



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μεταβλητότητα και συσχετισμός της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα σε χώρες της Ευρώπης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δωροθέα Σ. Νασιούδη

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μεταβλητότητα και συσχετισμός της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα σε χώρες της Ευρώπης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Δωροθέας Σ. Νασιούδη

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 13^η Ιουλίου 2016.

.....

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Χρυσόστομος Δούκας
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

.....

Δωροθέα Σ. Νασιούδη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Δωροθέα Σ. Νασιούδη, 2016

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 προς την συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν την συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μεταβλητότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, την μεταβλητότητα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τον συσχετισμό των δύο παραπάνω μεγεθών. Μέσω της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων ωριαίας παραγωγής και ωριαίας ζήτησης, διερευνώνται τα ημερήσια, εποχικά και ετήσια χαρακτηριστικά των αντίστοιχων χρονοσειρών, καθώς και η διακύμανσή τους. Για την ανάλυση, επιλέχθηκαν χώρες που ανήκουν στην περιφέρεια της «Ηπειρωτικής Ευρώπης», όπως αυτή οριοθετείται από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ENTSO-e). Μελετήθηκε επίσης, το φαινόμενο της εξομάλυνσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, στο σύνολο των χωρών. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων και τους στόχους που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 με σκοπό την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, εξάγονται συμπεράσματα χρήσιμα για την ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συγκεκριμένα, για την περαιτέρω ανάπτυξη των χερσαίων αιολικών εγκαταστάσεων και για το διασυνοριακό εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των διασυνδέσεων, για τη βέλτιστη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: χερσαία αιολικά πάρκα, ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου

ABSTRACT

The main objective of this diploma thesis is the variability of onshore wind production and load, as well as the correlation of these two values. Using the statistical analysis of the hourly production data and the hourly demand data, we analyse the daily, seasonal and yearly characteristics of the respective time series and their variation. For the analysis, we choose some countries in the regional group of “Continental Europe”, as defined by the European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-e). Moreover, we study the smoothing effect of onshore wind production in the group of the countries. Using the results of the data processing and the targets set by the European Union concerning the reduction of the greenhouse gas emissions until 2020 for the confrontation of climate change, we make conclusions that can be used for the energy policy of the European Union and more precisely, in the development of new onshore wind installations and the cross-border electricity trade via interconnectors, so as the exploitation of wind energy is made in the most efficient way.

Keywords: onshore wind, electric energy demand, electricity generation, climate change, greenhouse effect

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Με αφορμή την ολοκλήρωσή της, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ψαρρά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεσή της και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, το οποίο μάλιστα καθόρισε την απόφαση για την επιλογή των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Δημήτριο Αγγελόπουλο, για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την συνεργασία μας σε όλα τα στάδια υλοποίησης της εργασίας.

Κυρίως όμως, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, η οποία καθόλη τη διάρκεια των μαθητικών και φοιτητικών μου χρόνων, ήταν πάντα στο πλευρό μου. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον πατέρα μου, χωρίς του βοήθεια του οποίου, θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη για εμένα η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για όλες τις όμορφες στιγμές που περάσαμε μαζί στα φοιτητικά μας χρόνια.

Δωροθέα Νασιούδη

Μελίσσια, Ιούλιος 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.....	15
1.2 Στάδια Υλοποίησης	16
1.3 Δομή της εργασίας	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	19
2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	21
2.1.1 Τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου	21
2.1.2 Ο μηχανισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	21
2.1.3 Τα αέρια του θερμοκηπίου.....	23
2.1.4 Μελλοντικές επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου	30
2.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	31
2.2.1 Ορισμός Ανανεώσιμης Ενέργειας.....	31
2.2.2 Σύντομη περιγραφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	32
2.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής.....	37
2.4 Στόχοι 2020 και Εθνικά Σχέδια Δράσης.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	55
3.1 Εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων αιολικών πάρκων.....	57
3.2 Πλεονεκτήματα και Αδυναμίες Αιολικής ενέργειας.....	59
3.2.1 Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας	59
3.2.2 Αδυναμίες αιολικής ενέργειας	60

3.2.2.1 Περιβαλλοντικού χαρακτήρα αδυναμίες αιολικής ενέργειας	60
3.2.2.2 Κοινωνική αποδοχή των αιολικών πάρκων.....	63
3.2.2.3 Τεχνικού χαρακτήρα αδυναμίες της αιολικής ενέργειας	65
3.3 Προσδιορισμός της συνεισφοράς των αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος.....	67
3.4 Μεταβλητότητα ζήτησης και ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	75
4.1 Δεδομένα της ανάλυσης.....	77
4.2 Μεταβλητότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα.....	79
4.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας παραγωγής.....	80
4.2.1.1 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας παραγωγής	84
4.2.1.2 Εποχική κατανομή της παραγωγής.....	86
4.2.1.3 Ημερήσια συμπεριφορά της παραγωγής.....	90
4.2.2 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής	94
4.2.2.1 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής.....	103
4.2.2.2 Εξάρτηση της μεταβλητότητας από το επίπεδο παραγωγής	106
4.2.2.3 Διακύμανση 4-ωρών της παραγωγής.....	110
4.3 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας	119
4.3.1 Χρονοσειρές ωριαίας ζήτησης	119
4.3.1.1 Ημερήσια και εποχική συμπεριφορά της ζήτησης.....	120
4.3.2 Ωριαία διακύμανση της ζήτησης	124
4.3.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης.....	124
4.3.2.2 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης	128
4.3.2.3 Διακύμανση 4-ωρών της ζήτησης	130

4.4 Συνδυασμός ζήτησης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα	136
4.4.1 Σενάρια με αυξανόμενα επίπεδα διείσδυσης	136
4.4.2 Αύξηση της μεταβλητότητας στο φορτίο και στο καθαρό φορτίο	138
4.4.3 Ράμπες φορτίου και παραγωγής ανά ώρα.....	143
4.4.4 Περιπτώσεις υψηλού και χαμηλού επιπέδου διείσδυσης	150
4.4.4.1 Υψηλό επίπεδο διείσδυσης.....	150
4.4.4.2 Ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα κατά τη διάρκεια του μέγιστου φορτίου.....	156
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	167
5.1 Συμπεράσματα	169
5.2 Προτάσεις για μελλοντική εργασία.....	172
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	173
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	181
Π.1 Μεταβλητότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα.....	183
Π.1.1 Χρονοσειρές ωριαίας παραγωγής	183
Π.1.2 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής.....	189
Π.1.3 Χρονοσειρές 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής.....	195
Π.2 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.....	202
Π.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης.....	202
Π.2.2 Διακύμανση 4-ωρών της ζήτησης	208
Π.2.2.1 Χρονοσειρές 4-ωρών διακύμανσης της ζήτησης.....	208
Π.2.2.2 Στατιστικοί δείκτες 4-ωρών διακύμανσης της ζήτησης.....	214

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Τα τελευταία χρόνια, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, η περιβαλλοντική ρύπανση και η συνεχής εξάντληση των φυσικών πόρων της γης, είναι θέματα προς συζήτηση πρώτης προτεραιότητας διεθνώς. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής συνοδεύεται από μεγάλες αλλαγές στην ενεργειακή και καταναλωτική συμπεριφορά των ανθρώπων, με αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης τις τελευταίες δεκαετίες. Ως αποτέλεσμα, η ανάγκη αποστροφής από τις συμβατικές πηγές ενέργειας οι οποίες ευθύνονται για την έκλυση των αερίων του θερμοκηπίου και η αντικατάστασή τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι πλέον επιτακτική.

Πολλά κράτη, διεθνείς οργανισμοί και επιχειρήσεις έχουν σχηματίσει δίκτυα αλλά και πρωτοβουλίες σχετικά με την καθαρή ενέργεια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) έχοντας ως βάση το πρωτόκολλο του Κιότο, που υπογράφηκε το 2005, έχει θέσει τους δικούς της ενεργειακούς στόχους. Συγκεκριμένα, με το «Πακέτο για την Ενέργεια και το Κλίμα» δεσμεύεται ως σύνολο μέχρι το έτος 2020 να μειώσει συνολικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, να παράγει το 20% της ενέργειας που ζητείται από ανανεώσιμες πηγές και να βελτιώσει κατά 20% την ενεργειακή της αποδοτικότητα.

Μία από τις ραγδαία αναπτυσσόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην επίτευξη των παραπάνω στόχων και γενικότερα στην αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής είναι η αιολική ενέργεια. Παρά τα ποικίλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα χερσαία αιολικά πάρκα, την εγκατάστασή τους πρέπει να προηγείται ενδελεχής μελέτη και σχεδιασμός, ο οποίος θα επιτρέψει την μέγιστη δυνατή συνεισφορά των αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος όπου εισάγονται. Η μεταβλητή φύση του ανέμου από τον οποίο εξαρτάται η ηλεκτροπαραγωγή των αιολικών εγκαταστάσεων, σε συνδυασμό με την αδυναμία πρόβλεψης αυτού, καθιστούν τη βέλτιστη αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού ένα πολύπλοκο ζήτημα.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η διερεύνηση της μεταβλητότητας της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, καθώς και ο συσχετισμός των δύο παραπάνω μεγεθών σε χώρες της Ευρώπης. Η μελέτη των δύο αυτών μεγεθών ξεχωριστά και συνδυαστικά μας επιτρέπει να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης σχετικά με την αιολική ενέργεια.

1.2 Στάδια Υλοποίησης

Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία ξεκινά από τον Μάρτιο του 2015 και φτάνει μέχρι και τον Ιούνιο του 2016. Υπήρξαν διάφορα στάδια υλοποίησης, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

1. Άντληση πληροφοριών σχετικών με την ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης και την τρέχουσα εγκατεστημένη ισχύ των χερσαίων αιολικών πάρκων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μελέτη βιβλιογραφίας σχετικής με τη συνεισφορά των χερσαίων αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος και των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται.
2. Επιλογή ανάλυσης του παράγοντα της μεταβλητότητας και του συσχετισμού της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα.
3. Επιλογή μελέτης της περιφέρειας της Ηπειρωτικής Ευρώπης, όπως αυτή οριοθετείται από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Ηλεκτρικής Ενέργειας ENTSO-e (European Network of Transmission System Operators for Electricity) και επιλογή της Αυστρίας, της Γαλλίας, της Γερμανίας, της Ισπανίας και της Ρουμανίας ως οι καταλληλότερες χώρες για την ανάλυση. Οι χώρες αυτές επιλέχθηκαν με βάση τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων στοιχείων και την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη της εξεταζόμενης περιφέρειας. Σημαντικός παράγοντας αποτέλεσε επίσης το γεγονός ότι περίπου το 72% της εγκατεστημένης ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων της εν λόγω περιφέρειας, εντοπίζεται στις συγκεκριμένες χώρες.
4. Αναζήτηση και επεξεργασία των δεδομένων της ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά στις επιλεγθείσες χώρες. Η αναζήτηση αυτή έγινε μέσω διαδικτύου και συγκεκριμένα στις ιστοσελίδες των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας των χωρών. Επιλέχθηκαν τα στοιχεία για τα έτη 2013-2015, όντας τα πιο πρόσφατα και έγινε αναγωγή τους σε ωριαία βάση όπου χρειαζόταν, ώστε να είναι συγκρίσιμα.
5. Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή και περιγραφή διαγραμμάτων και πινάκων. Αναλύονται τα ωριαία, ημερήσια, εποχικά και ετήσια χαρακτηριστικά των αντίστοιχων χρονοσειρών, καθώς και η διακύμανσή τους, ενώ διερευνάται και ο συσχετισμός τους.
6. Εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεις για μελλοντική εργασία.

1.3 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια, σε καθένα από τα οποία αναλύονται τα εξής:

- Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και η δομή της.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι μελλοντικές επιπτώσεις του. Περιγράφονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής και αναλύονται οι στόχοι των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέχρι το 2020.
- Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες της αιολικής ενέργειας. Περιγράφεται σύντομα το ζήτημα προσδιορισμού της συνεισφοράς των χερσαίων αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος και ο ρόλος της μεταβλητότητας της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα στον προσδιορισμό αυτό.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετώνται τα χαρακτηριστικά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, καθώς και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις επιλεγμένες χώρες και το σύνολό τους. Στη συνέχεια, γίνεται συνδυασμός των δύο παραπάνω μεγεθών και αναλύεται ο συσχετισμός τους.
- Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια καθολική παρουσίαση των συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας και προτείνονται ιδέες για μελλοντική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

2.1.1 Τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Greenhouse Effect) είναι μία φυσική διαδικασία, απαραίτητη για τη διατήρηση της θερμοκρασίας της Γης σε φυσιολογικά επίπεδα. Χάρη σ' αυτό, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης διατηρείται στο επίπεδο των 15°C, κατάλληλη θερμοκρασία για να υπάρχει ζωή και ανάπτυξη. Χωρίς τον μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της Γης θα έπεφτε κατακόρυφα, και θα έφτανε περίπου στους -20°C, όσο και η θερμοκρασία της Σελήνης.

Η έκφραση “φαινόμενο του θερμοκηπίου” απέκτησε αρνητική χροιά όταν παρατηρήθηκε από επιστήμονες ότι το φαινόμενο εντείνεται πάνω από τα φυσιολογικά όρια, λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας.[4] Ο πρώτος επιστήμονας που διαπίστωσε τον “εκφυλισμό” του φαινομένου του θερμοκηπίου, ήταν ο Γάλλος μαθηματικός, αστρονόμος και φυσικός Ζοζέφ Φουριέ, το 1824, ενώ ο μηχανισμός του διερευνήθηκε συστηματικά από το Σουηδό χημικό Σβάντε Αρρένιους.

Η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων ως προς τις αρνητικές επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τον ίδιο, δημιούργησε την ανάγκη ίδρυσης οργανώσεων, οι οποίες μελετούν τα αίτια και τις πιθανές μεθόδους αντιμετώπισης της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ο οργανισμός που μελετά την διάσταση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής είναι ο IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Η IPCC είναι ένα διακυβερνητικό όργανο υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) από το 1988. Επανεξετάζει και αξιολογεί τις πλέον πρόσφατες επιστημονικές, τεχνικές και κοινωνικό-οικονομικές μελέτες που παράγονται σε όλο τον επιστημονικό κόσμο σχετικά με την αλλαγή του κλίματος, έτσι ώστε να παρέχει αυστηρή και αντικειμενική επιστημονική πληροφορία στους φορείς λήψης αποφάσεων.[2]

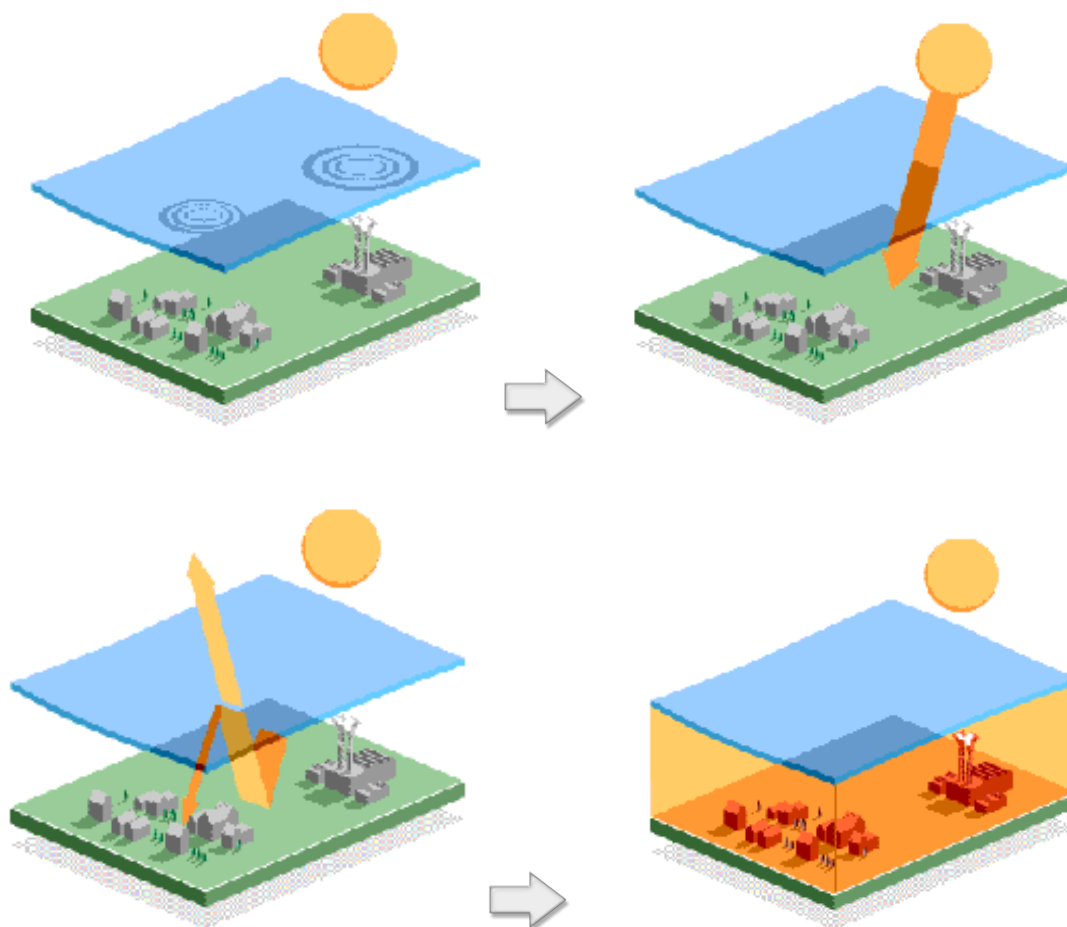
2.1.2 Ο μηχανισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου

Η Γη δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής ανακλάται πάλι στο διάστημα, ενώ ένα μέρος της απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, ενώ το υπολοιπόμενο 70% απορροφάται, κατά 19% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος) και τα

νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.[84]

Λόγω της θερμοκρασίας της, η Γη εκπέμπει επίσης θερμική ακτινοβολία, η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος (υπέρυθρη), σε αντίθεση με την αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία, που είναι μικρού μήκους κύματος. Η ατμόσφαιρα της Γης διαθέτει μεγάλη αδιαφάνεια στην, μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία, έχει δηλαδή την ικανότητα να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της, ποσοστό περίπου 71%. Η ίδια η ατμόσφαιρα επανεκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία, μέρος της οποίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, η οποία θερμαίνεται ακόμη περισσότερο. Η γήινη ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται, με τον τρόπο αυτό, ως μία δεύτερη -μαζί με τον Ήλιο- πηγή θερμότητας. Αποτέλεσμα του συνολικού φαινομένου είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη.

Ο μηχανισμός του φαινομένου ταυτίζεται συχνά με τη λειτουργία ενός πραγματικού θερμοκηπίου, όπως παρίσταται στην Εικόνα 1 [72] ωστόσο η ταύτιση αυτή αποτελεί υπεραπλούστευση, καθώς τα θερμοκήπια στηρίζονται στην "απομόνωση" της θερμότητας και την εξάλειψη φαινομένων μεταφοράς της.[2]



Εικόνα 1. Παραστατική Απεικόνιση του Φαινομένου του Θερμοκηπίου

2.1.3 Τα αέρια του θερμοκηπίου

Όλα τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναφέρονται συνολικά με τον όρο “αέρια του θερμοκηπίου”. Μπορούμε να διαχωρίσουμε το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε “φυσικό” και “ανθρωπογενές”, με κριτήριο εάν αναφερόμαστε στην φυσική έκταση του φαινομένου ή την επιδείνωσή του λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η πλειοψηφία των αερίων του θερμοκηπίου είναι αέρια τα οποία υπάρχουν στην φύση και συμβάλλουν, τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου είναι τα κυριότερα και πιο επιβλαβή αέρια του θερμοκηπίου, των οποίων η αύξηση λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, ευθύνεται για την επιδείνωση του φαινομένου. Απορροφούν την μεγάλη μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία θερμαίνοντας την επιφάνεια. Εκτός από τα προαναφερθέντα, στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλλουν επίσης και οι υδρατμοί και το όζον. Συγκεκριμένα μάλιστα, το όζον έχει ημιδιαφάνεια και στην ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να απορροφά ένα μέρος της, συμβάλλοντας ως ένα βαθμό και στην ψύξη της γήινης επιφάνειας.

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου διαχωρισμένα στις κατηγορίες του φυσικού και του ανθρωπογενούς φαινομένου.

Φυσικό Φαινόμενο	Ανθρωπογενές Φαινόμενο
Υδρατμοί (H ₂ O)	Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)
Μεθάνιο (CH ₄)	Μεθάνιο (CH ₄)
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)
Όζον (O ₃)	Φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	

Πίνακας 1. Κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου ανά κατηγορία (Φυσικό-ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου)

Παρακάτω αναλύονται συνοπτικά τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου:

Υδρατμοί:

Το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί (H₂O), οι οποίοι ευθύνονται για περίπου τα 2/3 του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Στην ατμόσφαιρα, τα μόρια νερού δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπει η Γη και έπειτα την εκπέμπουν εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια της Γης πριν επιστρέψουν τελικά στο διάστημα. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας

αποτελούν τμήμα του υδρολογικού κύκλου, ενός κλειστού συστήματος κυκλοφορίας του νερού -το οποίο είναι διαθέσιμο σε πεπερασμένες ποσότητες στη Γη- από τους ωκεανούς και το έδαφος στην ατμόσφαιρα και από εκεί πίσω στο έδαφος μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής, της συμπύκνωσης και της κατακρήμνισης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν αυξάνουν τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, ο θερμότερος αέρας μπορεί να κατακρατήσει πολύ περισσότερη υγρασία και συνεπώς, οι αυξημένες θερμοκρασίες εντείνουν περαιτέρω τις κλιματικές αλλαγές.

Διοξείδιο του άνθρακα:

Ο κυριότερος συντελεστής του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Ευθύνεται παγκοσμίως για τουλάχιστον το 60% του ανθρωπογενούς φαινομένου των αερίων θερμοκηπίου. Στις βιομηχανικές χώρες, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί τουλάχιστον το 80% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Στη Γη υπάρχουν πεπερασμένες ποσότητες άνθρακα, οι οποίες, όπως και το νερό, ανακυκλώνονται με τον "κύκλο του άνθρακα". Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα στο οποίο ο άνθρακας κινείται μεταξύ της ατμόσφαιρας, της επίγειας βιόσφαιρας και των ωκεανών. Τα φυτά απορροφούν CO₂ από την ατμόσφαιρα κατά τη φωτοσύνθεση. Χρησιμοποιούν τον άνθρακα για να συνθέσουν τους ιστούς τους και τον απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα, όταν ξεραίνονται και αποσυντίθενται. Ο οργανισμός των ζώων (και των ανθρώπων) περιέχει κι αυτός άνθρακα, τον οποίο λαμβάνει από τα βρώσιμα φυτά ή από τα ζώα που καταναλώνουν αυτά τα φυτά. Ο άνθρακας απελευθερώνεται ως CO₂ με την αναπνοή, καθώς και με το θάνατο και την αποσύνθεση. Τα ορυκτά καύσιμα είναι τα απολιθωμένα υπολείμματα νεκρών ζώων και φυτών, τα οποία συντίθενται υπό συγκεκριμένες συνθήκες σε διάστημα εκατομμυρίων ετών και, συνεπώς, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Με την ευρεία έννοια, το κάρβουνο δεν είναι παρά υπολείμματα καμένων δασών, ενώ το πετρέλαιο προέρχεται από τη χλωρίδα των ωκεανών, αφού οι ωκεανοί απορροφούν CO₂, που χρησιμοποιείται σε διαλυμένη μορφή για τη φωτοσύνθεση της θαλάσσιας χλωρίδας.

Πολλά δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα ανταλλάσσονται με φυσικό τρόπο κάθε χρόνο μεταξύ της ατμόσφαιρας, των ωκεανών και της επίγειας χλωρίδας. Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρουσίαζαν αποκλίσεις μικρότερες από 10% κατά τη διάρκεια των 10.000 χρόνων που προηγήθηκαν της βιομηχανικής επανάστασης. Ωστόσο, από το 1800 η συγκέντρωσή του έχει αυξηθεί κατά περίπου 30%, καθώς τεράστιες ποσότητες ορυκτών καυσίμων καίγονται για να παραχθεί ενέργεια, κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες. Σήμερα εκπέμπουμε στην ατμόσφαιρα τουλάχιστον 25 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ το χρόνο. Πρόσφατα,

Ευρωπαίοι ερευνητές ανακάλυψαν ότι οι τρέχουσες συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι τώρα υψηλότερες από ποτέ κατά τα τελευταία 650.000 χρόνια. Πραγματοποιήθηκε πυρηνοληψία πάγου σε βάθος άνω των 3 χιλιομέτρων στους πάγους της Ανταρκτικής οι οποίοι διαμορφώθηκαν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν. Ο πάγος περιέχει φυσαλίδες αέρα, οι οποίες μας δίνουν πληροφορίες για την ατμοσφαιρική σύσταση σε διάφορες εποχές της ιστορίας του πλανήτη. Το CO₂ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα για 50-200 χρόνια, ανάλογα με τον τρόπο ανακύκλωσης και επιστροφής του στο έδαφος και τους ωκεανούς.

Μεθάνιο:

Το δεύτερο σημαντικό αέριο που ευθύνεται για το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το μεθάνιο (CH₄). Από τις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης, οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις μεθανίου έχουν διπλασιαστεί και συμβάλλουν κατά περίπου 20% στην ενίσχυση του φαινομένου των αερίων θερμοκηπίου. Στις βιομηχανικές χώρες, το μεθάνιο αποτελεί συνήθως το 15% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Το μεθάνιο συντίθεται, κατά κύριο λόγο, από βακτήρια που ενισχύονται με οργανικές ύλες ελλείψει οξυγόνου. Συνεπώς, εκπέμπεται από διάφορες φυσικές πηγές και πηγές που επηρεάζονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, με κυριότερες τις ανθρωπογενείς εκπομπές. Οι φυσικές πηγές περιλαμβάνουν υγρότοπους, τερμίτες και ωκεανούς. Οι πηγές που επηρεάζονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα περιλαμβάνουν την εξόρυξη και την καύση ορυκτών καυσίμων, την κτηνοτροφία (τα βοοειδή καταναλώνουν φυτά, τα οποία ζυμώνονται στο πεπτικό τους σύστημα και τα οποία εκπέμπουν μεθάνιο μέσω της εκπνοής και των περιττωμάτων τους), τις ορυζοκαλλιέργειες (οι ορυζώνες παράγουν μεθάνιο καθώς οι οργανικές ύλες του εδάφους αποσυντίθενται χωρίς αρκετό οξυγόνο) και τους χώρους ταφής (κι εδώ τα οργανικά απόβλητα αποσυντίθενται χωρίς αρκετό οξυγόνο). Το μεθάνιο στην ατμόσφαιρα δεσμεύει θερμότητα 23 φορές πιο αποτελεσματικά από το CO₂. Ωστόσο, η διάρκεια ζωής του είναι μικρότερη και κυμαίνεται από 10 έως 15 χρόνια.

Υποξείδιο του αζώτου:

Το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) απελευθερώνεται με φυσικό τρόπο από τους ωκεανούς και τα παρθένα δάση, καθώς και από τα βακτήρια του εδάφους. Οι πηγές που επηρεάζονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα περιλαμβάνουν τα αζωτούχα λιπάσματα, την καύση ορυκτών καυσίμων και τη βιομηχανική χημική παραγωγή με χρήση αζώτου, όπως είναι η επεξεργασία λυμάτων. Στις βιομηχανικές χώρες, το N₂O αποτελεί το 6% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Όπως το CO₂ και το μεθάνιο, έτσι και το υποξείδιο του αζώτου είναι ένα αέριο θερμοκηπίου, του οποίου τα μόρια

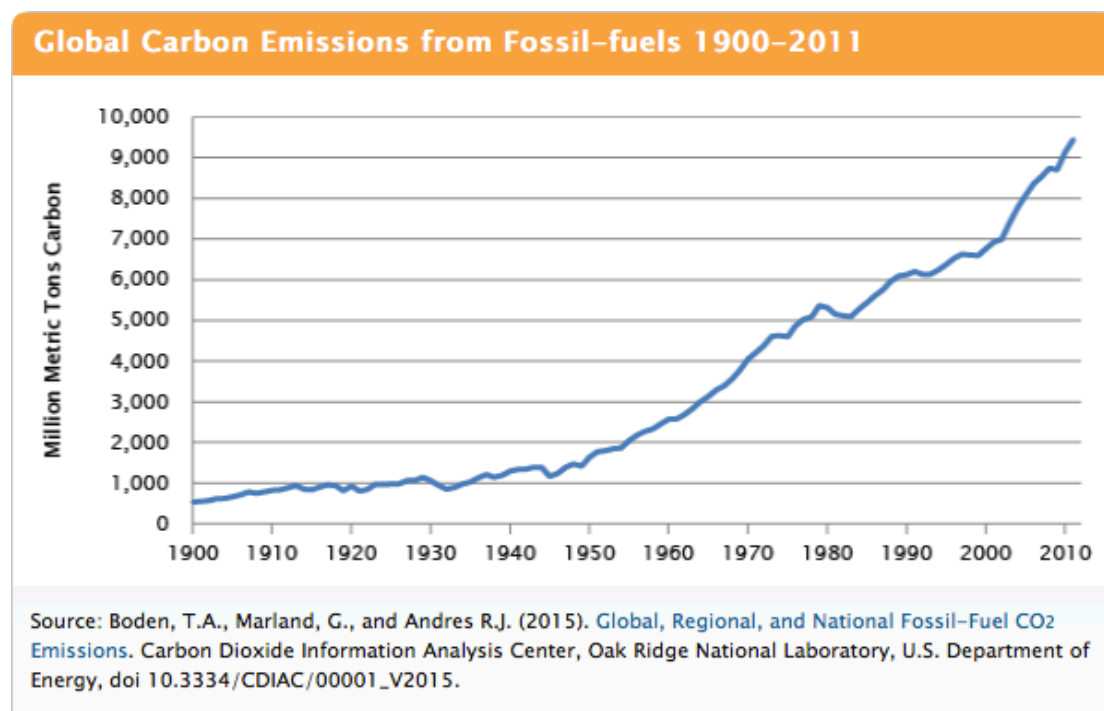
απορροφούν θερμότητα που προσπαθεί να διαφύγει στο διάστημα. Το N₂O είναι 310 φορές πιο αποτελεσματικό από το CO₂ στην απορρόφηση της θερμότητας. Από τις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης, οι συγκεντρώσεις υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί κατά περίπου 16% και συμβάλλουν κατά 4% έως 6% στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου:

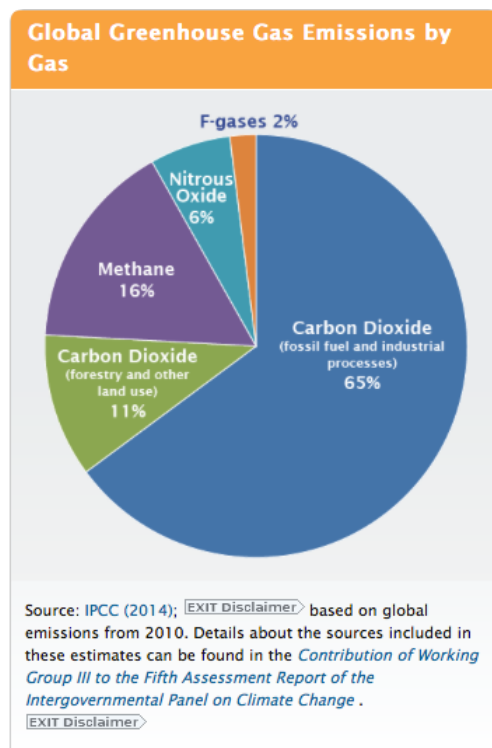
Είναι τα μόνα αέρια θερμοκηπίου που δεν έχουν συντεθεί με φυσικό τρόπο, αλλά έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο για βιομηχανικούς σκοπούς. Το μερίδιό τους στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις βιομηχανικές χώρες είναι περίπου 1,5%. Όμως, είναι εξαιρετικά ισχυρά - μπορούν να δεσμεύσουν θερμότητα 22.000 φορές πιο αποτελεσματικά από ό,τι το CO₂- και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για χιλιάδες χρόνια. Τα φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου περιλαμβάνουν τους υδροφθοράνθρακες που χρησιμοποιούνται για την ψύξη και την κατάψυξη, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων κλιματισμού, το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) που χρησιμοποιείται για παράδειγμα στην ηλεκτρονική βιομηχανία και τους υπερφθοράνθρακες (PFC) που εκπέμπονται κατά την παραγωγή αλουμινίου και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική βιομηχανία. Αδιαμφισβήτητα, τα γνωστότερα από αυτά τα αέρια είναι οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) που δεν είναι μόνον φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου, αλλά καταστρέφουν και το στρώμα του όζοντος. Αποσύρονται σταδιακά από την κυκλοφορία σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987 για τις ουσίες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος.[77]

Η σημερινή κατανομή των αερίων του θερμοκηπίου που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες, διαφέρουν σημαντικά από τα προ-βιομηχανικά επίπεδα. Στο Διάγραμμα 1 φαίνεται η αύξηση των εκπομπών του CO₂ λόγω καύσης ορυκτών καυσίμων, από το 1900 μέχρι το 2011, σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, στο Διάγραμμα 2 φαίνεται η κατανομή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, ανά αέριο, ενδεικτικά για μία χρονιά και συγκεκριμένα για το έτος 2010, σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρατηρούμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα καταλαμβάνει ποσοστό 76%, εκ του οποίου το 65% οφείλεται σε καύσεις ορυκτών και βιομηχανικές διαδικασίες και το 11% οφείλεται σε αγροτικές δραστηριότητες. Στην συνέχεια, ακολουθεί το μεθάνιο με 16%, το υποξείδιο του αζώτου με 6% και τέλος, τα φθοριούχα αέρια με 2%. Τέλος, στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η κατανομή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, ανά τομέα δραστηριότητας, ενδεικτικά για μία χρονιά και συγκεκριμένα για το έτος 2010, σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρατηρούμε ότι το 25% των εκπομπών οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας μέσω της καύσης κάρβουνου, φυσικού αερίου και πετρελαίου (δεν περιλαμβάνονται οι ανάγκες

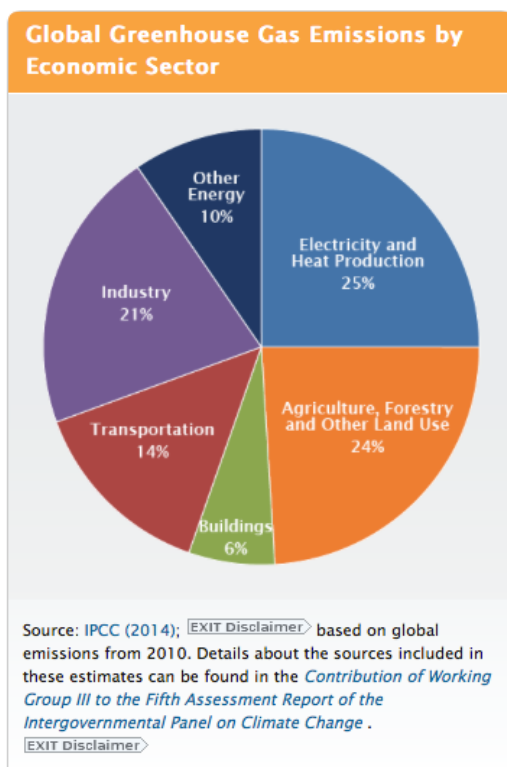
ηλεκτρισμού της βιομηχανίας) και ακολουθεί πολύ κοντά με ποσοστό 24% ο τομέας της γεωργίας, δασοκομίας και λοιπών χρήσεων Γης. Ακολουθεί ο τομέας της βιομηχανίας με ποσοστό 21%, όπου περιλαμβάνονται εκπομπές ορυκτών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή, αλλά και εκπομπές που οφείλονται στη διαδικασία επεξεργασίας χημικών μεταλλουργικών και μεταλλικών υλικών και τη διαχείριση των αποβλήτων. Στη συνέχεια, με ποσοστό 14% ακολουθεί ο τομέας των μεταφορών, ενώ ποσοστό 6% των εκπομπών προέρχονται από την οικιακή παραγωγή ενέργειας για θέρμανση ή μαγείρεμα (η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται εξαιρείται και εντάσσεται στον τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης). Τέλος, ένα ποσοστό 10% προέρχεται από άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με τον τομέα της ενέργειας, όπως οι εκπομπές από την εξαγωγή και την επεξεργασία των καυσίμων.



Διάγραμμα 1. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λόγω καύσης ορυκτών καυσίμων σε εκατομμύρια τόνους, από το 1900 ως το 2011 σε παγκόσμιο επίπεδο

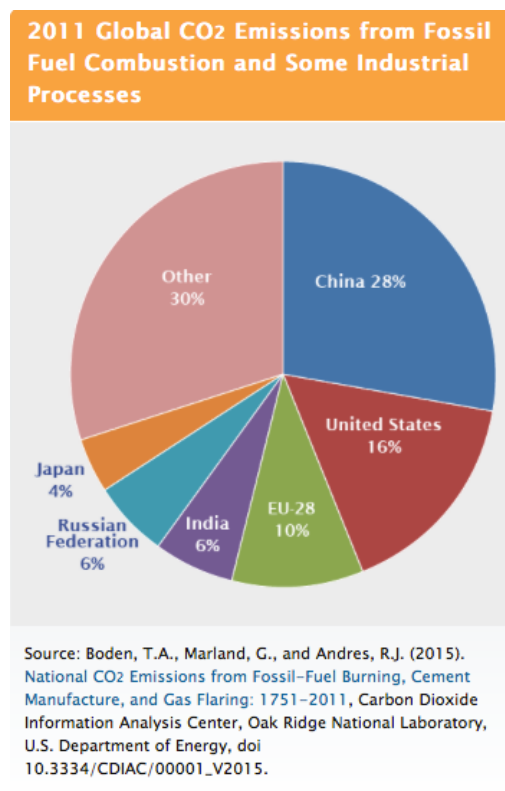


Διάγραμμα 2. Κατανομή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, ανά αέριο, για το έτος 2010, σε παγκόσμιο επίπεδο



Διάγραμμα 3. Κατανομή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, ανά τομέα δραστηριότητας, για το έτος 2010, σε παγκόσμιο επίπεδο

Από τις αναλύσεις της IPCC για μελλοντικά σενάρια εκπομπών, έχει καταστεί προφανές ότι θα χρειαστούν σημαντικές μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για να σταθεροποιηθούν οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου σε ασφαλή επίπεδα. Σταθεροποίηση στα τρέχοντα επίπεδα θα απαιτήσει μειώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο των εκπομπών του, με ακόμη μεγαλύτερες περικοπές στις βιομηχανικές χώρες. Ενδεικτικά, στο Διάγραμμα 4 φαίνεται το ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από καύσεις ορυκτών καυσίμων και από βιομηχανικές διαδικασίες, ανά χώρα, για το έτος 2011. Παρατηρούμε ότι η Κίνα ευθύνεται για το 28% των εκπομπών, οι ΗΠΑ για το 16%, η Ευρωπαϊκή Ένωση (28 χώρες) για το 10%, η Ινδία και η Ρωσία για 6% έκαστη, η Ιαπωνία για το 4% και το υπολοιπόμενο 30% των εκπομπών προέρχεται από όλες τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου.[82]



Διάγραμμα 4. Ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από καύσεις ορυκτών καυσίμων και από βιομηχανικές διαδικασίες, ανά χώρα, για το έτος 2011

2.1.4 Μελλοντικές επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου

Η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, γεγονός που επιφέρει την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με την IPCC, ως κλιματική αλλαγή ορίζεται «η αλλαγή του κλίματος και η μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών του, η οποία παρατηρείται για εκτεταμένο χρονικό διάστημα, τυπικά δεκαετίες ή περισσότερο». Ο ορισμός αυτός αναφέρεται σε οποιαδήποτε αλλαγή του κλίματος στην πάροδο του χρόνου, είτε αυτή οφείλεται σε φυσικές διαδικασίες είτε στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Αφού όμως οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι ο βασικός λόγος της αλλαγής του κλίματος της Γης τα τελευταία χρόνια, ο έλεγχος αυτών των εκπομπών θα οδηγήσει και στην σταθεροποίηση του κλίματος. Έτσι λοιπόν, η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) επικεντρώνεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, προτείνοντας τον εξής ορισμό για την κλιματική αλλαγή: «η αλλαγή του κλίματος που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία μεταλλάσσει την σύσταση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας, συμπληρωματικά με την φυσική μεταβλητότητα του κλίματος που έχει παρατηρηθεί σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους».[59] Η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι πιο έντονη στις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους συγκριτικά με αυτές του ισημερινού και θα έχει ποικίλες επιδράσεις, από περιβαλλοντικές μέχρι και κοινωνικές.

Καταρχάς, η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει το λιώσιμο των πολικών πάγων και ως εκ τούτου και την αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Αναμένεται η στάθμη της θάλασσας να έχει αυξηθεί από 0,40m ως 0,63m μέχρι το 2100, ανάλογα με τις εκπομπές που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα.[44] Η αύξηση αυτή, θέτει σε κίνδυνο πλημμύρας παράκτιες περιοχές και νησιά που βρίσκονται κοντά στο επίπεδο της θάλασσας.

Η αλλαγή κλιματικών ζωνών μπορεί να αποβεί μοιραία για τα δάση αφού θα τεθούν σε κίνδυνο ευαίσθητα οικοσυστήματα δασών και υγροτόπων, ενώ η συχνότητα ισχυρών καταιγίδων και άλλων ακραίων καιρικών φαινομένων όπως ξηρασίες και πλημμύρες αναμένεται να αυξηθούν. Το φαινόμενο El-Niño, δηλαδή η μεταβολή στην ταλάντωση του Νότιου Ωκεανού, η οποία συνήθως συμβαίνει κάθε 9 χρόνια και επιφέρει σοβαρές μεταβολές στο καιρικό πρότυπο παγκοσμίως, ενδέχεται να είναι σοβαρότερο και συχνότερο εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει στην ψύξη ορισμένων περιοχών. Για παράδειγμα, το Ρεύμα του Κόλπου ζεσταίνει αυτή τη στιγμή τα νερά του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού και κάνει ήπιο το δυτικό-

ευρωπαϊκό κλίμα. Σε άλλη περίπτωση θα επαναληφθεί ότι συνέβαινε σε παλαιότερες εποχές, όπου παγόβουνα εμφανίζονταν τακτικά στη Βόρεια Θάλασσα. Ως περαιτέρω κίνδυνο, το στρώμα πάγου της Δυτικής Ανταρκτικής μπορεί να βυθιστεί προκαλώντας μια ξαφνική άνοδο στη στάθμη της θάλασσας.

Όλες οι παραπάνω αλλαγές θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κοινωνίες που πλήττονται, αλλά και στην παγκόσμια κοινότητα ως σύνολο. Η αγροτική παραγωγή καθώς και η αλιεία θα πληγούν, αυξάνοντας τον κίνδυνο της πείνας σε πολλές περιοχές, ενώ οι περιοχές που θα αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο πλημμύρων, θα αντιμετωπίσουν και εκτεταμένες καταστροφές στις υποδομές τους. Η αλλαγή κλιματικών ζωνών ενδεχομένως να ενισχύσει την έλλειψη νερού σε κάποιες περιοχές, ενώ παράλληλα αυξάνεται και ο κίνδυνος εξάπλωσης ασθενειών όπως η μαλάρια, αφού το κλίμα θα είναι πιο θετικό για την αναπαραγωγή και εξάπλωση των ξενιστών που τις μεταφέρουν. Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας μαζικής μετανάστευσης μεγάλου ποσοστού πληθυσμού από τις πληγείσες περιοχές, ενώ θα δημιουργηθούν ή θα ενταθούν ήδη υπάρχουσες κοινωνικοοικονομικές ανισότητες ανάμεσα στις πληγείσες περιοχές και τον υπόλοιπο κόσμο.[83]

Με βάση την επιστημονική πρόοδο και την αρχή της καθιερωμένης προφύλαξης, προέκυψε με διεθνή συναίνεση η ανάγκη για δράση. Στην δεύτερη έκθεσή της για την αξιολόγηση, η IPCC συνιστά μια σειρά επιλογών πολιτικής για τον μετριασμό (καθώς και την προσαρμογή και την βελτίωση των γνώσεων), προκειμένου να αντιμετωπιστεί με σύνεση η κλιματική αλλαγή. Η IPCC δομεί μια έκθεση πιθανών δράσεων, που κυμαίνονται από τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης μέχρι την έρευνα νέων εναλλακτικών. Αποδεδειγμένα υπάρχουν διαθέσιμες εφικτές λύσεις για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, οπότε εναπόκειται πλέον στην πολιτική, η έναρξη της εφαρμογής τους.

2.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

2.2.1 Ορισμός Ανανεώσιμης Ενέργειας

Σύμφωνα με το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας (International Energy Agency, IEA) ως ανανεώσιμη ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που προέρχεται από φυσικές πηγές (πχ ηλιοφάνεια ή άνεμος) οι οποίες ανανεώνονται με ταχύτερο ρυθμό από τον ρυθμό κατανάλωσής τους. Με παρόμοιο τρόπο, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ αναφέρει ότι η ανανεώσιμη ενέργεια χρησιμοποιεί πηγές, οι οποίες αναπληρώνονται συνεχώς από τη φύση, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό, η θερμότητα της Γης και τα

φυτά. Οι πιο συνηθισμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμική, η ενέργεια από τη βιομάζα και η ενέργεια από την θάλασσα, ενώ υπάρχουν και άλλες ταχέως αναπτυσσόμενες μορφές όπως η οσμωτική ενέργεια, που προέρχεται από την ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού.[27]

2.2.2 Σύντομη περιγραφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

1) Ηλιακή Ενέργεια

Με το όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με την χρήση παθητικών ή ενεργητικών συστημάτων ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.[90]

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι αποδίδουν την μέγιστη ισχύ τους κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου και παρουσιάζεται η μεγαλύτερη ζήτηση. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα θερμικά ηλιακά συστήματα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια και ανάλογα με τον τόπο κατανάλωσης της παραγόμενης ενέργειας χωρίζονται σε αυτόνομα, όπου η κατανάλωση της ηλεκτροπαραγωγής γίνεται απευθείας σε παραπλήσια εγκατάσταση, ή διασυνδεδεμένα, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν πολλά οικονομικά και τεχνικά πλεονεκτήματα, όπως η ανθεκτικότητά τους, η υψηλή τους απόδοση, τα χαμηλά επίπεδα θορύβου κατά την λειτουργία τους, η έλλειψη κινούμενων μερών και οι μικρές απαιτήσεις συντήρησης.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν την συγκεντρωμένη ηλιακή ακτινοβολία για να παράγουν ατμό, τον οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιούν για την κίνηση μιας συμβατικής θερμικής μηχανής που παράγει ηλεκτρική ενέργεια.[36] Υπάρχουν διάφοροι τύποι θερμικών ηλιακών συστημάτων όπως οι πύργοι, τα παραβολικά κοίλα, τα κάτοπτρα Φρέσνελ κ.ά. Επειδή η συγκεκριμένη τεχνολογία περιλαμβάνει ένα ενδιάμεσο θερμικό μέσο, υπάρχει η δυνατότητα «υβριδοποίησης» των θερμικών ηλιακών μονάδων, ώστε να χρησιμοποιούν και ορυκτά καύσιμα, καθώς και η δυνατότητα να λειτουργούν ως «θερμικές αποθήκες» ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, αφενός οι μονάδες λειτουργούν και σε περιόδους έλλειψης ηλιοφάνειας, αφετέρου μειώνεται το μέσο κόστος της μονάδας.

2) Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια στηρίζεται στην εκμετάλλευση και μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, με την χρήση ανεμογεννητριών. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.[90]

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες μπορεί να ανήκουν σε χερσαία πάρκα ή σε παράκτια (θαλάσσια) πάρκα και έχουν εγκατεστημένη ισχύ από 600kW ως 5MW με συνηθέστερες το εύρος 1,5MW ως 3MW. Η ηλεκτροπαραγωγή από αιολικά πάρκα εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, και πιο συγκεκριμένα από τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου. Μια ανεμογεννήτρια συνήθως λειτουργεί με ταχύτητες ανέμου από 2,5 ως 25 m/s. Σε πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου η ανεμογεννήτρια δε λειτουργεί οπότε και δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, όπως και σε πολύ υψηλές ταχύτητες, όπου τερματίζεται η λειτουργία της ώστε να αποφευχθούν ζημιές στον εξοπλισμό.[35] Για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων προτιμώνται περιοχές όπου πνέουν δυνατοί και σταθεροί άνεμοι, όπως περιοχές με υψηλό υψόμετρο ή υπεράκτιες περιοχές.

