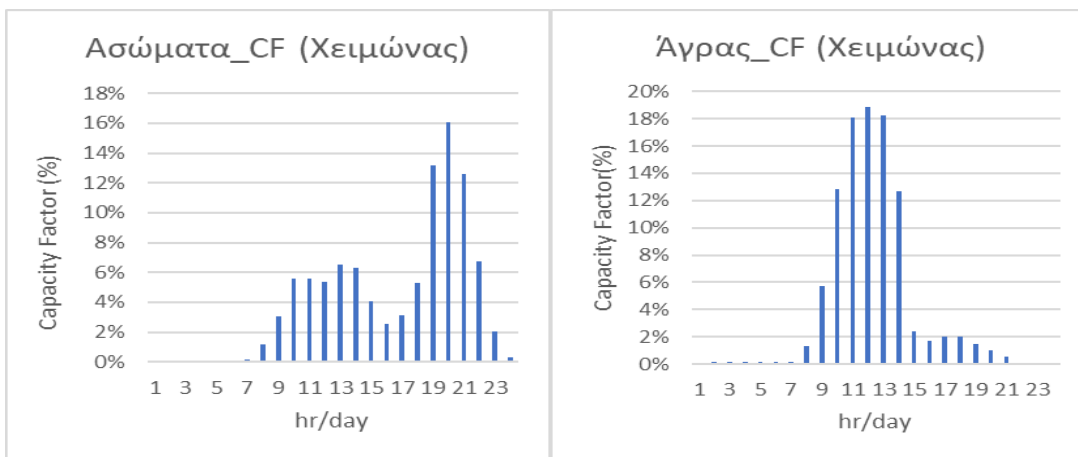
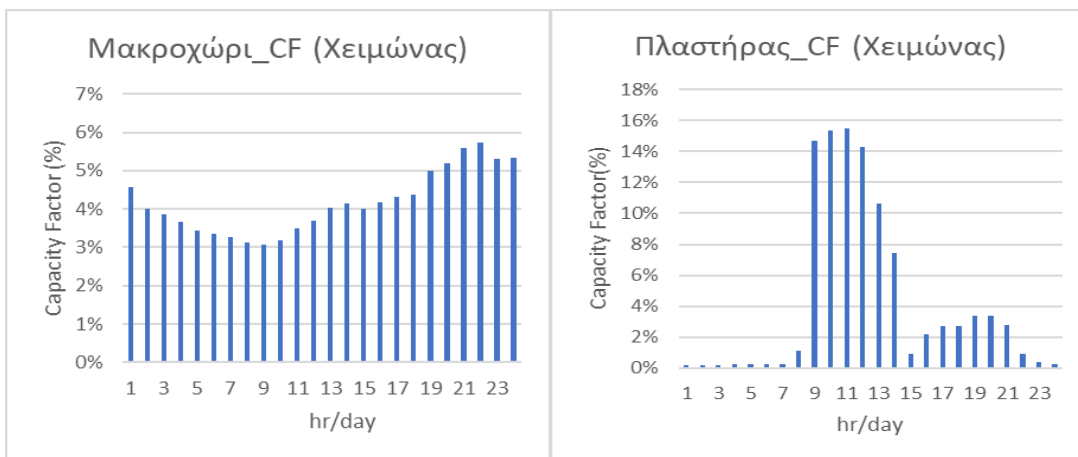
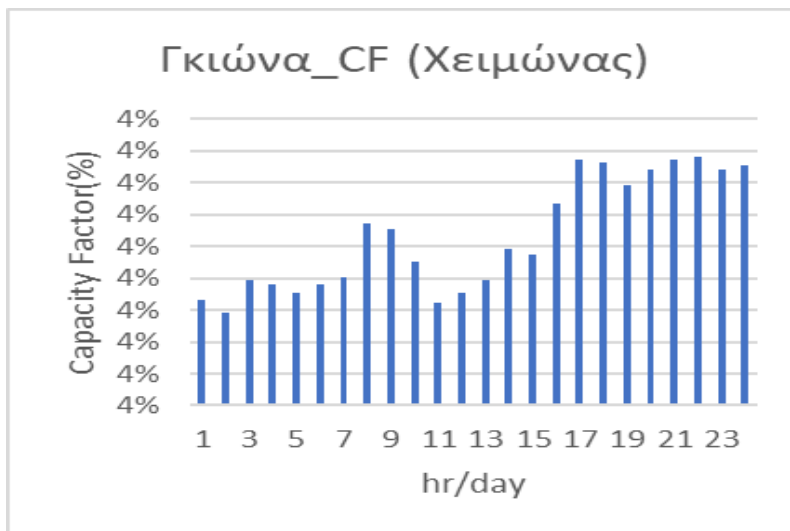
**Σχήμα Π15:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την καλοκαιρινή περίοδο (Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)