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από

την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη.[90]

Σε παγκόσμια κλίμακα, υπολογίζεται ότι αν ξεπερασθούν όλα τα εμπόδια που υπεισέρχονται στην ηλεκτροπαραγωγή από αιολικά πάρκα, το αιολικό δυναμικό θα μπορεί να καλύψει 40 φορές την σημερινή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό τον λόγο, γίνονται εκτεταμένες μελέτες για την βελτιστοποίηση της απόδοσης των χερσαίων αιολικών πάρκων, αλλά και την περαιτέρω ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, τα οποία έχουν καλύτερη απόδοση από τα χερσαία, αφού η μέση ταχύτητα του ανέμου στα υπεράκτια πάρκα είναι κατά 90% μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μέση ταχύτητα στα χερσαία πάρκα.[9]

3) Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια.[90] Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και η πιο αποδοτική. Οι σύγχρονες υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν απόδοση μέχρι και 90%, τη στιγμή που οι συμβατικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες ορυκτών καυσίμων έχουν απόδοση περίπου 50%, ενώ ταυτόχρονα το κόστος παραγωγής μιας κιλοβατώρας σε υδροηλεκτρική μονάδα είναι το 1/3 του αντίστοιχου κόστους παραγωγής σε συμβατική μονάδα ορυκτών καυσίμων ή πυρηνικού εργοστασίου και το 1/6 του κόστους σε μονάδα φυσικού αερίου.[37]

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες χωρίζονται σε έργα μεγάλης κλίμακας και μικρής κλίμακας. Τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα περιλαμβάνουν την ανέγερση φραγμάτων και τη δημιουργία μεγάλων ταμιευτήρων νερού. Η δέσμευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα υδροηλεκτρικό σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα

μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων.[90]

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ευρέως κατανομημένη ανά τον κόσμο συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα και την πυρηνική ενέργεια, οπότε μπορεί να βοηθήσει στην ενεργειακή ανεξαρτησία των χωρών, χωρίς παράλληλα να επιβαρύνει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Το 2015, η συνολική ηλεκτροπαραγωγή από υδροηλεκτρικές μονάδες αποτελούσε το 16,6% της παγκόσμιας συνολικής ηλεκτροπαραγωγής και το 70% της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές.[58]

4) Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα που περιέχεται στα πετρώματα της Γης, στους υπόγειους υδροφορείς και στα αέρια που είναι εγκλωβισμένα σε κοιλότητες στο εσωτερικό της Γης.[3] Προέρχεται από την τριβή μεταξύ των τεκτονικών πλακών και από τη διάσπαση ραδιενεργών στοιχείων που υπάρχουν σε μικρές ποσότητες σε όλα τα πετρώματα. Η τεχνολογική πρόοδος έχει επιτρέψει και καταστήσει οικονομικά βιώσιμη την εύρεση και την εκμετάλλευση των γεωθερμικών πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, γίνονται γεωτρήσεις μέχρι και 5 χιλιομέτρων, όπου με κατάλληλα συστήματα και τη δημιουργία πηγαδιών, εξορύσσεται ο θερμός ατμός ή το θερμό νερό στην επιφάνεια[27] οπότε και η θερμότητα χρησιμοποιείται απευθείας ή μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Σε σχέση με την ηλεκτροπαραγωγή από την γεωθερμία, η απευθείας χρήση παρουσιάζει ποικίλα πλεονεκτήματα. Έχει υψηλότερη ενεργειακή αποδοτικότητα, και συγκεκριμένα περίπου 50-70% σε σχέση με το 5-20% της ηλεκτροπαραγωγής σε τυπικές γεωθερμικές μονάδες, γενικά μικρότερο χρόνο επεξεργασίας και συνήθως οι απαραίτητες εγκαταστάσεις απαιτούν μικρότερο ποσό επένδυσης. Επιπλέον, η απευθείας χρήση μπορεί να εφαρμοσθεί τόσο σε πηγές υψηλής θερμοκρασίας, όσο και σε πηγές χαμηλής θερμοκρασίας, οπότε είναι ευρύτερα διαθέσιμη ανά τον κόσμο. Ωστόσο, η απευθείας χρήση, όπως προδιαθέτει και το όνομά της, έχει καθαρά τοπικό χαρακτήρα, αφού ο ατμός ή το θερμό νερό δύσκολα μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή. Παραδείγματα απευθείας χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας και τα αντίστοιχα ποσοστά τους, είναι η θέρμανση εσωτερικών χώρων (33%), η χρήση για κολύμβηση (19%), η χρήση σε θερμοκήπια (14%), σε αντλίες θερμότητας (12%), σε ιχθυοκαλλιέργειες (11%) και στη βιομηχανία (10%).

Η ποσότητα της γεωθερμικής ενέργειας είναι τεράστια. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι μόλις το 1% της θερμότητας που περιέχεται στα ανώτερα 10 χιλιόμετρα του

φλοιού της Γης, είναι ισοδύναμη με 500 φορές την ενέργεια που περιέχεται σε όλα τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου της Γης. Ωστόσο, η γεωθερμική ενέργεια είναι άνισα κατενεμημένη ανά τον κόσμο, σπάνια συγκεντρωμένη και συχνά βρίσκεται σε βάθη που δεν είναι οικονομικά και τεχνολογικά προσβάσιμα.[37]

5) Ενέργεια από Βιομάζα

Η βιομάζα περιλαμβάνει το σύνολο των υλικών, που έχουν ζωική ή φυτική προέλευση, όπως φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα(πχ δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες προορίζονται για παραγωγή ενέργειας, τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της δασικής, αγροτικής και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.[3] Η ενέργεια της βιομάζας ή βιοενέργεια προκύπτει από την μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα, η ηλεκτρική ενέργεια και τα βιοκαύσιμα, όπως το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη και το βιοαέριο.[36] Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται κατά την καύση της βιομάζας, έχει ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα κατά τη δημιουργία της, οπότε η καύση της βιομάζας έχει μηδενική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.[3]

6) Ενέργεια από τη Θάλασσα

Η θάλασσα περιέχει αποθέματα ενέργειας, των οποίων η εκμετάλλευση γίνεται κυρίως με 3 κυρίως τρόπους:

α) Ενέργεια από παλίρροιας: Η βαρύτητα του ήλιου και της σελήνης προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει, οπότε κατά την κάθοδό του αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.

β) Ενέργεια από κύματα: Εκμεταλλευόμαστε την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

γ) Ενέργεια από ωκεανούς: Εκμεταλλευόμαστε τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων.

Παρότι η θάλασσα δυνητικά έχει τεράστια αποθέματα ενέργειας, μικρό ποσοστό αυτών είναι ή θα είναι εκμεταλλεύσιμα, τουλάχιστον στο άμεσο μέλλον. Η ενέργεια της θάλασσας είναι διάχυτη σε τεράστια έκταση, οπότε απαιτείται ογκώδης και ακριβός εξοπλισμός για τη συλλογή της, ενώ σημαντική δυσκολία για την

εκμετάλλευσή της είναι και το γεγονός ότι είναι συνήθως απομακρυσμένη από τα κέντρα κατανάλωσης, με όποια προβλήματα μεταφοράς αυτό συνεπάγεται.[45]

2.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής

Η ενέργεια είχε πάντα βασικό ρόλο στους πολιτικούς και στρατηγικούς σχεδιασμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Από πολύ νωρίς, έγινε ξεκάθαρο ότι όσο ο πλούτος ενός κράτους αυξάνεται, τόσο η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται. Στην ενοποιημένη συνθήκη Λειτουργίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης [30], αναφέρεται στο άρθρο 194, ότι στόχος της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία εφαρμόζεται ενιαία και ανεξαιρέτως για όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι: να διασφαλιστεί η εύρυθμη λειτουργία της ενεργειακής αγοράς, να διασφαλιστεί ο ενεργειακός ανεφοδιασμός στην Ευρωπαϊκή Ένωση, να προαχθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα και οικονομία, να ενισχυθεί η ανάπτυξη νέων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και να ενισχυθεί η ηλεκτρική διασύνδεση των δικτύων. Συμπληρώνεται στη συνέχεια από τη δέσμευση των μελών-κρατών να συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στον αγώνα ενάντια της κλιματικής αλλαγής, όπως ορίζεται και στην Single European Act (1986) και αργότερα στην συνθήκη του Μάαστριχτ(1992). Η πολιτική για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, επικεντρώθηκε κυρίως σε δύο στόχους: την αύξηση της ασφάλειας του ενεργειακού ανεφοδιασμού και στην περιβαλλοντική προστασία. Και οι δύο αυτοί στόχοι επιτυγχάνονται με την ανάπτυξη των ΑΠΕ, αφού είναι τοπικές πηγές παραγωγής ενέργειας με μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.[24]

Συνοπτικά, οι σταθμοί της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 1996, έχουν ως εξής:

- 1957: υιοθέτηση της Συνθήκης Euratom, με στόχο την εξασφάλιση τροφοδοσίας ενέργειας. Μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1973 ξεκίνησε και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ενεργειακής αποδοτικότητας
- 1973: Πρώτο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (First Environmental Action Programme), το οποίο προτείνει μία σταδιακή προσέγγιση για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών θεμάτων, κυρίως για την προστασία των υδάτων, αλλά και προτάσεις σε πρώιμο στάδιο για τον έλεγχο των εκπομπών.

- 1977: Δεύτερο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (Second Environmental Action Programme), το οποίο ουσιαστικά έρχεται να συμπληρώσει το πρώτο, θέτοντας περισσότερα ζητήματα προς επίλυση
- 1982: Τρίτο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (Third Environmental Action Programme), το οποίο τονίζει τα πιθανά ρίσκα και οφέλη από τις περιβαλλοντικές πολιτικές στην εσωτερική ενεργειακή αγορά
- δεκαετία του '80: Υιοθέτηση προγραμμάτων που προωθούν την ενεργειακή αποδοτικότητα και την περιβαλλοντική διάσταση της ενέργειας όπως τα VALOREN, PACE, JOULE
- 1986: Single European Act, όπου έχουμε τη δημιουργία της Εσωτερικής Αγοράς. Το φυσικό αέριο και η ηλεκτρική ενέργεια εντάχθηκαν ως αγαθά στην Ενιαία Αγορά (Single Market Initiative) οπότε και Εσωτερική Ενεργειακή Αγορά έγινε βασικό μέλος της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Με την Single European Act προωθείται η απελευθέρωση της αγοράς της ενέργειας. Ωστόσο, μέχρι αυτό το σημείο, η ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας δεν είναι ακόμα ανταγωνιστική. Επιπλέον, η έλλειψη νομικής βάσης (αφού όλα τα παραπάνω είναι συνθήκες και οδηγίες) οδηγεί σε αδιαφάνεια και δυσχεραίνει τη βέλτιστη αξιοποίηση των οδηγιών.[50]
- 1987: Τέταρτο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (Fourth Environmental Action Programme), στο οποίο για πρώτη φορά η προστασία του περιβάλλοντος δεν αντιμετωπίζεται ως μια συμπληρωματική δραστηριότητα στην διαδικασία παραγωγής, αλλά ως ένα απαραίτητο κομμάτι της ίδιας της διαδικασίας.
- 1992: Πέμπτο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (Fifth Environmental Action Programme), όπου μεταξύ άλλων προτείνεται η προσέγγιση των περιβαλλοντικών θεμάτων ανά τομέα δραστηριότητας και η πρόταση για θέσπιση μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων στόχων για την μείωση ρυπογόνων εκπομπών και μέτρων για επίτευξη αυτών.[38]
- 1994: Energy Charter Treaty, όπου τίθεται το πλαίσιο συνεργασίας στον τομέα της ενέργειας σε διεθνές επίπεδο[79] και Energy Charter Protocol, όπου συμφωνήθηκε από τα κράτη που συμμετείχαν να διαμορφώσουν ξεκάθαρους στόχους για την

βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και την μείωση των αρνητικών συνεπειών του κύκλου της ενέργειας στο περιβάλλον.[80]

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Ευρωπαϊκή Βουλή έχουν εκδώσει πολλά έγγραφα για την ενέργεια, τα οποία διαμόρφωσαν την ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, όσον αφορά την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα κυριότερα που αφορούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αναλύονται παρακάτω, ενώ υπάρχουν πολλές ακόμη οδηγίες που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα:[24]

- 1996: Πράσινη Βίβλος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η οποία καθορίζει την ευρωπαϊκή στρατηγική για την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προτείνοντας οδηγίες για την ανάπτυξη μιας Ευρωπαϊκής στρατηγικής με αντικειμενικό στόχο τον διπλασιασμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην συνολική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2010 (12%). Προώθησε την συνεργασία μεταξύ των κρατών-μελών σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την παρακολούθηση της προόδου για την συστηματικότερη χρήση τους.
- 1997:
Λευκή Βίβλος: Το 1997, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τη Λευκή Βίβλο με βάση τα αποτελέσματα της Πράσινης Βίβλου, θέτοντας ως στόχο τον διπλασιασμό του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση (πρωτογενούς) ενέργειας με αύξηση από 5,3% το 1995 σε 12% το 2010, απαιτώντας από τα κράτη-μέλη να θέσουν τους δικούς τους στόχους και να προτείνουν τα δικά τους σχέδια δράσης που θα συμβαδίζουν με την ευρωπαϊκή στρατηγική. Η Λευκή Βίβλος έθετε επίσης τους εξής στόχους για το 2010: 40 GW εγκατεστημένης αιολικής δυναμικότητας, τα οποία θα παρήγαγαν 80TWh ενέργεια και θα απέτρεπαν την εκπομπή 72 εκατομμύριων τόνων CO₂, καθώς και 3GW φωτοβολταϊκών, στόχοι καλύφθηκαν 5 χρόνια νωρίτερα από το επιθυμητό έτος, το 2005. Επίσης, η Λευκή Βίβλος είχε ως στόχο την αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, από τις 337TWh το 1995 στις 675TWh το 2010. Το 2009, παρήχθησαν 608TWh ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.[31] Τέλος, τα μέτρα εσωτερικής αγοράς περιελάμβαναν την καθιέρωση μέτρων φορολογικής και οικονομικής φύσεως, δηλαδή φορολογικά και χρηματοδοτικά κίνητρα και ελαφρύνσεις που θα δοθούν προς τις εταιρείες, αλλά και τους ιδιώτες, προκειμένου να χρησιμοποιούν “πράσινη” ενέργεια για τις ανάγκες τους.

Πρωτόκολλο του Κιότο: Στις 11 Δεκεμβρίου 1997 υιοθετήθηκε στη διεθνή διάσκεψη του Κιότο στην Ιαπωνία σχέδιο Πρωτοκόλλου για τις κλιματικές αλλαγές το οποίο προέκυψε από τη Διεθνή Σύμβαση για τις κλιματικές αλλαγές, που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο το 1992 και τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005. Πρόκειται για μία συμφωνία μεταξύ 141 χωρών, με δεσμευτικό χαρακτήρα, που στοχεύει στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και των κλιματικών αλλαγών. Σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οι βιομηχανικές χώρες συνολικά υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά τη διάρκεια της πρώτης «περιόδου δέσμευσης», η οποία καλύπτει τα έτη 2008 έως 2012. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν καθορίζονται στόχοι ως προς τις εκπομπές. Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να μειώσει ως σύνολο τις εκπομπές της κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

- 2000: Το Μάρτιο του 2000 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το πρώτο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (ECCP: European Climate Change Programme). Σκοπός του προγράμματος ήταν να χαραχθούν πολιτικές, να ληφθούν μέτρα και να δημιουργηθεί ένα σύστημα εμπορίας των εκπομπών, ώστε να διασφαλιστεί ότι στο διάστημα 2008-2012 η Ευρωπαϊκή Ένωση θα μειώσει τις εκπομπές κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με τις δεσμεύσεις της στο Πρωτόκολλο το Κιότο.
- 2001: Οδηγία 2001/77/EC σχετικά με την εσωτερική αγορά ενέργειας, όπου τέθηκαν στόχοι για την χρήση ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για κάθε κράτος-μέλος μέχρι το 2010. Το συνολικό ποσοστό-στόχος παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαμορφώθηκε στο 12% της ακαθάριστης ενέργειας και στο 22,1% επί του συνόλου της ηλεκτροπαραγωγής, μέχρι το 2010.
- 2003: Οδηγία 2003/30/EC, η οποία αφορά τα βιοκαύσιμα στον τομέα των μεταφορών και Οδηγία 2003/87/EC, με την οποία επιτρέπεται η αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών. Μειονεκτήματα της Οδηγίας ήταν ότι κάθε χώρα είναι υπεύθυνη για την κατανομή εκπομπών σε κάθε παραγωγό, και ότι δεν περιλαμβάνονται τα νοικοκυριά και ο τομέας των μεταφορών.

- 2005:

Δεύτερη φάση του Ευρωπαϊκού Προγράμματος για την Αλλαγή του Κλίματος (ECCP II): Ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 2005 και περιελάμβανε πολλές ομάδες εργασίας σε διαφορετικούς τομείς όπως η δέσμευση και αποθήκευση του άνθρακα, οι οδικές μεταφορές επιβατών, οι αερομεταφορές και στρατηγικές για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος[21] και επικεντρώθηκε κυρίως στην χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή θερμότητας.[74] Η Επιτροπή έθεσε τις βάσεις της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος με το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο να επιβεβαιώνει αυτό που το Συμβούλιο είχε ήδη διακηρύξει το 1996, δηλαδή την αναγκαιότητα περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 2° Κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα.

Ο στόχος των 2° Κελσίου παρουσιάζεται, συχνά, ως ατμοσφαιρική συγκέντρωση αερίων θερμοκηπίου και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Από τις μελέτες προκύπτει ότι η σταθεροποίηση της συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου σε 450 ppm (μέρη ανά εκατ. όγκου - ισοδύναμου CO₂) θα είχε 50% πιθανότητα να επιτευχθεί ο στόχος των 2°C. Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής Θερμοκηπικών Αερίων της ΕΕ EU ETS παίζει βασικό ρόλο στην μάχη της Ευρώπης κατά της αλλαγής του κλίματος. Ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2005 επιτρέποντας στις εταιρίες, που οι εκπομπές τους σε CO₂ ξεπερνάνε το όριο-στόχο που είχαν θέσει, να αγοράζουν άδειες από πιο «πράσινες» – βοηθώντας έτσι την Ευρωπαϊκή Ένωση να πετύχει τους στόχους για το σύνολο των εκπομπών, που είχαν τεθεί στο Κιότο. Οι κλάδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χάλυβα, γυαλιού και τσιμέντου περιλαμβάνονται σε αυτούς που καλύπτονται από το Σύστημα.

Σχέδιο Δράσης για την Βιομάζα (Biomass Action Plan): Περιλαμβάνει τρόπους ταχύτερης ανάπτυξης της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα, μέσω της δημιουργίας κινήτρων για τη χρήση της και της άρσης των εμποδίων στην παραγωγή της. Καθορίζει μέτρα για την προώθηση της χρήσης βιομάζας στη θέρμανση, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τις μεταφορές. Εξετάζει θέματα όπως η προσφορά, η χρηματοδότηση και η έρευνα. Το σχέδιο δράσης ήταν ένα πρώτο βήμα για την ανάδειξη της σημασίας του εν λόγω τομέα.[20]

- 2006: Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα βιοκαύσιμα, όπου προτείνονται:
1) περαιτέρω προαγωγή των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε αναπτυσσόμενες χώρες, διασφάλιση ότι η παραγωγή τους και η χρήση τους θα είναι συνολικά θετική για το περιβάλλον και ότι θα συμβάλουν στους στόχους της

στρατηγικής της Λισαβόνας, λαμβανομένων υπόψη των σχετικών με την ανταγωνιστικότητα

2) η προετοιμασία για την ευρείας κλίμακας χρήση βιοκαυσίμων με βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους από άποψη κόστους μέσω της βελτιστοποιημένης καλλιέργειας αποκλειστικών πρώτων υλών, έρευνας στον τομέα των βιοκαυσίμων «δεύτερης γενεάς» και στήριξης για διείσδυση στην αγορά με κλιμακούμενα έργα επίδειξης και άρση των όχι τεχνικού χαρακτήρα εμποδίων και

3) εξερεύνηση των ευκαιριών για αναπτυσσόμενες χώρες για την παραγωγή πρώτων υλών βιοκαυσίμων και περιγραφή του ρόλου που θα μπορούσε να παίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση στη στήριξη της ανάπτυξης αειφόρου παραγωγής βιοκαυσίμων.[19]

- 2007: Τον Ιανουάριο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσιάζει το Πακέτο για την Ενέργεια και το Κλίμα στα πλαίσια του οποίου πρότεινε μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, έως το 2020. Επίσης, ορίζεται ότι από το σύνολο της ενέργειας που χρησιμοποιείται, το 20% πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ από το σύνολο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται, το 10% πρέπει να είναι βιοκαύσιμα. Άλλος ένας στόχος είναι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 20%.
- 2009: Με την Οδηγία 2009/28/EC του Απριλίου 2009, είναι η πρώτη φορά, που η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει δεσμευτικό στόχο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ειδικότερα οι στόχοι που παρουσιάστηκαν στο Πακέτο για την Ενέργεια και το Κλίμα, αποκτούν δεσμευτικό χαρακτήρα για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Όσες χώρες δεν μπορέσουν να πραγματοποιήσουν τους στόχους του Πρωτοκόλλου, έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν σ' ένα ιδιότυπο «χρηματιστήριο ρύπων». Αντί να μειώσουν τις δικές τους εκπομπές, μπορεί να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών σε αναπτυσσόμενες χώρες ή εάν έχουν ξεπεράσει το όριο να «πουλήσουν» το επιπλέον δικαίωμα ρύπανσης σε άλλη χώρα.

2.4 Στόχοι 2020 και Εθνικά Σχέδια Δράσης

Το 2007 η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύθηκε με μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέχρι το 2020. Η δέσμευση αυτή καταγράφηκε νομοθετικά ως ένα «Πακέτο για την Ενέργεια και το Κλίμα» και επικυρώθηκε από το Συμβούλιο και τη Βουλή στο τέλος του 2008.[75]

Το πακέτο για το 2020 είναι ένα σύνολο δεσμευτικών νομοθετικών κειμένων που έχει ως στόχο να διασφαλίσει ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση θα επιτύχει τους κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους της για το έτος 2020. Το πακέτο θέτει 3 βασικούς στόχους:

- 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990
- 20% της παραγωγής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- 20% βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει ποικίλα μέτρα για να γίνει εφικτή η επίτευξη των στόχων της. Κάποια από αυτά είναι:

- Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν δεσμευθεί να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στον οικιακό τομέα, τον αγροτικό τομέα, τα απόβλητα και τις μεταφορές (εκτός των αερομεταφορών) σε σχέση με τα επίπεδα του 2005. Οι εθνικοί στόχοι διαφέρουν από χώρα σε χώρα και εξαρτώνται από την εθνική οικονομία: παρουσιάζεται ένα εύρος από μείωση 20% στις οικονομικά ισχυρότερες χώρες ως και αύξηση μέχρι 20% στις οικονομικά ασθενέστερες, με την προϋπόθεση ότι οι τελευταίες θα κάνουν σε κάθε περίπτωση μια προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών. Η πρόοδος κάθε χώρας παρακολουθείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή κάθε χρόνο και κάθε χώρα έχει την υποχρέωση να καταγράφει λεπτομερώς τις εκπομπές της.
- Κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει επίσης δεσμευθεί με συγκεκριμένους εθνικούς στόχους αύξησης της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ως το 2020, σύμφωνα με την «Οδηγία για την Ανανεώσιμη Ενέργεια». Οι στόχοι αυτοί ποικίλουν ανά χώρα και αντικατοπτρίζουν τα ήδη υπάρχοντα επίπεδα χρήσης ΑΠΕ την στιγμή που τέθηκαν οι στόχοι, καθώς και τις δυνατότητες αύξησής τους, με μικρότερο ποσοστό αυτό της Μάλτας (10%) και μεγαλύτερο

της Σουηδίας (49%). Η Ευρωπαϊκή Ένωση ως σύνολο στοχεύει ως το 2020 να έχει 20% παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (περισσότερο από διπλάσιο ποσοστό σε σχέση με το 9,8% του 2010) και επίσης, ένα 10% ποσοστό χρήσης ΑΠΕ στον τομέα των μεταφορών.

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει την ανάπτυξη της τεχνολογίας με χαμηλές εκπομπές άνθρακα μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων όπως το NER300 που αφορά τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας και τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα, και το Horizon 2020 που χρηματοδοτεί την έρευνα και την καινοτομία.
- Έχουν επίσης προταθεί μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τα οποία αναλύονται στο «Σχέδιο Ενεργειακής Αποδοτικότητας» και στην «Οδηγία Ενεργειακής Αποδοτικότητας».[76]

Κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει διαφορετικές πηγές ενέργειας και τη δική της ενεργειακή αγορά. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χώρα θα πρέπει να ακολουθήσει διαφορετικές πρακτικές ώστε να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της που επιβάλλονται από την Οδηγία για την Ανανεώσιμη Ενέργεια, συμπεριλαμβανομένων και των νομικά δεσμευτικών στόχων για το 2020. Κάθε χώρα λοιπόν συνέταξε ένα εκτενές Εθνικό Σχέδιο Δράσης, όπου αναλύεται ο σχεδιασμός που θα ακολουθηθεί και το υπέβαλε μέχρι την 30ή Ιουνίου 2010 στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή η οποία το αξιολόγησε, διατηρώντας το δικαίωμα έγκρισης, απόρριψης ή αιτήματος βελτίωσης και ενίσχυσής του. Πιο συγκεκριμένα, τα Σχέδια αναλύουν:

- τους ξεχωριστούς στόχους κατανάλωσης ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ ανά τομέα και συγκεκριμένα στους τομείς του ηλεκτρισμού, της θέρμανσης και της ψύξης, και των μεταφορών
- το αναμενόμενο μίγμα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ
- τα μέτρα πολιτικής για την επίτευξη των στόχων, όπως η συνεργασία ανάμεσα στις τοπικές, περιφερειακές και εθνικές αρχές
- τα σχέδια στατιστικών μεταφορών και/ή τα σχέδια συνεργασία με άλλες χώρες
- τις εθνικές πολιτικές με θέμα την ανάπτυξη πηγών βιομάζας
- τα μέτρα που διασφαλίζουν ότι τα βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των ενεργειακών στόχων, είναι συμβατά με τα κριτήρια βιωσιμότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης[78]

Στους παρακάτω Πίνακες 2-7 καταγράφεται ο στόχος κάθε χώρας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως σύνολο, όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ και την

παραγωγή ενέργειας κατά το έτος 2020 ανά κατηγορία ανανεώσιμης πηγής. Οι κατηγορίες είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια (με διάκριση σε χερσαία και υπεράκτια πάρκα), η ηλιακή ενέργεια (με διάκριση σε φωτοβολταϊκά και θερμικά συστήματα), η βιοενέργεια (με διάκριση σε στερεά βιομάζα, βιοαέρια και υγρά βιοκαύσιμα), η γεωθερμική ενέργεια και η ενέργεια της θάλασσας. Τα στοιχεία εξάγονται από τα Εθνικά Σχέδια Δράσης των χωρών, όπως αυτά δημοσιεύθηκαν από τον επίσημο φορέα κάθε χώρας. Σε περίπτωση που η τιμή σε κάποιο κελί έχει αντικατασταθεί με παύλα, σημαίνει ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για τον συγκεκριμένο τύπο ενέργειας στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης της χώρας. Αυτό συνήθως θα σημαίνει ότι είτε δεν έχει γίνει ακριβής πρόβλεψη, είτε δεν προβλέπεται παραγωγή από την συγκεκριμένη πηγή, αλλά για λόγους ακρίβειας δεν αντικαθιστούμε με μηδέν. Η τιμή που αφορά το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ως άθροισμα των τιμών των επιμέρους χωρών, οπότε σε περίπτωση που υπάρχει παύλα σε μια χώρα, θα περιλαμβάνει έναν προσθετικό λιγότερο.

	Υδροηλεκτρική	
	MW	GWh
Αυστρία	8997	42112
Βέλγιο	140	440
Βουλγαρία	2549	3951
Κροατία	2456	6679,1
Κύπρος	0	0
Τσεχία	1125	2274
Δανία	10	31
Εσθονία	7,8	30
Φινλανδία	3090	3100
Γαλλία	28300	71703
Γερμανία	4309	20000
Ελλάδα	4531	6576
Ουγγαρία	66	238
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	234	701
Ιταλία	17800	42000
Λετονία	1550	3051
Λιθουανία	141	470
Λουξεμβούργο	44	124

Μάλτα	-	-
Ολλανδία	203	714
Πολωνία	1152	2969
Πορτογαλία	9548	14074
Ρουμανία	7729	19768
Σλοβακία	1812	5400
Σλοβενία	1354	5121
Ισπανία	22362	39593
Σουηδία	16360	68000
Ηνωμένο Βασίλειο	2130	6360
Σύνολο (ΕΕ-28)	137999,8	365479,1

Πίνακας 2. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από υδροηλεκτρική ενέργεια, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

	Αιολική Ενέργεια			
	Χερσαία πάρκα		Υπεράκτια πάρκα	
	MW	GWh	MW	GWh
Αυστρία	2578	4811	0	0
Βέλγιο	2320	4274	2000	6200
Βουλγαρία	1256	2260	0	0
Κροατία	400	880	-	-
Κύπρος	300	499	0	0
Τσεχία	743	1496	-	-
Δανία	2621	6391	1339	5322
Εσθονία	400	974	250	563
Φινλανδία	2160	2500	-	900
Γαλλία	19900	39900	6000	18000
Γερμανία	35750	72664	10000	31771
Ελλάδα	7200	16125	300	672
Ουγγαρία	750	1545	0	0
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	4094	10228	555	1742
Ιταλία	12000	18000	680	2000

Λετονία	236	519	180	391
Λιθουανία	500	1250	0	0
Λουξεμβούργο	131	239	0	0
Μάλτα	14,45	38,12	95	216,37
Ολλανδία	6000	13372	5178	19036
Πολωνία	5600	13160	500	1500
Πορτογαλία	6800	14416	75	180
Ρουμανία	4000	8400	0	0
Σλοβακία	350	560	0	0
Σλοβενία	106	191	0	0
Ισπανία	35000	70502	3000	7753
Σουηδία	4365	12000	182	500
Ηνωμένο Βασίλειο	14890	34150	12990	44120
Σύνολο (ΕΕ-28)	170464,45	351344,12	43324	140866,37

Πίνακας 3. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία και υπεράκτια αιολικά πάρκα, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

	Ηλιακή Ενέργεια			
	Φωτοβολταϊκά		Θερμική ηλιακή	
	MW	GWh	MW	GWh
Αυστρία	322	306	0	0
Βέλγιο	1340	1139	0	0
Βουλγαρία	303	454	0	0
Κροατία	52	59,8	-	-
Κύπρος	192	309	75	224
Τσεχία	1695	1726	0	0
Δανία	6	4	0	0
Εσθονία	0	0	0	0
Φινλανδία	10	10	0	0
Γαλλία	4860	5913	540	972
Γερμανία	51753	41389	0	0
Ελλάδα	2200	2891	250	714
Ουγγαρία	63	81	0	0

Δημοκρατία της Ιρλανδίας	0	0	0	0
Ιταλία	8000	9650	600	1700
Λετονία	2	4	0	0
Λιθουανία	10	15	0	0
Λουξεμβούργο	113	84	0	0
Μάλτα	27,88	42,66	-	-
Ολλανδία	722	570	0	0
Πολωνία	3	3	0	0
Πορτογαλία	1000	1475	500	1000
Ρουμανία	260	320	0	0
Σλοβακία	300	300	0	0
Σλοβενία	139	139	0	0
Ισπανία	8367	14316	5079	15353
Σουηδία	8	4	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο	2680	2240	0	0
Σύνολο (ΕΕ-28)	84427,88	83444,46	7044	19963

Πίνακας 4. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκά και θερμικά ηλιακά συστήματα, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Συγκεκριμένα για τον Πίνακα 5 που αφορά την βιοενέργεια, διευκρινίζονται τα εξής:

- Στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης της Εσθονίας, δεν γίνεται αναφορά σε ισχύ της βιοενέργειας, παρά μόνο στην ποσότητα σε GWh ως σύνολο και όχι διαχωρισμένη στις 3 επιμέρους κατηγορίες
- Ομοίως, για την Φινλανδία, αναφέρεται η ισχύς σε MW και η ποσότητα σε GWh ως σύνολο βιοενέργειας και όχι χωρισμένη στις 3 επιμέρους κατηγορίες.
- Για την Λετονία, γίνεται διαχωρισμός σε στερεή βιομάζα και σύνολο σε βιοαέρια και υγρά βιοκαύσιμα, χωρίς να διασαφηνίζεται η επιμέρους ισχύς και κατανάλωση των δύο τελευταίων κατηγοριών.

Για τις 3 παραπάνω χώρες, καθώς και για τα κελιά που έχουν παύλες, οι τιμές δεν συμπεριλαμβάνονται στο άθροισμα που αφορά το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οπότε καταλαβαίνουμε ότι το πραγματικό σύνολο-στόχος είναι ελαφρώς αυξημένο σε σχέση με την τιμή που φαίνεται εδώ.

	Βιοενέργεια					
	Στερεή βιομάζα		Βιοαέρια		Υγρά βιοκαύσιμα	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Αυστρία	1164	4530	102	581	15	36
Βέλγιο	2007	9574,6	427	1439,1	17,5	24,8
Βουλγαρία	93	514	65	357	0	0
Κροατία	125	697,5	85	437,5	40	260
Κύπρος	0	0	17	143	0	0
Τσεχία	-	3294	417	2871	0	0
Δανία	2404	6345	349	2493	26	8
Εσθονία	-//346				0	0
Φινλανδία	2740//2920					
Γαλλία	2382	13470	625	3701	0	0
Γερμανία	4792	24569	3796	23438	237	1450
Ελλάδα	350	364	210	895		
Ουγγαρία	500	2688	100	636	0	0
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	91	687	62	319	0	0
Ιταλία	1640	7900	1200	6020	980	4860
Λετονία	108	642	92//584			
Λιθουανία	162	810	62	413	0	0
Λουξεμβούργο	30	190	29	144	0	0
Μάλτα	15,18	85,5	7,34	49,98	-	-
Ολλανδία	2253	11975	639	4664	0	0
Πολωνία	1550	10200	980	4018	0	0
Πορτογαλία	367	1468	150	525	435	1523
Ρουμανία	405	1950	195	950	0	0
Σλοβακία	170	850	110	860	-	-
Σλοβενία	34	309	61	367	0	0
Ισπανία	1187	7400	400	2617	0	0
Σουηδία	2872	16635	42	53	-	65
Ηνωμένο Βασίλειο	3140	20590	1100	5570	0	0
Σύνολο (ΕΕ-28)	27841,18	147737,6	11230,34	63561,58	1750,5	8226,8

Πίνακας 5. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από βιοενέργεια και συγκεκριμένα από στερεή βιομάζα, βιοαέρια και υγρά βιοκαύσιμα, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

	Γεωθερμική Ενέργεια	
	MW	GWh
Αυστρία	1	2
Βέλγιο	3,5	29,1
Βουλγαρία	0	0
Κροατία	10	72
Κύπρος	0	0
Τσεχία	4,4	18,4
Δανία	0	0
Εσθονία	0	0
Φινλανδία	0	0
Γαλλία	80	475
Γερμανία	298	1654
Ελλάδα	120	736
Ουγγαρία	57	410
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	0	0
Ιταλία	920	6750
Λετονία	0	0
Λιθουανία	0	0
Λουξεμβούργο	0	0
Μάλτα	-	-
Ολλανδία	0	0
Πολωνία	0	0
Πορτογαλία	75	488
Ρουμανία	0	0
Σλοβακία	4	30
Σλοβενία	0	0
Ισπανία	50	300
Σουηδία	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο	-	-
Σύνολο (EE-28)	1622,9	10964,5

Πίνακας 6. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμικές μονάδες, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

	Ενέργεια της θάλασσας	
	MW	GWh
Αυστρία	0	0
Βέλγιο	0	0
Βουλγαρία	0	0
Κροατία	-	-
Κύπρος	0	0
Τσεχία	0	0
Δανία	0	0
Εσθονία	0	0
Φινλανδία	10	10
Γαλλία	380	1150
Γερμανία	0	0
Ελλάδα	-	-
Ουγγαρία	0	0
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	75	230
Ιταλία	3	5
Λετονία	0	0
Λιθουανία	0	0
Λουξεμβούργο	0	0
Μάλτα	-	-
Ολλανδία	0	0
Πολωνία	0	0
Πορτογαλία	250	437
Ρουμανία	0	0
Σλοβακία	0	0
Σλοβενία	0	0
Ισπανία	100	220
Σουηδία	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο	1300	3950
Σύνολο (EE-28)	2118	6002

Πίνακας 7. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από μονάδες που εκμεταλλεύονται την ενέργεια της θάλασσας, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Τέλος, στον Πίνακα 8 καταγράφεται ο στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ο στόχος για το ποσοστό ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο σύνολο της τελικής κατανάλωσης της χώρας, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως αυτοί παρουσιάζονται στα Εθνικά Σχέδια Δράσης των χωρών και αθροιστικά για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Όσον αφορά την Τσεχία, δεν έχει καταγραφεί στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης της η προβλεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς οπότε δεν συμπεριλήφθηκε στο άθροισμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ομοίως για την Εσθονία, όπου δεν έχει καταγραφεί στο Σχέδιο η εγκατεστημένη ισχύς, ούτε η προβλεπόμενη ποσότητα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με αποτέλεσμα η Εσθονία να μην συμπεριλαμβάνεται στο άθροισμα των αντίστοιχων τιμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Από τον Πίνακα 8, γίνεται σαφές ότι παρότι ο στόχος του 2020 για ηλεκτροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ως σύνολο είναι 20%, ο στόχος κάθε επιμέρους χώρα ξεχωριστά διαμορφώνεται σε διαφορετικά επίπεδα.

	Συνολική ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ		2020 Στόχος για ποσοστό ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο σύνολο της τελικής κατανάλωσης της χώρας
	MW	GWh	
Αυστρία	13179	52377	34%
Βέλγιο	8255	23120,6	13%
Βουλγαρία	4266	7537	16%
Κροατία	3043	8388,4	20%
Κύπρος	584	1175	13%
Τσεχία	-	11679	13%
Δανία	6754	20595	30%
Εσθονία	-	-	25%
Φινλανδία	8000	8540	38%
Γαλλία	62167	155284	23%
Γερμανία	110934	216935	18%
Ελλάδα	13271	27269	18%
Ουγγαρία	1537	5597	13%
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	5111	13909	16%

Ιταλία	43823	98885	17%
Λετονία	2168	5191	42%
Λιθουανία	875	2958	23%
Λουξεμβούργο	347	780	11%
Μάλτα	159,98	432,84	10%
Ολλανδία	14994	50317	14%
Πολωνία	10335	32400	15%
Πορτογαλία	19200	35584	31%
Ρουμανία	12589	31388	24%
Σλοβακία	2746	8000	14%
Σλοβενία	1693	6126	25%
Ισπανία	69844	150030	20%
Σουηδία	23829	97258	49%
Ηνωμένο Βασίλειο	38210	116970	15%
Σύνολο (ΕΕ-28)	477913,98	1188725,84	21,43

Πίνακας 8. Στόχος εγκατεστημένης ισχύος και ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και στόχος για το ποσοστό ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο σύνολο της τελικής κατανάλωσης της χώρας, κατά το έτος 2020 σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η επίτευξη των στόχων του 2020 είναι πολύ σημαντική, καθώς μεταξύ άλλων, θα ενισχυθεί η ενεργειακή ασφάλεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης και θα μειωθεί η εξάρτησή της από τις εισαγωγές ενέργειας, ενώ παράλληλα θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας και η Ευρώπη θα γίνει πιο ανταγωνιστική.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι ήδη η Ευρωπαϊκή Ένωση εξετάζει τους στόχους της για την περίοδο 2020-2030. Έχει ήδη προταθεί:

- Μείωση κατά τουλάχιστον 40% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 27%
- Ποσοστό παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά τουλάχιστον 27% επί του συνόλου παραγωγής
- Αύξηση κατά 15% των διασυνδέσεων μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

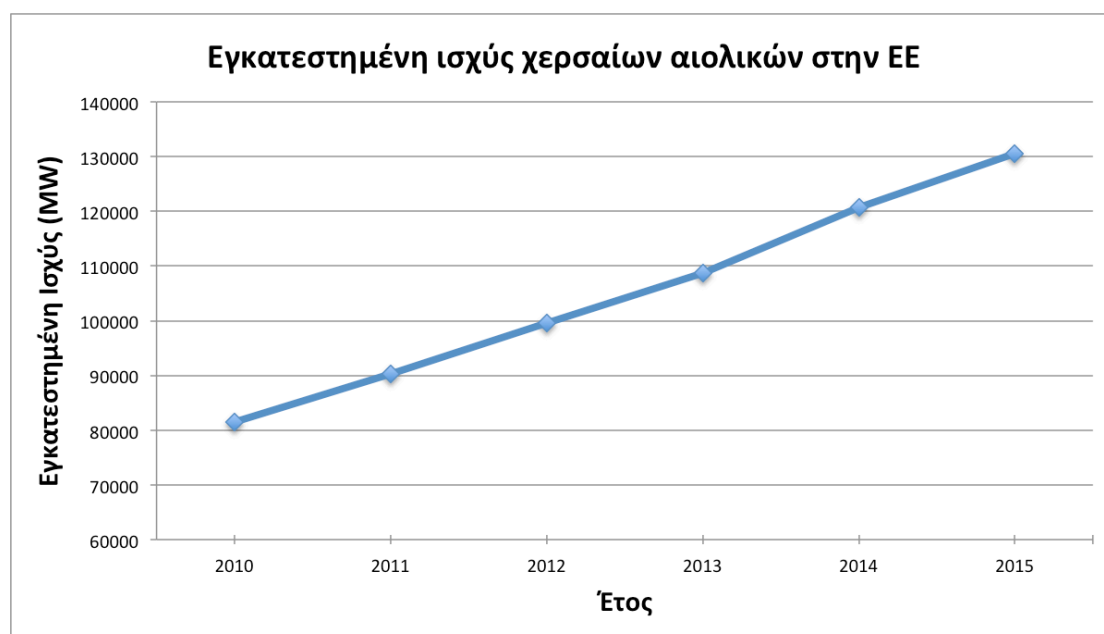
3.1 Εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων αιολικών πάρκων

Ακολουθώντας τα Εθνικά Σχέδια Δράσης τους, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα τελευταία χρόνια έχουν επενδύσει στην ανάπτυξη έργων αιολικής ενέργειας. Στον Πίνακα 9 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς των χερσαίων αιολικών πάρκων σε MW, σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο τέλος κάθε έτους κατά την περίοδο 2010-2015. Σημειώνεται ότι η Κροατία δεν ήταν μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2013 που εντάχθηκε. Στο Διάγραμμα 5 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς των χερσαίων αιολικών πάρκων σε MW, συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση στο τέλος κάθε έτους κατά την περίοδο 2010-2015. Παρατηρούμε ότι κατά τα 6 αυτά χρόνια, υπήρχε μια σταθερή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος στην Ευρωπαϊκή Ένωση, της τάξεως των 10.000MW ανά έτος, οπότε και από τα περίπου 80.000MW εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2010, έχουμε περίπου 130.000MW στο τέλος του 2015.

σε MW	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Αυστρία	2411,5	2095	1684	1378	1084	1011
Βέλγιο	1516,5	1247	939	804	883	716
Βουλγαρία	691,2	690,5	681	684	612	375
Κροατία	422,7	346,5	302	180	131	89
Κύπρος	157,5	146,7	147	147	134	82
Τσεχία	281,5	281,5	269	260	217	215
Δανία	3792,5	3610,7	3501	2891	3014	2899
Εσθονία	303,4	302,7	280	269	184	149
Φινλανδία	974,5	601	422	262	171	171
Γαλλία	10358,2	9285	8254	7564	6800	5660
Γερμανία	41651,5	38116,1	32681,1	30788	28860	27122
Ελλάδα	2151,7	1979,8	1865	1749	1629	1208
Ουγγαρία	328,9	329,2	329	329	329	295
Δημοκρατία της Ιρλανδίας	2461,1	2246,7	2012	1713	1606	1403
Ιταλία	8957,8	8662,9	8551	8144	6747	5797
Λετονία	61,7	61,8	62	68	31	31
Λιθουανία	424,3	279,3	279	225	179	154
Λουξεμβούργο	58,3	58,3	58	45	44	42

Μάλτα	0	0	0	0	0	0
Ολλανδία	3004,5	2558	2446	2144	2081	1990
Πολωνία	5100	3833,8	3390	2497	1616	1107
Πορτογαλία	5077	4945	4722	4523	4081	3898
Ρουμανία	2975,9	2953,6	2599	1905	982	462
Σλοβακία	3,1	3,1	3	3	3	3
Σλοβενία	3,4	3,2	2	0	0	0,03
Ισπανία	23020,3	22981,5	22954	22791	21674	20676
Σουηδία	5823,1	5212,8	4258	3533	2743	1999
Ηνωμένο Βασίλειο	8542	7945,9	6036,6	4764	4446	3863
Σύνολο (ΕΕ-28)	130554,1	120777,6	108726,7	99660	90281	81417,03

Πίνακας 9. Εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων αιολικών πάρκων σε MW, σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο τέλος κάθε έτους κατά την περίοδο 2010-2015 (στοιχεία από EWEA)



Διάγραμμα 5. Εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων αιολικών πάρκων σε MW, συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση στο τέλος κάθε έτους κατά την περίοδο 2010-2015

3.2 Πλεονεκτήματα και Αδυναμίες Αιολικής ενέργειας

3.2.1 Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια [29], όντας μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, είναι σαφές ότι είναι ανεξάντλητη στη φύση σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, ενώ η «πρώτη ύλη» που είναι ο αέρας είναι άφθονη και δωρεάν. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι βεβαίως ότι τα αιολικά πάρκα δεν εκλύουν αέρια του θερμοκηπίου ή άλλους ρύπους, οπότε και δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ηλεκτροπαραγωγής. Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι η χρήση μιας ανεμογεννήτριας εγκατεστημένης ισχύος 600kW, σε κανονικές συνθήκες αποτρέπει την έκλυση 1200 τόνων CO₂ ετησίως που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αν η ίδια ποσότητα παραγόμενης ενέργειας προερχόταν από κάποια συμβατική πηγή ηλεκτροπαραγωγής.[86]

Εκτός από τα παραπάνω περιβαλλοντικά οφέλη, η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε μια περιοχή, αποδεικνύεται ότι συνεισφέρει στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής και εν γένει της χώρας, αφού ενισχύει την ανταγωνιστικότητα, την ενεργειακή ανεξαρτησία και την απασχολησιμότητα, ενώ παράλληλα ενισχύει την οικονομία της με ποικίλους τρόπους.[17]

Καταρχάς, τα αιολικά πάρκα μπορούν να τοποθετηθούν διάσπαρτα γεωγραφικά, οπότε να συνεισφέρουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, μειώνοντας παράλληλα τις απώλειες μεταφοράς. Συνεισφέρουν στην ενεργειακή αυτάρκεια, ανεξαρτησία και ασφάλεια των χωρών, αφού αποτελούν εναλλακτική πρόταση από την εξάρτηση από το πετρέλαιο και την οικονομία του, ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό για μικρές και αναπτυσσόμενες χώρες. Η μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων ενισχύει την ανεξαρτησία, αφού για τις μικρότερες πλέον ποσότητες ορυκτών καυσίμων που απαιτούνται, η χώρα μπορεί ευκολότερα να εξασφαλίσει την συνεχή τροφοδοσία της με την καλύτερη δυνατή τιμή, μέσω περισσότερων επιλογών εισαγωγής και την πρόσβαση στις απαραίτητες πηγές, απαλλαγμένη από αυξημένα πολιτικά ρίσκα και εξαρτήσεις που συνδέονται με τις εισαγωγές.[57]

Σε επίπεδο τοπικής κοινωνίας, δημιουργούνται πολλές θέσεις εργασίας, αφού την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των αιολικών πάρκων αναλαμβάνουν τοπικά συνεργεία, ώστε να διασφαλίζεται μεταξύ άλλων και η εγγύτητα του προσωπικού στις εγκαταστάσεις σε έκτακτη περίπτωση. Επιπλέον, δεν είναι λίγες οι φορές που οι ιδιοκτήτες της έκτασης όπου εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα επωφελούνται οικονομικά από τα ενοίκια της Γης. Επίσης, παρατηρείται συχνά η

τοπική κοινωνία να έχει κάποιο ποσοστό στην ιδιοκτησία του πάρκου και αντίστοιχες οικονομικές απολαβές από την λειτουργία του, ενώ παρατηρείται ακόμα και αύξηση της επισκεψιμότητας της περιοχής για εκπαιδευτικές εκδρομές ή άλλα εκπαιδευτικά προγράμματα.[55] Τέλος, η οικονομία της χώρας επωφελείται από τις χαμηλότερες τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μπορεί ακόμα και να πουλήσει τα δικαιώματα εκπομπής CO₂ που έχει, αφού επιτυγχάνει μικρότερες εκπομπές.

3.2.2 Αδυναμίες αιολικής ενέργειας

3.2.2.1 Περιβαλλοντικού χαρακτήρα αδυναμίες αιολικής ενέργειας

Οι αδυναμίες της αιολικής ενέργειας που προέρχεται από χερσαία αιολικά πάρκα (onshore wind farms), δηλαδή όχι από θαλάσσια αιολικά πάρκα (offshore wind farms), διακρίνονται σε αδυναμίες παγκόσμιας και τοπικής κλίμακας.

Οι επιδράσεις που χαρακτηρίζονται ως παγκόσμιας κλίμακας αφορούν τις διαδικασίες εξόρυξης και επεξεργασίας των υλικών που χρειάζονται για την κατασκευή των ανεμογεννητριών, δηλαδή του χάλυβα, του αλουμινίου και του σκυροδέματος. Για την εξόρυξη χάλυβα και των υλικών του σκυροδέματος έχουν ήδη αναφερθεί αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις.[64] Μάλιστα, αν η εξόρυξη πραγματοποιείται σε αναπτυσσόμενες χώρες, οι αρνητικές επιδράσεις μπορεί να είναι ακόμα πιο έντονες, λόγω αφενός του χαμηλού τεχνολογικού επιπέδου του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, αφετέρου των χαμηλότερων περιβαλλοντικών προδιαγραφών σε σύγκριση με αυτές στις αναπτυγμένες χώρες. Η εξόρυξη των απαραίτητων υλικών από περιοχές σε αναπτυσσόμενες χώρες με υψηλές περιβαλλοντικές προδιαγραφές μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές αυτές επιδράσεις.[65]

Οι επιπτώσεις τοπικής κλίμακας αφορούν κυρίως την εγκατάσταση και λειτουργία των ανεμογεννητριών και είναι οι εξής: 1)επίδραση στην πανίδα, 2)θόρυβος και 3)οπτική όχληση. Παρακάτω αναλύεται σύντομα κάθε μία από αυτές:

1) Επίδραση στην πανίδα

Η απειλή που μπορεί να αποτελούν οι ανεμογεννήτριες για τα πτηνά και τις νυχτερίδες της περιοχής έχει αποτελέσει αντικείμενο συζήτησης ανά τα χρόνια. Συγκεκριμένα, κατά το στάδιο της λειτουργίας τους, μπορεί να αυξήσουν την θνησιμότητα του τοπικού πληθυσμού, είτε λόγω σύγκρουσης, είτε λόγω παρεμβολής στον τρόπο επικοινωνίας και πλοήγησής τους.

Ωστόσο, μελέτες δείχνουν ότι για κάθε 10.000 πτηνά που σκοτώνονται λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας, λιγότερο από 1 περιστατικό οφείλεται στις ανεμογεννήτριες.[28] Επίσης, άλλες εκτιμήσεις προτείνουν ότι τα χερσαία αιολικά πάρκα οφείλονται για 0,3 θανάτους πτηνών για κάθε παραγόμενη GWh ηλεκτρικής ενέργειας, αριθμός εξαιρετικά μικρός, σχεδόν 20 φορές μικρότερος, σε σχέση με τον αντίστοιχο που ισχύει στις συμβατικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, που είναι συγκεκριμένως 5,2 θάνατοι πτηνών για κάθε GWh παραγόμενης ενέργειας.[61] Οι ανάλογες παρατηρήσεις σε αντιστοιχία με την εγκατεστημένη ισχύ των αιολικών πάρκων, δείχνουν ότι για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος, η ετήσια θνησιμότητα των πτηνών κυμαίνεται από 1 ως 12 περιστατικά και των νυχτερίδων από 0,2 ως 53,3 περιστατικά, ενώ υπάρχει εξάρτηση από την ιδιαιτερότητα των συνθηκών που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Σε κάθε περίπτωση, παρατηρούνται 0 ως 50 συγκρούσεις πτηνών με κάθε ανεμογεννήτρια, χωρίς βέβαια να αποκλείονται και οι εξαιρέσεις που μπορεί να οφείλονται σε μαζική μετανάστευση αποδημητικών πουλιών.[60] [63]

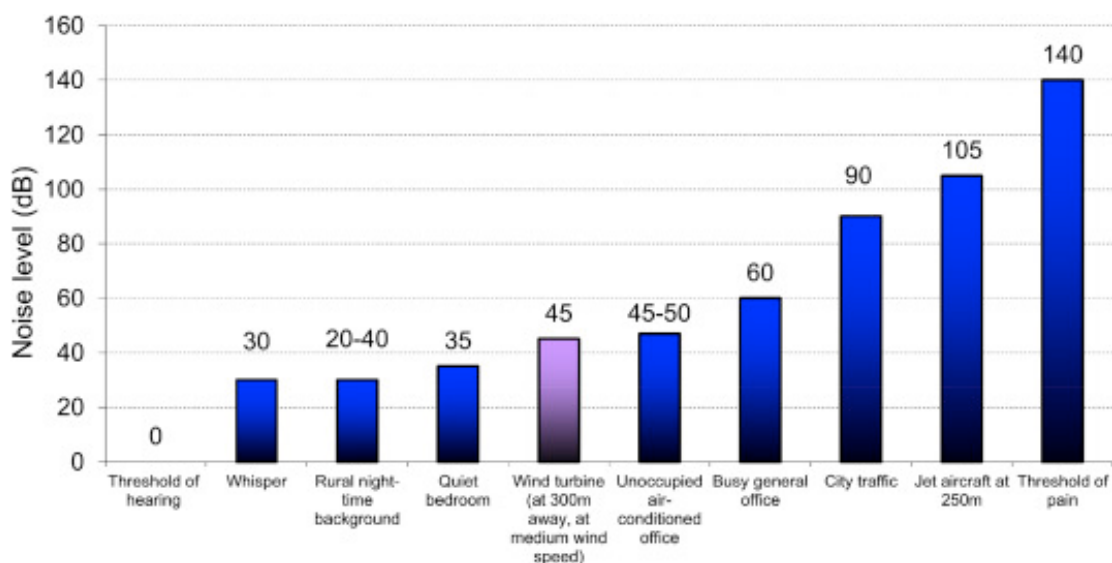
Όσον αφορά τα θηλαστικά και τα ερπετά, η εγκατάσταση αιολικών πάρκων έχει από πολύ μικρές έως αμελητέες επιπτώσεις στους τοπικούς πληθυσμούς, αφού το μόνο σπάνιο ενδεχόμενο είναι η μετανάστευση πληθυσμού λόγω όχλησης του από την αλλαγή της μορφολογίας της περιοχής.[46]

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί το ζήτημα της επίδρασης των αιολικών πάρκων στην χλωρίδα της περιοχής, επιχείρημα που πολλές φορές προβάλλεται από τους εκάστοτε πολέμιους των αιολικών επενδύσεων σε μια περιοχή. Ένα τυπικό αιολικό πάρκο των 10MW καλύπτει ωφέλιμη επιφάνεια περίπου 2 στρεμμάτων, αφού κάθε ανεμογεννήτρια απαιτεί περίπου 130150 τετραγωνικά μέτρα για την εγκατάστασή της. Μάλιστα, συνήθως οι περιοχές που επιλέγονται για την εγκατάσταση των πάρκων χρησιμοποιούνται για τη βοσκή αιγοπροβάτων και σπανιότερα για καλλιέργειες χαμηλής απόδοσης, ενώ σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν περιοχές πυκνής βλάστησης που θα πρέπει να “χαθεί” για χάρη του αιολικού πάρκου.[3] Γίνεται σαφές λοιπόν, ότι η εγκατάσταση των αιολικών πάρκων δεν μπορεί να επηρεάσει την τοπική χλωρίδα, αφενός λόγω του είδους της χλωρίδας στις περιοχές που εγκαθίστανται, αφετέρου λόγω της μικρής επιφάνειας που απαιτείται.

2) Θόρυβος

Ο θόρυβος που προκαλείται από τις ανεμογεννήτριες εξαρτάται από το επίπεδο των ακουστικών εκπομπών λόγω της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και την απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών και των κατοικημένων περιοχών.

Ανάλογα με τη νομοθεσία κάθε χώρας, οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε απόσταση 300-400 μέτρων από την πλησιέστερη κατοικία, με αποτέλεσμα ο παραγόμενος θόρυβος να μην ξεπερνά τα 45-50dB(A) κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ καταγράφονται χαμηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια της νύχτας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο θόρυβος της τάξεως των 45dB, είναι ισοδύναμος με τον θόρυβο που υπάρχει σε ένα άδειο, κλιματιζόμενο γραφείο. Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζονται τα επίπεδα θορύβου σε διάφορες περιπτώσεις και αποδεικνύουν ότι με τον σωστό σχεδιασμό της εγκατάστασης, οι κάτοικοι της περιοχής δεν θα αντιμετωπίζουν πρόβλημα από τον θόρυβο των ανεμογεννητριών. Βέβαια, η μορφολογία του εδάφους, η πυκνότητα του πληθυσμού, τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και η απόσταση του πάρκου από την κατοικήσιμη περιοχή επηρεάζουν τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου, οπότε ανάλογα με την περίπτωση, η εκτενής μελέτη για τον σωστό σχεδιασμό του αιολικού πάρκου είναι απαραίτητη.[46]



Διάγραμμα 6. Επίπεδα θορύβου σε dB, σε διάφορες καταστάσεις, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου θορύβου μιας ανεμογεννήτριας σε λειτουργία με μέτρια ταχύτητα ανέμου σε απόσταση 300 μέτρων

3) Οπτική όχληση

Είναι σαφές ότι η όχληση που προκαλείται από τη θέα των ανεμογεννητριών είναι καθαρά υποκειμενικό ζήτημα. Πολλές μελέτες έχουν επιχειρήσει να ποσοτικοποιήσουν την σημασία της οπτικής επίδρασης των αιολικών πάρκων στον πληθυσμό. Για παράδειγμα, στην Ισπανία, σε σχετική μελέτη, οι ερωτηθέντες ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν κατ'έτος 22, 37 και 38 ευρώ σε κάθε νοικοκυριό, ώστε

να μειωθούν οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στην χλωρίδα, την πανίδα και το τοπίο αντίστοιχα.[11][46] Σε ανάλογη μελέτη στη Σκωτία, τα νοικοκυριά ήταν διατεθειμένα να πληρώσουν 20 ευρώ ετησίως για να μειώσουν τις επιδράσεις των ανεμογεννητριών που σχετίζονται με μόλυνση του αέρα, 12 ευρώ για να μειώσουν την οπτική όχληση και μόλις 6 ευρώ για να μειώσουν τις επιδράσεις στην τοπική πανίδα.[13] Σε μία άλλη έρευνα, στη Νότια Ιταλία, 79% των ερωτηθέντων θεωρούν την οπτική επίδραση των ανεμογεννητριών μέτριας ως υψηλής σημασίας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τις επιδράσεις στην τοπική πανίδα είναι 67%. Μάλιστα, 46% των ερωτηθέντων αποδίδουν την οπτική όχληση σε ανεπαρκή αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.[17]

Σε κάθε περίπτωση, λογικά αναμένεται ότι οι τυπικές ανεμογεννήτριες που έχουν ύψος 60 ως 100 μέτρα, παρεμβαίνουν οπτικά στο περιβάλλον, ωστόσο η αντίδραση του καθένα σ' αυτή την οπτική προσθήκη, είναι διαφορετική. Πολλοί τη βλέπουν θετικά αφού θεωρούν τις ανεμογεννήτριες σύμβολο της καθαρής ενέργειας, ενώ άλλοι τις θεωρούν ενοχλητική προσθήκη στο τοπίο. Γι' αυτό τον λόγο, πριν οποιαδήποτε εγκατάσταση αιολικού πάρκου, μελετάται προσεκτικά πλήθος παραγόντων που αφορούν τόσο την περιοχή όπου πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση όσο και τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών (ύψος, χρώμα, προσανατολισμός κά) ώστε η ένταξή τους στο τοπίο, να είναι όσο το δυνατόν πιο αρμονική και καλαίσθητη.[46]

3.2.2.2 Κοινωνική αποδοχή των αιολικών πάρκων

Παρά τα ευρέως αποδεκτά περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας, παρατηρούνται συχνά φαινόμενα αντίθεσης της εκάστοτε τοπικής κοινωνίας στα έργα αιολικών χερσαίων πάρκων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πώς η τοπική κοινωνία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των αιολικών πάρκων αποτελεί η περίπτωση της Εύβοιας, όπου από το 1998 ως το 2011 είχαν εγκατασταθεί σχεδόν 200MW χερσαίων αιολικών πάρκων. Λόγω της απότομης εισαγωγής των πάρκων σε μια κοινωνία που ίσως δεν ήταν προετοιμασμένη και σωστά ενημερωμένη, έντονες αντιπαραθέσεις και αντιδράσεις οδήγησαν στην παύση της ανάπτυξης των αιολικών εγκαταστάσεων στη Β.Εύβοια.[47] Ανάλογη ήταν και η αντίδραση της τοπικής κοινωνίας στην Λακωνία.[51] Το φαινόμενο της κοινωνικής αντίθεσης είναι γνωστό ως σύνδρομο NIMBY(Not In My BackYard), δηλαδή παρά το γεγονός ότι το κοινό μπορεί να αποδέχεται γενικά την αιολική ενέργεια, όταν πρόκειται για επενδύσεις στον τόπο διαμονής του, παράμετροι όπως ο θόρυβος και η οπτική όχληση προκαλούν την

κοινωνική αντίθεση.[6] Διάφορες μελέτες για την κοινωνική αποδοχή των έργων αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη και τη Β.Αμερική, δείχνουν ότι: [25]

- Άτομα με μικρή γνώση σε ζητήματα αιολικής ενέργειας τείνουν να υπερεκτιμούν τα κόστη και να υποτιμούν τα οφέλη
- Άτομα μέσης ηλικίας είναι πιο πιθανό να αντιδρούν στα έργα, απ'ότι άτομα μεγάλης ή μικρής ηλικίας
- Όσοι αντιδρούν τείνουν να θεωρούν την οπτική όχληση πιο σημαντική από τα περιβαλλοντικά οφέλη ή την αύξηση της απασχολησιμότητας.
- Κάτοικοι της πόλης τείνουν να αντιδρούν συχνότερα απ'ότι κάτοικοι της αγροτικής περιοχής. Μια εξήγηση είναι ότι οι πρώτοι έχουν μια πιο 'ρομαντική' αντίληψη για την εικόνα του περιβάλλοντος, οπότε και η οπτική όχληση από τα έργα είναι εντονότερη, ενώ οι δεύτεροι βλέπουν τα έργα ως μια ευκαιρία οικονομικής ανάπτυξης.
- Το ίδιο άτομο μπορεί ταυτόχρονα να υποστηρίζει την ιδέα της αιολικής ενέργειας αλλά να αντιτίθεται στην πραγματοποίηση ενός και μόνο συγκεκριμένου έργου.
- Η παροχή κινήτρων στους κατοίκους της τοπικής κοινότητας να επενδύσουν οι ίδιοι στο έργο και να συμμετέχουν στον σχεδιασμό και την υλοποίηση, επιδρά θετικά στην κοινωνική αποδοχή.
- Κάτοικοι υποβαθμισμένων περιοχών είναι πιο πιθανό να είναι θετικοί σε έργα που θεωρούν ότι είναι πράσινα και υποστηρικτικά στην τοπική οικονομία.

Οποσδήποτε βέβαια, οι εκάστοτε αντιδράσεις ποικίλουν και εξαρτώνται έντονα από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, την αντίληψή του για το κόστος της επένδυσης και την περιβαλλοντική επιβάρυνση από τις συμβατικές μορφές ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και τις ατομικές αντιλήψεις απέναντι στο ρίσκο, τον τύπο των εγκαταστάσεων και την τεχνολογία που πρόκειται να εισαχθεί.[8]

Το σύνδρομο NIMBY δεν παρατηρείται μόνο στις επενδύσεις αιολικής ενέργειας, αλλά σε όλες τις επενδύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σε κάθε έργο και ειδικά στα μεγάλα, θα πρέπει να αξιολογείται από την αρχή η ενδεχόμενη συμπεριφορά του κοινού, καθώς όσοι αντιτίθενται στο έργο μπορεί να συσπειρωθούν και να οργανώσουν έντονες αντιδράσεις. Όταν ο εμπλεκόμενος πληθυσμός επωφελείται οικονομικά, τείνει σαφώς να είναι θετικός προς το έργο. Για να προσδιορισθεί το 'ρίσκο αποδοχής' του έργου, συνήθως πραγματοποιείται μία έρευνα στο κοινό για να ποσοτικοποιηθεί κάθε κατηγορία (αποδοχής του έργου ή αντίθεσης σ' αυτό), καθώς και μία μελέτη των οικονομικών αποτελεσμάτων του έργου με τα αντίστοιχα ποσοστά πιθανότητας για κάθε ενδεχόμενο.

Σε παράδειγμα εφαρμογής της παραπάνω μεθόδου στη Γερμανία, που αφορούσε την επέκταση εγκαταστάσεων μιας μονάδας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρατηρήθηκε ότι:

- Εάν η εταιρεία που έχει αναλάβει το έργο δραστηριοποιείται ήδη στην περιοχή, η εδραίωση καλών σχέσεων με την τοπική κοινωνία είναι σημαντική, καθώς αυξάνονται έτσι οι πιθανότητες αποδοχής του νέου έργου της.
- Όσο πιο ενημερωμένο θεωρεί τον εαυτό του ο ερωτηθείς τόσο λιγότερες οι πιθανότητες να μην έχει σχηματίσει σταθερή άποψη, είτε θετική, είτε αρνητική.
- Οι κοινωνικές ομάδες που θεωρούν σημαντικό κριτήριο τη δημιουργία θέσεων εργασίας είναι θετικές στο έργο.

Γενικά, προτείνονται δύο στρατηγικές αντιμετώπισης του ‘ρίσκου αποδοχής’: είτε με πλήρη ενημέρωση του κοινού, είτε με παροχή περιορισμένων συγκεκριμένων πληροφοριών στη διάθεση του κοινού. Καθεμία εφαρμόζεται σε διαφορετικές περιπτώσεις ανάλογα με την σχέση ανάμεσα στο εταιρικό σχήμα και το κοινό, καθώς και με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του κοινού και την στάση του απέναντι στο έργο.[39]

3.2.2.3 Τεχνικού χαρακτήρα αδυναμίες της αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια παρουσιάζει ποικίλα πλεονεκτήματα, όπως αναλύθηκαν παραπάνω. Ωστόσο, η ένταξή της στο ηλεκτρικό σύστημα μιας χώρας απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό λόγω της μεταβλητής φύσης του ανέμου.

Οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα γενικά επιτρέπουν τον σχεδιασμό της ηλεκτροπαραγωγής, αφού η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί. Οι μονάδες αυτές μπορεί να είναι συμβατικές δηλαδή να χρησιμοποιούν πχ λιγνίτη, αλλά μπορεί να εντάσσονται και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αφού η πρώτη ύλη μπορεί να είναι η βιομάζα. Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας λοιπόν, η παραγωγή τους είναι προγραμματισμένη και ελεγχόμενη, ενώ είναι σε θέση ανά πάσα στιγμή να τεθούν σε λειτουργία, τηρώντας βέβαια τους κανονισμούς παραγωγής και λαμβάνοντας υπόψιν τον χρόνο καθυστέρησης έναρξης λειτουργίας. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται κατανεμόμενες και η ένταξή τους στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας ή μιας περιοχής, δεν προϋποθέτει σημαντικές αλλαγές στο σύστημα.[54]

Σε αντίθεση με τις κατανεμόμενες μονάδες, τα αιολικά πάρκα χαρακτηρίζονται ως μη-κατανεμόμενες μονάδες, δηλαδή μη-ελεγχόμενες, αφού η

ταχύτητα του ανέμου και κατά συνέπεια η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που επιφέρει μπορεί να προβλεφθεί μόνο με μετεωρολογικές μεθόδους, και αυτό πάλι με περιορισμένη βεβαιότητα, ενώ φυσικά η διαθεσιμότητα του ανέμου δεν μπορεί να επηρεαστεί με κάποιον τρόπο. Η διακοπτόμενη και απρόβλεπτη λοιπόν φύση της «πρώτης ύλης» που χρησιμοποιείται από τα αιολικά πάρκα, δηλαδή του ανέμου, είναι αυτή που διαφοροποιεί τη διαχείριση των μη-κατανεμόμενων μονάδων σε σχέση με τις κατανεμόμενες. Η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, και πιο συγκεκριμένα από τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου. Μια ανεμογεννήτρια συνήθως λειτουργεί με ταχύτητες ανέμου από 2,5 ως 25 m/s. Σε πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου η ανεμογεννήτρια δε λειτουργεί οπότε και δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, όπως και σε πολύ υψηλές ταχύτητες, όπου τερματίζεται η λειτουργία της ώστε να αποφευχθούν ζημιές στον εξοπλισμό.[35]

Ως αποτέλεσμα, το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά του ανέμου, για τη βέλτιστη αξιοποίηση των μονάδων αυτών. Η αποδοτική ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας στο υπάρχον σύστημα απαιτεί αναλυτικό σχεδιασμό και προσεκτική διαχείριση, ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του συστήματος.[81]

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται αξιόπιστο, όταν διασφαλίζει την ασφάλεια και την επάρκεια της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ασφάλεια αναφέρεται στη δυνατότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται έγκαιρα σε απρόβλεπτα φαινόμενα, όπως η διακοπή λειτουργίας μιας ή περισσότερων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ή γραμμών μεταφοράς και να τις ξεπερνά αποτελεσματικά[26]. Η επάρκεια αναφέρεται στη δυνατότητα του συστήματος να διαθέτει επαρκή εγκατεστημένη ισχύ ώστε να ανταποκρίνεται στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψιν πάλι τις απρόβλεπτες διακοπές των μονάδων παραγωγής ή των γραμμών μεταφοράς, καθώς και πιθανούς περιορισμούς που σχετίζονται με την πρώτη ύλη της ηλεκτροπαραγωγής (πχ προβλήματα στον ανεφοδιασμό με ορυκτά καύσιμα, περιόδους λειψυδρίας, έλλειψη ανέμου).[33]

Η ομαλή είσοδος μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας αιολικής ενέργειας στο σύστημα επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες. Αφενός τα χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως η ύπαρξη υδροηλεκτρικών μονάδων, το επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας, η ευελιξία των θερμικών μονάδων, οι απαιτήσεις για αποθέματα ηλεκτρικής ενέργειας, οι περιορισμοί μεταφοράς κ.ά, μπορούν να διευκολύνουν ή να δυσχεραίνουν την ένταξη των αιολικών πάρκων στο σύστημα. Αφετέρου παράγοντες που σχετίζονται με το αιολικό πάρκο όπως η τοποθεσία του, η πρόσβαση στις γραμμές μεταφοράς, ο συσχετισμός μεταξύ της ζήτησης και της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, οι συνθήκες του ανέμου στην περιοχή, ο συσχετισμός μεταξύ όλων των αιολικών πάρκων μιας περιοχής κ.ά, επηρεάζουν την συνεισφορά των

αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος.[66]

Ως αποτέλεσμα, για την επιτυχημένη ένταξη των αιολικών πάρκων στο σύστημα, οι σχεδιαστές και οι διαχειριστές του συστήματος θα πρέπει να αντιμετωπίσουν προκλήσεις που μπορούν να διαχωρισθούν στις εξής κατηγορίες: α) λειτουργικές προκλήσεις, όπως παροδικά προβλήματα σταθερότητας του συστήματος οφειλόμενα στη διακοπόμενη φύση της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, β) σχεδιαστικές προκλήσεις, όπως το ποσό της αιολικής ενέργειας που μπορεί να εισαχθεί στο σύστημα ώστε να διασφαλίζονται τα αποδεκτά επίπεδα αξιοπιστίας και τέλος, γ) ρυθμιστικές αλλαγές, όπως αλλαγές πολιτικής που είναι απαραίτητες για να δοθούν κίνητρα για επενδύσεις σε αιολικά πάρκα. Τα ζητήματα ενσωμάτωσης των αιολικών πάρκων στο σύστημα περικλείουν πολύπλοκη μοντελοποίηση ώστε να αποτυπωθούν επαρκώς τα χαρακτηριστικά τους και οι λειτουργικές τους ιδιαιτερότητες, με αποτέλεσμα να υπάρχει πληθώρα ερευνητικών προσπαθειών για τη βέλτιστη ένταξη της αιολικής ενέργειας στα σύγχρονα ενεργειακά συστήματα.[34]

3.3 Προσδιορισμός της συνεισφοράς των αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος

Όπως προαναφέρθηκε, ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται αξιόπιστο, όταν διασφαλίζει την ασφάλεια και την επάρκεια της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιασθούν οι μέθοδοι με τις οποίες επιχειρείται να προσδιορισθεί η συνεισφορά των χερσαίων αιολικών πάρκων στην επάρκεια του συστήματος. Σε αντίθεση με τις κατανεμόμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που είναι πλήρως ελεγχόμενες, οπότε και προσδιορίζεται με ακρίβεια η συνεισφορά τους στην επάρκεια του συστήματος, για τα χερσαία αιολικά πάρκα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού της συνεισφοράς, λόγω της διακοπόμενης και απρόβλεπτης συμπεριφοράς του ανέμου, από την οποία εξαρτάται η ηλεκτροπαραγωγή τους.

Ο δείκτης που χρησιμοποιείται συνηθέστερα για την εύρεση της αποδοτικότητας των χερσαίων αιολικών πάρκων, είναι ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος (Capacity Credit ή Capacity Value). Ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος μπορεί να ορισθεί ως το ποσό του επιπλέον φορτίου που μπορεί να εξυπηρετηθεί χάριν της προσθήκης μιας μονάδας, ενώ παράλληλα διατηρούνται τα ίδια επίπεδα αξιοπιστίας.[48] Είναι δηλαδή, ένας τρόπος να ποσοτικοποιηθεί η συνεισφορά της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας στην επάρκεια του συστήματος[67] εκφρασμένη σε ισοδύναμη ισχύ θερμικών μονάδων.[56]

Λόγω της μη-ελεγχόμενης φύσης της αιολικής ενέργειας, ο υπολογισμός του συντελεστή εγγυημένης ισχύος έχει πιθανοτικό χαρακτήρα, δηλαδή δεν μπορεί να προσδιορισθεί με απόλυτη βεβαιότητα. Από την εισαγωγή της αιολικής ενέργειας στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ερευνηθεί εκτενώς το ζήτημα προσδιορισμού του, ώστε να προταθεί το βέλτιστο μοντέλο υπολογισμού. Από ένα μοντέλο υπολογισμού του συντελεστή εγγυημένης ισχύος απαιτούμε να παράγει όσο το δυνατόν ακριβή αποτελέσματα, με το μικρότερο δυνατό υπολογιστικό κόστος. Γενικά, όσες περισσότερες παράμετροι και μεγαλύτερο πλήθος δεδομένων λαμβάνονται υπόψιν, τόσο πιο χρονοβόρος καθίσταται ο υπολογισμός, ωστόσο τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα έχουν επιταχύνει την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος είναι αδιάστατο μέγεθος. Αν η τιμή του για ένα αιολικό πάρκο είναι ίση με το μηδέν, αυτό σημαίνει ότι το αιολικό πάρκο δε συνεισφέρει στην αξιοπιστία του συστήματος και κατά συνέπεια τα συμβατικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας είναι απαραίτητα για την κάλυψη της ζήτησης. Αντίθετα, στην περίπτωση που η τιμή του συντελεστή εγγυημένης ισχύος ενός αιολικού πάρκου είναι μεγαλύτερη από το μηδέν, τότε κάποια συμβατικά εργοστάσια δεν είναι απαραίτητα, επομένως υπάρχουν αναμενόμενα οφέλη τόσο λειτουργικά όσο και στρατηγικά. Όσον αφορά τον χρονικό ορίζοντα υπολογισμού, ανάλογα με τον χρονικό ορίζοντα των δεδομένων που θα εισαχθούν στο εκάστοτε μοντέλο, ορίζεται ο ετήσιος, ο εξαμηνιαίος, ο μηνιαίος ή ακόμη και ο εβδομαδιαίος συντελεστής εγγυημένης ισχύος των αιολικών πάρκων. Όλοι αυτοί οι συντελεστές δίνουν πληροφορίες στο διαχειριστή του συστήματος σχετικά με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από συμβατικά εργοστάσια η οποία δύναται να υποκατασταθεί λόγω της αιολικής παραγωγής ενέργειας, για το αντίστοιχο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα.[1]

Για τον υπολογισμό του συντελεστή εγγυημένης ισχύος χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες αξιοπιστίας, ώστε να προσδιορισθεί η επάρκεια του συστήματος. Ο συνηθέστερος δείκτης είναι η προσδωκίμη απώλεια φορτίου (LOLE: Loss of Load Expectation), ενώ πολύ συχνά χρησιμοποιείται η πιθανότητα απώλειας φορτίου (LOLP: Loss of Load Probability) και η προσδωκίμη απώλεια ενέργειας (LOEE: Loss of Energy Expectation), ενώ σπανιότερα η συχνότητα απώλειας φορτίου (LOLF: Loss of Load Frequency). Μάλιστα, χρησιμοποιώντας για το ίδιο μοντέλο υπολογισμού διαφορετικό δείκτη αξιοπιστίας, τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά.[66]

Η πιθανότητα απώλειας φορτίου (LOLP) είναι η πιθανότητα για την οποία το φορτίο θα ξεπεράσει την διαθέσιμη ηλεκτροπαραγωγή, σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Αυτός ο δείκτης μας δίνει πληροφορίες για την πιθανότητα δυσλειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι ελλιπής όσον αφορά την σημασία και τη διάρκεια του προβλήματος. Η προσδωκίμη απώλεια ενέργειας (LOLE) μας

δίνει τον αριθμό των ωρών, συνήθως ανά χρόνο, κατά τις οποίες το φορτίο δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί σε μια δεδομένη χρονική περίοδο[26], αλλά πάλι δεν μας δίνει πληροφορίες για την σοβαρότητα και τη συχνότητα των περιόδων απώλειας φορτίου. Αντίθετα, η προσδώκιμη απώλεια ενέργειας (LOEE) δείχνει την αναμενόμενη ζήτηση ενέργειας που δεν θα καλυφθεί και εμπεριέχει την σοβαρότητα των ελλείψεων, καθώς και τον αριθμό και τη διάρκεια των αντίστοιχων περιόδων, επομένως και την επίδραση των ελλείψεων ενέργειας και την πιθανότητά τους.[49] Τέλος, η συχνότητα απώλειας φορτίου LOLF, όπως υπονοείται και από το όνομά της, δείχνει πόσο συχνά σε μια χρονική περίοδο, παρατηρείται περίοδος απώλειας φορτίου.

Η πλειονότητα των μεθόδων υπολογισμού του συντελεστή εγγυημένης ισχύος στηρίζονται στην πρόταση υπολογισμού της ικανότητας μεταφοράς ωφέλιμου φορτίου (ELCC: Effective Load Carrying Capability) μιας συμβατικής ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας που εισάγεται στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία δημοσιεύθηκε από τον Garver, το 1966, και στηρίζεται στην χρήση γραφικών παραστάσεων και στο δείκτη LOLP. Η ELCC μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας μας δείχνει πόσο περισσότερο φορτίο μπορεί να εξυπηρετηθεί με την εισαγωγή της νέας μονάδας στο σύστημα, διατηρώντας ένα επιθυμητό επίπεδο αξιοπιστίας, και εξαρτάται από την ισχύ της μονάδας και τη συχνότητα διακοπών της.[32] Οποσδήποτε, όταν πρόκειται για αιολικά πάρκα, η προσέγγιση του Garver δεν μπορεί να εφαρμοστεί επακριβώς, αφού προϋποθέτει μόνο δύο καταστάσεις (σε πλήρη λειτουργία και εκτός λειτουργίας) για τη νέα μονάδα που εισάγεται, κάτι που δεν ισχύει στην περίπτωση των ανεμογεννητριών, αφού μια μονάδα αιολικής ενέργειας μπορεί να είναι σε λειτουργία αλλά με παραγωγή μικρότερη από τη δυναμικά μέγιστη.[23] Επιπλέον, οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες θεωρούνται ανεξάρτητες και οι διακοπές ηλεκτροπαραγωγής θεωρούνται τυχαίες και όχι συσχετιζόμενες με το φορτίο, υποθέσεις που επίσης δεν αποτυπώνουν την πραγματικότητα.[16]

Τις τελευταίες δεκαετίες, λοιπόν, όπου η εισαγωγή των αιολικών πάρκων στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας των χωρών γίνεται όλο και πιο έντονη, έχουν αναπτυχθεί πολλές προτάσεις για τον βέλτιστο υπολογισμό του συντελεστή εγγυημένης ισχύος, σαφώς εξελιγμένες σε σχέση με την πρόταση του Garver και προσαρμοσμένες στην περίπτωση των αιολικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Το σημείο έναρξης της μελέτης μπορεί να είναι είτε η μοντελοποίηση της ταχύτητας του ανέμου, με κατάλληλες χρονοσειρές, ώστε να προσεγγισθεί η αντίστοιχη χρονοσειρά της παραγόμενης ενέργειας [14][15], είτε κατ'ευθείαν η μοντελοποίηση της χρονοσειράς της παραγωγής. Οι μέθοδοι μπορεί να είναι είτε χρονολογικές, όταν πρόκειται για αξιολόγηση της συνεισφοράς στην αξιοπιστία για μια ήδη υπάρχουσα μονάδα αιολικής παραγωγής, είτε πιθανοτικές, όταν πρόκειται για αξιολόγηση της μελλοντικής συνεισφοράς για ανεμογεννήτριες που δεν έχουν κατασκευασθεί ακόμα.

Είναι κατανοητό ότι οι μεν χρονολογικές μέθοδοι βοηθούν τους διαχειριστές του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας μιας περιοχής ή μιας χώρας, ενώ οι πιθανοτικές συνεισφέρουν στο έργο των σχεδιαστών του συστήματος.[18]

Όπως γίνεται αντιληπτό, ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας αιολικής ενέργειας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε μερικούς: το μίγμα των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων του συστήματος, ο ρυθμός διακοπής των συμβατικών μονάδων, η αγορά ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής, η προγραμματισμένη συντήρηση των σταθμών [53], η ευελιξία των συμβατικών μονάδων, οι απαιτήσεις αποθήκευσης ενέργειας, οι περιορισμοί στη μεταφορά, ο συσχετισμός μεταξύ της παραγωγής από αιολικά πάρκα και της ζήτησης [33], ο συσχετισμός των ανεμογεννητριών που υπάρχουν σε μια περιοχή αλλά και παράγοντες όπως ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή εγκατεστημένης ισχύος, το χρονικό διάστημα όπου εκτείνονται τα δεδομένα που λαμβάνονται υπόψιν και το πλήθος των ανεμογεννητριών σε ένα πάρκο.[56] Μάλιστα, αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμα και το πώς θα ορισθεί ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα.[7]

Επειδή όπως είναι λογικό, ένα μοντέλο υπολογισμού δεν μπορεί να λάβει υπόψιν όλες τις παραμέτρους και ακόμα και για όσες λάβει, πολλές φορές αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της έλλειψης δεδομένων. Για τον λόγο αυτό επιλέγονται απλουστευμένες μέθοδοι που λαμβάνουν υπόψιν κάποιους από τους περιορισμούς και είτε μειώνουν το χρονικό διάστημα εξέτασης επιλέγοντας τις περιόδους υψηλού ρίσκου για μη-κάλυψη της ζήτησης, είτε προσδίδουν μεγαλύτερο βάρος στις ώρες υψηλού ρίσκου έναντι των υπολοίπων.[53]

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ένας άλλος δείκτης της συνεισφοράς των αιολικών πάρκων στην επάρκεια του συστήματος είναι ο συντελεστής δυναμικότητας (capacity factor). Ο συγκεκριμένος συντελεστής ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτροπαραγωγής κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος προς την μέγιστη δυνατή ηλεκτροπαραγωγή κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου διαστήματος, δηλαδή την ηλεκτροπαραγωγή εάν η ανεμογεννήτρια λειτουργούσε συνεχώς, χωρίς καμία διακοπή καθόλη τη διάρκεια του εξεταζόμενου χρονικού διαστήματος. Για παράδειγμα, ο συντελεστής δυναμικότητας κατά τη διάρκεια ενός έτους, θα είναι:

$$\text{Συντελεστής Δυναμικότητας} = \frac{\text{συνολική ετήσια ηλεκτροπαραγωγή (MWh)}}{\text{εγκατεστημένη ισχύς(MW)*365*24(h)}}$$

Ωστόσο η χρήση του συντελεστή δυναμικότητας για τον προσδιορισμό της συνεισφοράς των αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος, είναι εξαιρετικά ανακριβής και χρησιμοποιείται μόνο για μια γρήγορη προσέγγιση της

συνεισφοράς, όπου απαιτείται. Η ακρίβειά του ως προσέγγιση του συντελεστή εγγυημένης ισχύος εξαρτάται από τις συνθήκες του ανέμου που επικρατούν στην περιοχή του αιολικού πάρκου και το επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο σύστημα.[66] Για παράδειγμα, σύμφωνα με σχετική έρευνα, η προσέγγιση είναι ακριβής μόνο για επίπεδα διείσδυσης ως 2%, με σχετικό σφάλμα 4%, ενώ είναι πολύ πιο ανακριβής για μεγαλύτερα επίπεδα διείσδυσης.[23] Ο συντελεστής δυναμικότητας είναι συνήθως χαμηλός, περίπου 25-40%, λόγω της μεταβλητής φύσης του ανέμου. Ωστόσο, οι ανεμογεννήτριες έχουν αυξημένα επίπεδα μηχανικής διαθεσιμότητας (πάνω από 97,5%), κάτι που σημαίνει ότι όταν υπάρχει κατάλληλη ταχύτητα ανέμου, θα έχουμε και ηλεκτροπαραγωγή. Συγκριτικά, στις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, παρότι έχει γίνει προγραμματισμός για την διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης-σε αντίθεση με την πρώτη ύλη των ανεμογεννητριών, τον άνεμο-, ο συντελεστής δυναμικότητας είναι περίπου 85%. Ο λόγος που ο συγκεκριμένος συντελεστής δεν φτάνει το 100% είναι ότι για να επανέλθει η μονάδα από τις προγραμματισμένες ή μη διακοπές λειτουργίας, χρειάζεται περισσότερο χρόνο απ'ότι μια ανεμογεννήτρια που έχει σχεδόν τέλεια μηχανική διαθεσιμότητα.[35]

3.4 Μεταβλητότητα ζήτησης και ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, ο υπολογισμός της συνεισφοράς των αιολικών πάρκων στην αξιοπιστία του συστήματος, αποτελεί πολυδιάστατο ζήτημα που επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Όταν εισάγεται μια μονάδα αιολικής ενέργειας στο σύστημα, αυτό θα πρέπει να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις διακυμάνσεις της ηλεκτροπαραγωγής από την συγκεκριμένη μονάδα και τις λανθασμένες προβλέψεις παραγωγής. Ήδη όμως, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις, ενώ υπάρχουν και λανθασμένες προβλέψεις ζήτησης. Ως εκ τούτου, για την ομαλή εισαγωγή των αιολικών πάρκων στο σύστημα, έχει, λοιπόν, σημασία να μελετήσουμε την μεταβλητότητα της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον συνδυασμό τους.[40] Παρότι συχνά σε μελέτες, η παραγωγή από χερσαία αιολικά και το φορτίο, δηλαδή η ζήτηση, θεωρούνται ανεξάρτητες μεταβλητές, εμπειρικές μελέτες δείχνουν ότι υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των δύο μεγεθών, ο οποίος μάλιστα αν αγνοηθεί, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη εκτίμηση των δεικτών αξιοπιστίας του συστήματος.[10] Ο συσχετισμός της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής και της ζήτησης καθορίζει και την ικανότητα (ή την

έλλειψη αυτής) των χερσαίων αιολικών πάρκων να ανταποκρίνονται στις διακυμάνσεις της ζήτησης.[12]

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα παρουσιάζει διακυμάνσεις σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Παρατηρούνται εποχικές διακυμάνσεις με αιχμή παραγωγής είτε κατά τους καλοκαιρινούς, είτε κατά τους χειμερινούς μήνες αναλόγως την περιοχή, αλλά και ημερήσιες διακυμάνσεις, καθώς και ωριαίες διακυμάνσεις. Επίσης, ακόμα και κατά τη διάρκεια του ίδιου λεπτού, η ηλεκτροπαραγωγή μεταβάλλεται βέβαια, αυτές οι μεταβολές είναι πολύ μικρό ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος του αιολικού πάρκου οπότε εν τέλει, λιγότερο σημαντικές από τις ωριαίες και τις ημερήσιες μεταβολές.[40] Μάλιστα, οι διακυμάνσεις αυτού του είδους (μέσα στο ίδιο λεπτό) ουσιαστικά εξαλείφονται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ανεμογεννητριών στο ίδιο αιολικό πάρκο, αφού οι υπεύθυνες ριπές ανέμου χτυπούν ατομικά τις ανεμογεννήτριες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και όχι ταυτόχρονα.[5]

Το φαινόμενο αυτό, γνωστό ως φαινόμενο εξομάλυνσης, παρατηρείται εκτός από την παραγωγή εντός του ίδιου λεπτού, και σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα. Όσο γεωγραφικά διάσπαρτα είναι τα αιολικά πάρκα των οποίων η παραγωγή μελετάται, τόσο σπανιότερα παρατηρούνται ακραίες τιμές παραγωγής και γενικά η παραγωγή είναι πιο ήπια. Για παράδειγμα, σε μια γεωγραφικά μεγάλη περιοχή μελέτης, η παραγωγή δεν θα φτάσει ποτέ το 100% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ αντίστοιχα οι περιπτώσεις που θα παρατηρηθεί παραγωγή ίση με το 0% της εγκατεστημένης ισχύος θα είναι πολύ λιγότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις που θα παρατηρηθούν σε μια γεωγραφικά μικρότερη περιοχή. Άλλο παράδειγμα είναι η τυπική απόκλιση της ωριαίας παραγωγής, η οποία είναι μικρότερη σε μεγαλύτερη γεωγραφικά περιοχή, σε σχέση με μικρότερη σε έκταση περιοχή, ενώ αντίστοιχα παραδείγματα παρατηρούνται σε πολλά άλλα μεγέθη των συγκρινόμενων χρονοσειρών.[41]

Όσον αφορά το φορτίο, παρουσιάζει και αυτό διακυμάνσεις εποχικές, ημερήσιες, αλλά και ωριαίες. Οι εποχικές διακυμάνσεις συνήθως σχετίζονται με τις ανάγκες θέρμανσης, οι ημερήσιες σχετίζονται με τη διάκριση μεταξύ των καθημερινών ημερών της εβδομάδας όπου η ζήτηση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα σαββατοκύριακα, και τέλος, όσον αφορά τις ωριαίες, κατά τις μεταμεσονύχτιες και πολύ πρωινές ώρες η ζήτηση είναι πολύ μικρή. Επίσης, δεν λείπουν και οι αιχμές ζήτησης που οφείλονται σε μη συνήθη φαινόμενα, όπως για παράδειγμα σε καιρικά φαινόμενα πχ ένας καύσωνας, ή ακόμα και σε φαινόμενα όπως η ταυτόχρονη μεγάλη θεαματικότητα τηλεόρασης. Το φαινόμενο της εξομάλυνσης ισχύει και για το φορτίο, καθώς αν συγκρίνουμε τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από ένα μόνο νοικοκυριό και περισσότερων, στη δεύτερη περίπτωση οι χρονοσειρές εμφανίζονται πιο ήπιες.[35]

Ο συσχετισμός της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και της ζήτησης είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς επηρεάζει την ευελιξία του συστήματος. Ως ευελιξία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται η ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται έγκαιρα στις διακυμάνσεις ζήτησης και ηλεκτροπαραγωγής. Κυρίως τρεις παράγοντες καθορίζουν την ευελιξία ενός συστήματος: το επίπεδο διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το μίγμα τους και η γεωγραφική έκταση του συστήματος.[43] Για την απρόσκοπτη κάλυψη της ζήτησης ανά πάσα στιγμή, οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας διατηρούν ένα «λειτουργικό απόθεμα» (operating reserve), το οποίο χρησιμοποιείται για να διατηρεί την ισορροπία ζήτησης και παραγωγής σε πραγματικό χρόνο[62], καθώς και ένα «απόθεμα ισχύος» (capacity reserve), το οποίο χρησιμοποιείται για να διατηρεί την ισορροπία σε περίπτωση μακροπρόθεσμων διαφορών.

Για τη σωστή διαχείριση των αποθεμάτων, ιδιαίτερη σημαντική είναι η πρόβλεψη παραγωγής, η οποία στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, αφορά την πρόβλεψη της ταχύτητας του ανέμου. Η μοντελοποίηση της ταχύτητας του ανέμου έχει ως στόχο να περιγράψει τις διαδικασίες στις οποίες οφείλονται οι εγγενείς διακυμάνσεις της ταχύτητας, να προβλέψει την παραγωγή ενέργειας και να αναπαράγει την αυτοσυσχέτιση της χρονικής υστέρησης.[22] Η ακρίβεια των μοντέλων πρόβλεψης εξαρτάται κυρίως από τον χρονικό ορίζοντα της πρόβλεψης και την γεωγραφική ανάλυση.[68] Για παράδειγμα σε σχετική μελέτη στη Γερμανία, το μοντέλο πρόβλεψης χαρακτηρίζεται κατά μέσο όρο από σφάλμα 9% για πρόβλεψη 24 ωρών πριν, 8% για πρόβλεψη 8 ώρες πριν και σφάλμα μόλις 2% για μία ώρα πριν. Για επίπεδα διείσδυσης της αιολικής ενέργειας χαμηλότερα από 5%, γενικά υποστηρίζεται ότι η πρόβλεψη παραγωγής δεν είναι απαραίτητη.[52] Όμως, όσο το επίπεδο διείσδυσης αυξάνεται, τόσο πιο σημαντική είναι μια ακριβής πρόβλεψη.

Τέλος, πολύ σημαντικό ρόλο στη βέλτιστη αξιοποίηση των αιολικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έχουν και οι διασυνδέσεις μεταξύ των εθνικών δικτύων. Οι διασυνδέσεις αυτές αποτελούν σημαντικό βήμα προς την ενίσχυση του ανταγωνισμού στην αγορά ενέργειας και την πλήρη απελευθέρωσή της, αφού επιτρέπουν την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών δικτύων. Τόσο οι συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, όσο και μονάδες ανανεώσιμων πηγών, είναι άνισα κατανομημένες και διαθέσιμες στην έκταση των δικτύων, περιορίζοντας έτσι τις δυνατότητες αξιοποίησής τους στα πλαίσια του δικτύου. Οι διασυνδέσεις λοιπόν, αυξάνουν τον αριθμό των διαθέσιμων επιλογών που έχει ο διαχειριστής του δικτύου κάθε χώρας ή περιοχής, οπότε και συνεισφέρουν στην ασφάλεια του δικτύου και στη βέλτιστη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών: στην περίπτωση όπου η ηλεκτροπαραγωγή από αιολικά πάρκα είναι μεγαλύτερη από όσο χρειάζεται, η επιπλέον ενέργεια μπορεί να πωληθεί, και αντίστοιχα στην περίπτωση μικρότερης

παραγωγής από την απαιτούμενη, υπάρχει εκτός των άλλων και η δυνατότητα αγοράς.[35]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1 Δεδομένα της ανάλυσης

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Ηλεκτρικής Ενέργειας ENTSO-e (European Network of Transmission System Operators for Electricity), η Ευρώπη χωρίζεται σε 5 μόνιμες περιφέρειες: την Ηπειρωτική Ευρώπη, τις Βαλτικές Χώρες, την Μεγάλη Βρετανία, τις Σκανδιναβικές Χώρες και το σύμπλεγμα Βόρεια Ιρλανδία-Δημοκρατία της Ιρλανδίας. Η επιλογή αυτών των μόνιμων περιφερειών αφενός διασφαλίζει την συμβατότητα των συστημάτων λειτουργίας, αφετέρου διευκολύνει την ανεύρεση βέλτιστων λύσεων για την ανάπτυξη της αγοράς και του δικτύου.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα και στοιχεία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, σε 5 χώρες που ανήκουν στην περιφέρεια της Ηπειρωτικής Ευρώπης: την Αυστρία, την Γαλλία, την Γερμανία, την Ισπανία και τη Ρουμανία. Οι χώρες αυτές επιλέχθηκαν με βάση τη διαθεσιμότητα των παραπάνω στοιχείων και την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη της περιφέρειας. Σημαντικός παράγοντας αποτέλεσε επίσης το γεγονός ότι περίπου το 72% της εγκατεστημένης ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων της εν λόγω περιφέρειας, εντοπίζεται στις συγκεκριμένες χώρες. Εφεξής θα αναφερόμαστε στο σύνολο των παραπάνω πέντε χωρών ως «Ομάδα». Οι υπόλοιπες χώρες που συμμετέχουν στην Ηπειρωτική Ευρώπη είναι το Βέλγιο, η Βοσνία-Ερζεγοβίνη, η Βουλγαρία, η Τσεχία, η Κροατία, η Δανία (μόνο Δυτική), η ΠΓΔΜ, η Ελλάδα, η Ουγγαρία, η Ιταλία, το Λουξεμβούργο, το Μαυροβούνιο, η Ολλανδία, η Πολωνία, η Πορτογαλία, η Σερβία, η Σλοβακία, η Σλοβενία και η Ελβετία.

Επιλέχθηκαν τα στοιχεία για τα έτη 2013-2015, όντας τα πιο πρόσφατα και έγινε αναγωγή τους σε ωριαία βάση όπου χρειαζόταν, ώστε να είναι συγκρίσιμα. Πιο συγκεκριμένα:

- Αυστρία: Τα δεδομένα παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα διατίθενται στην ιστοσελίδα του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας της Αυστρίας, που είναι η εταιρεία Austrian Power Grid AG.[71]
- Γαλλία: Τα δεδομένα παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα διατίθενται στην ιστοσελίδα του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας της Γαλλίας, που είναι η εταιρεία Réseau de Transport d'Electricité.[85]
- Γερμανία: Τα δεδομένα παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα διατίθενται στις ιστοσελίδες των τεσσάρων παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας της Γερμανίας, που είναι οι TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH, Amprion GmbH και 50Hertz Transmission GmbH.[69][70][87][89]

- Ισπανία: Τα δεδομένα παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα διατίθενται στην ιστοσελίδα του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας της Ισπανίας, που είναι η εταιρεία Red Eléctrica de España S.A.[73]
- Ρουμανία: Τα δεδομένα παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα διατίθενται στην ιστοσελίδα του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας της Ρουμανίας, που είναι η εταιρεία C.N. Transelectrica S.A.[88]

Κατά τη διάρκεια της τριετίας που εξετάστηκε, σε κάθε χώρα, η εγκατεστημένη ισχύς των χερσαίων αιολικών πάρκων αυξήθηκε. Για τους υπολογισμούς, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που διατίθενται στις ετήσιες αναφορές της EWEA (European Wind Energy Association) (η οποία πλέον έχει μετονομαστεί σε WindEurope) για το σύνολο της αιολικής ισχύος (χερσαία και υπεράκτια) και για την ισχύ των υπεράκτιων αιολικών πάρκων.[92][93] Αφαιρώντας την τιμή της υπεράκτιας ισχύος από τη συνολική ισχύ, βρίσκουμε την ζητούμενη τιμή της εγκατεστημένης ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρούνται μικρές διαφορές στις τιμές της εγκατεστημένης ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων, ανάμεσα στις διάφορες βάσεις δεδομένων, όπως για παράδειγμα στη βάση δεδομένων της IRENA (International Renewable Energy Agency) [94] ή στις αναφορές του περιοδικού Wind Power Monthly.[95] Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι τιμές εγκατεστημένης ισχύος σε MW των χερσαίων αιολικών πάρκων στο τέλος κάθε έτους από τα εξεταζόμενα.

Έτος	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
2013	1684	8254	32681,1	22954	2599	68172,1
2014	2095	9285	38116,1	22981,5	2953,6	75431,2
2015	2411,5	10358,2	41651,5	23020,3	2975,9	80417,4

Πίνακας 10. Εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων αιολικών πάρκων σε MW, σε κάθε χώρα και την Ομάδα, στο τέλος κάθε έτους την περίοδο 2013-2015

Χρησιμοποιώντας τις τιμές του Πίνακα 10 και θεωρώντας γραμμική την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος κατά τη διάρκεια κάθε έτους, βρίσκουμε τις αντίστοιχες τιμές εγκατεστημένης ισχύος για κάθε μήνα από τους 36 εξεταζόμενους. Σε μεγάλο μέρος της ανάλυσης, τα δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται σε σχέση με αυτήν την μηνιαία τιμή εγκατεστημένης ισχύος ως ποσοστό της, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\% \text{ εγκατεστημένης ισχύος} = 100 * \frac{\text{Παραγωγή (MW)}}{\text{Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)}}$$

(Τύπος 1.)