**Σχήμα Π16:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο (Καστράκι, Αώος, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρύσιου)



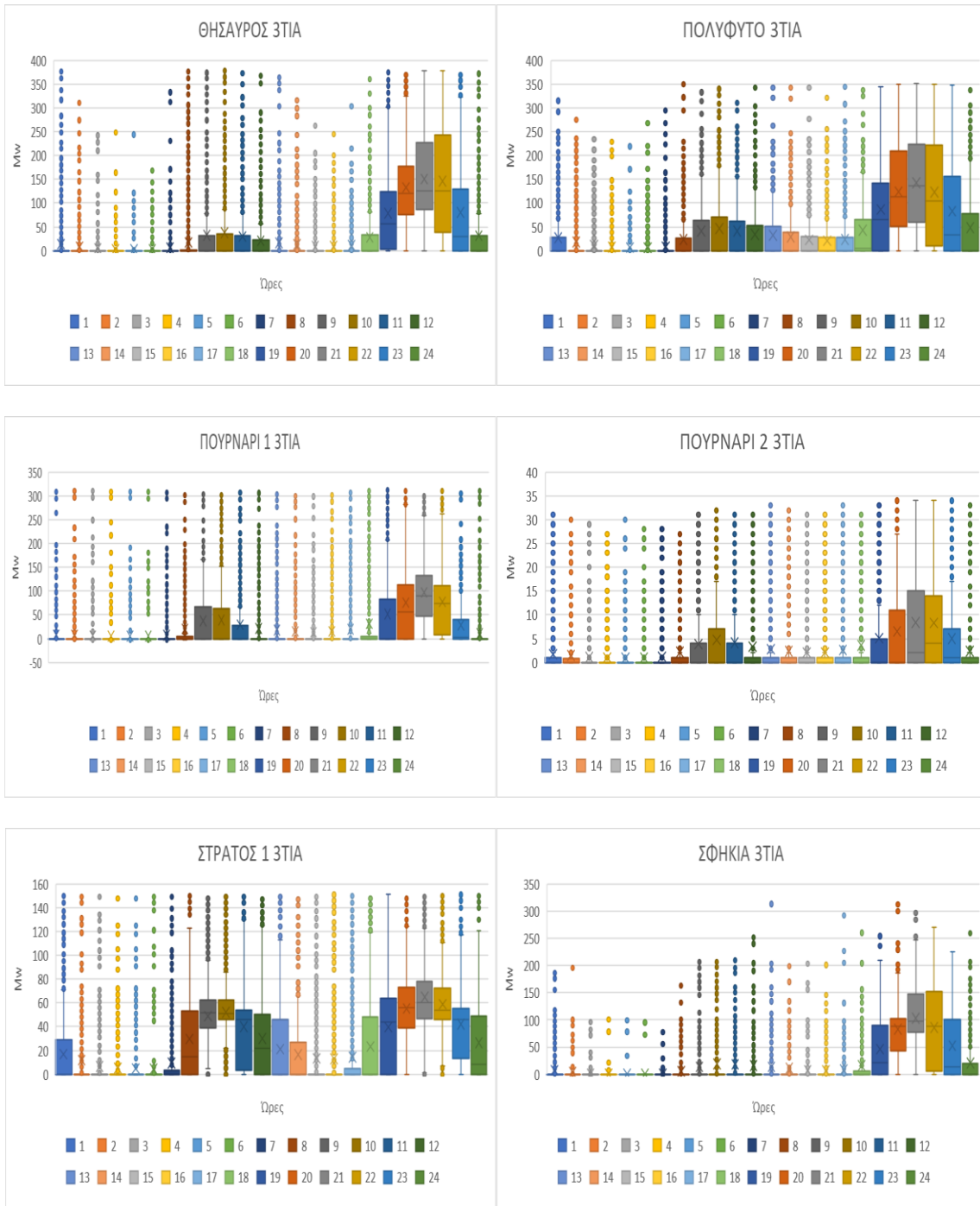
**Σχήμα Π17:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)