Οι χρονοσειρές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση της μεταβλητότητας της παραγωγής μεταξύ των χωρών, καθώς και ως αρχική στάθμη για την δημιουργία των θεωρητικών χρονοσειρών σε μεγαλύτερα επίπεδα διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στην χώρα.

Όσον αφορά τα δεδομένα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, αυτά διατίθενται στην ιστοσελίδα του ENTSOE και για τις πέντε χώρες.[91] Οι χρονοσειρές ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ωριαίας μεταβλητότητας, δηλαδή της διαφοράς ζήτησης ανάμεσα σε δύο συνεχόμενες ώρες. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με μονάδα μέτρησης τα MWh/h, αλλά και σε σχέση με την αιχμή ζήτησης, ως ποσοστό της, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\% \text{ αιχμή ζήτησης} = 100 * \frac{\text{Ζήτηση}}{\text{Μέγιστη Ζήτηση}}$$

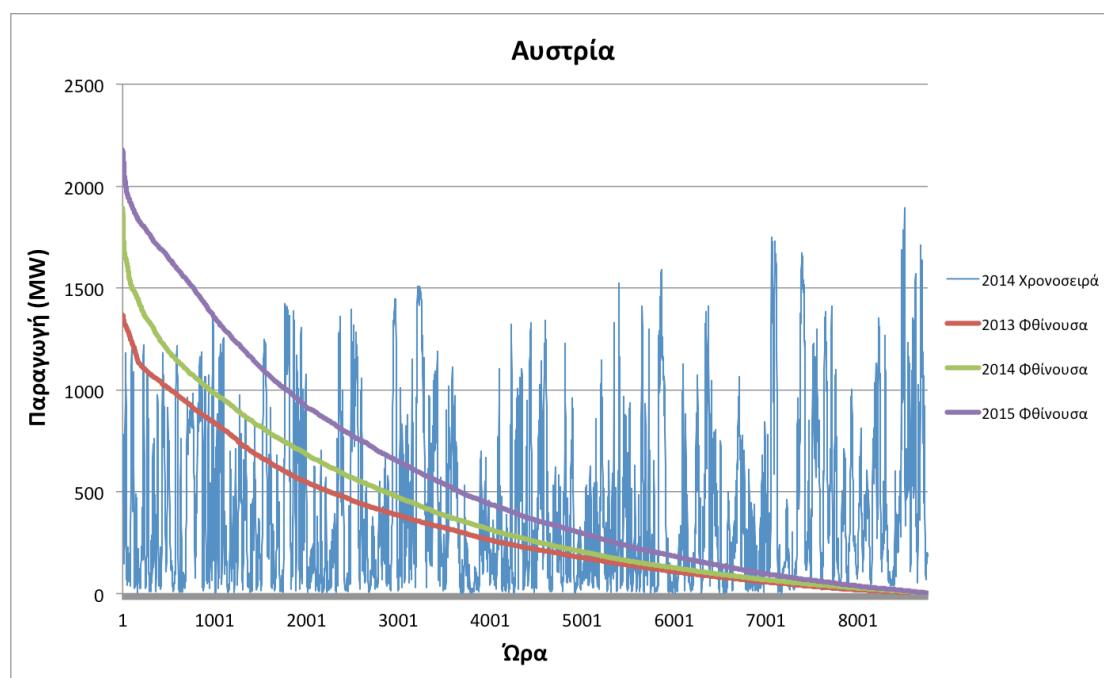
(Τύπος 2.)

4.2 Μεταβλητότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα

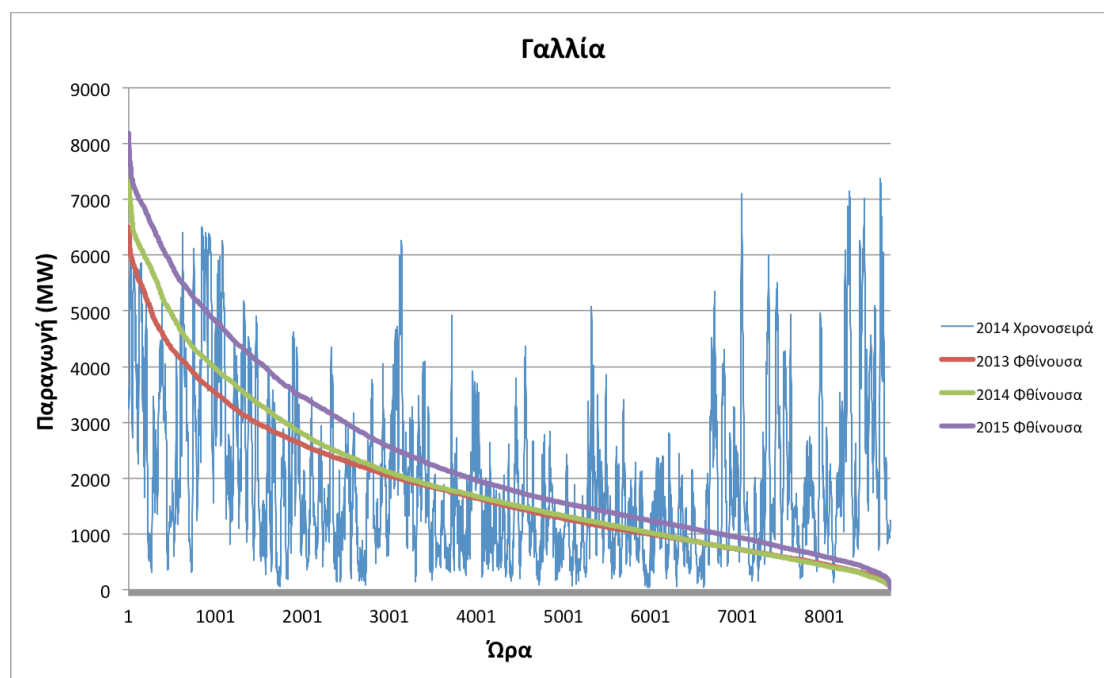
Όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία, η αξιοπιστία των αιολικών συστημάτων επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες, όπως η ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στην τοποθεσία του αιολικού πάρκου, το επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο συνολικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής ή της χώρας, ο συσχετισμός μεταξύ διαφόρων ανεμογεννητριών που υπάρχουν στο σύστημα κ.ά. Αποδεικνύεται μάλιστα, ότι η αξιοπιστία του συστήματος δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί αν όλες οι ανεμογεννήτριες είναι στην ίδια τοποθεσία ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη τους ισχύ, καθότι ακολουθούν τις ίδιες συνθήκες ανέμου. Ως επακόλουθο λοιπόν, η μεταβλητότητα της παραγωγής επηρεάζεται από το μέγεθος του συστήματος που εξετάζουμε και ειδικότερα, μειώνεται με την αύξησή του.[42] Στο παρόν κεφάλαιο, εξετάζουμε την μεταβλητότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα σε κάθε μία από τις πέντε χώρες και στο σύνολό τους, την Ομάδα.

4.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας παραγωγής

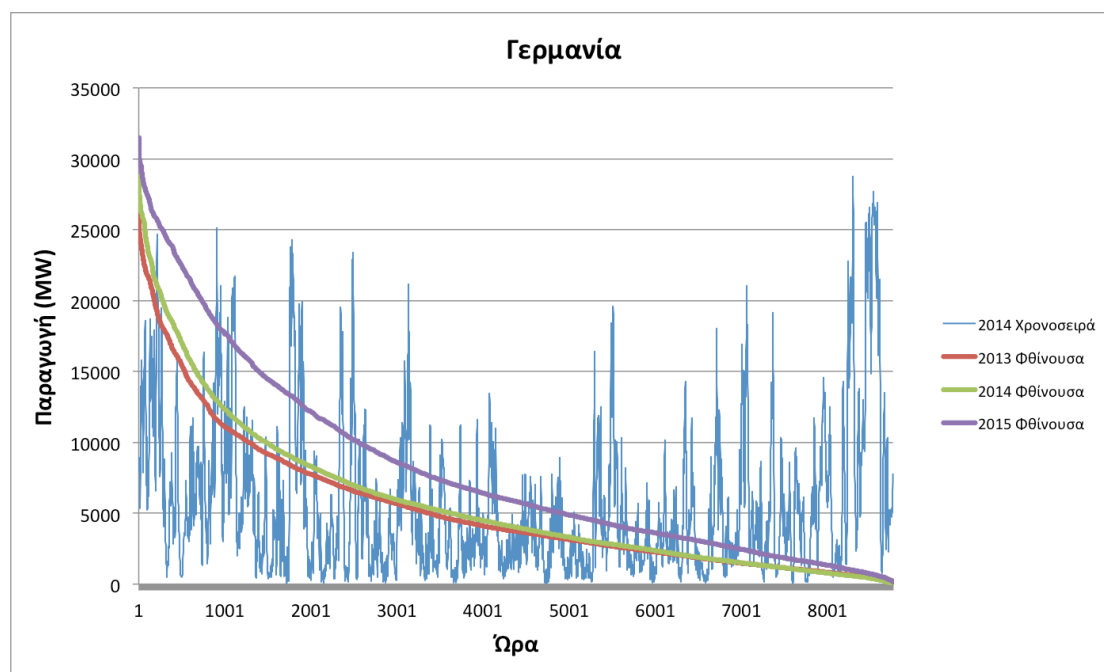
Τα δεδομένα παραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 7-12, όπου φαίνονται οι χρονοσειρές για το 2014, καθώς και οι καμπύλες διάρκειας για τα έτη 2013-2015. Ως καμπύλη διάρκειας ορίζουμε την καμπύλη που δημιουργείται από τις 8760 ωριαίες τιμές παραγωγής κάθε έτους όταν αυτές διαταχθούν σε φθίνουσα αριθμητική σειρά. Εύκολα παρατηρούμε ότι η ετήσια παραγωγή αυξάνεται ανά έτος, αφού προστίθεται νέα εγκατεστημένη ισχύς στο σύστημα της κάθε χώρας, δηλαδή περισσότερες ανεμογεννήτριες. Τα αντίστοιχα διαγράμματα παραγωγής για κάθε χώρα και την Ομάδα, για τα έτη 2013 και 2015, παρατίθενται στο Παράρτημα.



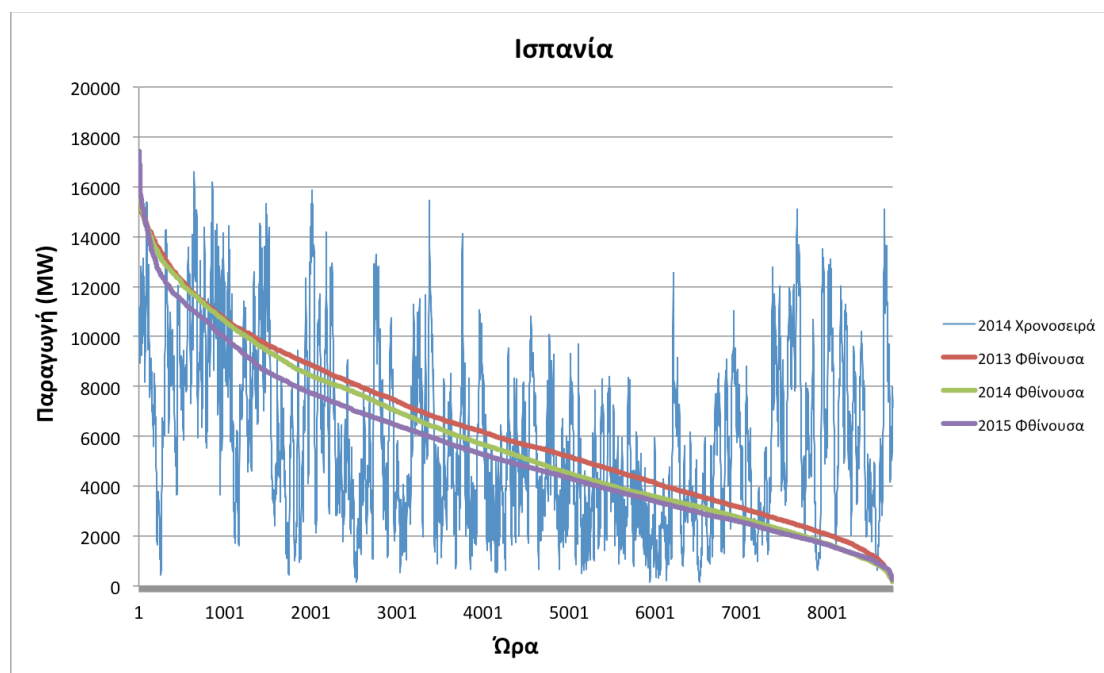
Διάγραμμα 7. Αιολική Παραγωγή στην Αυστρία το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 1684MW και 2095MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 409,93MW.



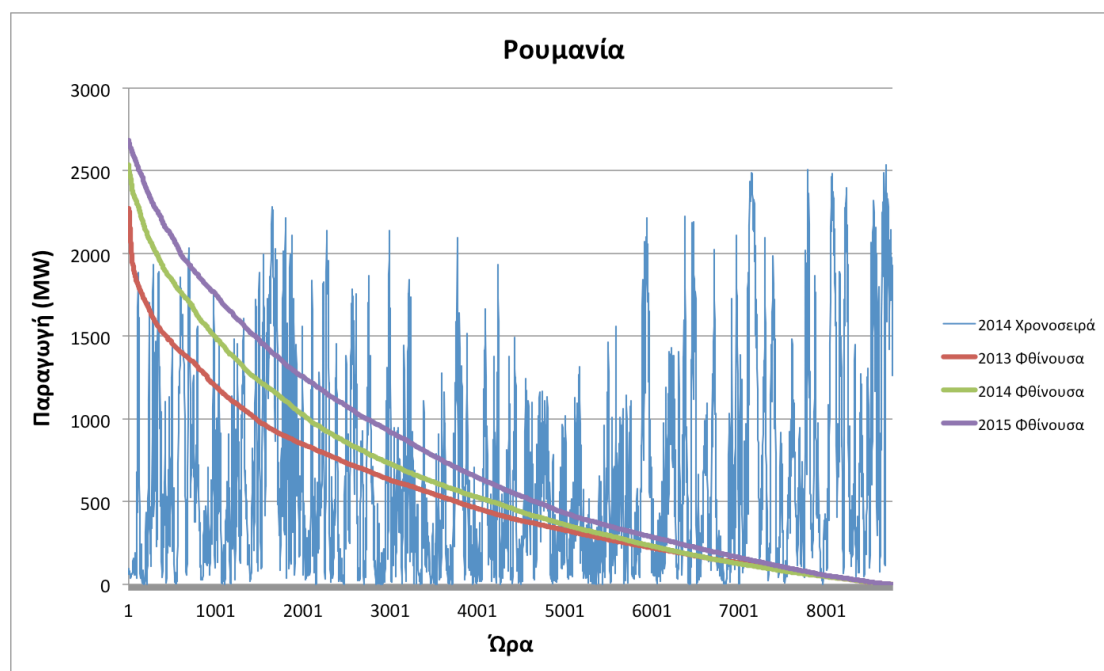
Διάγραμμα 8. Αιολική Παραγωγή στην Γαλλία το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 8254MW και 9285MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 1947,25MW.



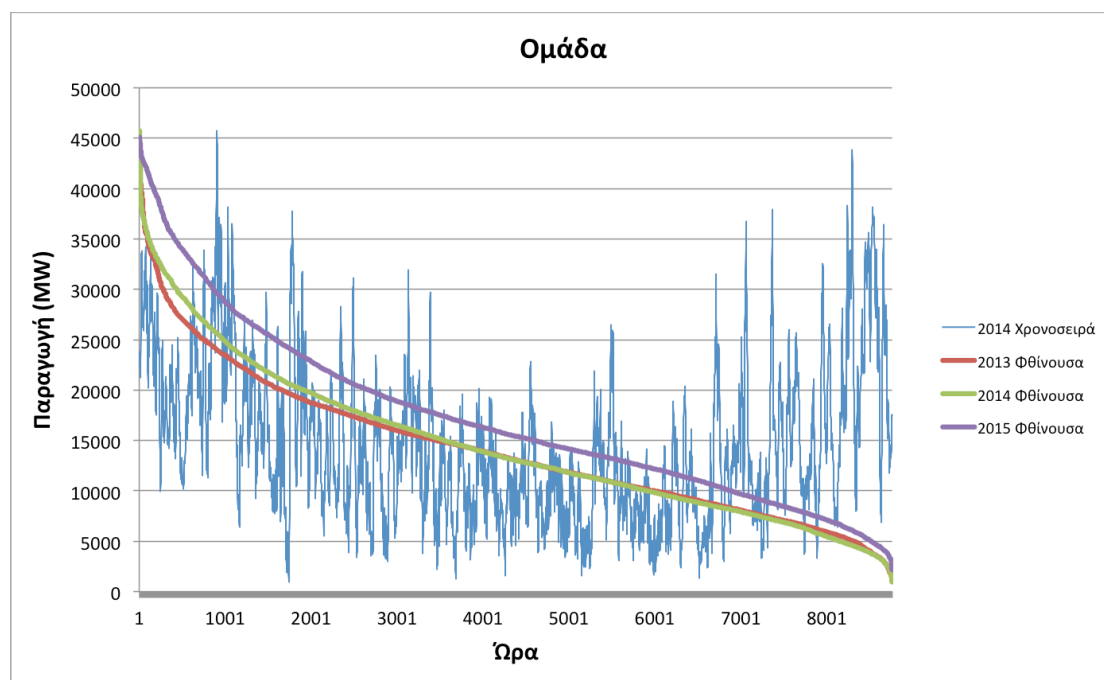
Διάγραμμα 9. Αιολική Παραγωγή στην Γερμανία το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 32681,1MW και 38116,1MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 5712,72MW.



Διάγραμμα 10. Αιολική Παραγωγή στην Ισπανία το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 22954MW και 22981,5MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 5845,2MW.

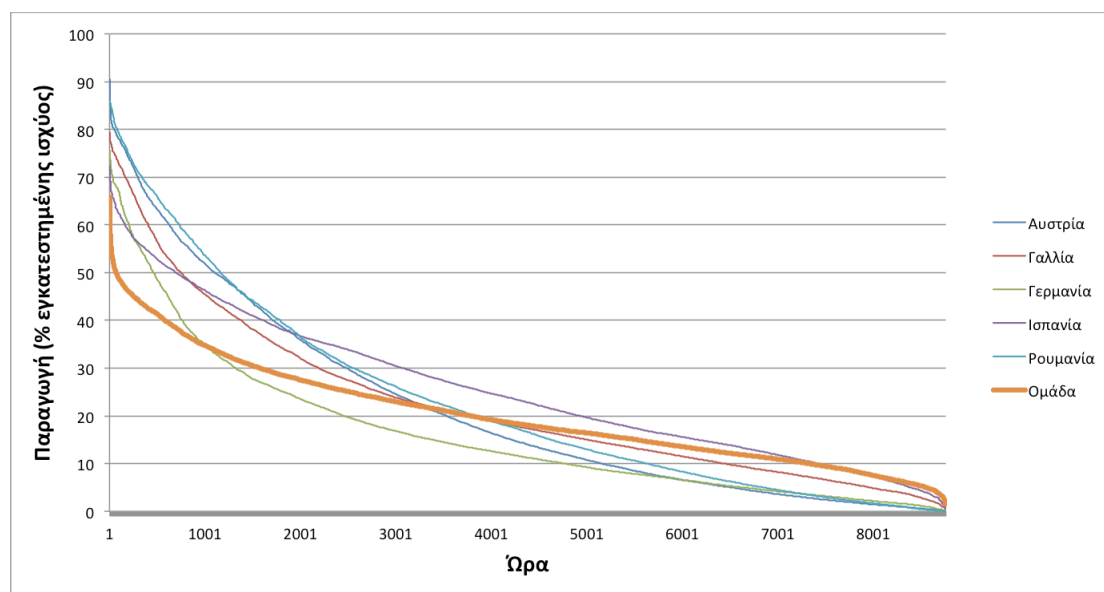


Διάγραμμα 11. Αιολική Παραγωγή στη Ρουμανία το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 2599MW και 2953,6MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 641,06MW.



Διάγραμμα 12. Αιολική Παραγωγή στην Ομάδα το 2014. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2013 ήταν 68172,1MW και 75431,2MW στο τέλος του 2014. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2014 ήταν 14556,14MW.

Όπως προαναφέρθηκε, η μεταβλητότητα της παραγωγής επηρεάζεται από το μέγεθος του συστήματος που εξετάζεται. Πράγματι, σύμφωνα με το Διάγραμμα 13 όπου φαίνονται οι καμπύλες διάρκειας της παραγωγής ως ποσοστό επί της εγκατεστημένης ισχύος σε κάθε χώρα και την Ομάδα, για το 2014, παρατηρείται μια εξομάλυνση της μεταβλητότητας στην Ομάδα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι περιπτώσεις όπου η παραγωγή αγγίζει το 0% της εγκατεστημένης ισχύος είναι πολύ σπανιότερες απ'ότι σε κάθε χώρα ξεχωριστά. Ομοίως, η μέγιστη παραγωγή της Ομάδας είναι χαμηλότερο ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος σε σχέση με την μέγιστη παραγωγή σε κάθε χώρα ξεχωριστά και ποτέ δεν φτάνει το 100% της εγκατεστημένης ισχύος.



Διάγραμμα 13. Καμπύλες διάρκειας της χερσαίας αιολικής παραγωγής ως % ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος, για το 2014, σε κάθε χώρα και την Ομάδα

Το φαινόμενο αυτό της εξομάλυνσης εντείνεται όταν η ωριαία παραγωγή των επιμέρους χωρών που εξετάζουμε δεν είναι έντονα συσχετισμένη ή ακόμα όταν είναι αρνητικά συσχετισμένη. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται ο συσχετισμός των ωριαίων τιμών παραγωγής ανά έτος σε γειτονικές χώρες.

	2013	2014	2015
Αυστρία-Γερμανία	0,168	0,252	0,217
Γαλλία-Γερμανία	0,481	0,524	0,586
Γαλλία-Ισπανία	0,306	0,434	0,183

Πίνακας 11. Συντελεστές συσχετισμού ωριαίας παραγωγής

Παρατηρείται ότι ανάμεσα στην Αυστρία και τη Γερμανία, ο συσχετισμός δεν είναι ιδιαίτερα έντονος, σε αντίθεση με τον συσχετισμό ανάμεσα στην Γαλλία και την Γερμανία. Τέλος, ανάμεσα στη Γαλλία και την Ισπανία παρατηρούνται διακυμάνσεις του συντελεστή από έτος σε έτος.

4.2.1.1 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας παραγωγής

Στους Πίνακες 12-14 φαίνονται οι στατιστικοί δείκτες της ωριαίας χερσαίας αιολικής παραγωγής σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για τα έτη 2013-2015. Κατά το έτος 2015 παρατηρείται μεγαλύτερη παραγωγή, όπως φαίνεται τόσο από τη διάμεσο

όσο και την τυπική απόκλιση. Το φαινόμενο της εξομάλυνσης επιβεβαιώνεται και από τους παρακάτω Πίνακες, ως εξής:

- Η τυπική απόκλιση της ωριαίας παραγωγής είναι μικρότερη στην Ομάδα απ'ότι σε κάθε χώρα, για όλα τα χρόνια. Σε κάθε χώρα ξεχωριστά κυμαίνεται από 14,64% ως 23,51% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 10,67-11,15%.
- Η μέγιστη τιμή της ωριαίας παραγωγής είναι μεγαλύτερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι στην Ομάδα, σε κάθε έτος. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 72,32% ως 93,67% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 58,65% ως 65,92% της εγκατεστημένης ισχύος.
- Η ελάχιστη τιμή της ωριαίας παραγωγής είναι μικρότερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι η αντίστοιχη τιμή στην Ομάδα, σε κάθε έτος. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 0% ως 1,02% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 1,37% ως 2,72% της εγκατεστημένης ισχύος.
- Το εύρος της ωριαίας παραγωγής φτάνει μέχρι το 93,63% εγκατεστημένης ισχύος, ενώ μέχρι το ποσοστό 64,55% στην Ομάδα.

Στην Γαλλία, την Γερμανία και την Ισπανία παρατηρείται κάθε έτος πιο ομαλή παραγωγή σε σύγκριση με την Αυστρία και την Ρουμανία, αφού τόσο το εύρος, όσο και η τυπική απόκλιση έχουν μικρότερες τιμές.

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέση Τιμή	22,00	22,86	16,66	27,26	23,83	21,43
Διάμεσος	14,72	18,82	11,70	25,17	17,75	19,74
Τυπική Απόκλιση	20,96	15,95	15,13	14,64	20,47	10,67
Μέγιστη	81,33	78,80	79,60	74,26	87,36	65,46
Ελάχιστη	0,00	0,66	0,40	0,72	0,00	1,89
Εύρος	81,33	78,14	79,20	73,54	87,36	63,57

Πίνακας 12. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία παραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέση Τιμή	21,52	22,21	16,09	25,45	22,90	20,25
Διάμεσος	13,97	17,36	11,25	22,81	16,64	18,03
Τυπική Απόκλιση	20,66	16,88	15,05	14,97	20,84	10,79
Μέγιστη	90,42	79,42	75,48	72,31	86,01	65,92
Ελάχιστη	0,02	0,30	0,08	0,65	0,00	1,37
Εύρος	90,40	79,12	75,40	71,66	86,01	64,55

Πίνακας 13. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία παραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέση Τιμή	24,90	23,81	20,07	23,83	25,83	22,03
Διάμεσος	16,68	18,15	14,60	21,23	18,85	19,79
Τυπική Απόκλιση	23,51	17,32	16,91	14,06	22,65	11,15
Μέγιστη	93,67	79,80	77,40	75,80	90,59	58,65
Ελάχιστη	0,04	0,23	0,32	1,02	0,00	2,72
Εύρος	93,63	79,57	77,08	74,78	90,59	55,93

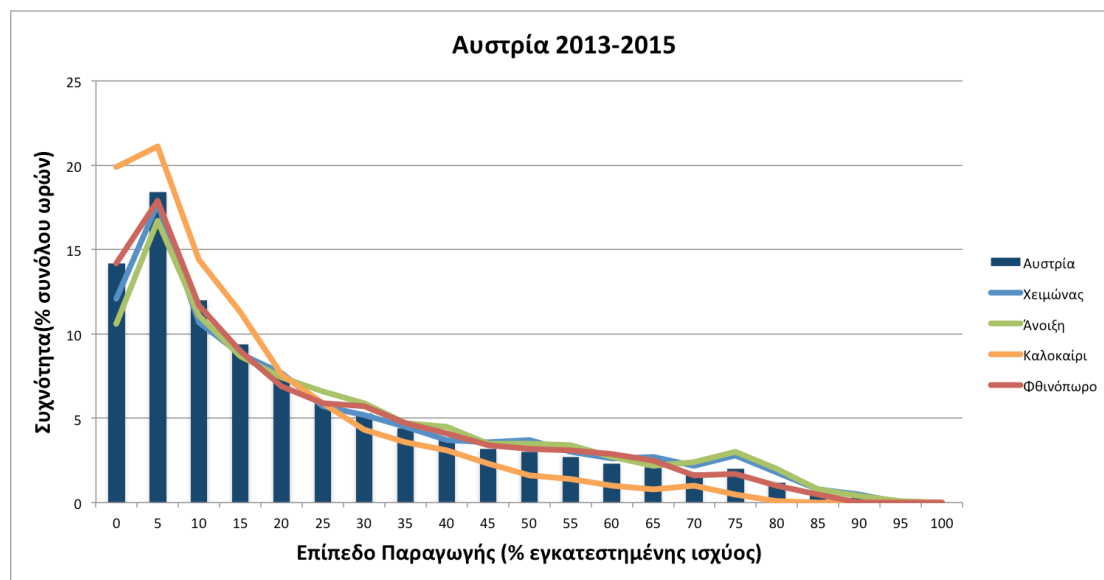
Πίνακας 14. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία παραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

4.2.1.2 Εποχική κατανομή της παραγωγής

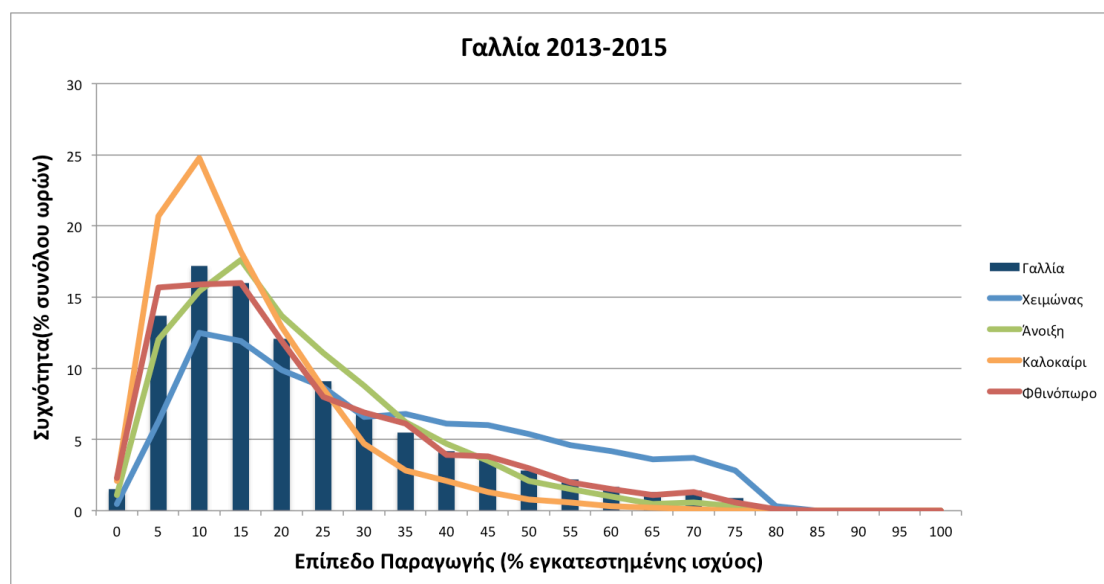
Με στόχο να εξετάσουμε την εποχική συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για κάθε χώρα και την Ομάδα, ομαδοποιούμε τα στοιχεία από τα έτη 2013-2015 σε 20 σύνολα, ξεκινώντας από το 0% της εγκατεστημένης ισχύος και με βήμα κάθε φορά 5%. Στη συνέχεια, με βάση το πλήθος των τιμών που εμπίπτουν σε κάθε σύνολο, κατασκευάζουμε τα Διαγράμματα 14-19, όπου οι στήλες αφορούν όλες τις τιμές της περιόδου 2013-2015, ενώ οι γραμμές αφορούν τις τιμές κάθε εποχής.

Παρατηρείται ότι η ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα κινείται στα υψηλότερα επίπεδα παραγωγής κατά τους χειμερινούς

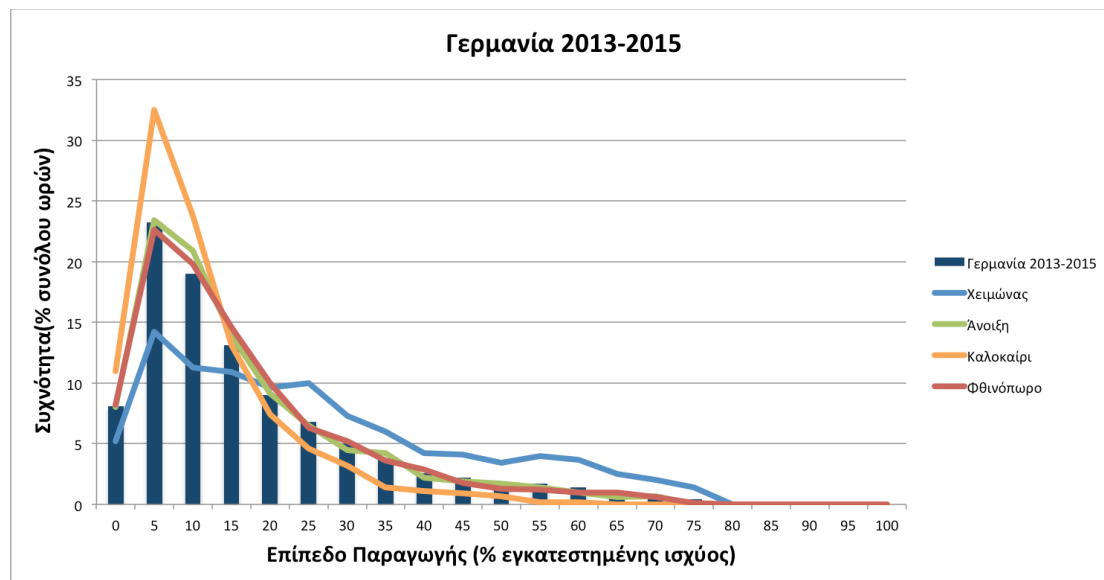
μήνες σε όλες τις χώρες που εξετάστηκαν, καθώς και στην Ομάδα. Αντίθετα, παρατηρούνται τιμές ωριαίας παραγωγής μικρότερες από το 15% της εγκατεστημένης ισχύος πιο συχνά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



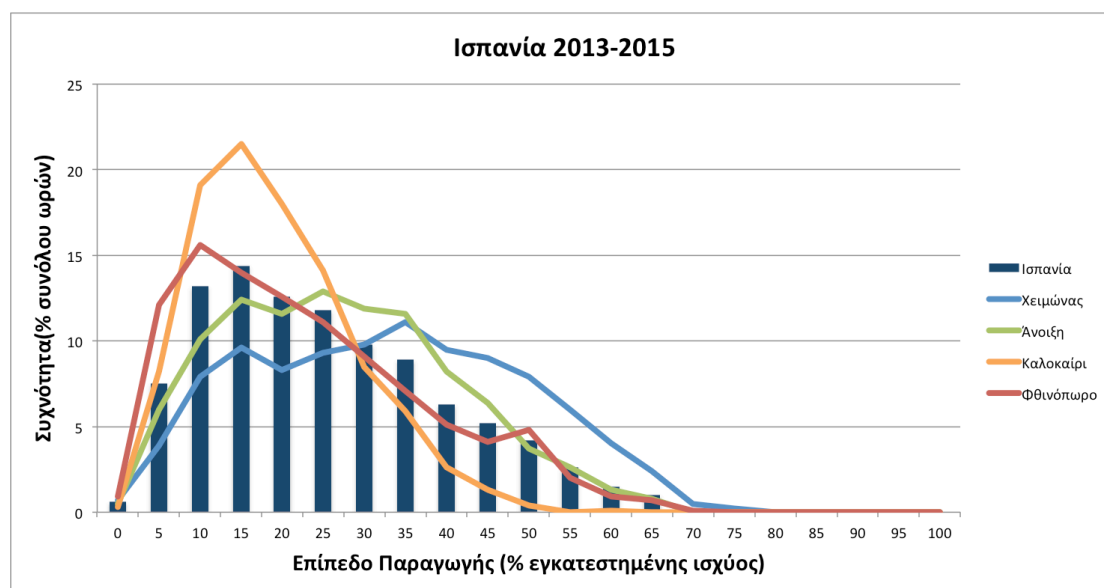
Διάγραμμα 14. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Αυστρία σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).



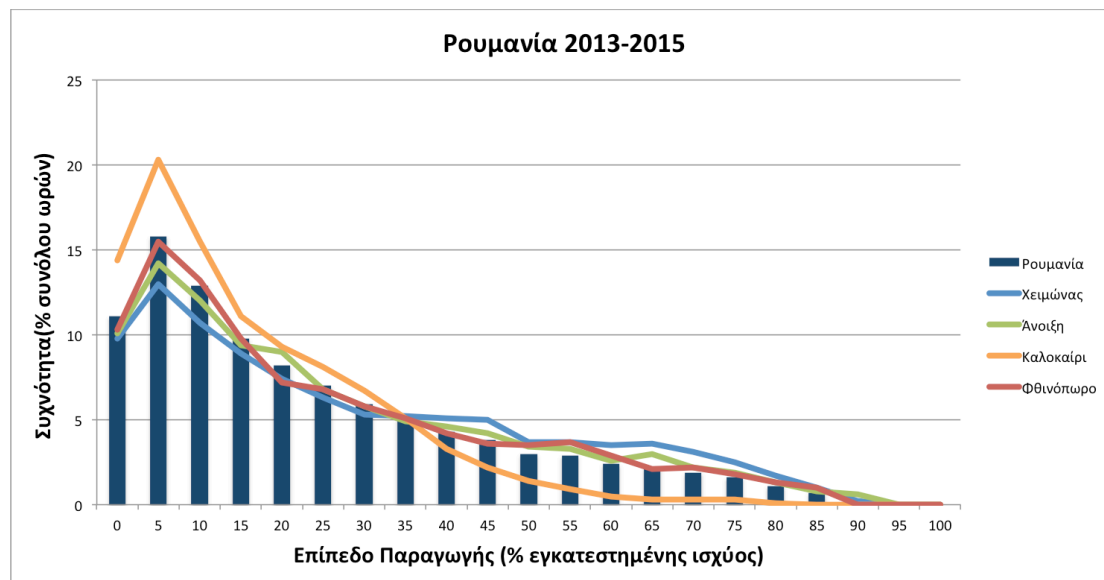
Διάγραμμα 15. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Γαλλία σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).



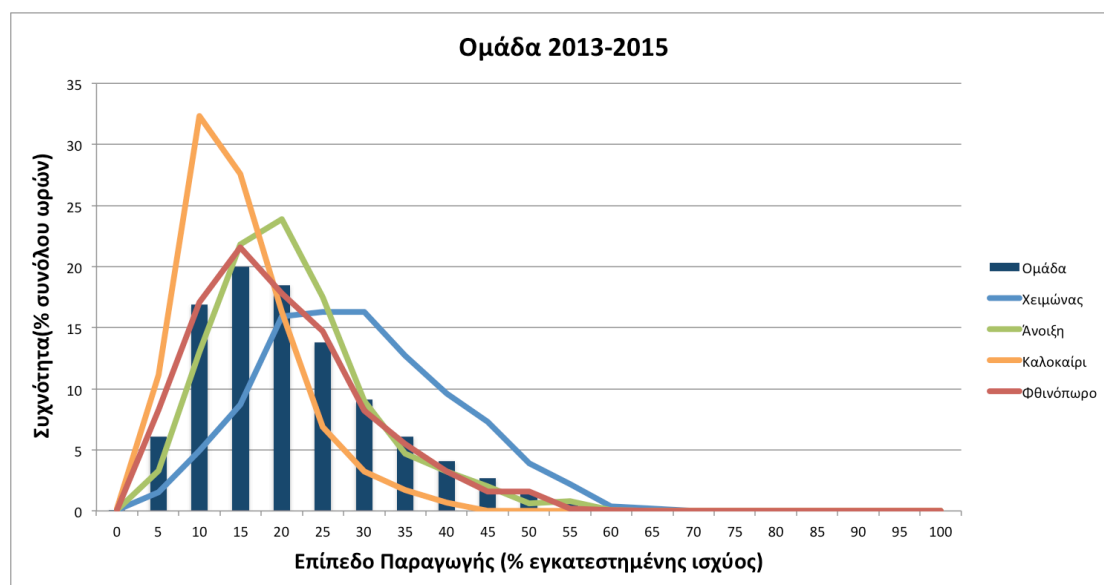
Διάγραμμα 16. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Γερμανία σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ'όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).



Διάγραμμα 17. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Ισπανία σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ'όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).



Διάγραμμα 18. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Ρουμανία σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ'όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).



Διάγραμμα 19. Συχνότητα κατανομής της ωριαίας παραγωγής στην Ομάδα σε ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, συνολικά καθ'όλη τη διάρκεια του έτους (στήλες) και κατά εποχή (γραμμές).

Τέλος, στον Πίνακα 15 καταγράφεται η μέση τιμή της παραγωγής ως ποσοστό επί της εγκατεστημένης ισχύος σε κάθε χώρα και την Ομάδα, ανά εποχή και συνολικά για την περίοδο 2013-2015. Η υψηλότερη μέση τιμή παραγωγής για όλες τις χώρες

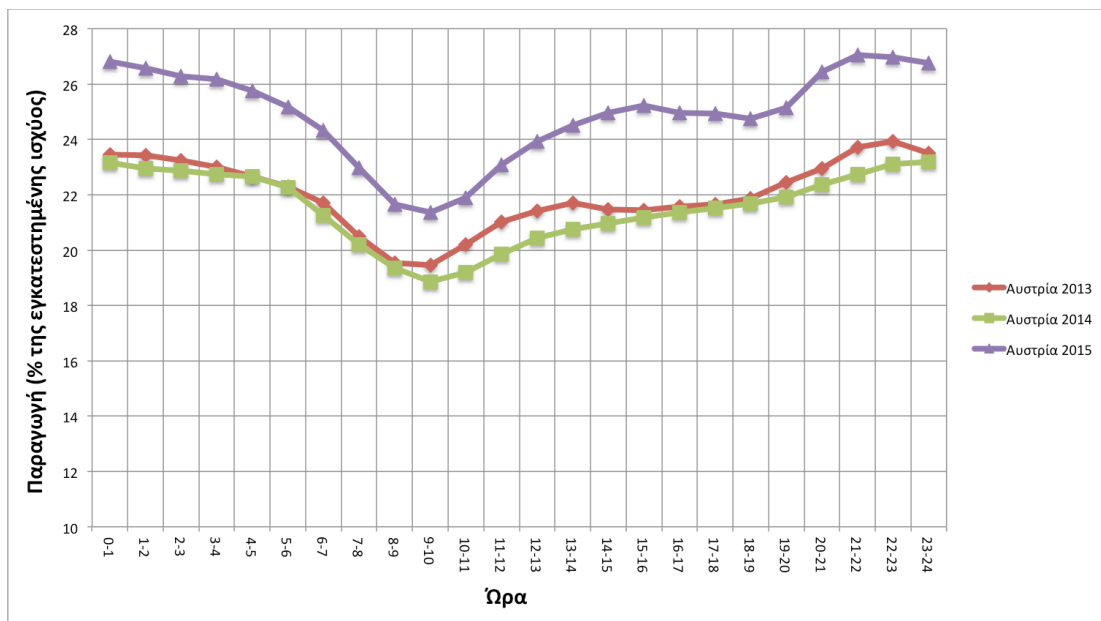
και την Ομάδα, παρατηρείται το καλοκαίρι, ενώ με εξαίρεση την Αυστρία, η υψηλότερη τιμή παραγωγής παρατηρείται τον χειμώνα.

	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Χειμώνας	25,65	32,96	26,03	32,74	28,71	29,15
Άνοιξη	26,42	21,96	16,41	27,12	26,21	21,21
Καλοκαίρι	15,87	15,83	11,45	19,16	16,51	14,74
Φθινόπωρο	23,11	22,21	16,63	23,17	25,22	19,92
Συνολικά	22,75	22,97	17,59	25,51	24,13	21,22

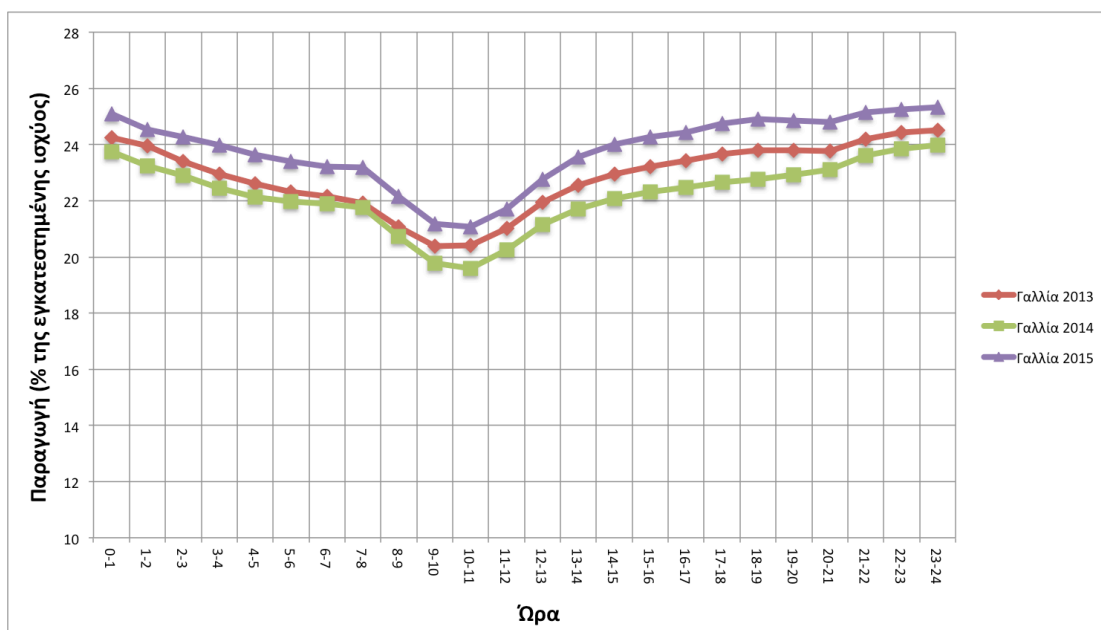
Πίνακας 15. Μέση τιμή ωριαία παραγωγής από χερσαία αιολικά ως % ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος, κατά την περίοδο 2013-2015, ανά εποχή και συνολικά.

4.2.1.3 Ημερήσια συμπεριφορά της παραγωγής

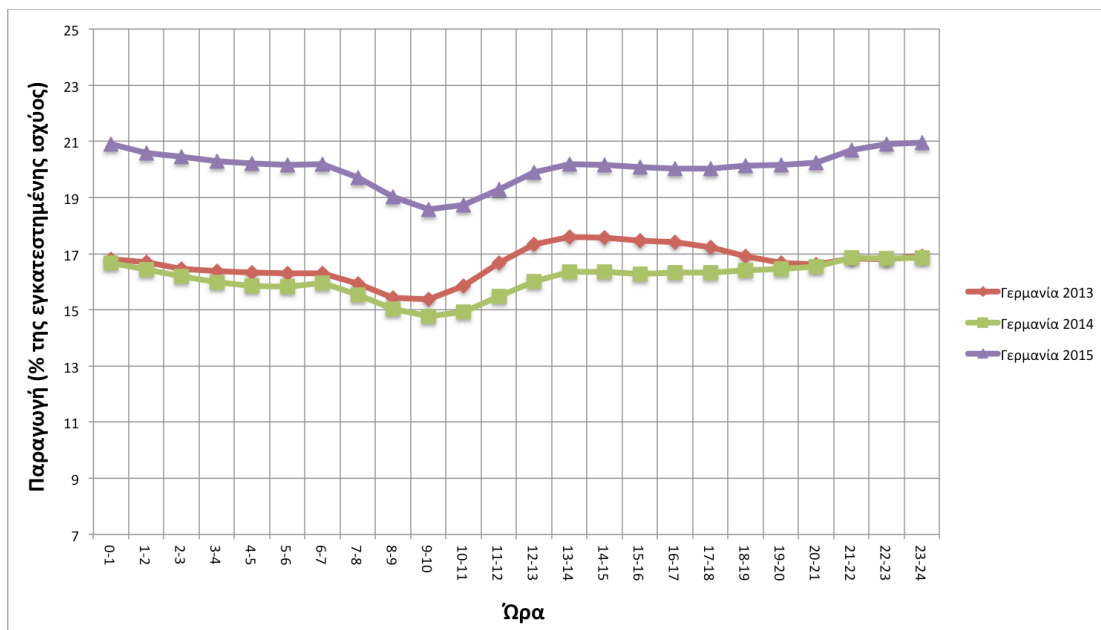
Η παραγωγή των χερσαίων αιολικών πάρκων ακολουθεί μία επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στα Διαγράμματα 20-25 μπορούμε να δούμε την μέση τιμή της παραγωγής ως ποσοστό επί της εγκατεστημένης ισχύος για κάθε ώρα της ημέρας για τα έτη 2013-2015 ξεχωριστά. Σε όλες τις χώρες και στην Ομάδα, παρατηρείται μία κοινή συμπεριφορά, όπου η παραγωγή αγγίζει την ελάχιστη μέση τιμή της κατά τις ώρες 8πμ-11πμ, οπότε και αποκτά ανοδική τάση προσεγγιστικά μέχρι τις 12μμ. Από τις 12μμ μέχρι και την ελάχιστη τιμή το πρωί της επόμενης ημέρας, που παρατηρείται στο προαναφερθέν διάστημα 8πμ-11πμ έχει καθοδική τάση. Η ημερήσια αυτή συμπεριφορά είναι κοινή και για τα τρία έτη, 2013-2015. Εξαίρεση αποτελεί η Ρουμανία όπου στο διάστημα 5πμ-8πμ παρατηρείται μια επιπλέον αυξομείωση της μέσης τιμής της παραγωγής ανά ώρα και στα τρία έτη.



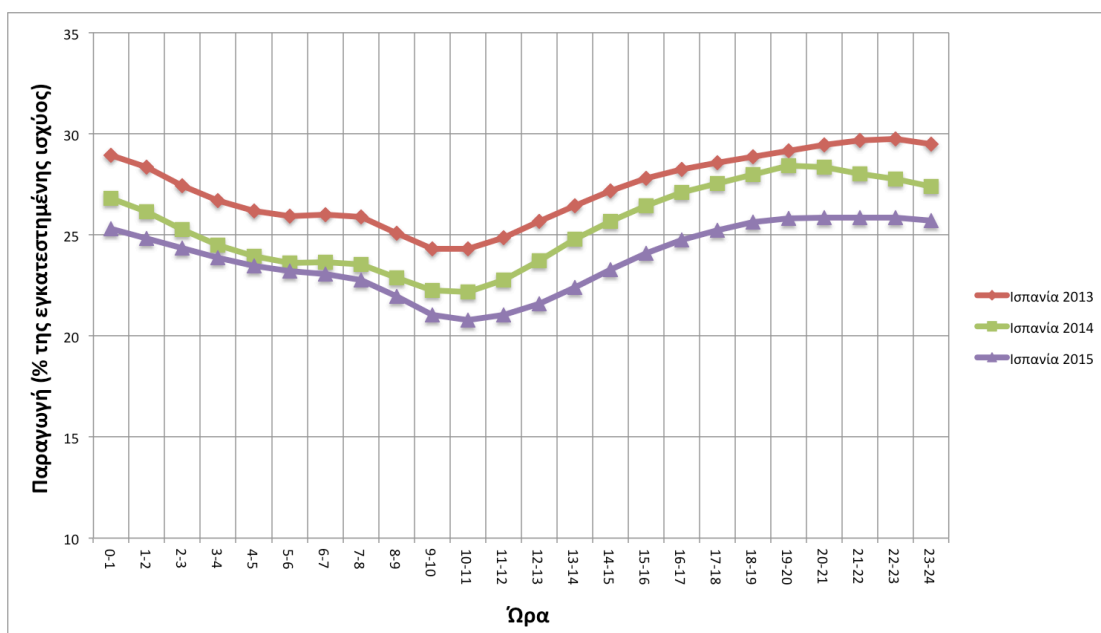
Διάγραμμα 20. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Αυστρία



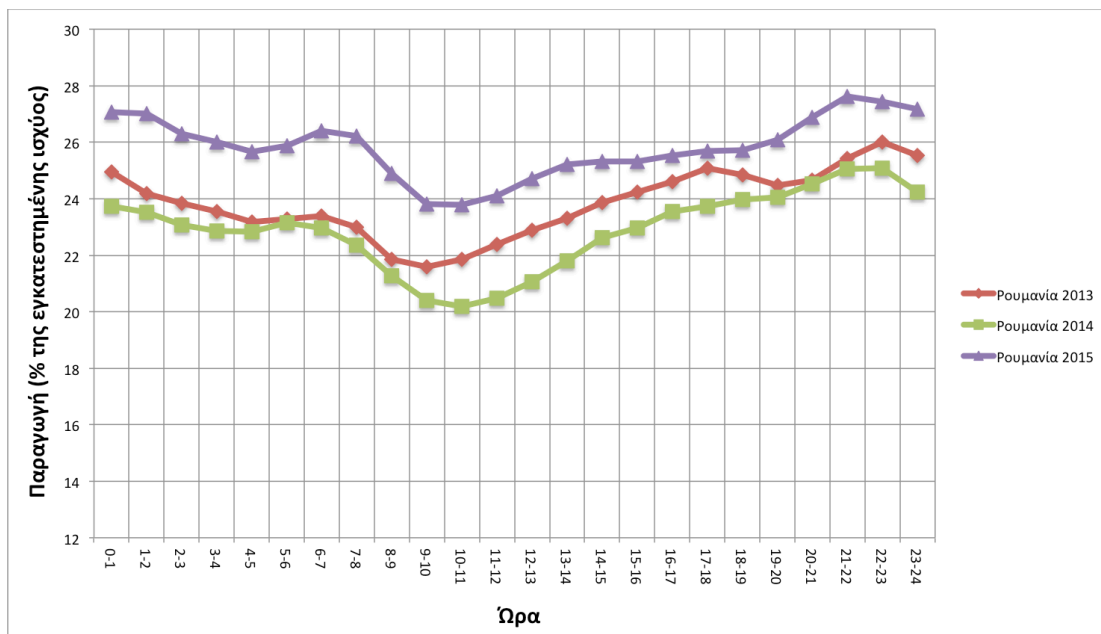
Διάγραμμα 21. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Γαλλία



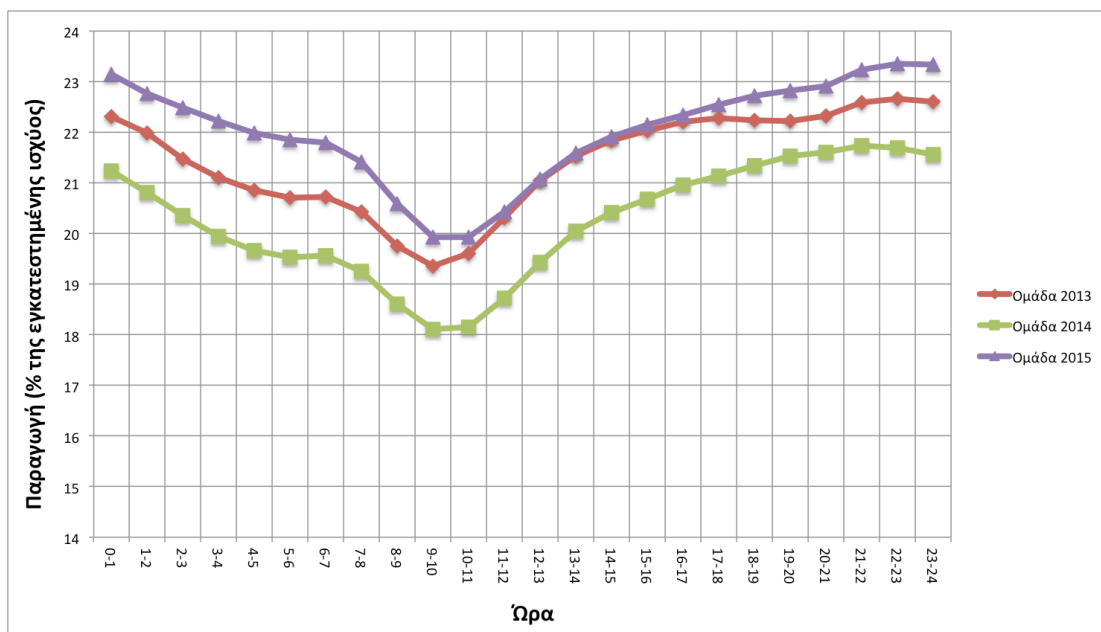
Διάγραμμα 22. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Γερμανία



Διάγραμμα 23. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Ισπανία



Διάγραμμα 24. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Ρουμανία



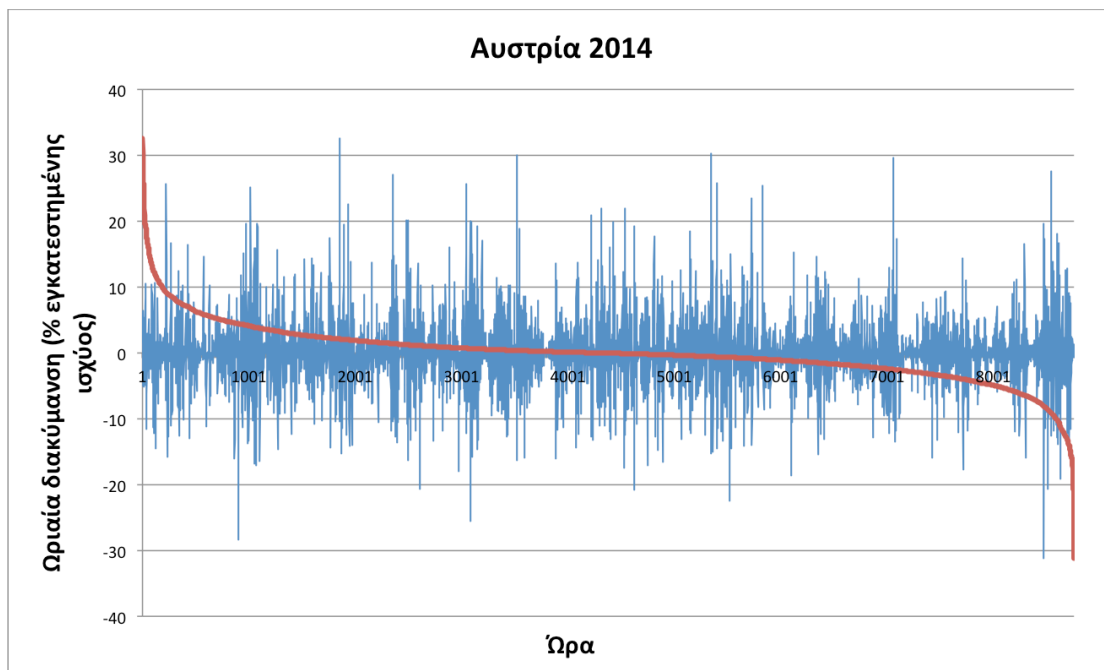
Διάγραμμα 25. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας παραγωγής ανά έτος στην Ομάδα

4.2.2 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής

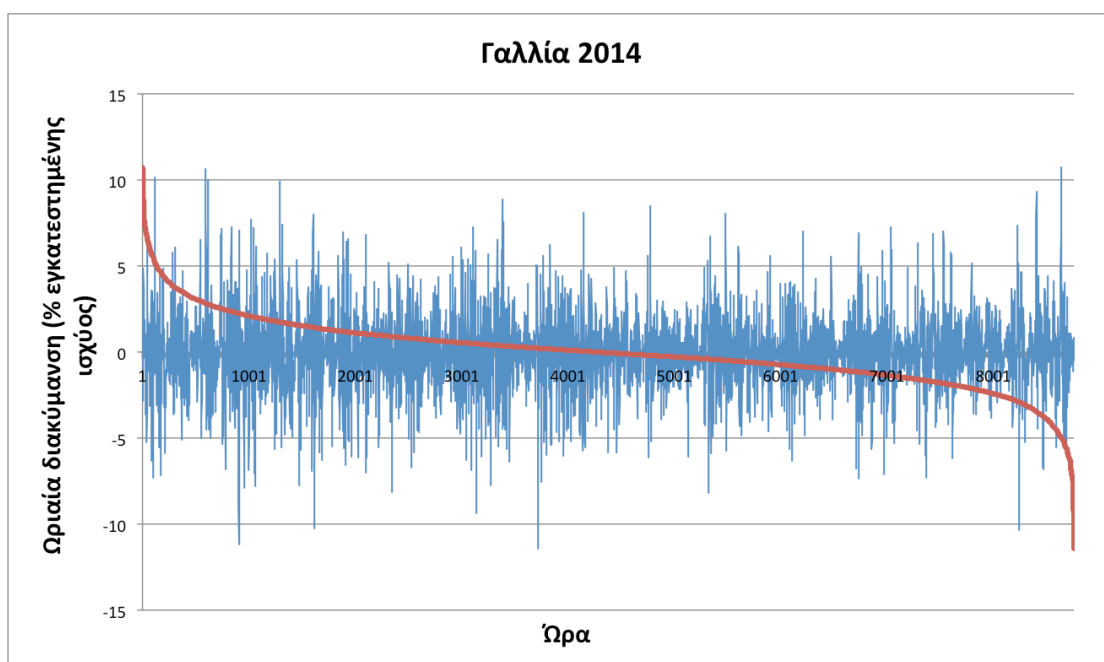
Έχοντας αναλύσει όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά της ωριαίας παραγωγής, εξετάζεται και η διακύμανσή της για διαδοχικές ώρες ή για μεγαλύτερο δοθέν διάστημα. Ως ωριαία διακύμανση της παραγωγής ορίζεται η διαφορά της παραγωγής μιας ώρας από την παραγωγή της αμέσως προηγούμενης ώρας. Κατ'επέκταση η διακύμανση μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδέν. Η διακύμανση μπορεί να εκφραστεί είτε σε MW, είτε ως ποσοστό επί της εγκατεστημένης ισχύος σύμφωνα με τον Τύπο 1. Αντίστοιχα, ως 4-ωρών διακύμανση ορίζεται η διαφορά της παραγωγής μιας ώρας από την παραγωγή 4 ώρες πριν. Η ωριαία διακύμανση και η 4-ωρών διακύμανση, μας δείχνουν πόσο μεταβάλλεται η παραγωγή σε διαδοχικές ώρες ή σε διάστημα 4 ωρών.

Στα Διαγράμματα 26-31 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής για το έτος 2014 σε κάθε χώρα και την Ομάδα, ως % ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος, μαζί με τις αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας. Υπενθυμίζεται ότι οι καμπύλες διάρκειας δημιουργούνται από όλες τις τιμές της διακύμανσης του έτους όταν αυτές διαταχθούν σε φθίνουσα αριθμητική σειρά. Τα αντίστοιχα διαγράμματα της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής για κάθε χώρα και την Ομάδα, για τα έτη 2013 και 2015, παρατίθενται στο Παράρτημα.

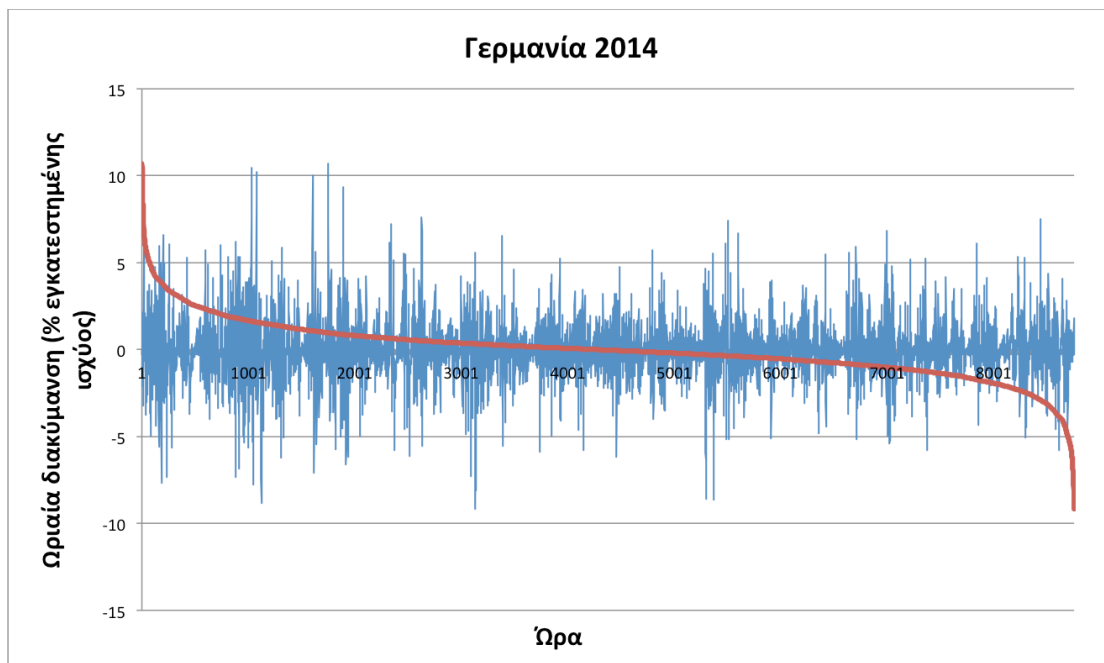
Εύκολα παρατηρείται το φαινόμενο της εξομάλυνσης για άλλη μια φορά, αφού η ωριαία διακύμανση στην Ομάδα έχει χαμηλότερες αιχμές από ότι οι αντίστοιχες μέγιστες και ελάχιστες τιμές σε κάθε επιμέρους χώρα ξεχωριστά. Παρατηρώντας την αρχή και το τέλος της καμπύλης διάρκειας, βλέπουμε ότι η μέγιστη τιμή της ωριαίας διακύμανσης σε κάθε χώρα εκτείνεται από 10% της εγκατεστημένης ισχύος στην Γερμανία, μέχρι ακόμα και 32% της εγκατεστημένης ισχύος, στην Αυστρία, ενώ στη Γαλλία, τη Ρουμανία και την Ισπανία, παρατηρούνται ενδιάμεσες τιμές. Αντίστοιχα, ισχύουν και για την ελάχιστη τιμή (μέγιστη αρνητική) με -11% της εγκατεστημένης ισχύος στη Γερμανία, -31% της εγκατεστημένης ισχύος στην Αυστρία και ενδιάμεσες τιμές για τη Γαλλία, τη Ρουμανία και την Ισπανία. Αντίθετα, στην Ομάδα, η μέγιστη τιμή διαμορφώνεται στο 8% της εγκατεστημένης ισχύος και η ελάχιστη στο -6% της εγκατεστημένης ισχύος, δηλαδή κατά απόλυτη τιμή και οι δύο παραπάνω τιμές, μικρότερες από τις αντίστοιχες στις επιμέρους χώρες.



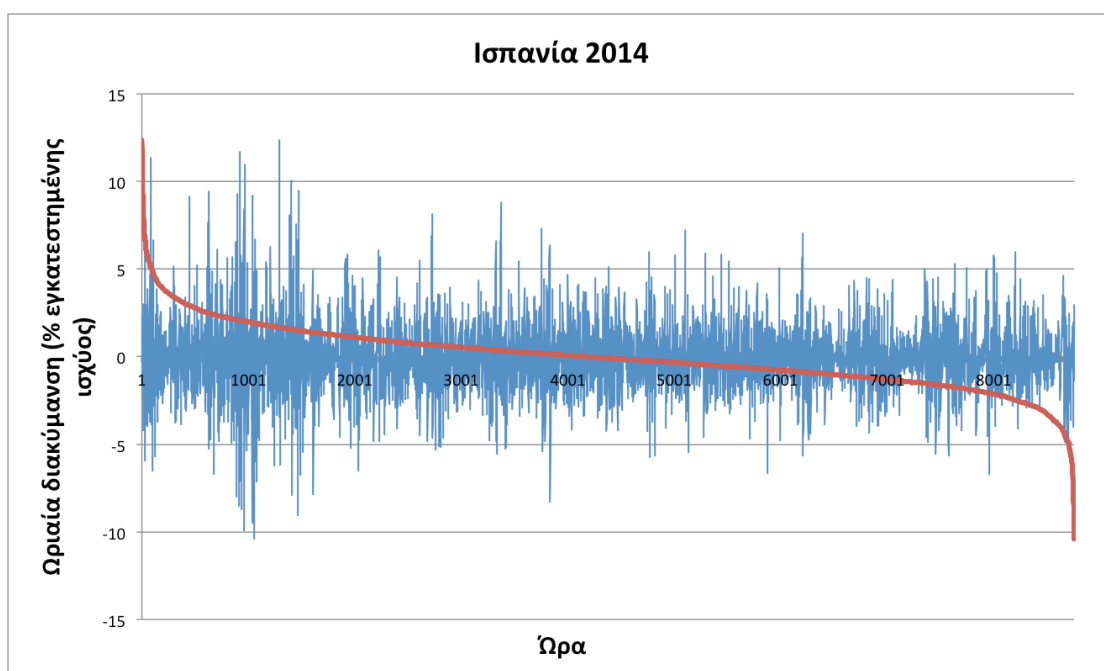
Διάγραμμα 26. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Αυστρία



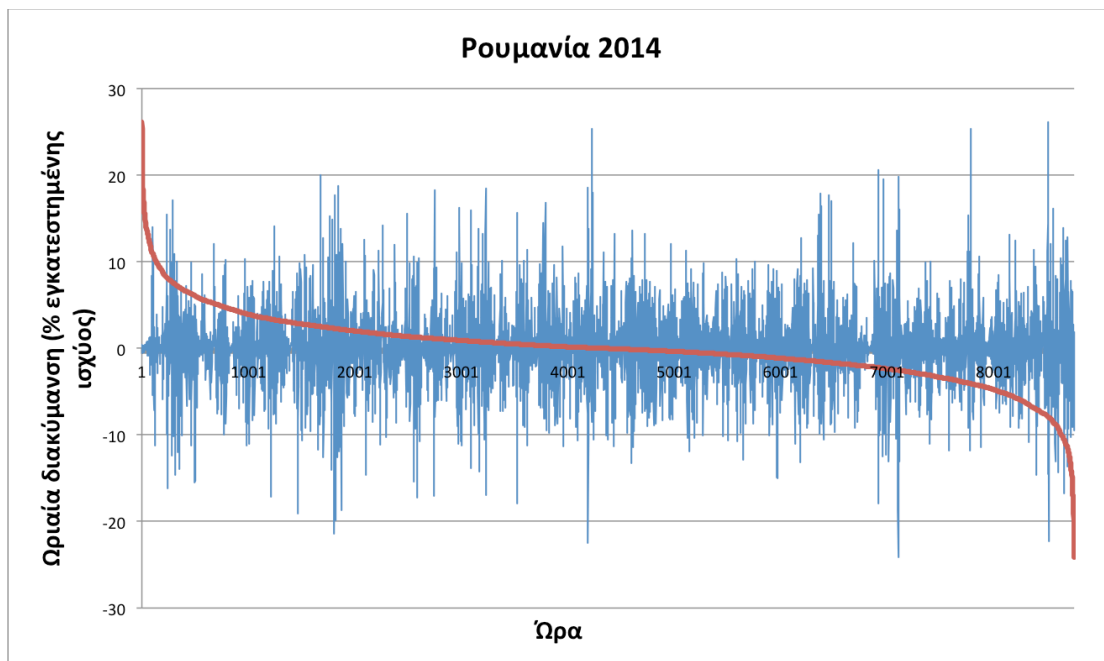
Διάγραμμα 27. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γαλλία



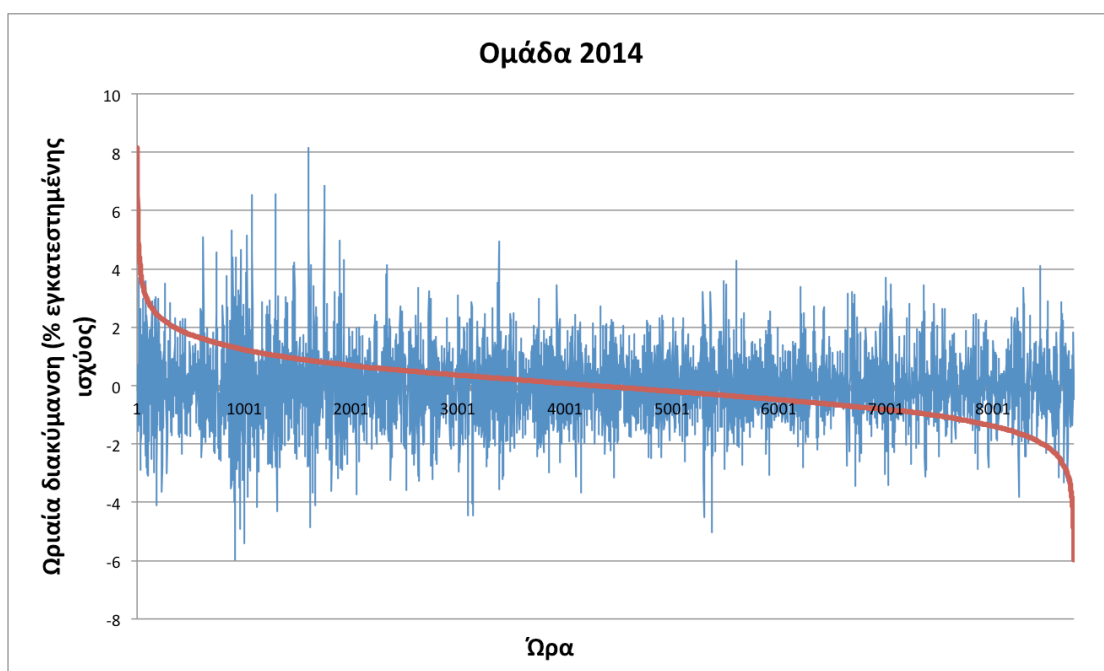
Διάγραμμα 28. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γερμανία



Διάγραμμα 29. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ισπανία

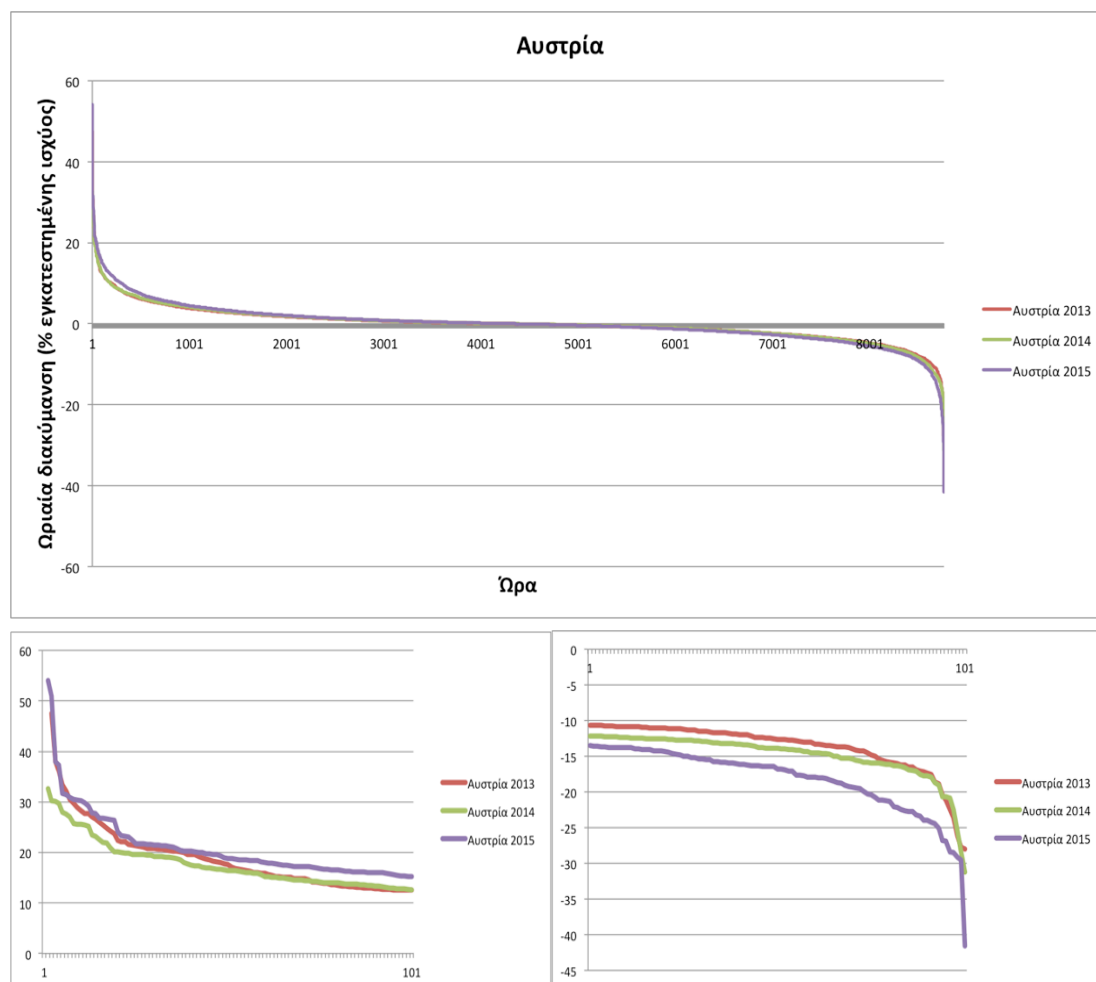


Διάγραμμα 30. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ρουμανία

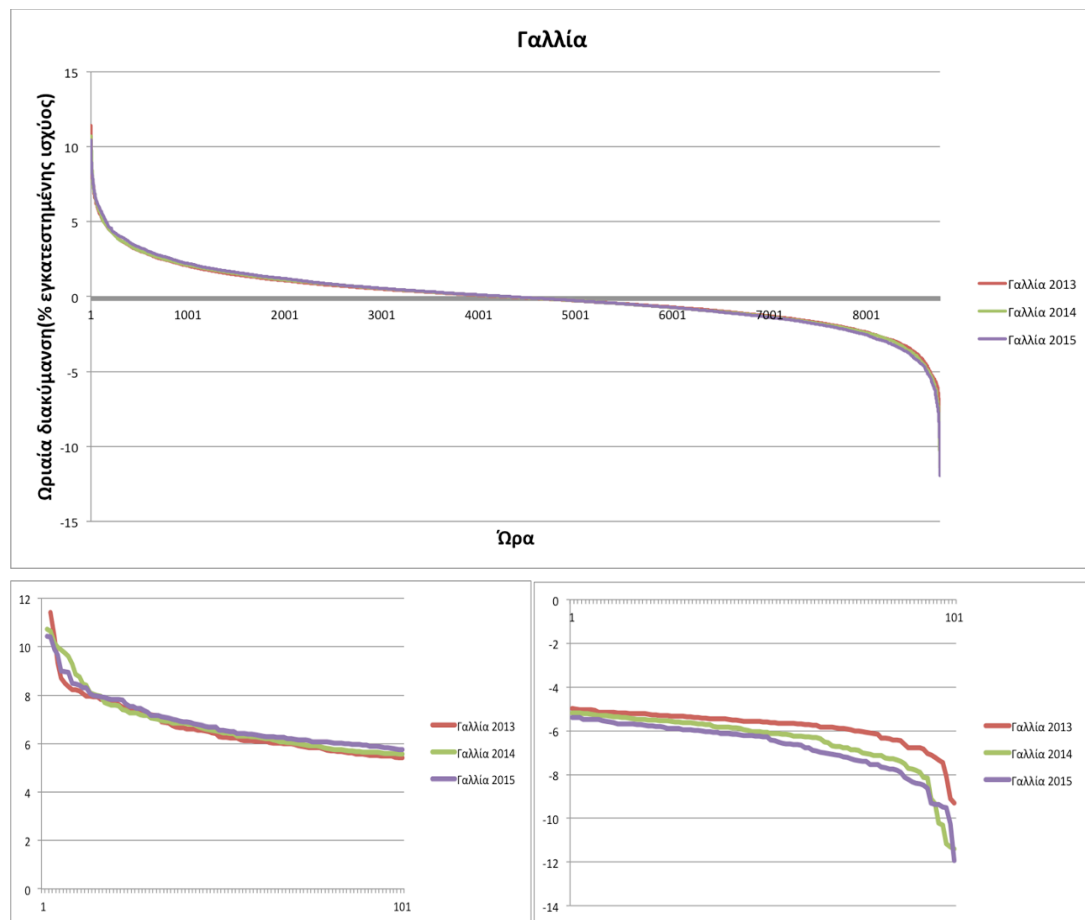


Διάγραμμα 31. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ομάδα

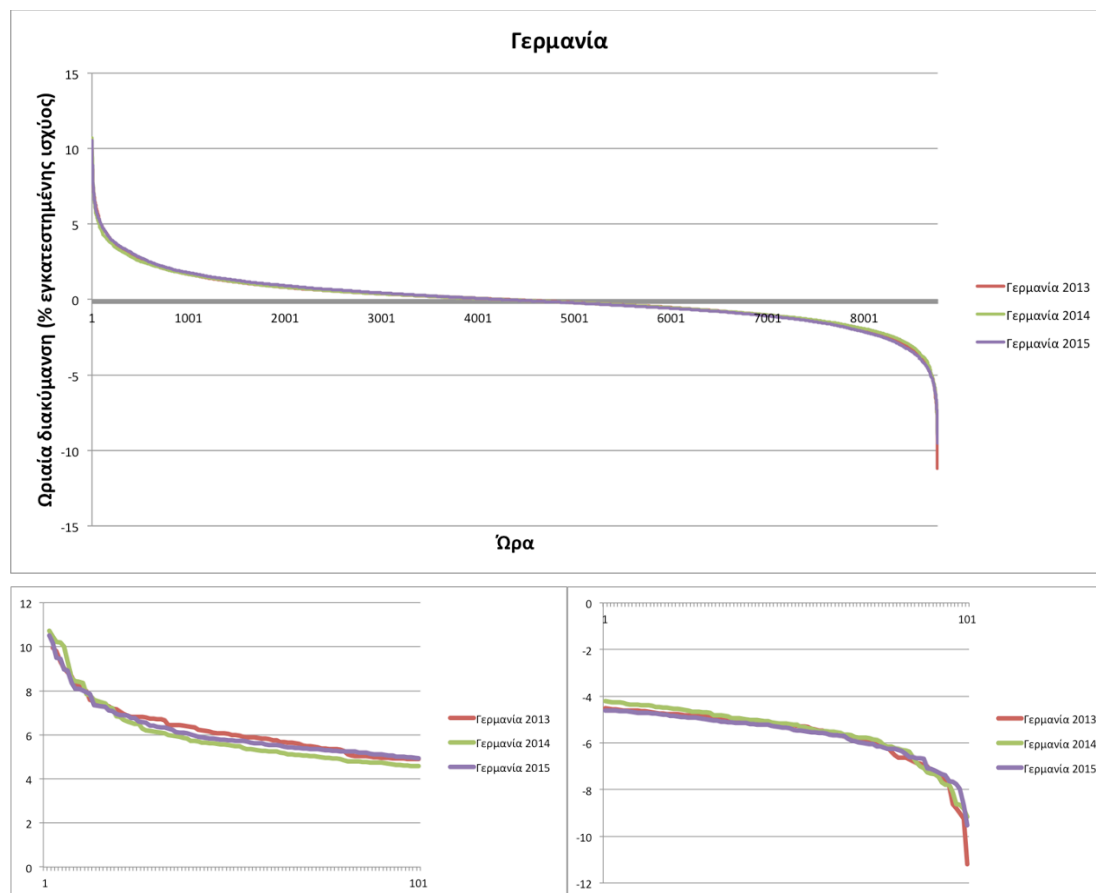
Στα Διαγράμματα 32-37 μπορούμε να δούμε τις καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής για κάθε χώρα και την Ομάδα για τα έτη 2013-2015 ξεχωριστά, με ιδιαίτερη έμφαση στην αρχή και το τέλος των καμπυλών, δηλαδή στις μεγαλύτερες και μικρότερες τιμές κάθε έτους. Παρατηρείται ότι η διακύμανση ακολουθεί την ίδια συμπεριφορά κάθε έτος.



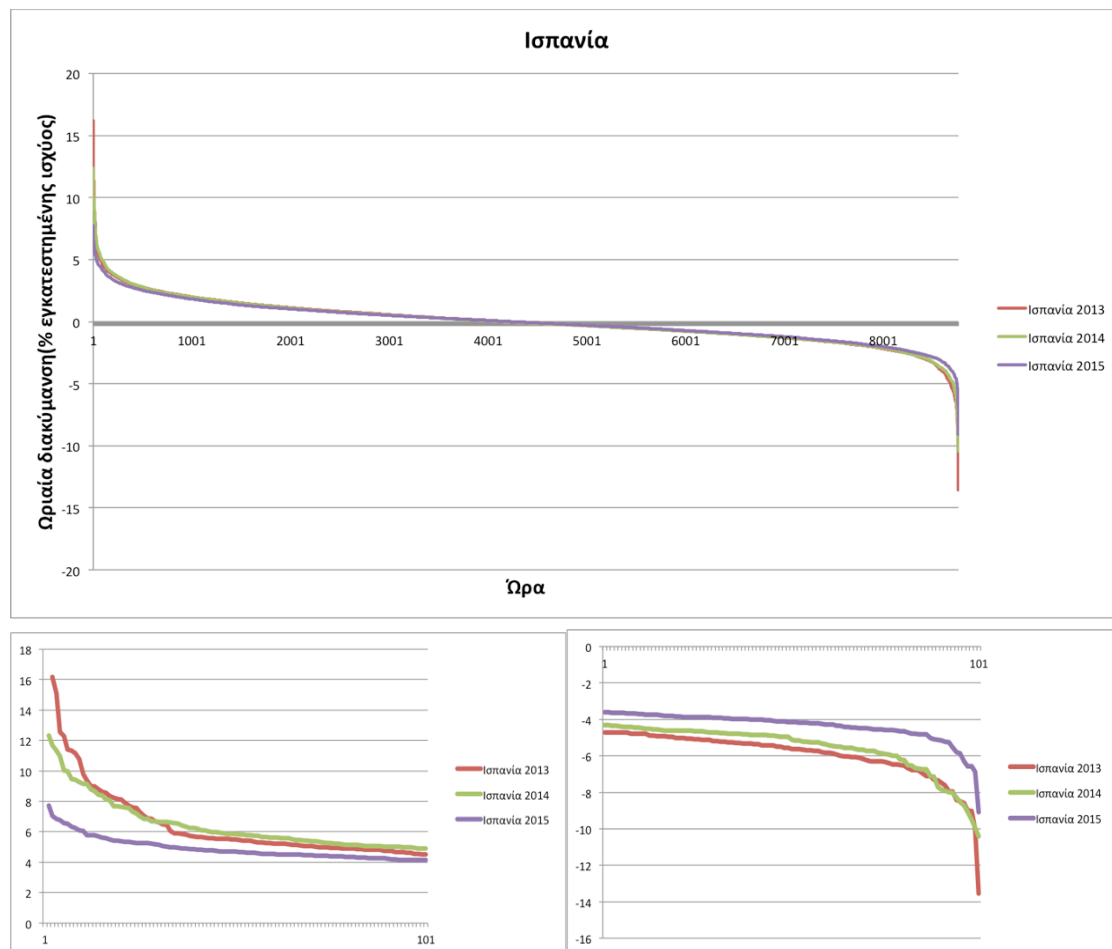
Διάγραμμα 32. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στην Αυστρία



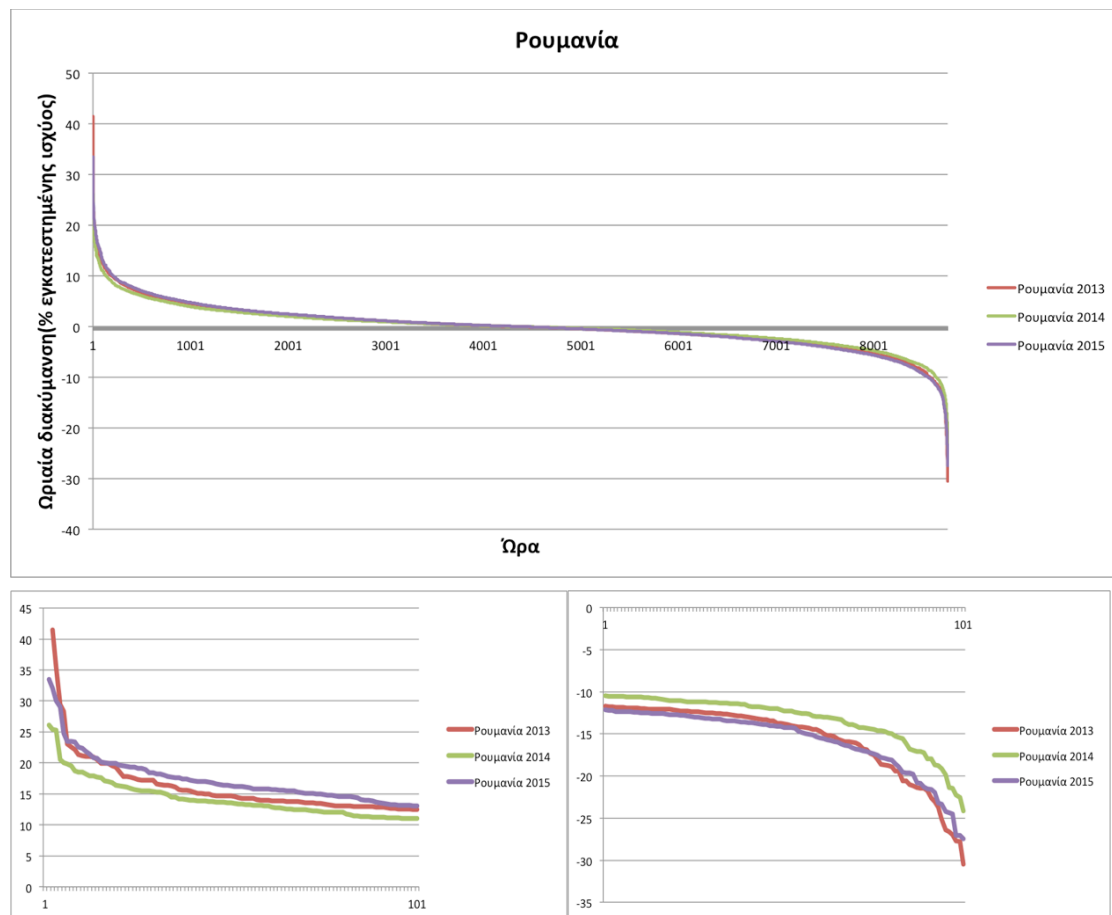
Διάγραμμα 33. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στην Γαλλία



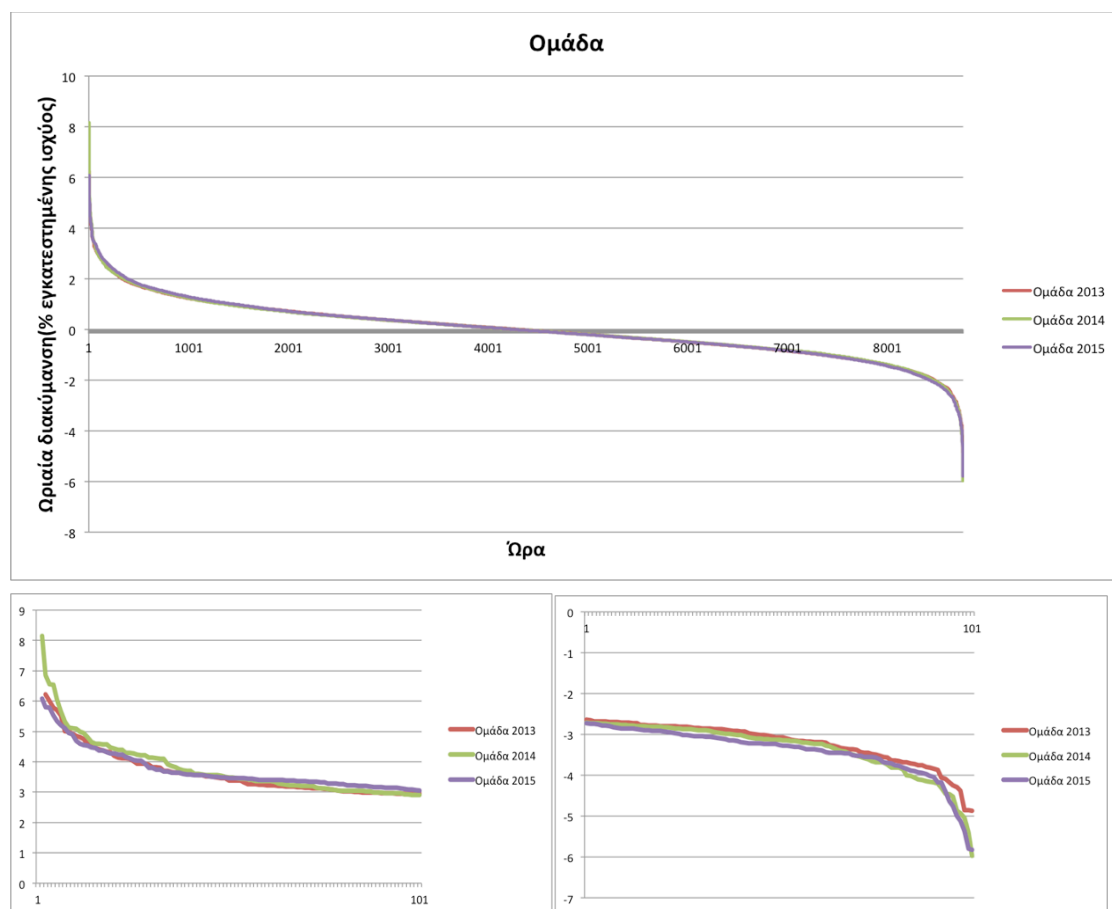
Διάγραμμα 34. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στην Γερμανία



Διάγραμμα 35. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στην Ισπανία



Διάγραμμα 36. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στη Ρουμανία



Διάγραμμα 37. Καμπύλες διάρκειας της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα, για τα έτη 2013-2015, στην Ομάδα

4.2.2.1 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής

Στους Πίνακες 16-18 παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες της ωριαίας διακύμανσης της χερσαίας αιολικής παραγωγής σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για τα έτη 2013-2015, εκφρασμένοι σε % ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος. Ως «θετική μέση τιμή», ορίζεται η μέση τιμή των θετικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή πρακτικά των περιπτώσεων αύξησης της παραγωγής ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ώρες, ενώ αντίστοιχα ως «αρνητική μέση τιμή» ορίζεται η μέση τιμή των αρνητικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή των περιπτώσεων όπου παρατηρείται μείωση της παραγωγής ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ώρες. Το φαινόμενο της εξομάλυνσης επιβεβαιώνεται ξανά από τους παρακάτω Πίνακες, ως εξής:

- Η τυπική απόκλιση της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής είναι μικρότερη στην Ομάδα απ'ότι σε κάθε χώρα, για όλα τα χρόνια. Σε κάθε χώρα ξεχωριστά

κυμαίνεται από 1,57% ως 5,05% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 1,11% ως 1,15% της εγκατεστημένης ισχύος.

- Η μέγιστη τιμή της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής είναι μεγαλύτερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι στην Ομάδα, σε κάθε έτος. Συγκεκριμένα, σε κάθε χώρα κυμαίνεται από 7,74% ως 54,03% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 6,08% ως 6,23% της εγκατεστημένης ισχύος.
- Η θετική μέση τιμή της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής είναι μεγαλύτερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι στην Ομάδα, σε κάθε έτος. Συγκεκριμένα, σε κάθε χώρα κυμαίνεται από 1,17% ως 3,27% της εγκατεστημένης ισχύος, ενώ στην Ομάδα από 0,85% ως 0,89% της εγκατεστημένης ισχύος. Αντίστοιχα, ισχύουν και για την αρνητική μέση τιμή.

Παρατηρούμε ότι στην Γαλλία, την Γερμανία και την Ισπανία παρατηρείται κάθε έτος πιο ομαλή παραγωγή σε σύγκριση με την Αυστρία και την Ρουμανία, αφού τόσο το εύρος, όσο και η τυπική απόκλιση έχουν μικρότερες τιμές.

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	2,78	1,43	1,17	1,38	3,10	0,85
Αρνητική Μέση Τιμή	-2,62	-1,33	-1,14	-1,29	-2,99	-0,83
Τυπική Απόκλιση	4,25	1,91	1,69	1,83	4,46	1,11
Μέγιστη	47,55	11,41	9,96	16,19	41,47	6,23
Ελάχιστη	-27,99	-9,30	-11,20	-13,55	-30,50	-4,87
Εύρος	75,54	20,71	21,15	29,74	71,97	11,09

Πίνακας 16. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	2,84	1,46	1,17	1,40	2,72	0,86
Αρνητική Μέση Τιμή	-2,74	-1,41	-1,14	-1,27	-2,66	-0,81
Τυπική Απόκλιση	4,31	1,99	1,69	1,80	3,93	1,12
Μέγιστη	32,57	10,72	9,96	12,34	26,12	8,15
Ελάχιστη	-31,25	-11,41	-11,20	-10,42	-24,15	-5,97
Εύρος	63,82	22,14	21,15	22,76	50,27	14,12

Πίνακας 17. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	3,27	1,51	1,27	1,24	3,24	0,89
Αρνητική Μέση Τιμή	-3,12	-1,48	-1,19	-1,16	-3,22	-0,84
Τυπική Απόκλιση	5,05	2,08	1,75	1,57	4,69	1,15
Μέγιστη	54,03	10,43	10,52	7,74	33,44	6,08
Ελάχιστη	-41,55	-11,95	-9,52	-9,08	-27,45	-5,82
Εύρος	95,58	22,38	20,05	73,54	60,89	11,90

Πίνακας 18. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

Όπως έχει αναφερθεί, το φαινόμενο της εξομάλυνσης εντείνεται όταν η ωριαία παραγωγή των επιμέρους χωρών που εξετάζουμε δεν είναι έντονα συσχετισμένη ή ακόμα όταν είναι αρνητικά συσχετισμένη. Στον Πίνακα 19 παρουσιάζεται ο συσχετισμός των τιμών της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής ανά έτος σε γειτονικές χώρες.

	2013	2014	2015
Αυστρία-Γερμανία	0,043	0,102	0,074
Γαλλία-Γερμανία	0,159	0,208	0,227
Γαλλία-Ισπανία	0,123	0,135	0,132

Πίνακας 19. Συντελεστές συσχετισμού ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής

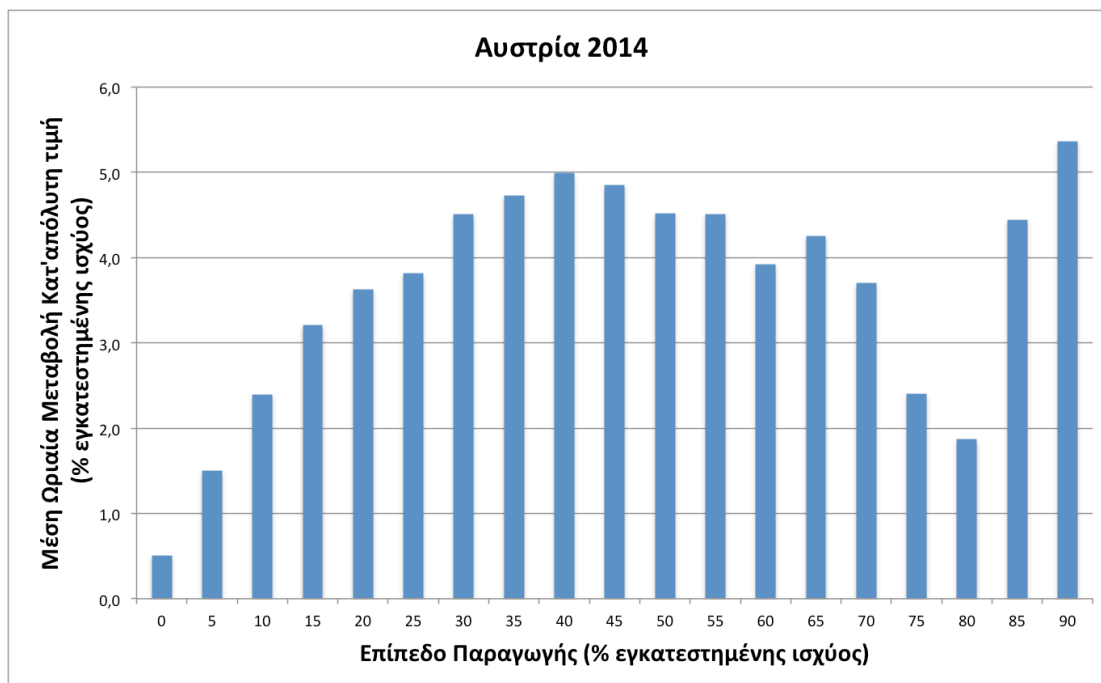
Παρατηρείται ότι σε σχέση με τις τιμές της παραγωγής, οι τιμές της ωριαίας διακύμανσης δεν είναι έντονα συσχετισμένες. Ανάμεσα στην Αυστρία και την Γερμανία, ο συσχετισμός πλησιάζει την τιμή του μηδέν, ενώ στα ζεύγη Γαλλία-Γερμανία και Γαλλία-Ισπανία, οι τιμές είναι αρκετά μικρές οπότε μπορούμε να τις χαρακτηρίσουμε ασήμαντες. Υπό αυτό το πρίσμα, μπορούμε να υποθέσουμε ότι είναι σπάνιο οι διακυμάνσεις της ωριαίας παραγωγής να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα προς την ίδια κατεύθυνση και στο ίδιο εύρος σε διαφορετικές χώρες.