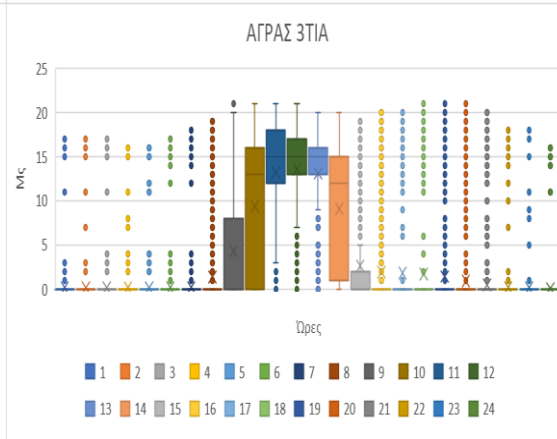
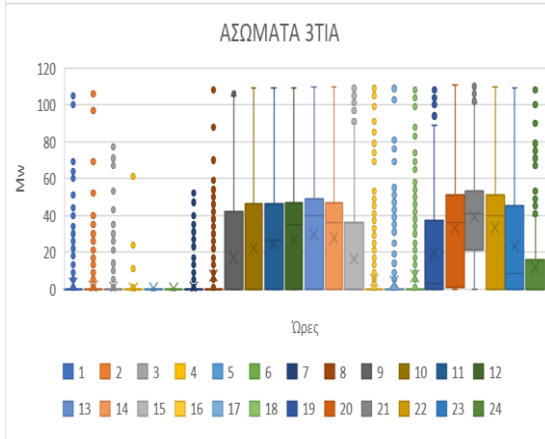
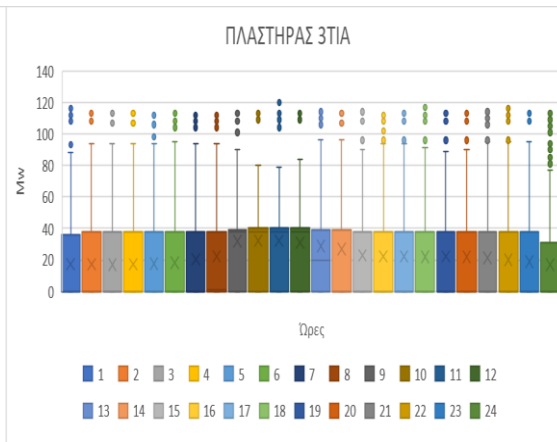
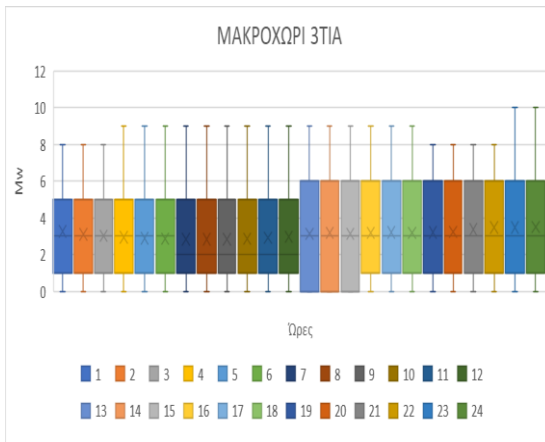
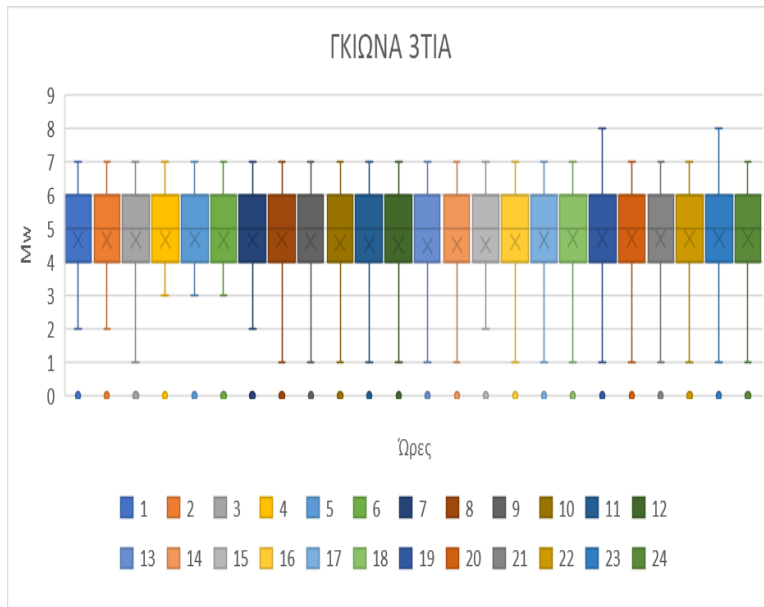
**Σχήμα Π18:** Ωριαίες τιμές συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 και την χειμερινή περίοδο (Γκιώνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)



**Σχήμα Π19:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Καστράκι, Αώος, Ιλαρίων, Κρεμαστά, Λάδωνας, Πλατανοβρυσίου)



**Σχήμα Π20:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Θησαυρός, Πολύφυτο, Πουρνάρι 1 και 2, Στράτος 1 και Σφηκιά)



**Σχήμα Π21:** Ωριαία εύρη διακύμανσης τιμών συντελεστή φορτίου για τα έτη 2018-2020 (Γκίωνα, Μακροχώρι, Πλαστήρας, Ασώματα, Άγρας)