4.2.2.2 Εξάρτηση της μεταβλητότητας από το επίπεδο παραγωγής

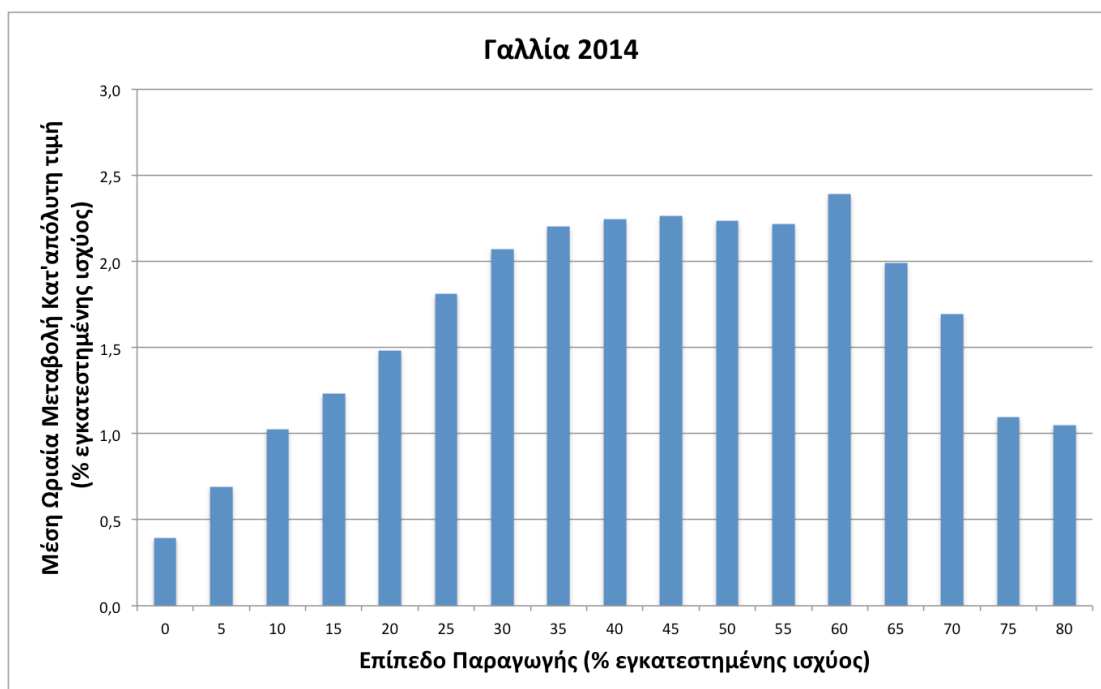
Με στόχο να εξετάσουμε την εξάρτηση της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής από το επίπεδο παραγωγής, για κάθε χώρα και την Ομάδα, κατασκευάζουμε τα Διαγράμματα 38-43. Σ' αυτά, ομαδοποιούμε την παραγωγή σε 20 σύνολα, ξεκινώντας από το 0% της εγκατεστημένης ισχύος και με βήμα 5%. Στη συνέχεια, λαμβάνουμε την απόλυτη τιμή της ωριαίας διακύμανσης, την οποία και αντιστοιχίζουμε με το επίπεδο παραγωγής της δεύτερης από τις δύο διαδοχικές ώρες. Υπολογίζοντας την μέση τιμή της απόλυτης τιμής της διακύμανσης σε κάθε επίπεδο παραγωγής, κατασκευάζουμε τα αντίστοιχα διαγράμματα για κάθε χώρα και την Ομάδα.

Παρατηρούμε ότι στα χαμηλά επίπεδα παραγωγής 0%, 5%, 10%, η μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης είναι χαμηλή και αυξάνεται σταδιακά μέχρι περίπου το επίπεδο παραγωγής 40%. Ομοίως, στα υψηλά επίπεδα παραγωγής, η διακύμανση τείνει να είναι επίσης πιο χαμηλή σε σχέση με τα μεσαία επίπεδα παραγωγής, χωρίς όμως να αποκλείονται οι εξαιρέσεις, οι οποίες βέβαια μπορεί να οφείλονται στο μικρό πλήθος παρατηρήσεων στα συγκεκριμένα επίπεδα, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα μια μεγάλη τιμή να επηρεάζει δυσανάλογα την μέση τιμή του επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα, στην Αυστρία, η μεγαλύτερη μέση τιμή της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής παρατηρείται στα επίπεδα παραγωγής 30%-55% και 85%-90% της εγκατεστημένης ισχύος. Στην Γαλλία, η αντίστοιχη τιμή βρίσκεται στα επίπεδα παραγωγής 30%-60%, στη Γερμανία στα επίπεδα παραγωγής 40%-50%, στην Ισπανία στα επίπεδα παραγωγής 40%-70%, στη Ρουμανία στα επίπεδα

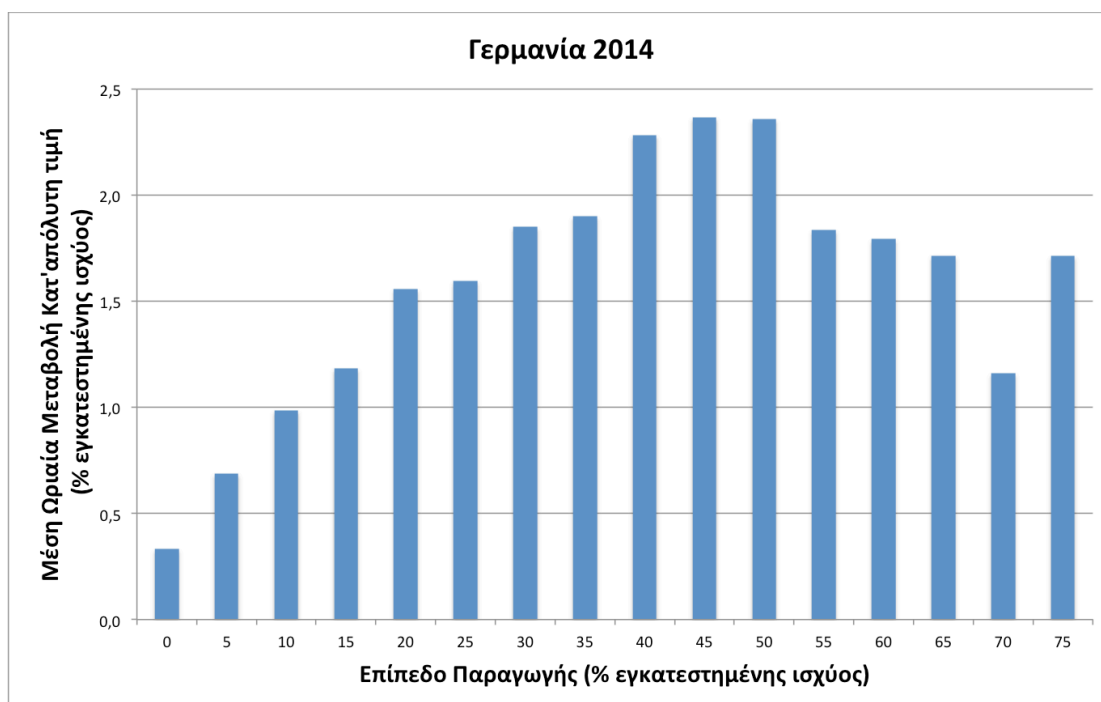
παραγωγής 30%-55% και τέλος, στην Ομάδα η μέγιστη τιμή της μέσης τιμής της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης παρατηρείται στο επίπεδο παραγωγής 60% της εγκατεστημένης ισχύος.



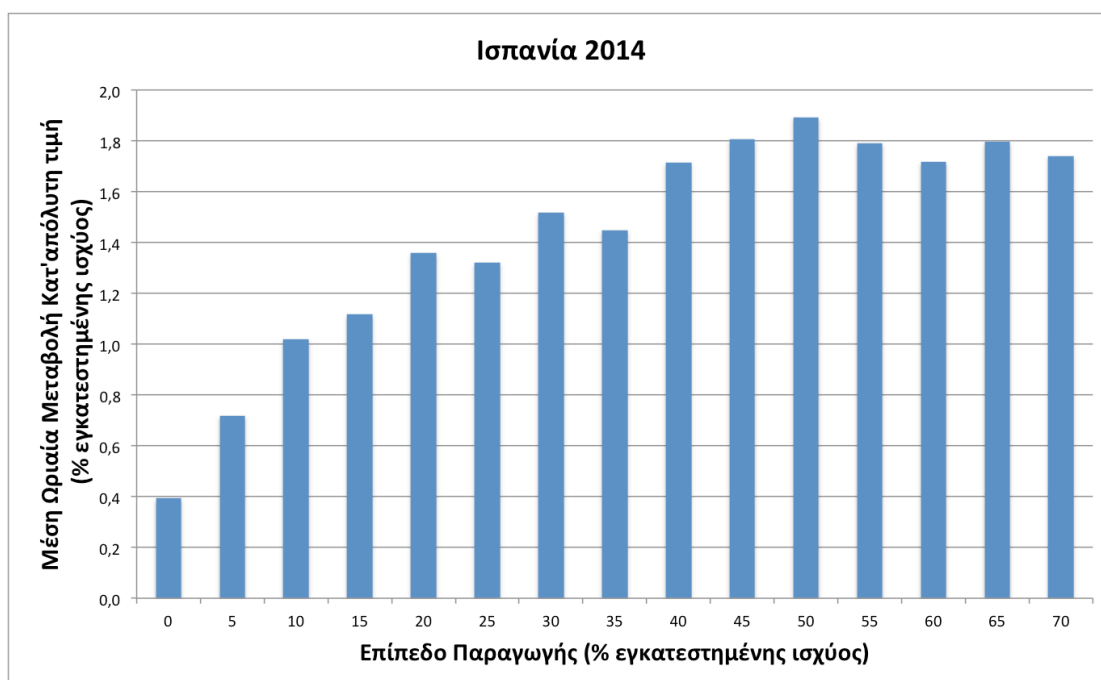
Διάγραμμα 38. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στην Αυστρία, κατά το έτος 2014



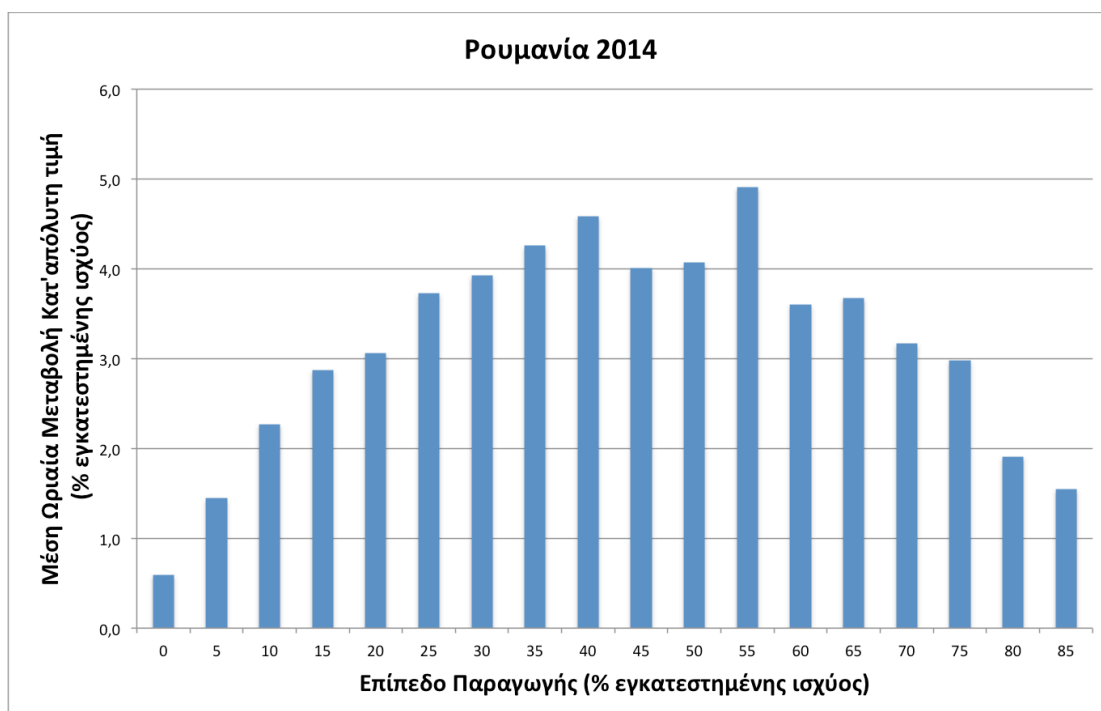
Διάγραμμα 39. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στην Γαλλία, κατά το έτος 2014



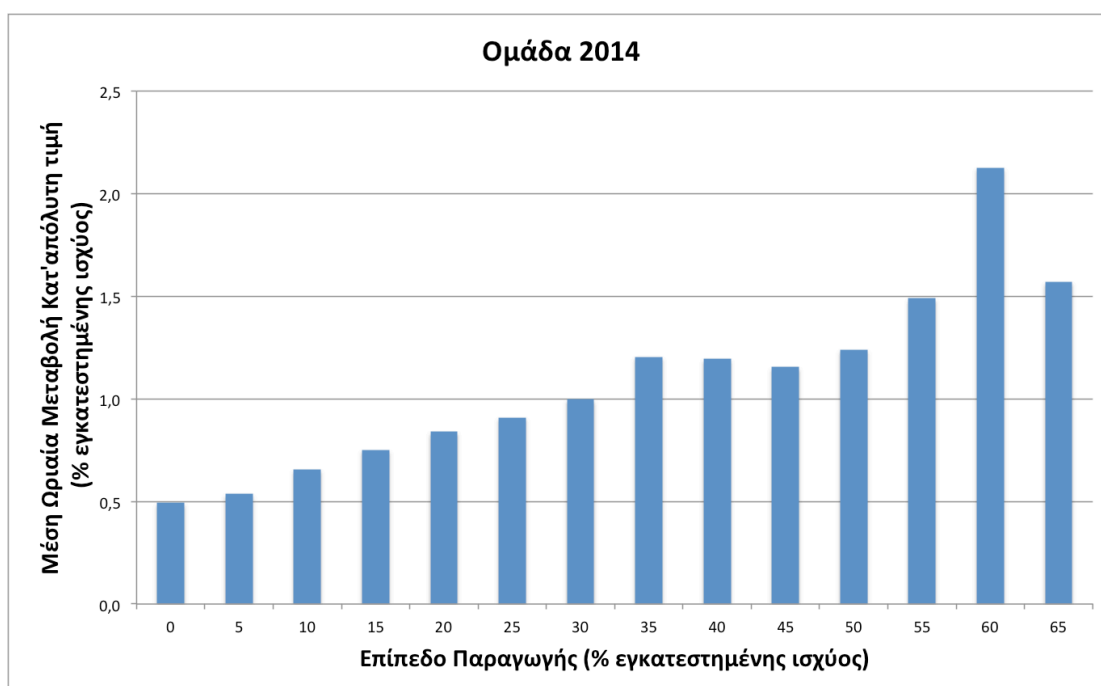
Διάγραμμα 40. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στην Γερμανία, κατά το έτος 2014



Διάγραμμα 41. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στην Ισπανία, κατά το έτος 2014



Διάγραμμα 42. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στη Ρουμανία, κατά το έτος 2014

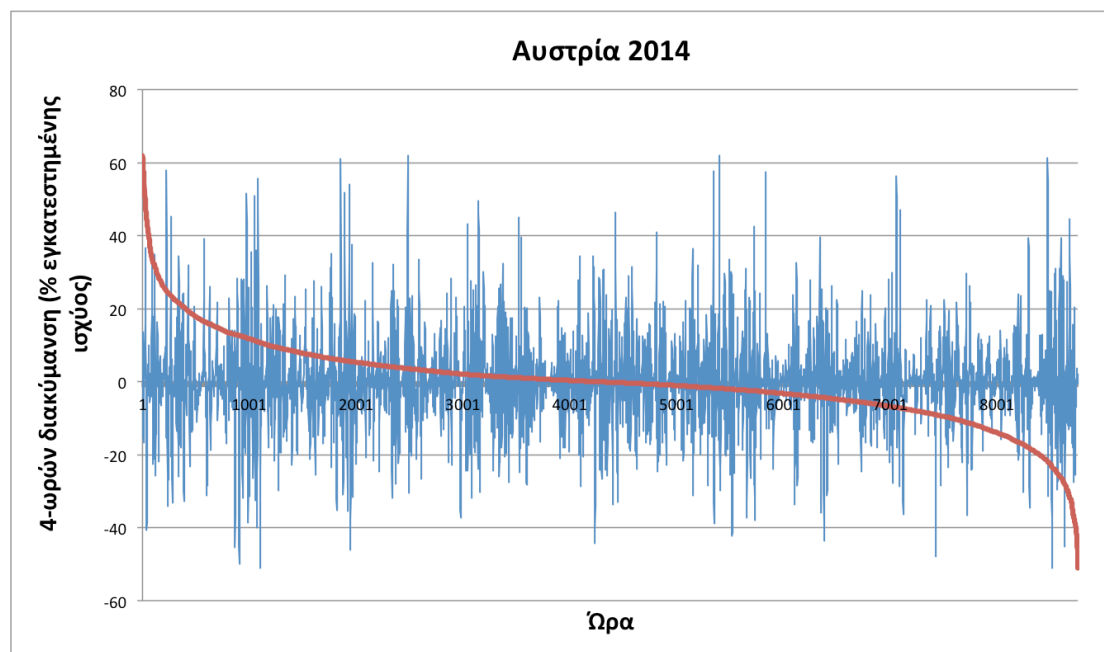


Διάγραμμα 43. Μέση τιμή της απόλυτης τιμής της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής, στην Ομάδα, κατά το έτος 2014

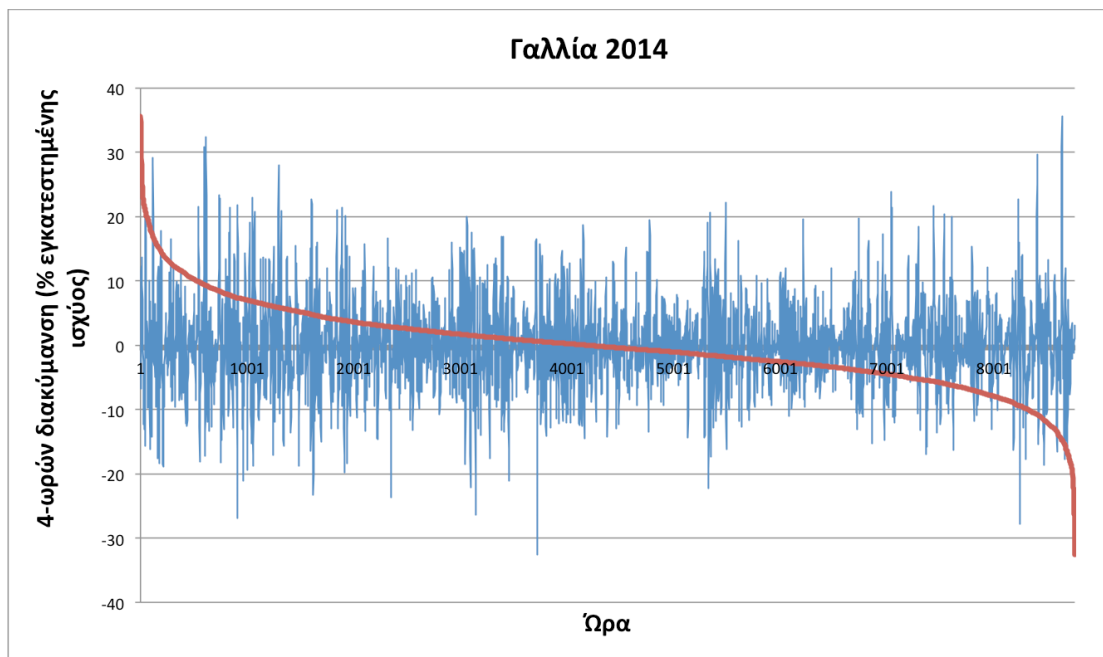
4.2.2.3 Διακύμανση 4-ωρών της παραγωγής

Έχοντας μελετήσει την ωριαία διακύμανση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, μεγάλωνοντας το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται ανάμεσα σε δύο τιμές παραγωγής, μπορούμε να μελετήσουμε και την 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής, δηλαδή τη διαφορά παραγωγής κάθε ώρας από την παραγωγή 4 ώρες πριν.

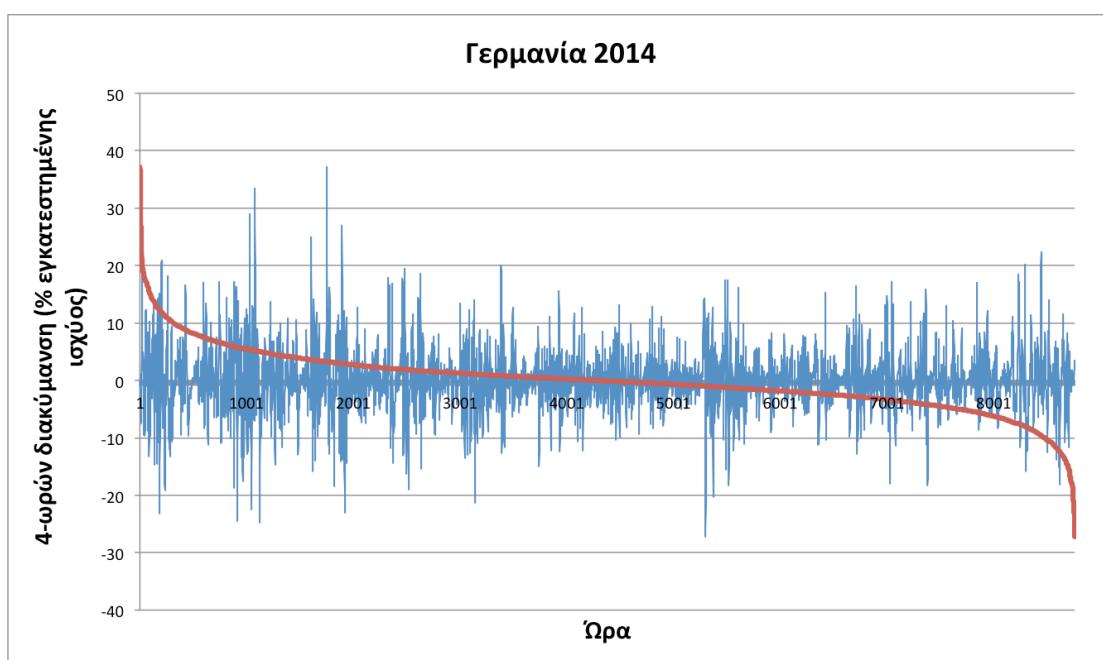
Στα Διαγράμματα 44-49 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής για το έτος 2014 σε κάθε χώρα και την Ομάδα, ως ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος, μαζί με τις αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας. Υπενθυμίζεται ότι οι καμπύλες διάρκειας δημιουργούνται από όλες τις τιμές της διακύμανσης του έτους όταν αυτές διαταχθούν σε φθίνουσα αριθμητική σειρά. Τα αντίστοιχα διαγράμματα της 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής για κάθε χώρα και την Ομάδα, για τα έτη 2013 και 2015, παρατίθενται στο Παράρτημα. Εύκολα παρατηρείται το φαινόμενο της εξομάλυνσης για άλλη μια φορά, αφού η 4-ωρών διακύμανση στην Ομάδα έχει χαμηλότερες αιχμές από ότι οι αντίστοιχες μέγιστες και ελάχιστες τιμές σε κάθε επιμέρους χώρα ξεχωριστά.



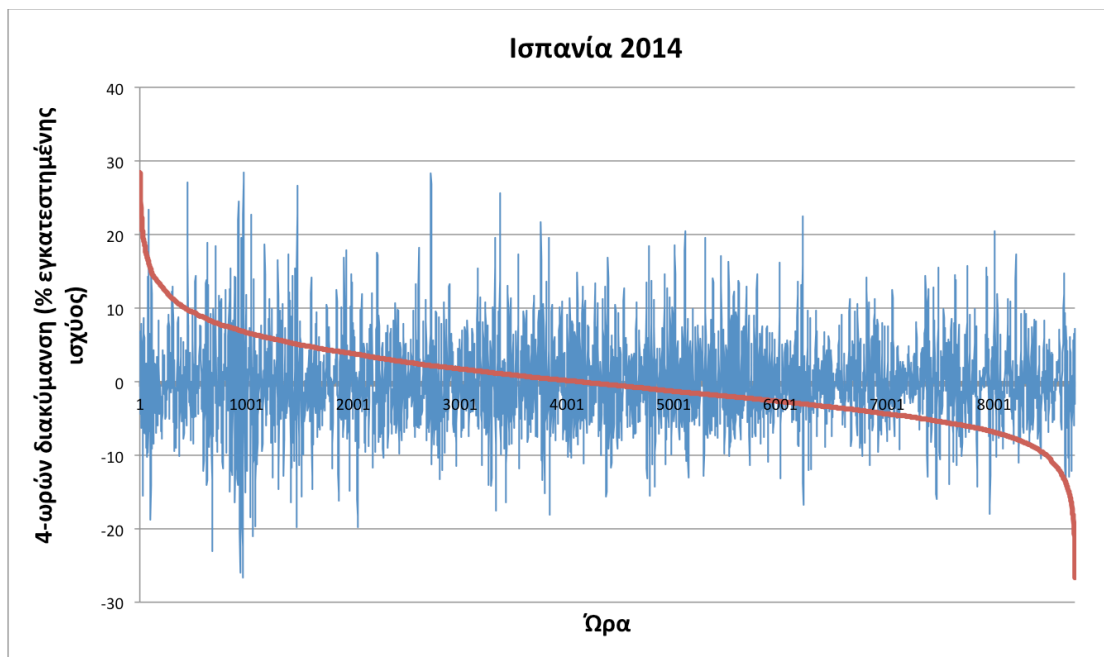
Διάγραμμα 44. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Αυστρία



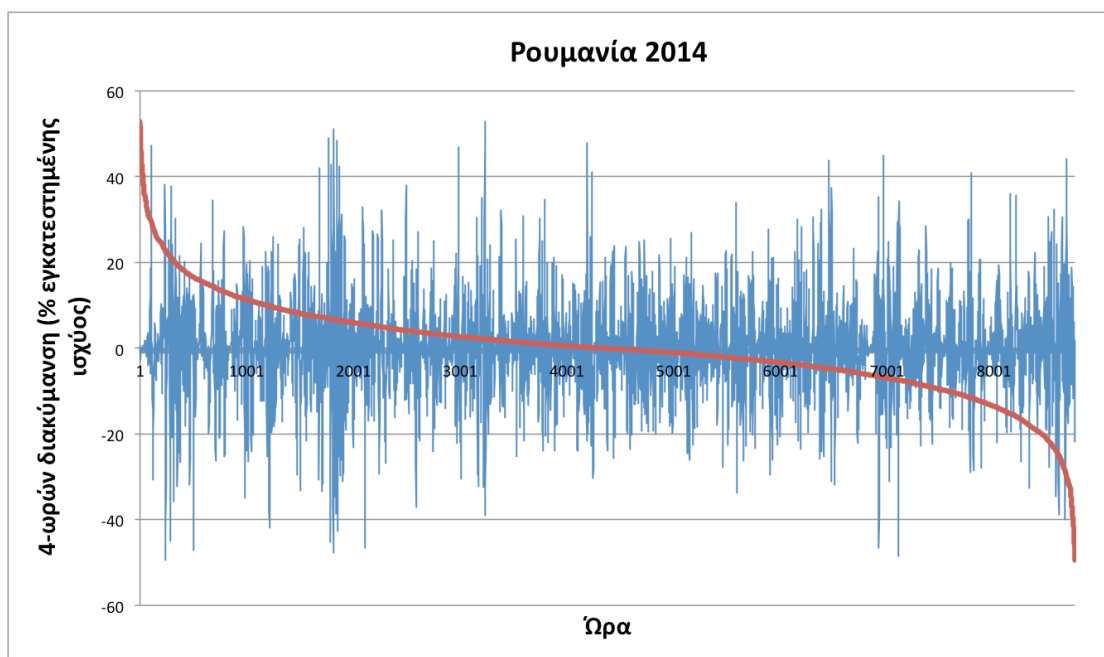
Διάγραμμα 45. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γαλλία



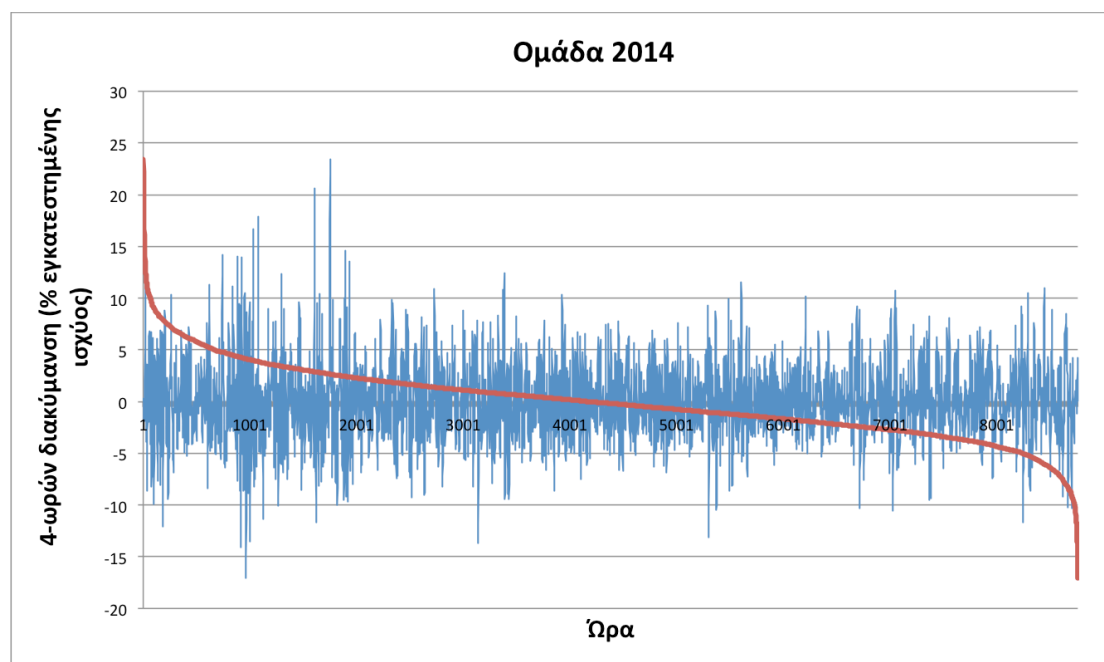
Διάγραμμα 46. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γερμανία



Διάγραμμα 47. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ισπανία



Διάγραμμα 48. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στη Ρουμανία



Διάγραμμα 49. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ομάδα

Στους Πίνακες 20-22 παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες της 4-ωρών διακύμανσης της χερσαίας αιολικής παραγωγής σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για τα έτη 2013-2015, εκφρασμένοι σε % ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος. Υπενθυμίζεται ότι ως «θετική μέση τιμή», ορίζεται η μέση τιμή των θετικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή πρακτικά των περιπτώσεων αύξησης της παραγωγής, ενώ αντίστοιχα ως «αρνητική μέση τιμή» ορίζεται η μέση τιμή των αρνητικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή των περιπτώσεων όπου παρατηρείται μείωση της παραγωγής. Το φαινόμενο της εξομάλυνσης επιβεβαιώνεται ξανά από τους παρακάτω Πίνακες, αφού η τυπική απόκλιση της 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής είναι μικρότερη στην Ομάδα απ'ότι σε κάθε χώρα, σε κάθε έτος, η μέγιστη τιμή της 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής είναι μεγαλύτερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι στην Ομάδα, σε κάθε έτος και τέλος, η θετική μέση τιμή της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής είναι μεγαλύτερη σε κάθε χώρα ξεχωριστά, απ'ότι στην Ομάδα, σε κάθε έτος, ενώ αντίστοιχα ισχύουν και για την αρνητική μέση τιμή.

Επιβεβαιώνεται επίσης για άλλη μια φορά και από αυτούς τους Πίνακες ότι στην Γαλλία, την Γερμανία και την Ισπανία παρατηρείται κάθε έτος πιο ομαλή παραγωγή σε σύγκριση με την Αυστρία και την Ρουμανία, αφού τόσο το εύρος, όσο και η τυπική απόκλιση έχουν μικρότερες τιμές.

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	7,89	4,68	3,94	4,59	8,32	2,77
Αρνητική Μέση Τιμή	-7,38	-4,30	-3,70	-4,22	-8,09	-2,69
Τυπική Απόκλιση	11,26	6,18	5,52	5,71	11,36	3,50
Μέγιστη	66,56	31,67	28,67	32,26	51,71	16,25
Ελάχιστη	-54,78	-25,55	-31,16	-26,73	-62,39	-13,07
Εύρος	121,34	57,21	59,83	58,99	114,10	29,32

Πίνακας 20. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

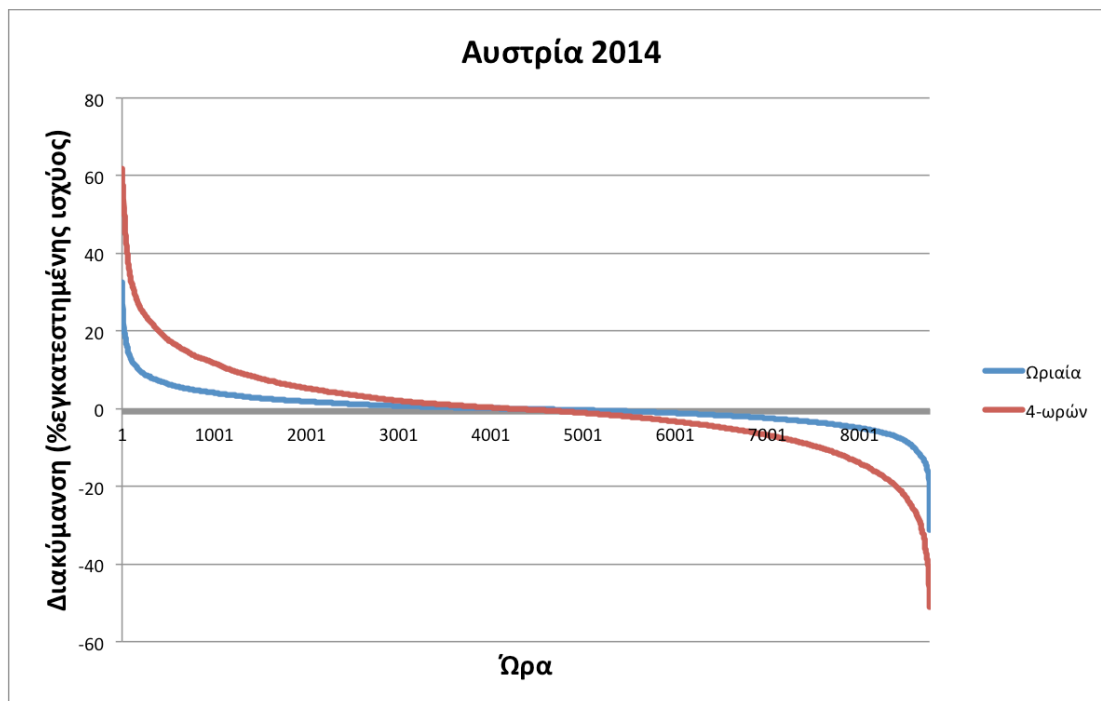
2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	7,91	4,86	3,76	4,67	7,67	2,83
Αρνητική Μέση Τιμή	-7,48	-4,49	-3,59	-4,12	-7,46	-2,58
Τυπική Απόκλιση	11,41	6,37	5,25	5,76	10,72	3,55
Μέγιστη	61,83	35,58	37,17	28,45	52,87	23,38
Ελάχιστη	-51,15	-32,58	-27,25	-26,70	-49,41	-17,07
Εύρος	112,98	68,16	64,42	55,16	102,29	40,45

Πίνακας 21. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

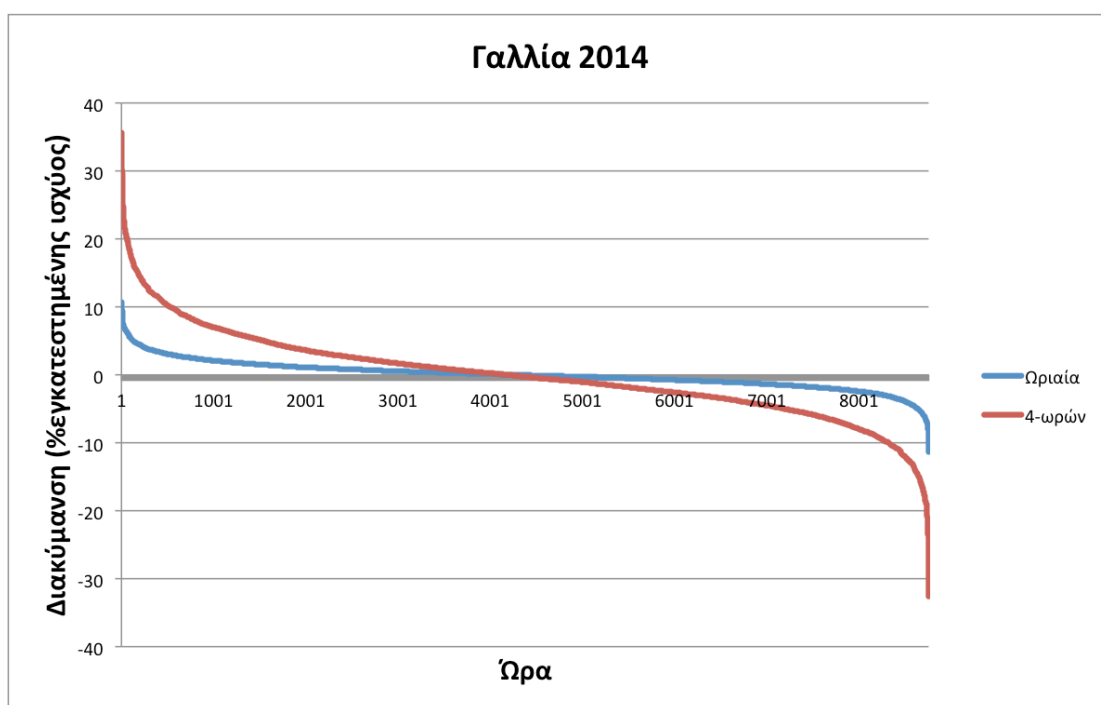
2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Θετική Μέση Τιμή	9,38	5,05	4,27	4,13	9,33	3,00
Αρνητική Μέση Τιμή	-8,72	-4,81	-3,98	-3,84	-9,26	-2,71
Τυπική Απόκλιση	13,45	6,67	5,80	5,11	12,96	3,71
Μέγιστη	82,97	29,49	34,97	22,35	62,96	19,48
Ελάχιστη	-67,99	-35,25	-26,49	-23,69	-71,11	-15,93
Εύρος	150,96	64,74	61,46	46,04	134,07	35,41

Πίνακας 22. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος.

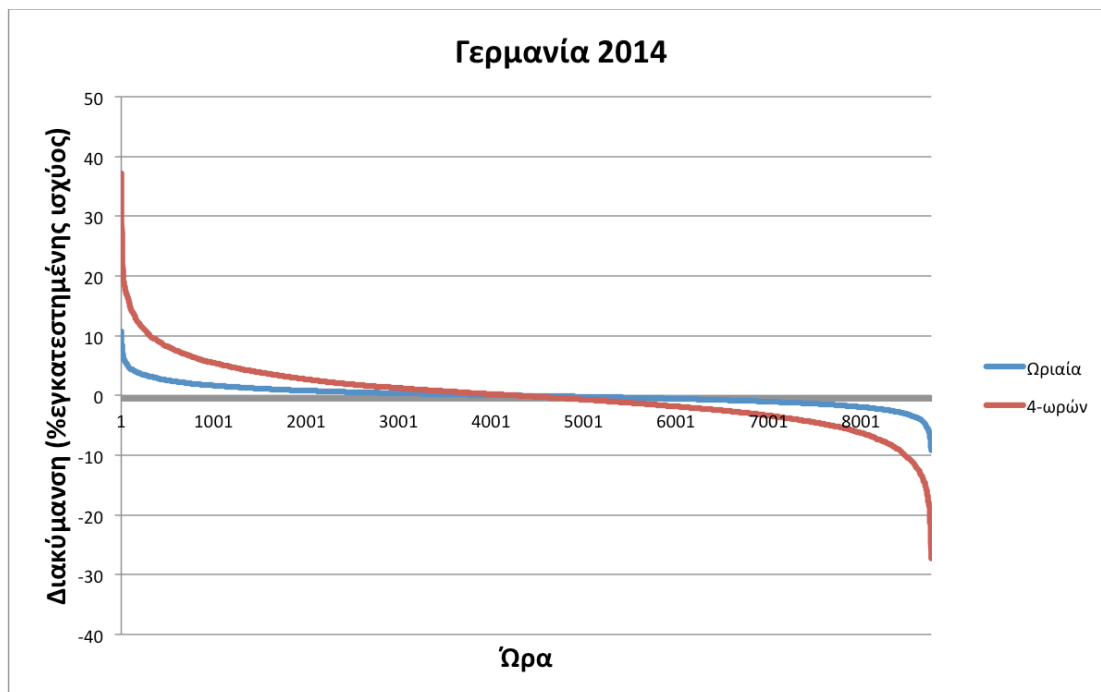
Όπως θα αναμενόταν, όσο μεγαλώνει η χρονική διαφορά ανάμεσα σε δύο εξεταζόμενες τιμές παραγωγής, τόσο η διακύμανση της παραγωγής θα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Στα Διαγράμματα 50-55 μπορούμε να δούμε τις καμπύλες διάρκειας της ωριαίας και της 4-ωρών διακύμανσης για κάθε χώρα και την Ομάδα, για το έτος 2014. Είναι εμφανές, ότι η καμπύλη της ωριαίας διακύμανσης είναι πιο ομαλή από την αντίστοιχη καμπύλη της 4-ωρών διακύμανσης, ενώ η μέγιστη τιμή της 4-ωρών διακύμανσης είναι μέχρι και 4 φορές μεγαλύτερη από την μέγιστη της ωριαίας.



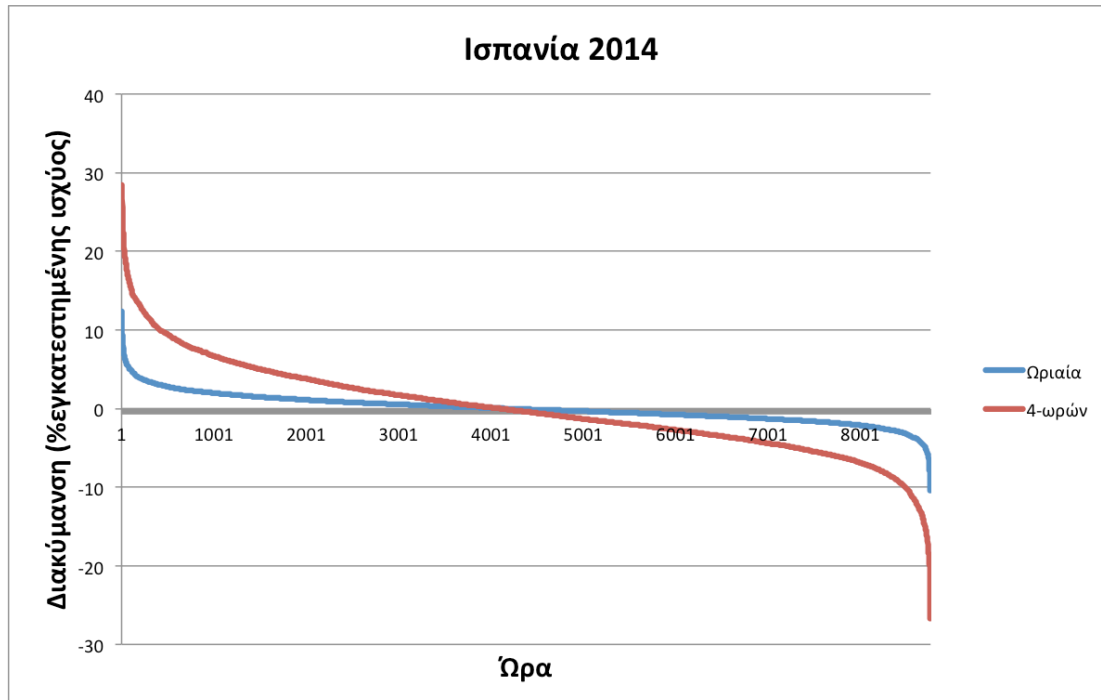
Διάγραμμα 50. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Αυστρία, κατά το έτος 2014



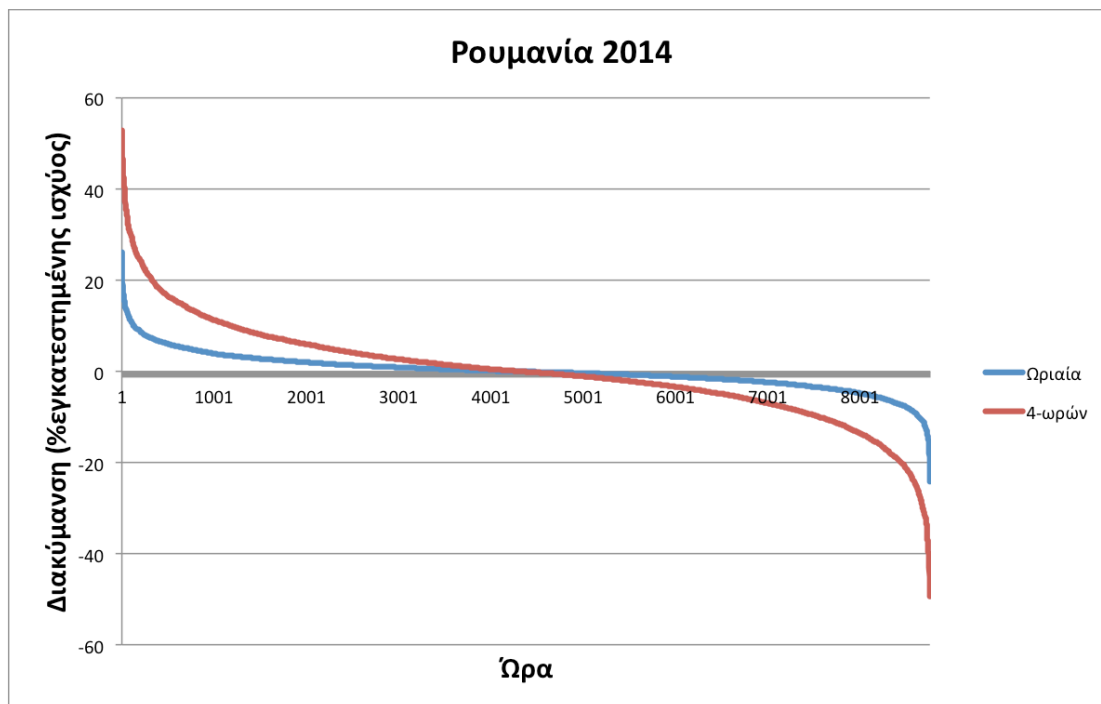
Διάγραμμα 51. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Γαλλία, κατά το έτος 2014



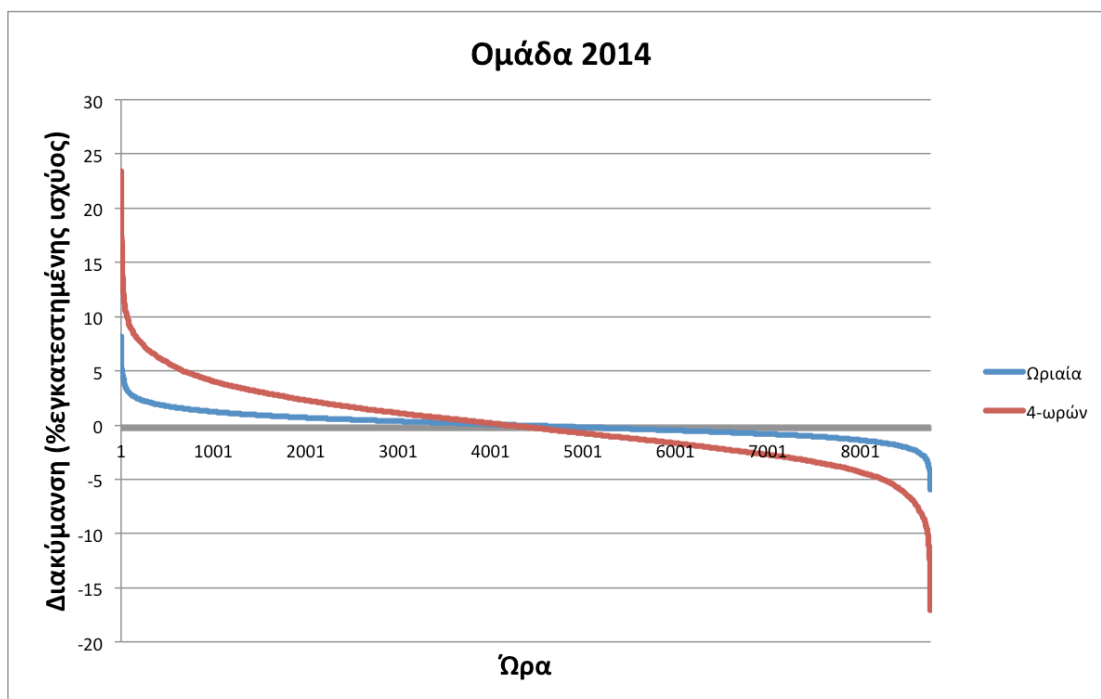
Διάγραμμα 52. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Γερμανία, κατά το έτος 2014



Διάγραμμα 53. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Ισπανία, κατά το έτος 2014



Διάγραμμα 54. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Ρουμανία, κατά το έτος 2014



Διάγραμμα 55. Καμπύλες διάρκειας ωριαίας και 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής στην Ομάδα, κατά το έτος 2014

4.3 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχεδιασμένα να υποστηρίζουν μεταβλητή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, το φορτίο. Όταν προστίθεται στο σύστημα ηλεκτρική ενέργεια από αιολικά πάρκα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την μεταβλητότητα του φορτίου πριν προσθέσουμε στο σύστημα την επιπλέον παραγωγή από τα αιολικά πάρκα. Οι έννοιες της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, αντιμετωπίζονται ως ταυτόσημες.

4.3.1 Χρονοσειρές ωριαίας ζήτησης

Στους Πίνακες 23-25 φαίνονται οι στατιστικοί δείκτες της ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για καθένα από τα έτη 2013-2015, εκφρασμένοι σε MW. Κατά το έτος 2015 παρατηρείται μεγαλύτερη ζήτηση στην Ομάδα, όπως φαίνεται τόσο από τη μέση τιμή, όσο και από την μέγιστη τιμή της ζήτησης (αιχμή), δηλαδή οι ενεργειακές ανάγκες στο σύνολο των 5 χωρών αυξήθηκαν από το 2013 ως το 2015. Γενικά, σε κάθε χώρα ξεχωριστά δεν παρατηρούνται έντονες αλλαγές της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2013 ως το 2015. Υπάρχουν φυσικά μικρές διαφορές ανάμεσα στα έτη, ωστόσο δεν μπορούμε να κάνουμε λόγο για μια ξεκάθαρη τάση με το πέρασμα των ετών, αφού οι τιμές παρουσιάζουν αυξομειώσεις από το 2013 στο 2014 και από το 2014 στο 2015.

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή (Αιχμή Ζήτησης)	11441	92630	75623	39640	8312	218593
Ελάχιστη Τιμή	4607	29633	29550	17091	3456	91354
Μέση Τιμή	7930	56186	52890	28127	5780	150913
Τυπική Απόκλιση	1538	13055	9634	4761	912,41	26712
Εύρος	6834	62997	46073	22549	4856	127239

Πίνακας 23. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται σε MW.

2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή (Αιχμή Ζήτησης)	11471	82538	79286	38666	8522	217247
Ελάχιστη Τιμή	4673	29493	35608	18176	3704	94622
Μέση Τιμή	7830	52905	57818	27778	5807	152137
Τυπική Απόκλιση	1491	10925	10353	4466	911	25470
Εύρος	6798	53045	43678	20490	4818	122625

Πίνακας 24. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται σε MW.

2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή (Αιχμή Ζήτησης)	11386	91611	77496	40324	8488	224928
Ελάχιστη Τιμή	4722	29299	35062	18041	3799	96371
Μέση Τιμή	7947	53798	57679	28368	5971	153765
Τυπική Απόκλιση	1497	11640	10247	4649	876	25908
Εύρος	6664	62312	42434	22283	4689	128557

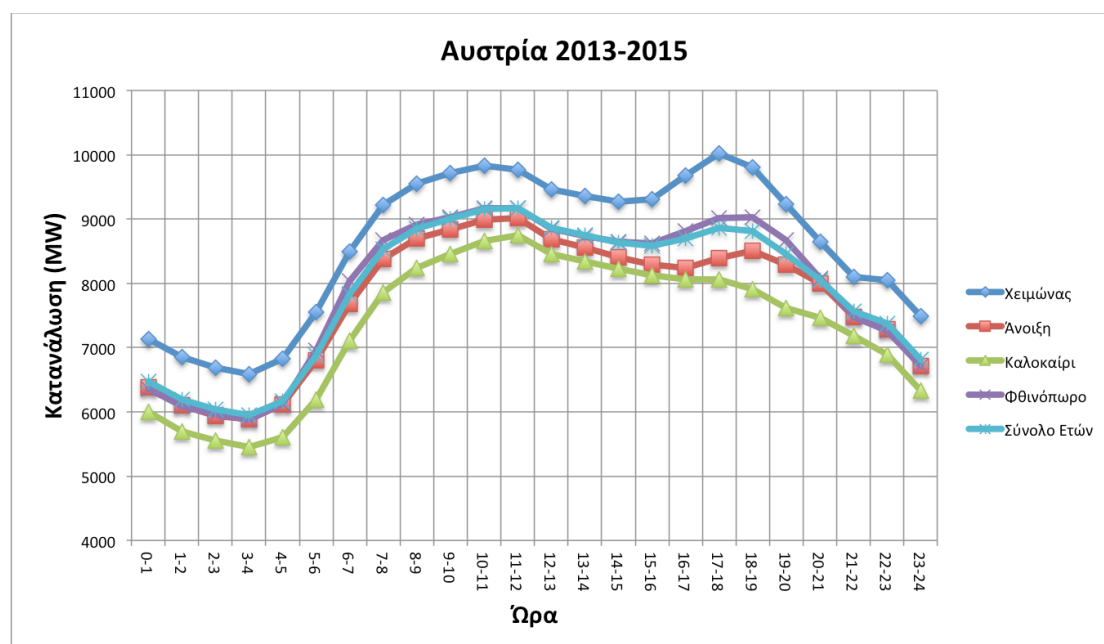
Πίνακας 25. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται σε MW.

4.3.1.1 Ημερήσια και εποχική συμπεριφορά της ζήτησης

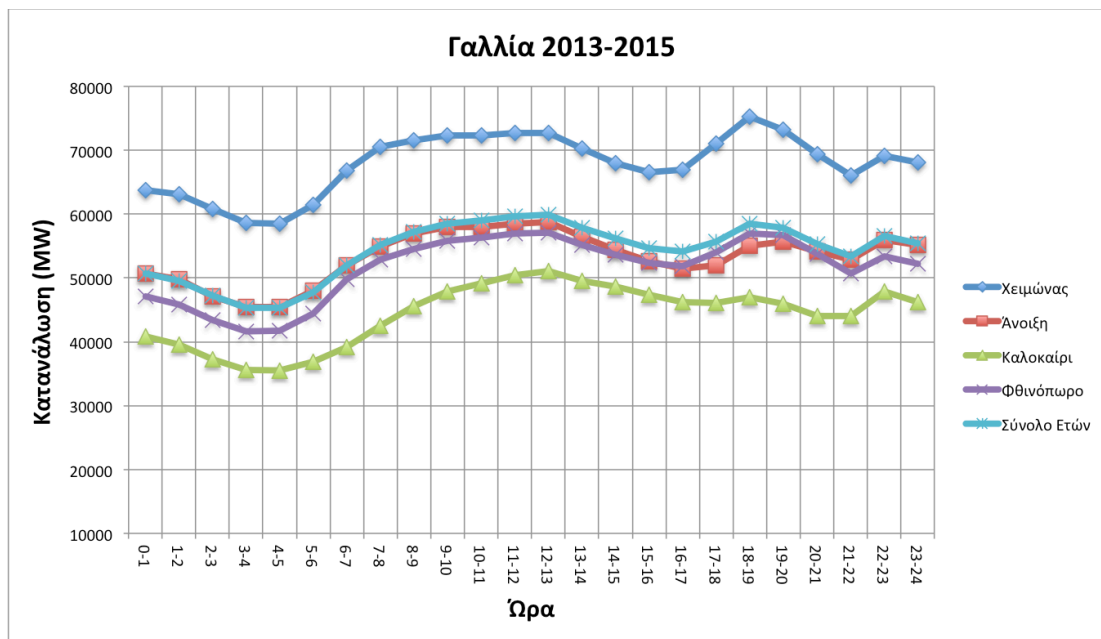
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθεί μία επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στα Διαγράμματα 56-61 μπορούμε να δούμε την μέση τιμή της κατανάλωσης σε MW για κάθε ώρα της ημέρας, ανά εποχή και στο σύνολο των ετών, για τα έτη 2013-2015 συνολικά. Σε όλες τις χώρες και στην Ομάδα, παρατηρείται μία κοινή συμπεριφορά, όπου η κατανάλωση κινείται σε χαμηλά επίπεδα κατά το διάστημα 12πμ-6πμ οπότε και αποκτά ανοδική τάση προσεγγιστικά μέχρι τις 9μμ, οπότε και αρχίζει ξανά να μειώνεται. Η ημερήσια αυτή συμπεριφορά είναι κοινή για όλες τις εποχές σε όλες τις χώρες και την Ομάδα. Αξίζει

ωστόσο να σημειωθεί ότι οι αυξομειώσεις της κατανάλωσης στην Γαλλία είναι αρκετά πιο ήπιες σε σχέση με τις άλλες χώρες και την Ομάδα.

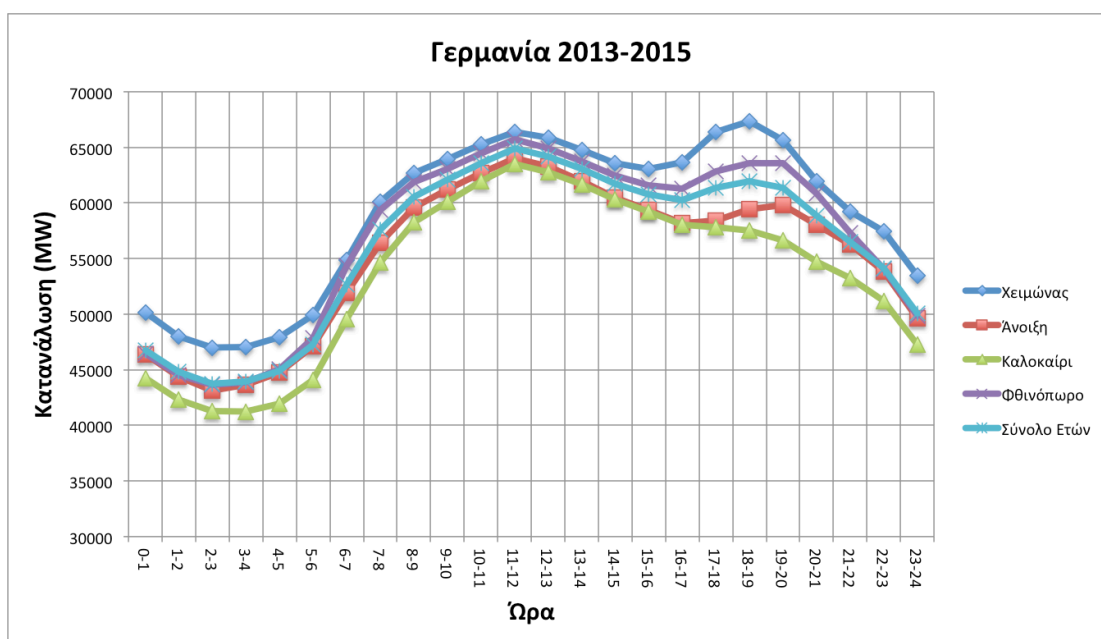
Όσον αφορά την εποχική της συμπεριφορά, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μεγαλύτερες μέσες τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, ενώ χαμηλότερη κατανάλωση παρατηρείται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε όλες τις χώρες και την Ομάδα. Εξαιρέση αποτελεί η Ισπανία όπου η κατανάλωση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δεν είναι η χαμηλότερη. Τέλος, παρατηρούμε ότι η διαφορά κατανάλωσης ανάμεσα στους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες παρουσιάζει την μέγιστη διαφορά ανά ώρα στη Γαλλία, με τιμή κατά προσέγγιση 22.000MW, ενώ στην Αυστρία, τη Γερμανία, την Ισπανία και τη Ρουμανία, οι διαφορές ανάμεσα στις εποχές ανά ώρα είναι μικρότερες, αφού οι τιμές είναι πιο κοντινές, χωρίς να αναιρείται βέβαια η εποχική συμπεριφορά.



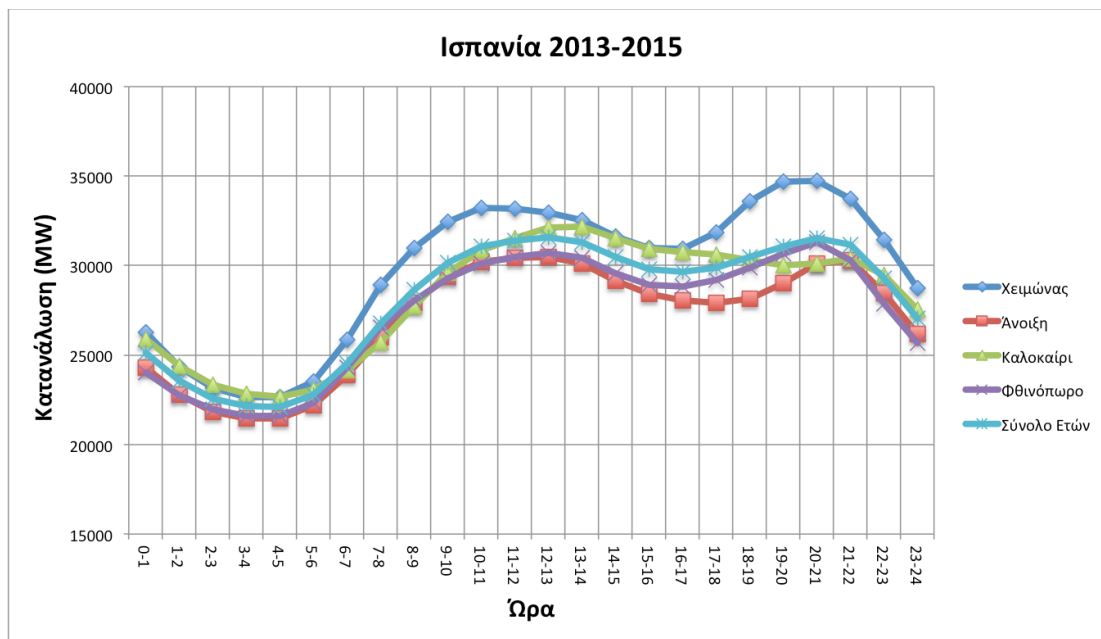
Διάγραμμα 56. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στην Αυστρία



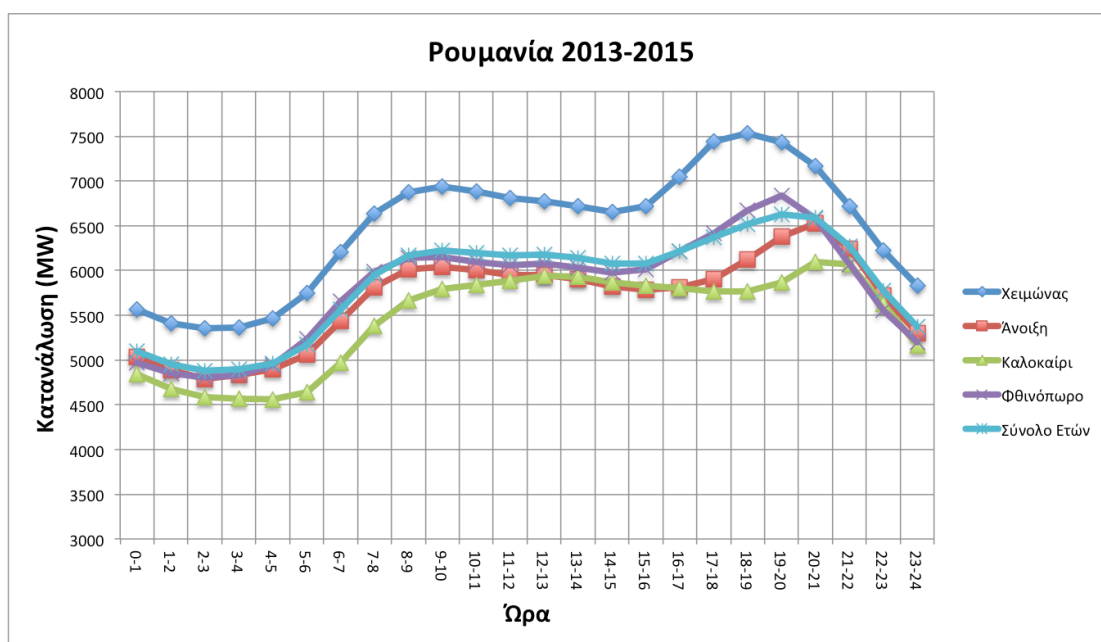
Διάγραμμα 57. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στην Γαλλία



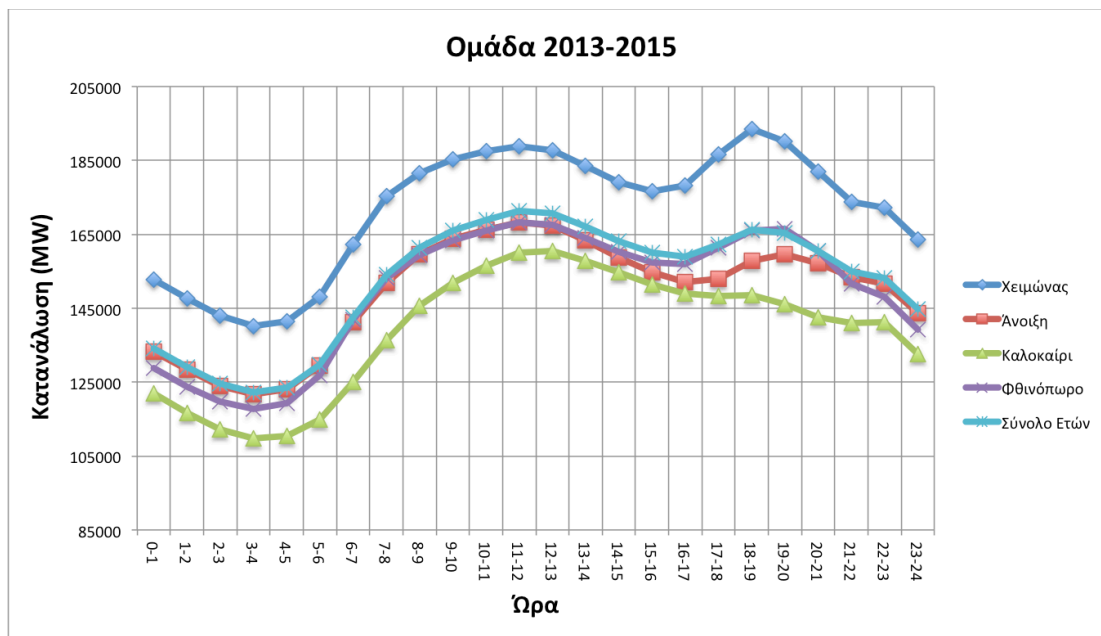
Διάγραμμα 58. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στην Γερμανία



Διάγραμμα 59. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στην Ισπανία



Διάγραμμα 60. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στη Ρουμανία



Διάγραμμα 61. Ημερήσια συμπεριφορά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά εποχή και στο σύνολο των ετών 2013-2015, για τα έτη 2013-2015, στην Ομάδα

4.3.2 Ωριαία διακύμανση της ζήτησης

4.3.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης

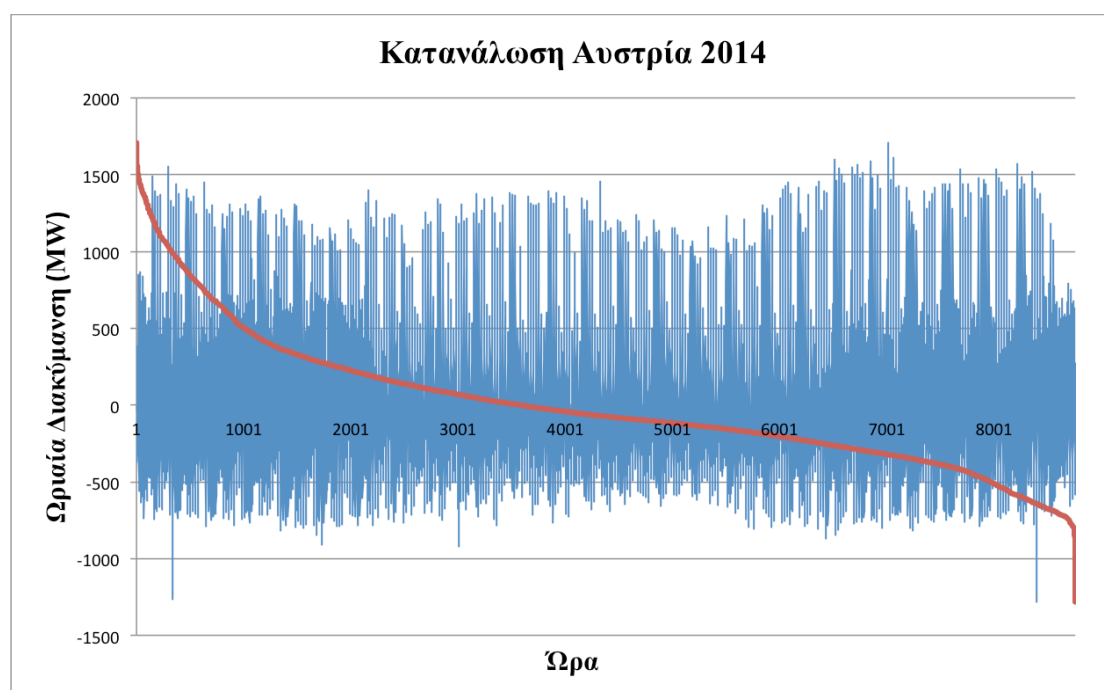
Έχοντας αναλύσει τα παραπάνω χαρακτηριστικά της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, εξετάζεται και η διακύμανσή της για διαδοχικές ώρες ή για μεγαλύτερο δοθέν διάστημα. Ως ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ορίζεται η διαφορά της κατανάλωσης μιας ώρας από την κατανάλωση της αμέσως προηγούμενης ώρας. Κατ'επέκταση η διακύμανση μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδέν. Η διακύμανση μπορεί να εκφραστεί είτε σε MW, είτε ως ποσοστό επί της μέγιστης τιμής (αιχμή ζήτησης) στο διάστημα που εξετάζουμε (σύμφωνα με τον Τύπο 1). Αντίστοιχα, ως 4-ωρών διακύμανση ορίζεται η διαφορά της κατανάλωσης μιας ώρας από την κατανάλωση 4 ώρες πριν. Η ωριαία διακύμανση και η 4-ωρών διακύμανση, μας δείχνουν πόσο μεταβάλλεται η κατανάλωση σε διαδοχικές ώρες ή σε διάστημα 4 ωρών.

Στα Διαγράμματα 62-67 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της ωριαίας διακύμανσης της κατανάλωσης για το έτος 2014 σε κάθε χώρα και την Ομάδα, εκφρασμένες σε MW, μαζί με τις αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας. Υπενθυμίζεται ότι οι καμπύλες διάρκειας δημιουργούνται από όλες τις τιμές της διακύμανσης του έτους

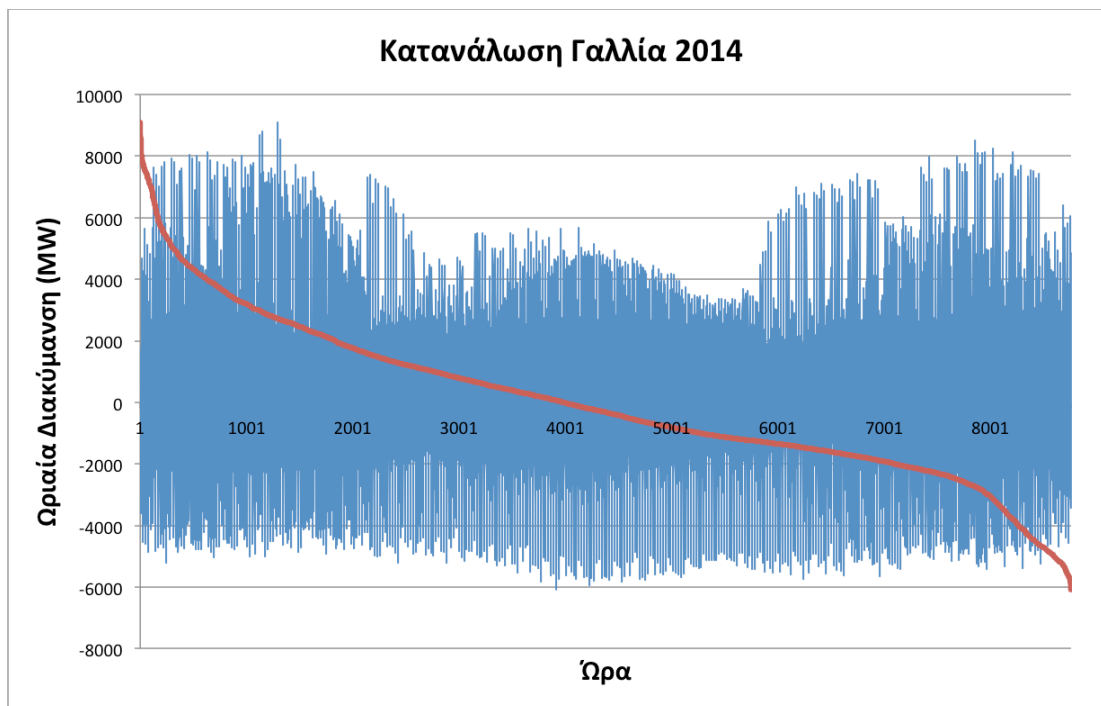
όταν αυτές διαταχθούν σε φθίνουσα αριθμητική σειρά. Τα αντίστοιχα διαγράμματα της ωριαίας διακύμανσης της κατανάλωσης για κάθε χώρα και την Ομάδα, για τα έτη 2013 και 2015, παρατίθενται στο Παράρτημα.

Τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν και για την αφαίρεση τυχόν ασυνήθιστων αιχμών, οι οποίες θα επηρέαζαν τον συσχετισμό φορτίου και παραγωγής από αιολικά πάρκα, που θα ακολουθήσει στο επόμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, αφαιρέθηκε η πραγματική τιμή για την 01.03.2014 και ώρα 01.00 στη Ρουμανία και η τιμή για τη 31.10.2013 και ώρα 00.00 στην Ισπανία και αντικαταστάθηκαν με τον μέσο όρο της προηγούμενης και την επόμενη ώρα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην αλλαγή ώρας που πραγματοποιείται κάθε χρόνο την τελευταία Κυριακή του Μαρτίου και την τελευταία Κυριακή του Οκτωβρίου, ώστε κάθε έτος να έχει ακριβώς 8760 τιμές.

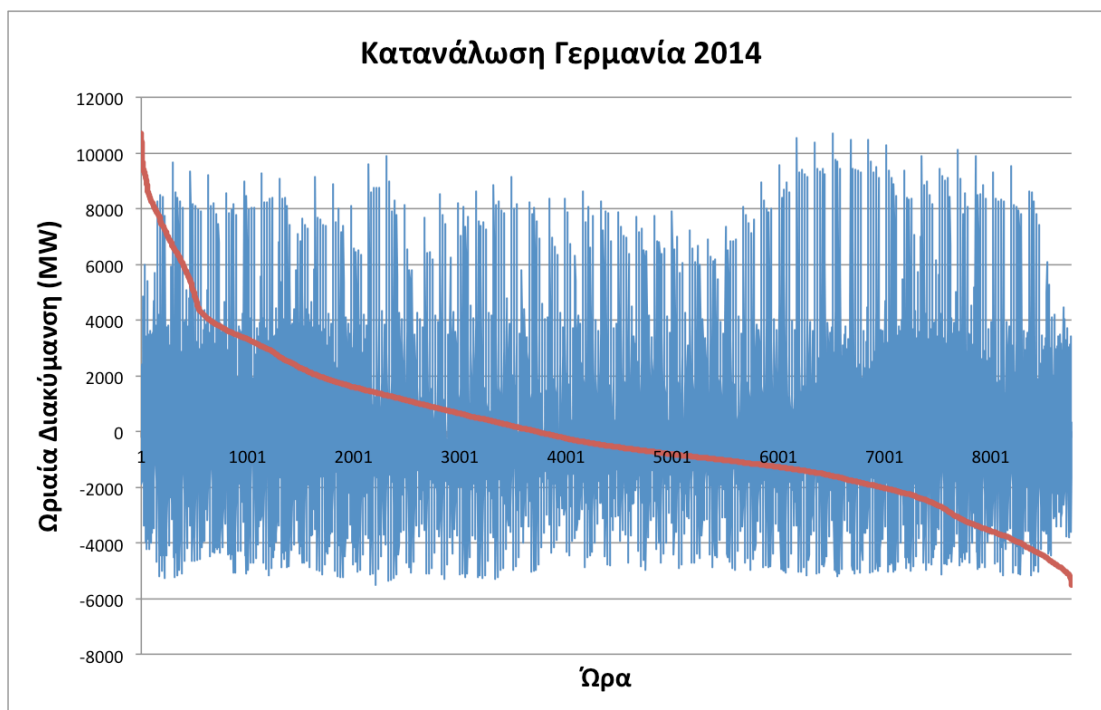
Από τα Διαγράμματα, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, κατά τους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού, δηλαδή περίπου για τις ώρες 2000-5500 στον οριζόντιο άξονα, παρατηρούνται συχνότερα χαμηλές τιμές στην ωριαία διακύμανση, σε σύγκριση με αυτές που επικρατούν κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Ειδικότερα για την Γαλλία και την Ισπανία μάλιστα, παρατηρούνται και χαμηλότερες αιχμές κατά τους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού.



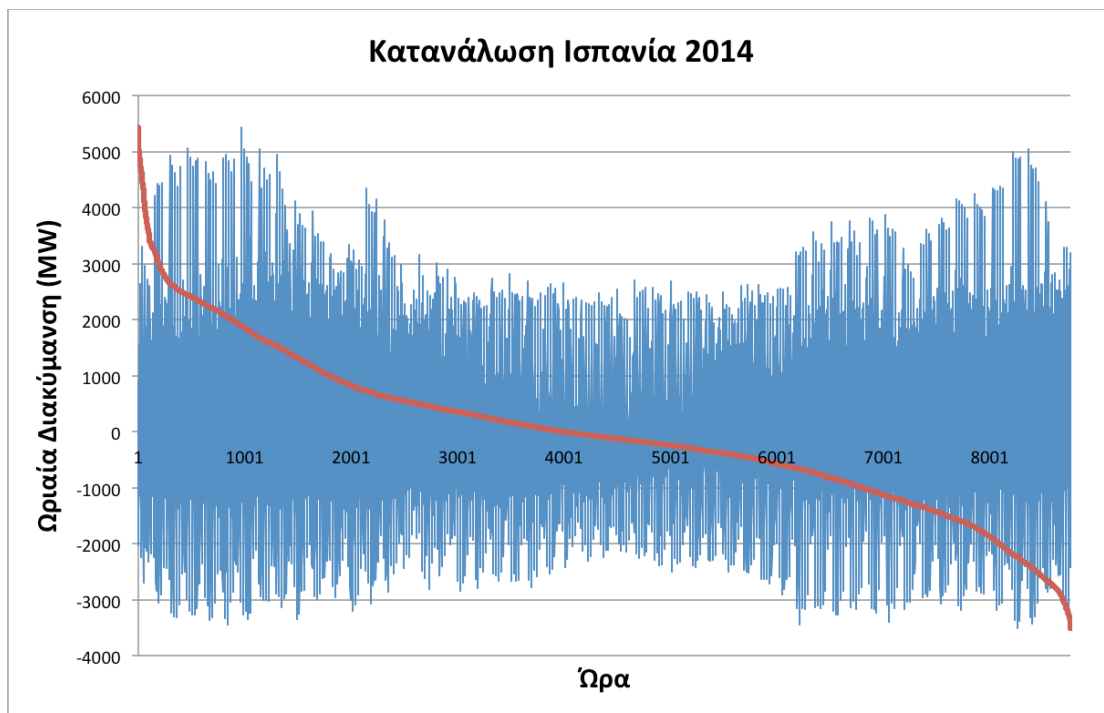
Διάγραμμα 62. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Αυστρία



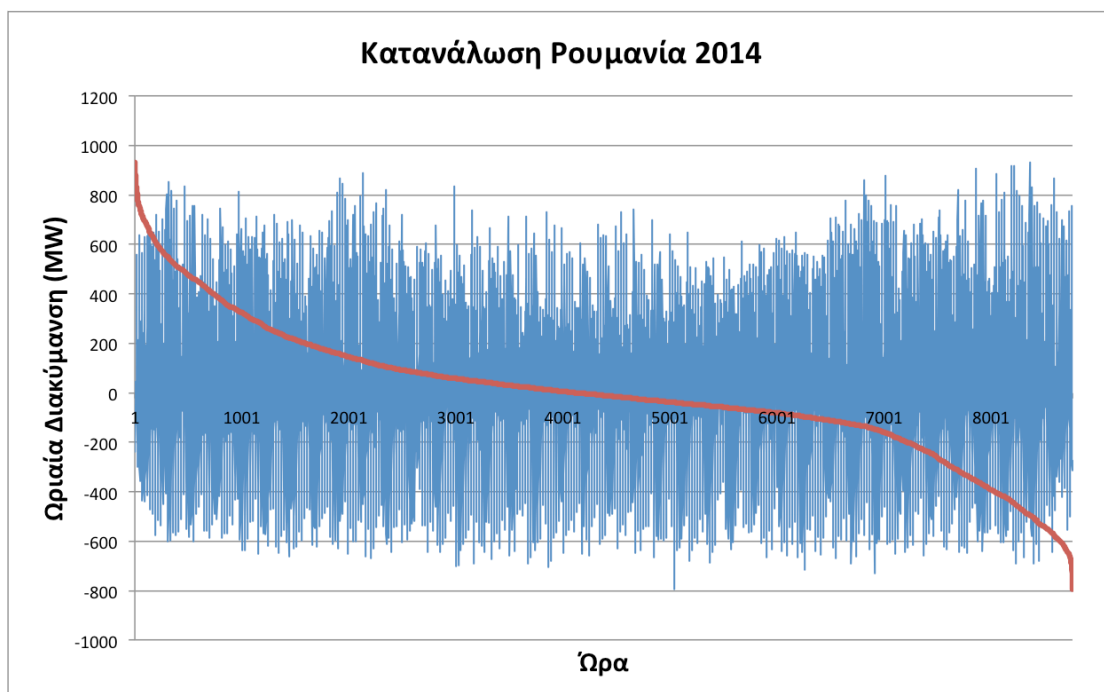
Διάγραμμα 63. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γαλλία



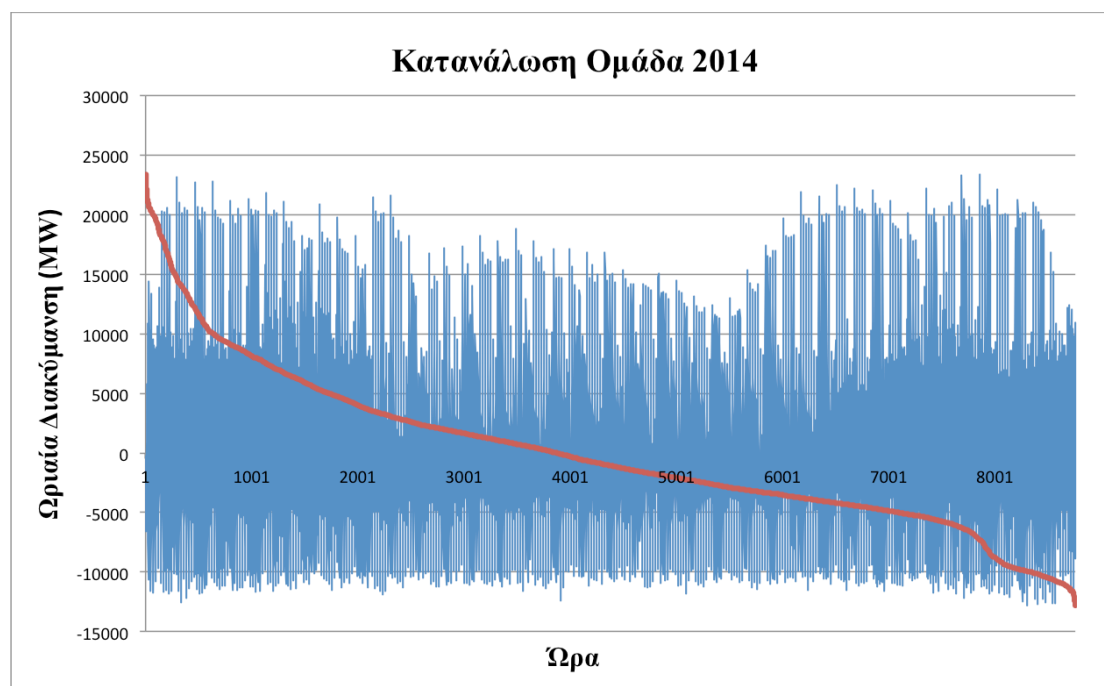
Διάγραμμα 64. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γερμανία



Διάγραμμα 65. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ισπανία



Διάγραμμα 66. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στη Ρουμανία



Διάγραμμα 67. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ομάδα

4.3.2.2 Στατιστικοί δείκτες ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης

Στους Πίνακες 26-28 παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες της ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για τα έτη 2013-2015, εκφρασμένοι σε % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW. Ως «θετική μέση τιμή», ορίζεται η μέση τιμή των θετικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή πρακτικά των περιπτώσεων αύξησης της κατανάλωσης ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ώρες, ενώ αντίστοιχα ως «αρνητική μέση τιμή» ορίζεται η μέση τιμή των αρνητικών τιμών της διακύμανσης, δηλαδή των περιπτώσεων όπου παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ώρες. Γενικά, σε κάθε χώρα και την Ομάδα, παρατηρείται όμοια συμπεριφορά της ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα στα έτη. Τέλος, όπως θα αναμενόταν, η Ομάδα σε σύγκριση με κάθε χώρα ξεχωριστά, κατά κανόνα παρουσιάζει ηπιότερες τιμές της ωριαίας διακύμανσης ως ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης, δηλαδή μικρότερο μέγιστο και ελάχιστο (κατά απόλυτη τιμή), μικρότερη θετική και αρνητική μέση τιμή και μικρότερη τυπική απόκλιση.

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	15,23 (1743)	10,05 (9312)	13,14 (9939)	17,97 (7122)	11,67 (970)	11,01 (24067)
Ελάχιστη Τιμή	-7,42 (-849)	-6,48 (-6006)	-7,57 (-5723)	-18,13 (-7188)	-9,83 (-817)	-6,51 (-14226)
Θετική Μέση Τιμή	3,41 (390)	2,39 (2212)	3,06 (2311)	3,20 (1269)	2,53 (210)	2,71 (5925)
Αρνητική Μέση Τιμή	-2,32 (-265)	-2,03 (-1881)	-2,21 (-1669)	-2,62 (-1037)	-2,18 (-181)	-2,04 (-4454)
Τυπική Απόκλιση	3,68 (422)	2,76 (2558)	3,36 (2543)	3,78 (1498)	3,22 (267)	3,01 (6576)

Πίνακας 26. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της ζήτησης για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.

2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	14,90 (1709)	11,02 (9092)	13,51 (10713)	14,06 (5437)	10,91 (930)	10,75 (23352)
Ελάχιστη Τιμή	-11,18 (-1282)	-7,36 (-6077)	-6,94 (-5503)	-9,07 (-3506)	-9,32 (-794)	-5,90 (-12810)
Θετική Μέση Τιμή	3,38 (388)	2,68 (2210)	3,11 (2468)	3,01 (1162)	2,42 (206)	2,64 (5727)
Αρνητική Μέση Τιμή	-2,35 (-269)	-2,23 (-1841)	-2,30 (-1827)	-2,53 (-977)	-2,14 (-182)	-2,09 (-4531)
Τυπική Απόκλιση	3,72 (426)	3,07 (2535)	3,48 (2759)	3,61 (1397)	3,13 (267)	2,99 (6505)

Πίνακας 27. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της ζήτησης για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.

2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	14,22 (1619)	9,51 (8710)	13,25 (10272)	13,54 (5459)	11,10 (942)	10,02 (22534)
Ελάχιστη Τιμή	-9,98 (-1136)	-6,92 (-6341)	-7,12 (-5514)	-9,15 (-3689)	-9,34 (-793)	-5,61 (-12626)
Θετική Μέση Τιμή	3,38 (385)	2,41 (2205)	3,12 (2414)	2,91 (1175)	2,52 (214)	2,53 (5691)
Αρνητική Μέση Τιμή	-2,30 (-262)	-2,01 (-1838)	-2,30 (-1780)	-2,38 (-961)	-2,17 (-184)	-2,00 (-4496)
Τυπική Απόκλιση	3,68 (419)	2,77 (2537)	3,48 (2696)	3,45 (1391)	3,21 (273)	2,87 (6456)

Πίνακας 28. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την ωριαία διακύμανση της ζήτησης για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.

Στον Πίνακα 29 παρουσιάζεται ο συσχετισμός των τιμών της ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης ανά έτος σε γειτονικές χώρες.

	2013	2014	2015
Αυστρία-Γερμανία	0,872	0,882	0,883
Γαλλία-Γερμανία	0,745	0,751	0,748
Γαλλία-Ισπανία	0,652	0,515	0,512

Πίνακας 29. Συντελεστές συσχετισμού ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης

Παρατηρείται ότι και στα τρία ζεύγη χωρών, ο συσχετισμός είναι ιδιαίτερα έντονος, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η κατανάλωση ακολουθεί ίδια συμπεριφορά, αφού παρατηρούνται από κάθε ώρα στην επόμενη, παρόμοιες αυξομειώσεις.

4.3.2.3 Διακύμανση 4-ωρών της ζήτησης

Έχοντας μελετήσει την ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλωνοντας το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται ανάμεσα σε δύο τιμές κατανάλωσης, μπορούμε να μελετήσουμε και την 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης, δηλαδή τη διαφορά κατανάλωσης κάθε ώρας από την κατανάλωση 4-ώρες πριν.

Στα Διαγράμματα 68-73 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της 4-ωρών διακύμανσης της κατανάλωσης για το έτος 2014 σε κάθε χώρα και την Ομάδα,

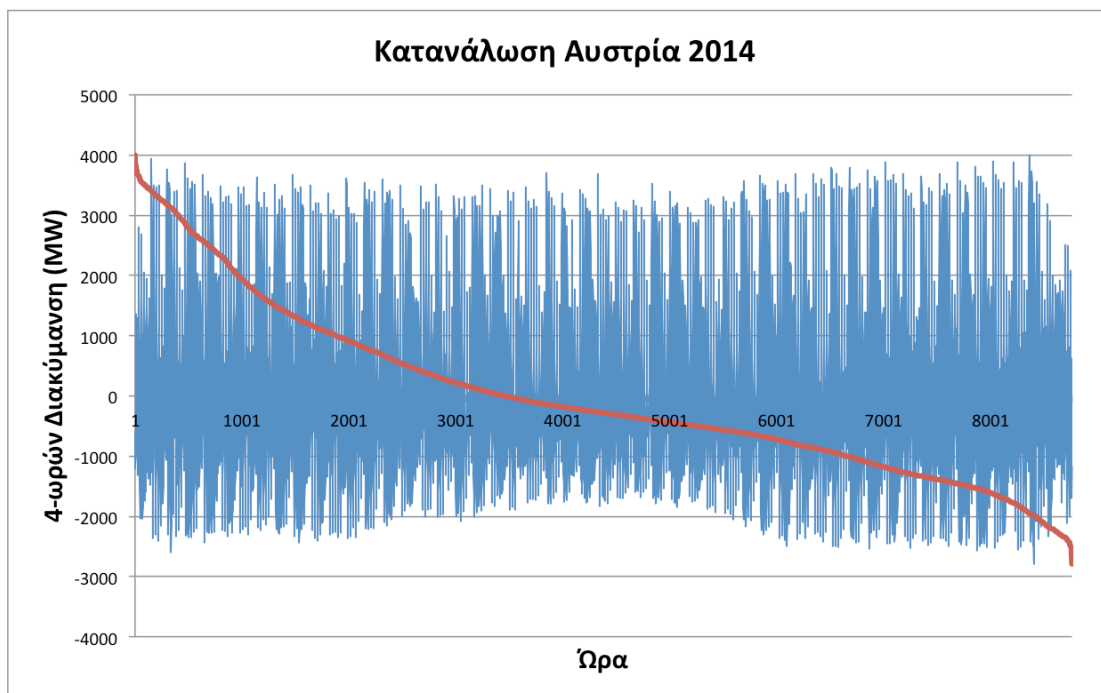
εκφρασμένες σε MW, μαζί με τις αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας. Υπενθυμίζεται ότι οι καμπύλες διάρκειας δημιουργούνται από όλες τις τιμές της διακύμανσης του έτους όταν αυτές διαταχθούν σε φθίνουσα αριθμητική σειρά. Τα αντίστοιχα διαγράμματα της ωριαίας διακύμανσης της κατανάλωσης για κάθε χώρα και την Ομάδα, για τα έτη 2013 και 2015, παρατίθενται στο Παράρτημα.

Στον Πίνακα 30 παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες της 4-ωρών διακύμανσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις χώρες και την Ομάδα για το έτος 2014, εκφρασμένοι σε % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW. Οι αντίστοιχοι πίνακες για κάθε χώρα και την Ομάδα για τα έτη 2013 και 2015, παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

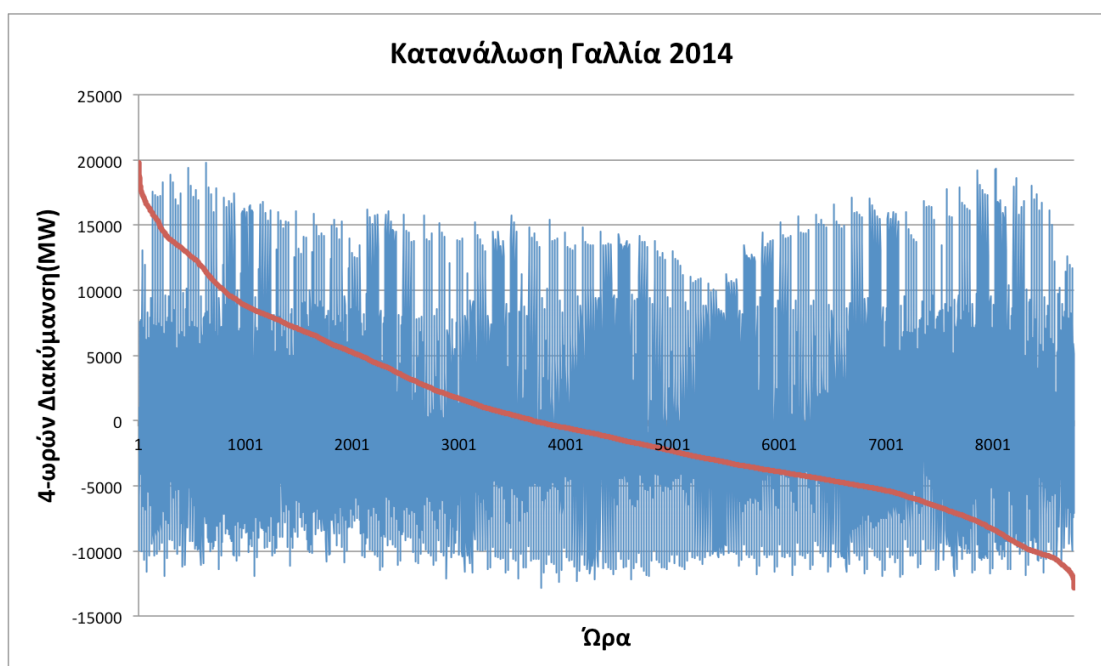
Από τα διαγράμματα και τους πίνακες, παρατηρούμε ότι, όπως θα αναμενόταν, όσο μεγαλώνει η χρονική διαφορά ανάμεσα σε δύο εξεταζόμενες τιμές κατανάλωσης, τόσο η διακύμανση της κατανάλωσης θα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές, συνηθέστερα διπλάσιες ή ακόμα και τριπλάσιες. Πιο συγκεκριμένα, για το 2014:

- στην Αυστρία, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -2792MW ως 3993MW δηλαδή από -24,34% ως 34,81% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -1282MW ως 1709MW δηλαδή από -11,18% ως 14,90% της αιχμής ζήτησης
- στην Γαλλία, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -12845MW ως 19769MW δηλαδή από -15,56% ως 23,95% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -6077MW ως 9092MW δηλαδή από -7,36% ως 11,02% της αιχμής ζήτησης
- στην Γερμανία, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -18725MW ως 25279MW δηλαδή από -23,62% ως 31,88% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -5503MW ως 10713MW δηλαδή από -6,94% ως 13,51% της αιχμής ζήτησης
- στην Ισπανία, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -11525MW ως 13395MW δηλαδή από -29,81% ως 34,64% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -3506MW ως 5437MW δηλαδή από -9,07% ως 10,91% της αιχμής ζήτησης
- στη Ρουμανία, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -2030MW ως 2390MW δηλαδή από -23,82% ως 28,05% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -794MW ως 930MW δηλαδή από -9,32% ως 10,91% της αιχμής ζήτησης
- στην Ομάδα, η 4-ωρών διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -38565MW ως 61692MW δηλαδή από -17,75% ως 28,40% της αιχμής ζήτησης, ενώ η ωριαία

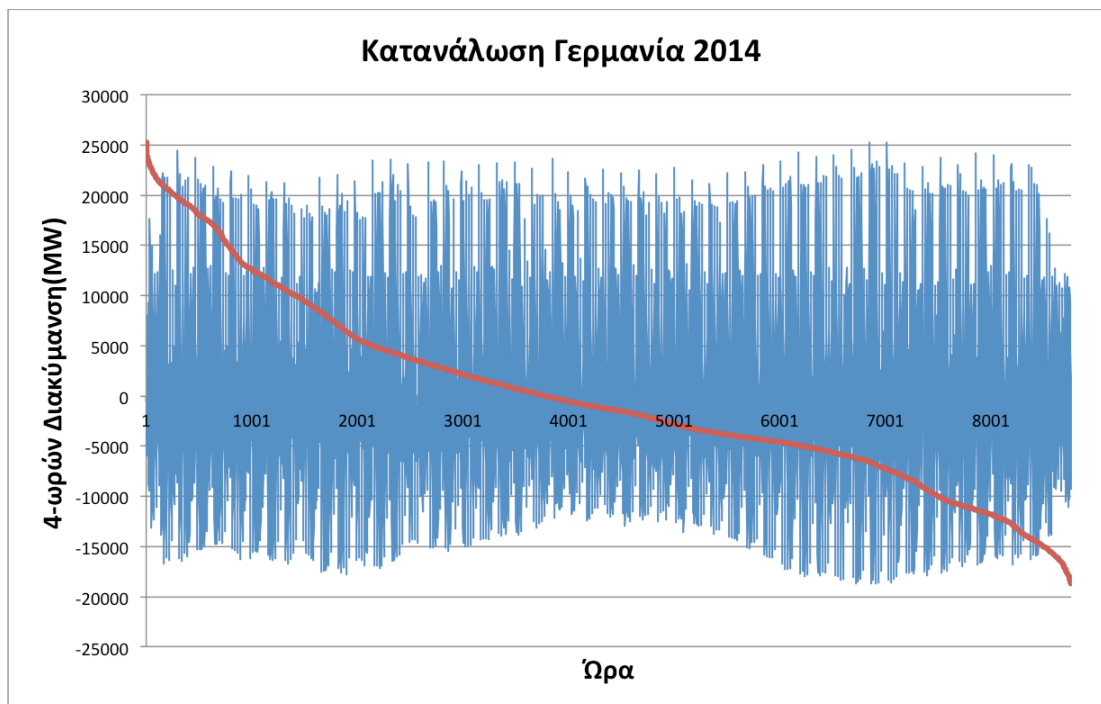
διακύμανση παρουσιάζει τιμές από -12810MW ως 23352MW δηλαδή από 5,90 % ως 10,75% της αιχμής ζήτησης



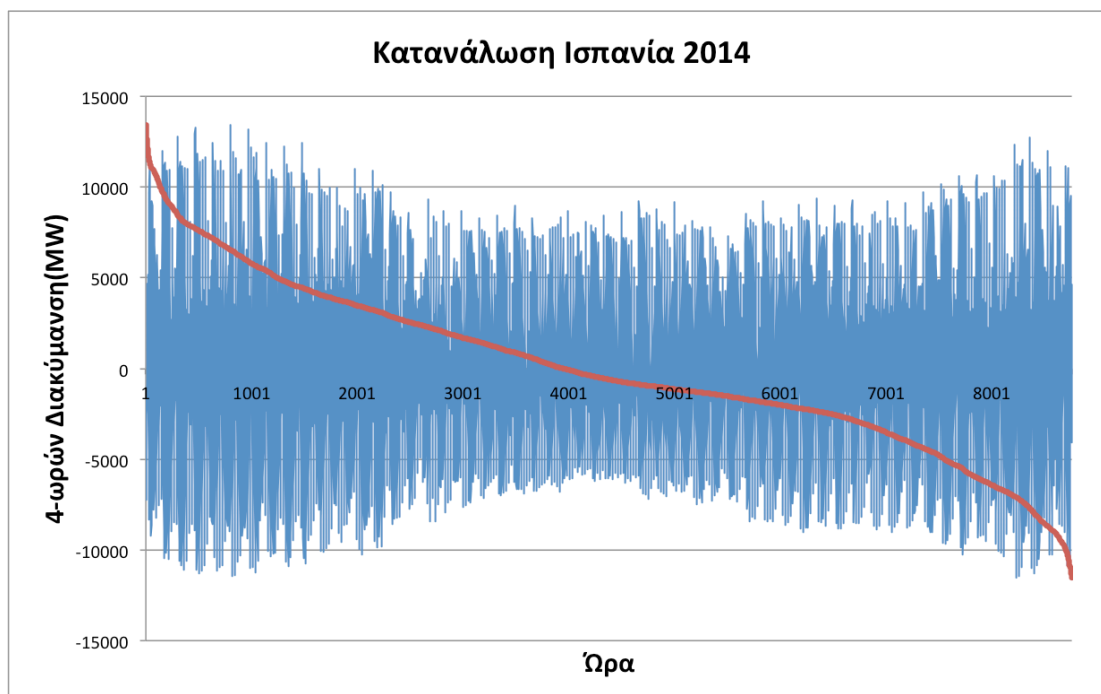
Διάγραμμα 68. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Αυστρία



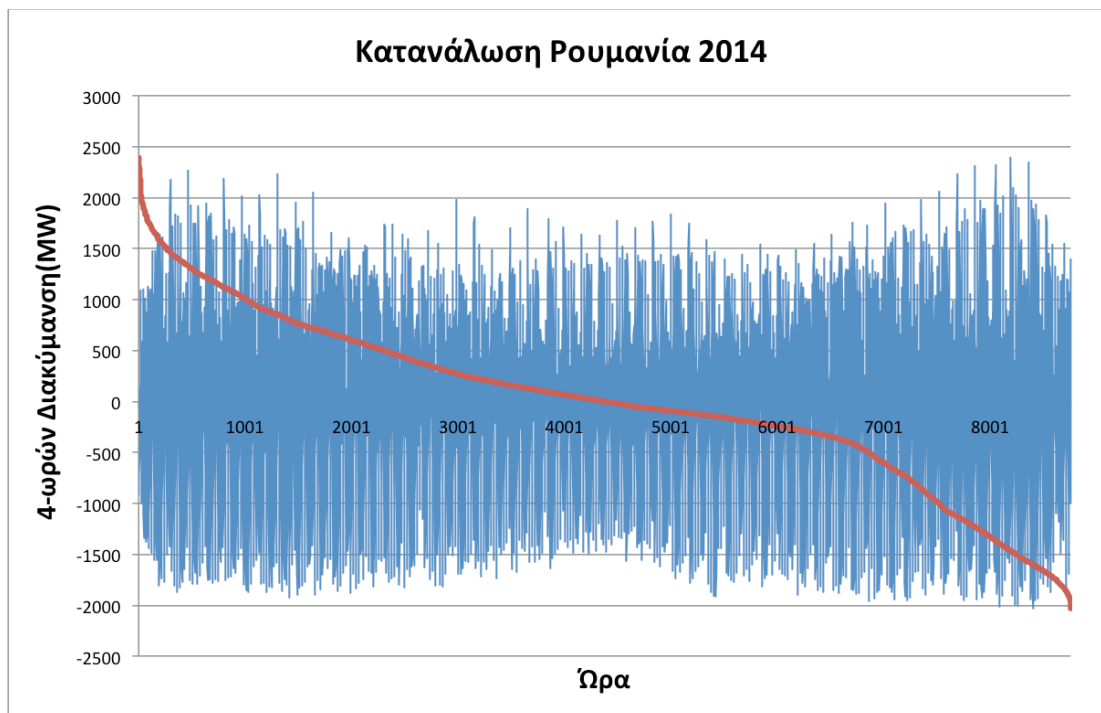
Διάγραμμα 69. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γαλλία



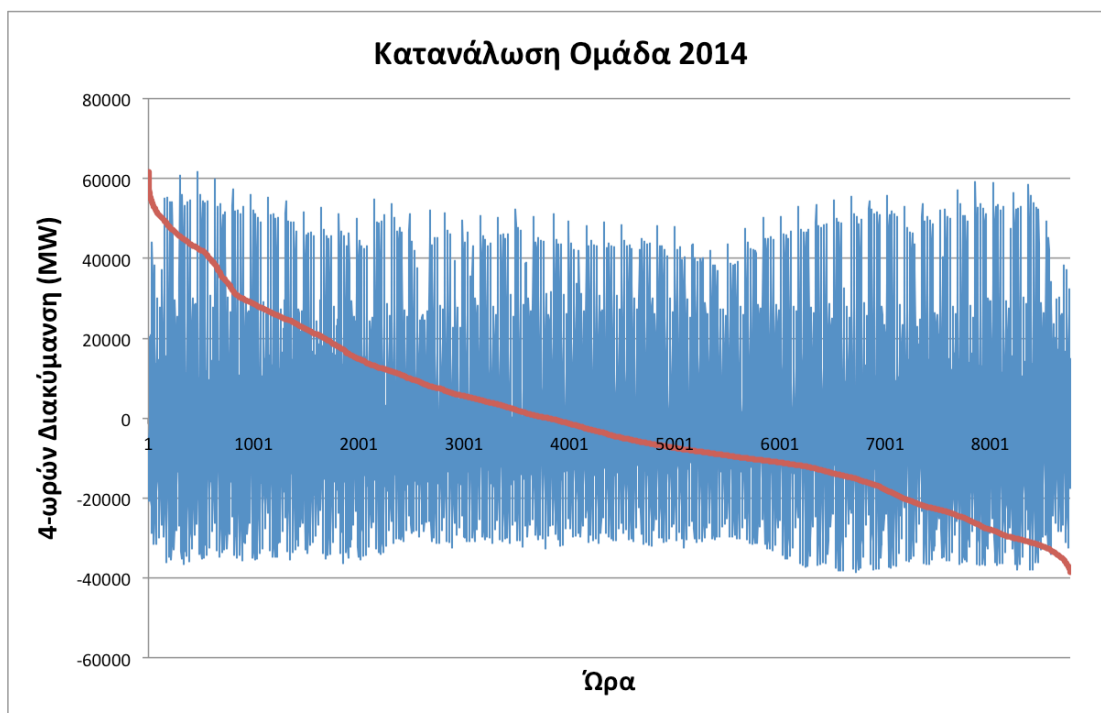
Διάγραμμα 70. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Γερμανία



Διάγραμμα 71. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ισπανία



Διάγραμμα 72. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στη Ρουμανία



Διάγραμμα 73. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2014, στην Ομάδα

2014	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	34,81 (3993)	23,95 (19769)	31,88 (25279)	34,64 (13395)	28,05 (2390)	28,40 (61692)
Ελάχιστη Τιμή	-24,34 (-2792)	-15,56 (-12845)	-23,62 (-18725)	-29,81 (-11525)	-23,82 (-2030)	-17,75 (-38565)
Θετική Μέση Τιμή	12,01 (1377)	7,75 (6393)	10,63 (8426)	10,39 (4018)	7,39 (629)	9,10 (19775)
Αρνητική Μέση Τιμή	-7,83 (-898)	-5,64 (-4653)	-8,04 (-6375)	-8,50 (-3286)	-7,34 (-626)	-6,95 (-15094)
Τυπική Απόκλιση	12,06 (1383)	8,04 (6632)	11,61 (9201)	11,69 (4520)	9,63 (820)	9,78 (21242)

Πίνακας 30. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης για το έτος 2014. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.

4.4 Συνδυασμός ζήτησης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα

Η επίδραση της μεταβλητότητας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα εξαρτάται από το επίπεδο διείσδυσής της στο ενεργειακό ισοζύγιο. Ως επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας από χερσαία αιολικά στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας, ορίζεται το % ποσοστό της ηλεκτροπαραγωγής επί της ζήτησης(κατανάλωσης), σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Επίπεδο διείσδυσης} = 100 * \frac{\text{Παραγωγή (GWh)}}{\text{Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (GWh)}} \\ (\text{Τύπος 3.})$$

Για τον υπολογισμό του στιγμιαίου επιπέδου διείσδυσης, χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες τιμές για την στιγμιαία παραγωγή και κατανάλωση. Ομοίως για τον υπολογισμό του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης, χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες τιμές της ωριαίας παραγωγής και ωριαίας κατανάλωσης. Για τον υπολογισμό του συνολικού επιπέδου διείσδυσης για ένα έτος, χρησιμοποιείται η συνολική παραγωγή και κατανάλωση, δηλαδή στην περίπτωση μας, όπου τα δεδομένα έχουν αναχθεί σε ωριαία βάση, το άθροισμα των αντίστοιχων ωριαίων τιμών του έτους.

Στο παρόν κεφάλαιο, μελετάται η αύξηση της μεταβλητότητας παραγωγής που αντιλαμβάνεται το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της αιολικής παραγωγής, ξεκινώντας με τη μεταβλητότητα της ζήτησης και προσθέτοντας την αιολική ηλεκτροπαραγωγή, σε διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης για καθένα από τα έτη 2013-2015.

4.4.1 Σενάρια με αυξανόμενα επίπεδα διείσδυσης

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα και το επίπεδο διείσδυσης για όλες τις χώρες και την Ομάδα, κατά το έτος 2015, παρουσιάζονται στον Πίνακα 31. Παρατηρούμε ότι το υψηλότερο επίπεδο διείσδυσης επιτυγχάνεται στην Ισπανία με το 19,32% της κατανάλωσης να μπορεί να καλυφθεί από την παραγωγή των χερσαίων αιολικών πάρκων. Ακολουθεί η Γερμανία με ποσοστό 13,93%, η Ρουμανία με 12,82%, αρκετά πιο πίσω η Αυστρία με 7,05% και τέλος η Γαλλία με 4,35%. Το αντίστοιχο ποσοστό συνολικά για την Ομάδα, δηλαδή το επίπεδο διείσδυσης της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά για το 2015, είναι 11,18%.

2015	Παραγωγή (GWh)	Κατανάλωση (GWh)	Επίπεδο διείσδυσης
Αυστρία	4911	69618	7,05%
Γαλλία	20583	471274	4,37%
Γερμανία	70406	505269	13,93%
Ισπανία	48006	248503	19,32%
Ρουμανία	6708	52313	12,82%
Ομάδα	150614	1346977	11,18%

Πίνακας 31. Παραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα, κατανάλωση και επίπεδο διείσδυσης, για το 2015

Σύμφωνα με τα Εθνικά Σχέδια Δράσης των χωρών, τα οποία δημοσιεύθηκαν μέχρι το 2010, οι χώρες προγραμματίσαν να έχουν επιτύχει συγκεκριμένη ετήσια ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα μέχρι το έτος 2020. Σημειώνεται ότι στα Εθνικά Σχέδια Δράσης, περιλαμβάνεται ο σχεδιασμός σύμφωνα με τον οποίο κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης σκοπεύει να εκπληρώσει τις νομικά δεσμευτικές υποχρεώσεις της που προκύπτουν από την Οδηγία για την Ανανεώσιμη Ενέργεια. Στον Πίνακα 32 παρουσιάζονται οι τιμές της παραγωγής που αποτελούν στόχο για το 2020 για κάθε χώρα, και κατ'επέκταση και το άθροισμά τους για την Ομάδα. Έχοντας υπόψιν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το 2015, μπορούμε να βρούμε τα αντίστοιχα επίπεδα διείσδυσης. Είναι προφανές, ότι η κατανάλωση δεν έχει τις ίδιες τιμές κάθε έτος, ωστόσο με τον παραπάνω υπολογισμό, μπορούμε να έχουμε μια πρώτη καλή εικόνα του επιθυμητού επιπέδου διείσδυσης, ώστε να είναι συγκρίσιμη με τα πραγματικά μας δεδομένα και να συμπεράνουμε για το 2015, πόσο κοντά ήταν κάθε χώρα στον στόχο του 2020.

Παρατηρούμε ότι η Αυστρία ήδη το 2015 έχει ξεπεράσει το στόχο της για την ετήσια ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα έχοντας επίπεδο διείσδυσης 7,05% έναντι του επιθυμητού επιπέδου 6,91%. Η Γερμανία, και η Ρουμανία είναι πολύ κοντά στους στόχους τους, έχοντας επίπεδο διείσδυσης 13,93% και 12,82% κατά το έτος 2015 αντίστοιχα, με στόχους για το 2020 τα ποσοστά 14,38% και 16,06% αντίστοιχα. Τέλος, η Γαλλία και η Ισπανία αναμένεται να αυξήσουν τα επίπεδα διείσδυσης της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά μέχρι το 2020, καθώς κατά το έτος 2015 κινούνται στα επίπεδα 4,37% και 19,32% αντίστοιχα, ενώ οι στόχοι τους είναι τα ποσοστά 8,47% και 28,37% αντίστοιχα. Όσον αφορά το σύνολο των 5 αυτών χωρών, δηλαδή την Ομάδα, κατά το έτος 2015 επιτυγχάνεται επίπεδο διείσδυσης 11,18% και ο στόχος για το 2020 όπως αυτός προκύπτει από τα αθροίσματα είναι 14,57%.

	Παραγωγή(GWh) Στόχος 2020	Κατανάλωση(GWh) Τιμές 2015	Επίπεδο διείσδυσης
Αυστρία	4811	69618	6,91%
Γαλλία	39900	471274	8,47%
Γερμανία	72664	505269	14,38%
Ισπανία	70502	248503	28,37%
Ρουμανία	8400	52313	16,06%
Ομάδα	196277	1346977	14,57%

Πίνακας 32. Στόχος 2020 για την ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα, κατανάλωση 2015 και αντίστοιχα επίπεδα διείσδυσης

Στα παρακάτω κεφάλαια, θα εξετασθεί η μεταβλητότητα και η μέγιστη τιμή των επιπέδων διείσδυσης της αιολικής παραγωγής στο ενεργειακό ισοζύγιο, σε κάθε χώρα και την Ομάδα, για συνολικά επίπεδα διείσδυσης μέχρι και 50%.

4.4.2 Αύξηση της μεταβλητότητας στο φορτίο και στο καθαρό φορτίο

Στον Πίνακα 33 παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχετισμού των χρονοσειρών της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα και του φορτίου, καθώς και των αντίστοιχων χρονοσειρών της ωριαίας διακύμανσης των δύο παραπάνω μεγεθών. Πρόκειται για Pearson συσχέτιση. Αν οι εξεταζόμενες χρονοσειρές παραγωγής και φορτίου είναι θετικά συσχετισμένες, σημαίνει ότι οι τιμές τους αυξάνονται και μειώνονται ταυτόχρονα, και κατ'επέκταση η προσθήκη της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής βοηθάει το σύστημα να αντεπεξέλθει στη ζήτηση. Όσο πιο κοντά στην μονάδα είναι ο συντελεστής συσχετισμού, τόσο πιο έντονος θεωρείται ο συσχετισμός. Αντίθετα, αν οι χρονοσειρές παραγωγής και φορτίου είναι αρνητικά συσχετισμένες, συμπεραίνουμε ότι δεν παρατηρούνται ταυτόχρονα αυξομειώσεις, με αποτέλεσμα το σύστημα να χρειάζεται περισσότερες ελεγχόμενες από το φορτίο ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες για να καλύψει τη ζήτηση.

Παρατηρούμε ότι, με εξαίρεση ίσως τη Γαλλία όπου οι τιμές του συσχετισμού είναι οι μεγαλύτερες, στις εξεταζόμενες χώρες και την Ομάδα οι χρονοσειρές της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και του φορτίου είναι μεν συσχετισμένες θετικά, αλλά ο συσχετισμός δεν είναι ιδιαίτερα έντονος. Αυτό σημαίνει ότι οι διακυμάνσεις της παραγωγής ενίοτε γίνονται προς την ίδια κατεύθυνση με τις διακυμάνσεις του φορτίου και ως εκ τούτου, τα χερσαία αιολικά πάρκα βοηθούν το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας να αντεπεξέλθει στην ζήτηση, ενώ άλλες φορές έχουν διαφορετικές κατευθύνσεις και δεν υποβοηθούν το σύστημα. Επίσης, από τον Πίνακα

βλέπουμε ότι σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, και για τα τρία έτη, οι συντελεστές συσχετισμού ανάμεσα στις χρονοσειρές της ωριαίας διακύμανσης παραγωγής και της ωριαίας διακύμανσης του φορτίου, έχουν τιμή κοντά στο μηδέν. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις της παραγωγής και του φορτίου δεν πραγματοποιούνται ταυτόχρονα σχεδόν ποτέ.

A)	Παραγωγή-Φορτίο		
	2013	2014	2015
Αυστρία	0,058	0,028	0,044
Γαλλία	0,157	0,326	0,206
Γερμανία	0,006	0,036	0,040
Ισπανία	0,116	0,163	0,074
Ρουμανία	0,183	0,181	0,199
Ομάδα	0,191	0,265	0,183
B)	Ωριαία Διακύμανση Παραγωγής-Φορτίου		
Αυστρία	-0,038	-0,042	-0,046
Γαλλία	-0,003	-0,013	-0,002
Γερμανία	0,001	0,014	-0,015
Ισπανία	-0,031	0,061	-0,028
Ρουμανία	-0,008	0,022	0,074
Ομάδα	-0,032	0,008	-0,037

Πίνακας 33. Συντελεστές συσχετισμού A) των χρονοσειρών της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα και του φορτίου (κατανάλωσης) και B) των χρονοσειρών της ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής και του φορτίου

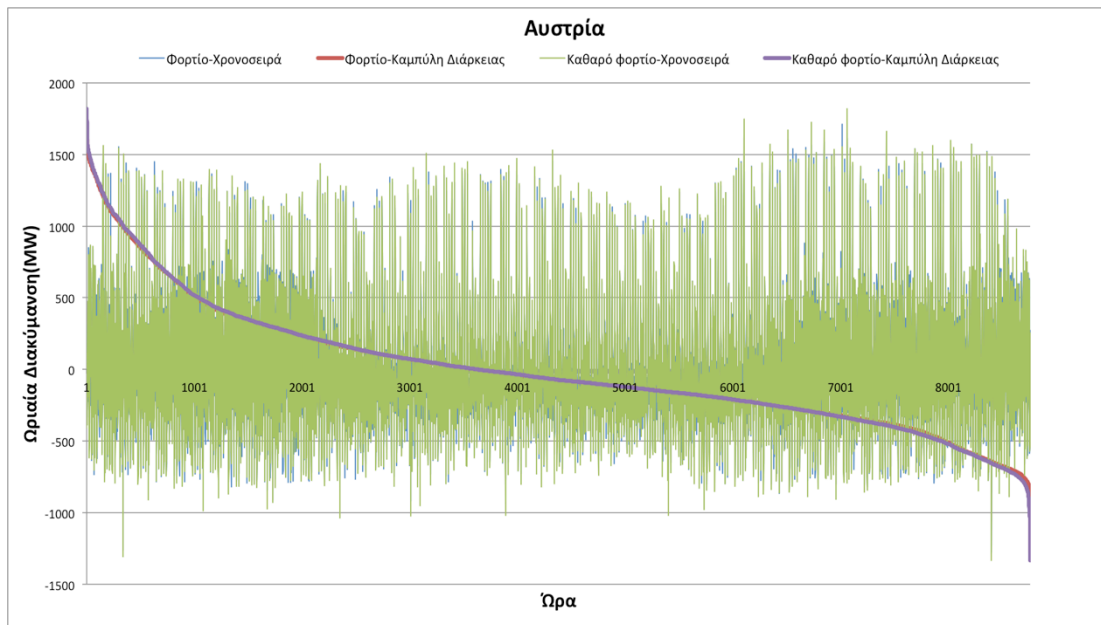
Ως καθαρό φορτίο ορίζεται η διαφορά της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλεκτροπαραγωγή από αιολικά χερσαία πάρκα, δηλαδή:

$$\text{Καθαρό φορτίο(MW)} = \text{Κατανάλωση(MW)} - \text{Αιολική Παραγωγή(MW)}$$

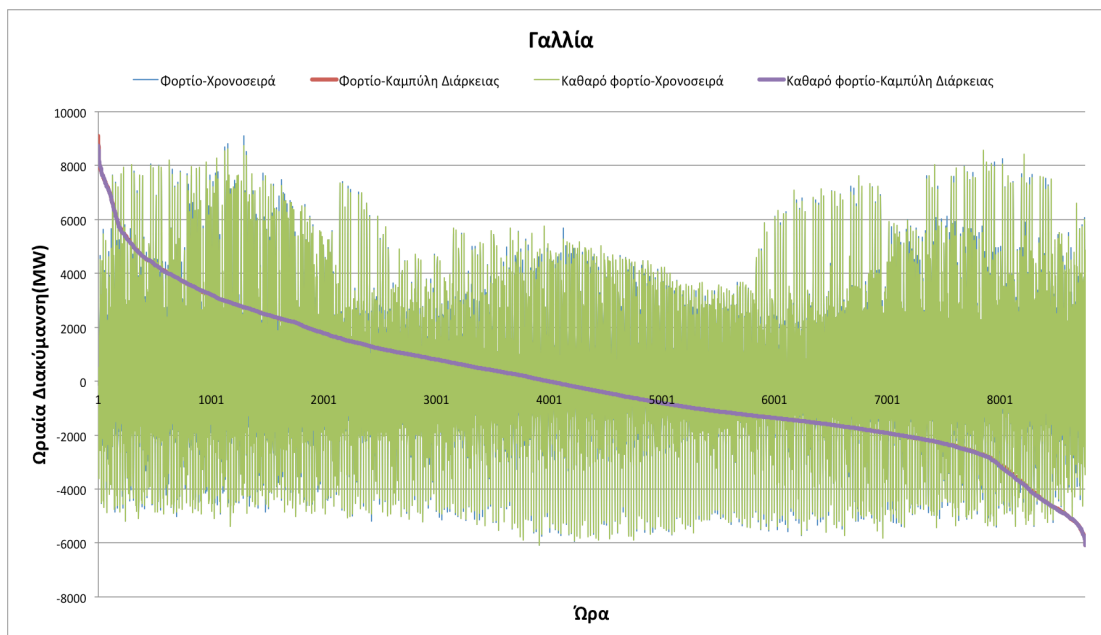
(Τύπος 4.)

Τα μεγέθη είναι εκφρασμένα σε MW, καθώς αφορούν ωριαίες τιμές, οπότε έχουμε ουσιαστικά MWh/h=MW. Το καθαρό φορτίο είναι, δηλαδή, η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που θα πρέπει να καλυφθεί από άλλους τύπους ηλεκτροπαραγωγής.

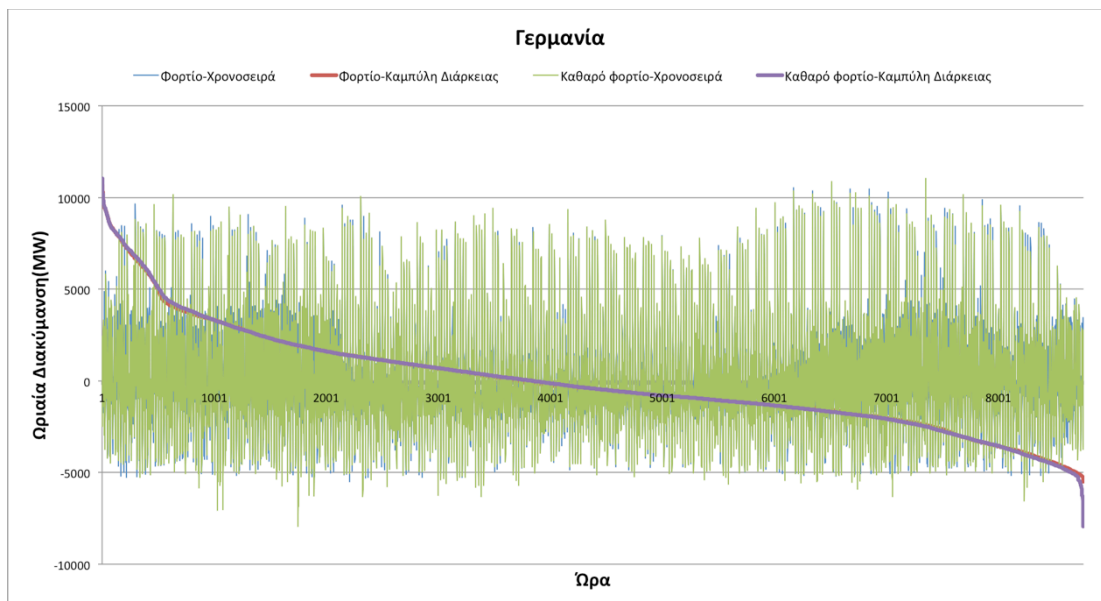
Στα Διαγράμματα 74-79 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της ωριαίας διακύμανσης του φορτίου και του καθαρού φορτίου, καθώς και οι αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας για τις δύο χρονοσειρές, για κάθε χώρα και την Ομάδα, για το 2014.



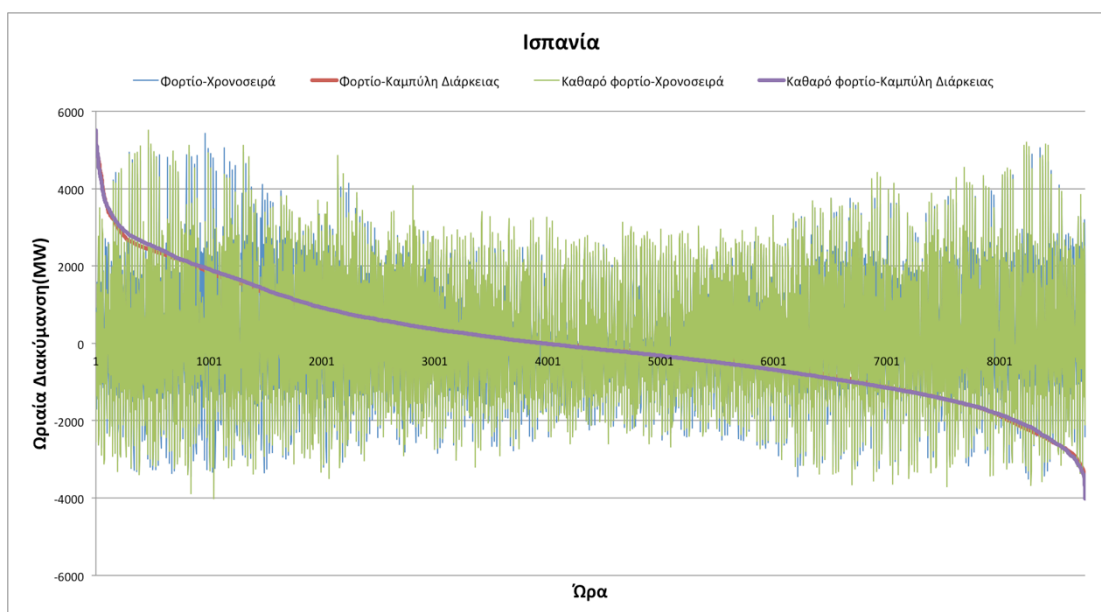
Διάγραμμα 74. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στην Αυστρία, για το 2014



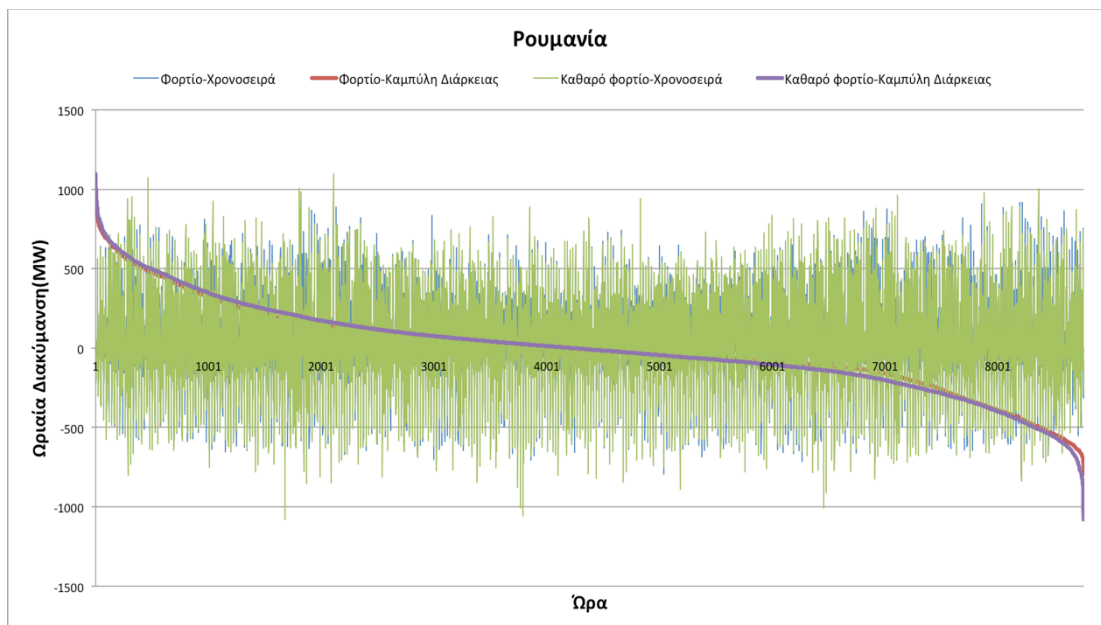
Διάγραμμα 75. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στην Γαλλία, για το 2014



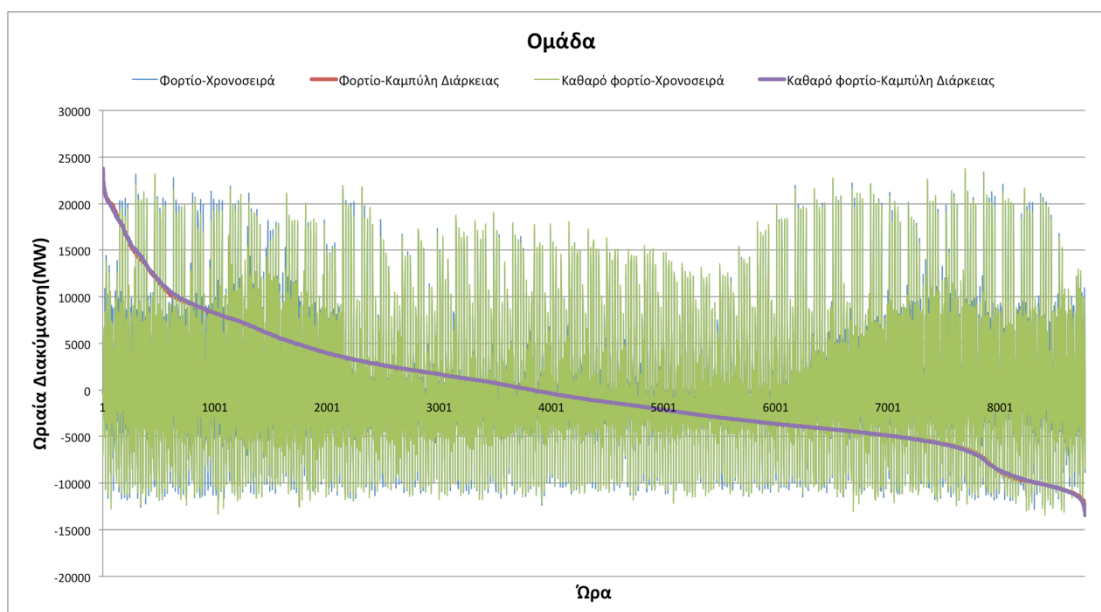
Διάγραμμα 76. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στην Γερμανία, για το 2014



Διάγραμμα 77. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στην Ισπανία, για το 2014



Διάγραμμα 78. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στη Ρουμανία, για το 2014



Διάγραμμα 79. Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης καθαρού φορτίου και φορτίου και αντίστοιχες καμπύλες διάρκειας σε MW, στην Ομάδα, για το 2014

4.4.3 Ράμπες φορτίου και παραγωγής ανά ώρα

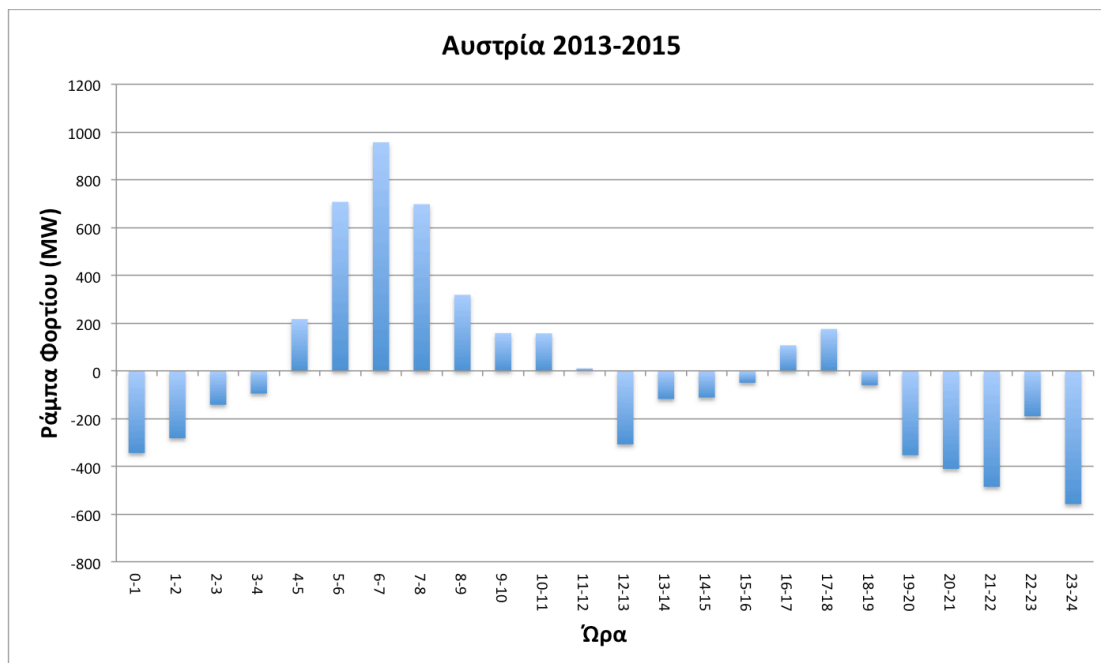
Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται οι ράμπες της ωριαίας κατανάλωσης και της ωριαίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα. Ως ράμπα ορίζουμε την διαφορά της τιμής του εκάστοτε μεγέθους μιας ώρας από την τιμή του συγκεκριμένου μεγέθους την αμέσως προηγούμενη ώρα, δηλαδή ως ράμπα ορίζεται η ωριαία διακύμανση του μεγέθους, όπως αυτή έχει παρουσιασθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια.

Στα Διαγράμματα 80-91 για κάθε χώρα και την Ομάδα, παρουσιάζονται δύο διαγράμματα: το πρώτο αφορά το φορτίο, όπου έχει υπολογισθεί η μέση τιμή της ράμπας του φορτίου σε MW για κάθε μία από τις 24 ώρες της ημέρας συνολικά για τα έτη 2013-2015, ενώ το δεύτερο αφορά την παραγωγή, όπου έχουν υπολογισθεί η μέγιστη τιμή, η ελάχιστη τιμή και η μέση τιμή της ράμπας παραγωγής ως ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος για κάθε μία από τις 24 ώρες της ημέρας συνολικά για τα έτη 2013-2015. Σημειώνεται ότι όλες οι χώρες ανήκουν στην ίδια χρονική ζώνη, ως εκ τούτου δεν πραγματοποιήθηκε κάποια μετακύλιση ώρας για τον υπολογισμό των απαραίτητων τιμών για την Ομάδα.

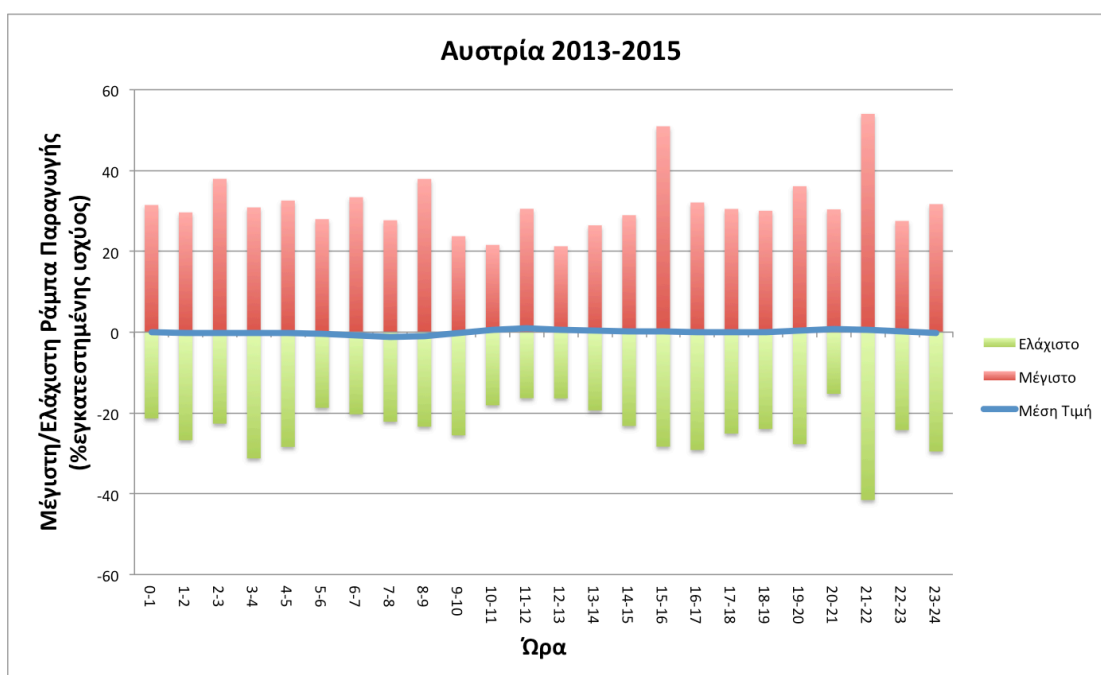
Όσον αφορά την ράμπα φορτίου, σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, η μέγιστη θετική μέση τιμή εμφανίζεται στις ώρες 6πμ-8πμ, ενώ επιπλέον παρουσιάζονται μεγάλες τιμές για την Αυστρία στις 5πμ-6πμ, για τη Γαλλία στις 10μμ-11μμ και στην Ισπανία στις 8πμ-9πμ. Η μέγιστη αρνητική μέση τιμή για τη ράμπα φορτίου εμφανίζεται στο διάστημα 10μμ-1πμ.

Όσον αφορά την ράμπα παραγωγής, είτε θετική είτε αρνητική παρουσιάζει τυχαίες τιμές, με αποτέλεσμα η μέση τιμή της σε κάθε ώρα να είναι κοντά στο μηδέν. Παρόλα αυτά, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της ράμπας (δηλαδή η μέγιστη θετική και η μέγιστη κατά απόλυτη τιμή αρνητική διακύμανση) μπορεί να έχουν μεγάλες τιμές και μάλιστα, ενδέχεται να παρατηρούνται σε διαφορετική κατεύθυνση από τη ράμπα του φορτίου.

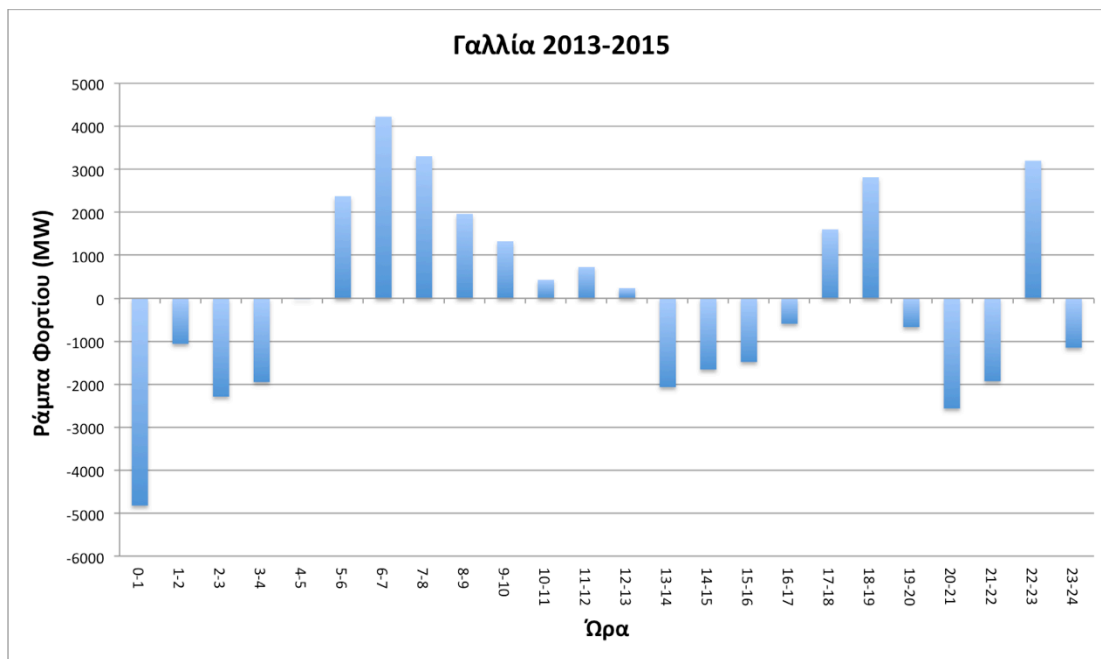
Παρατηρώντας για κάθε χώρα και την Ομάδα τα δύο διαγράμματα, μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την συμπεριφορά της ράμπας ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα κατά τη διάρκεια των μέγιστων αυξομειώσεων της ράμπας κατανάλωσης.



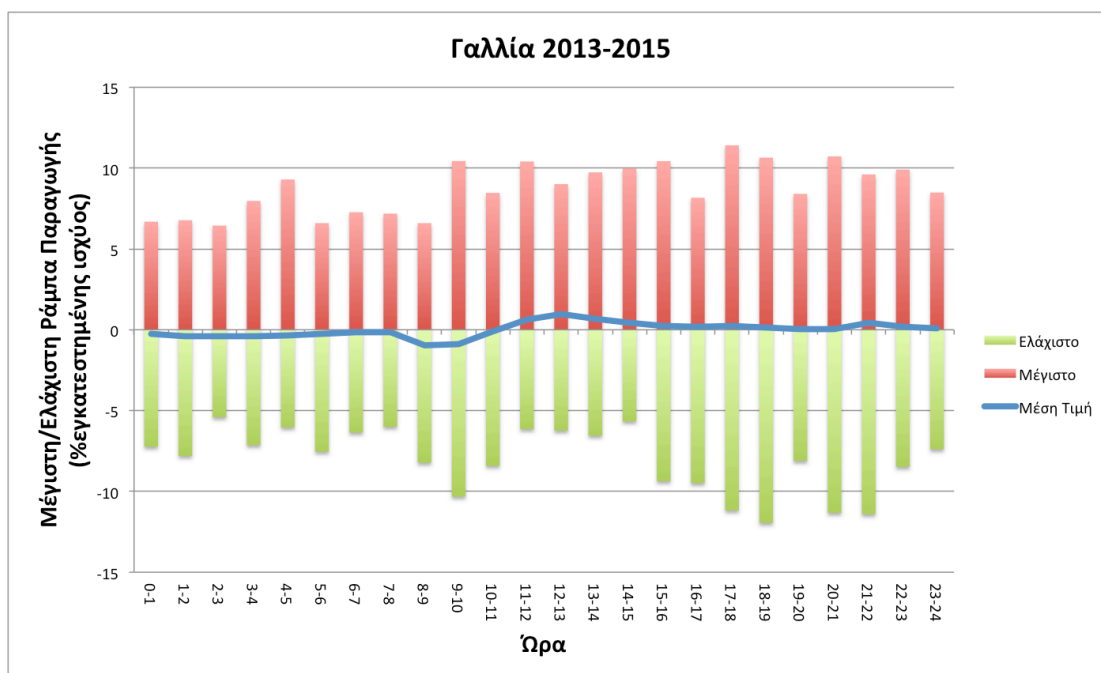
Διάγραμμα 80. Ράμπα φορτίου στην Αυστρία σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



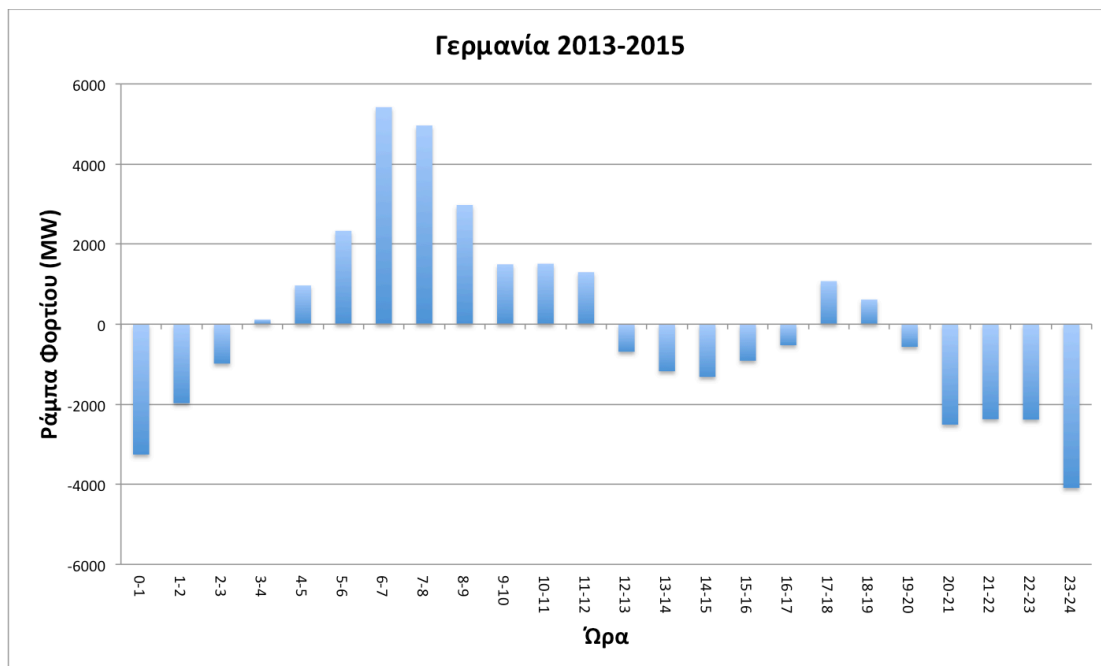
Διάγραμμα 81. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος στην Αυστρία, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



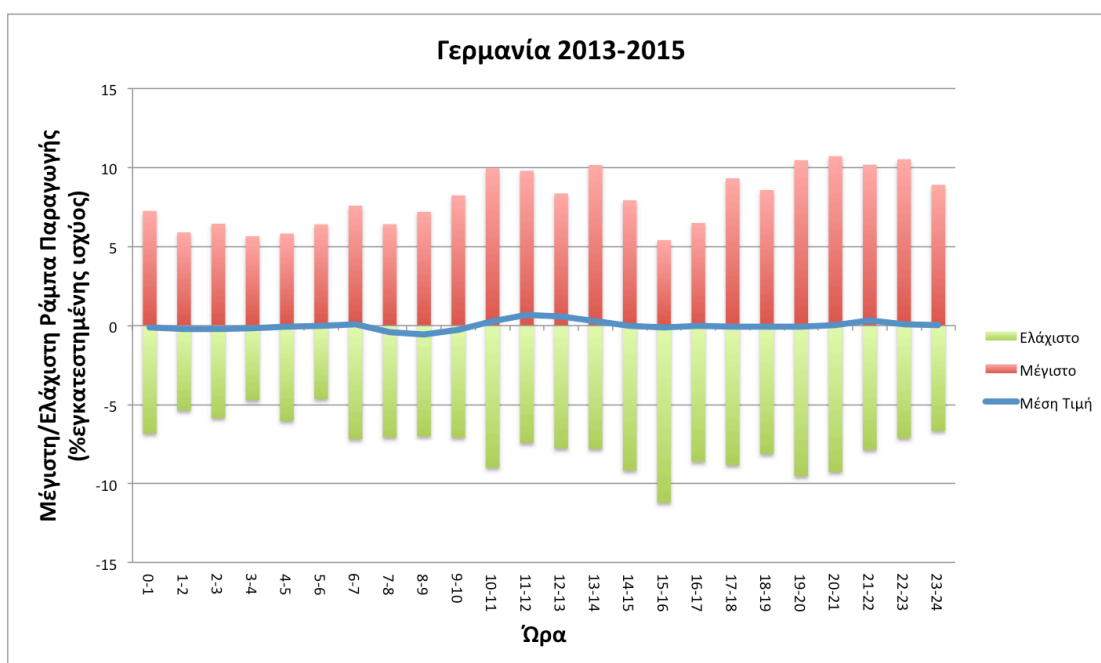
Διάγραμμα 82. Ράμπα φορτίου στην Γαλλία σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



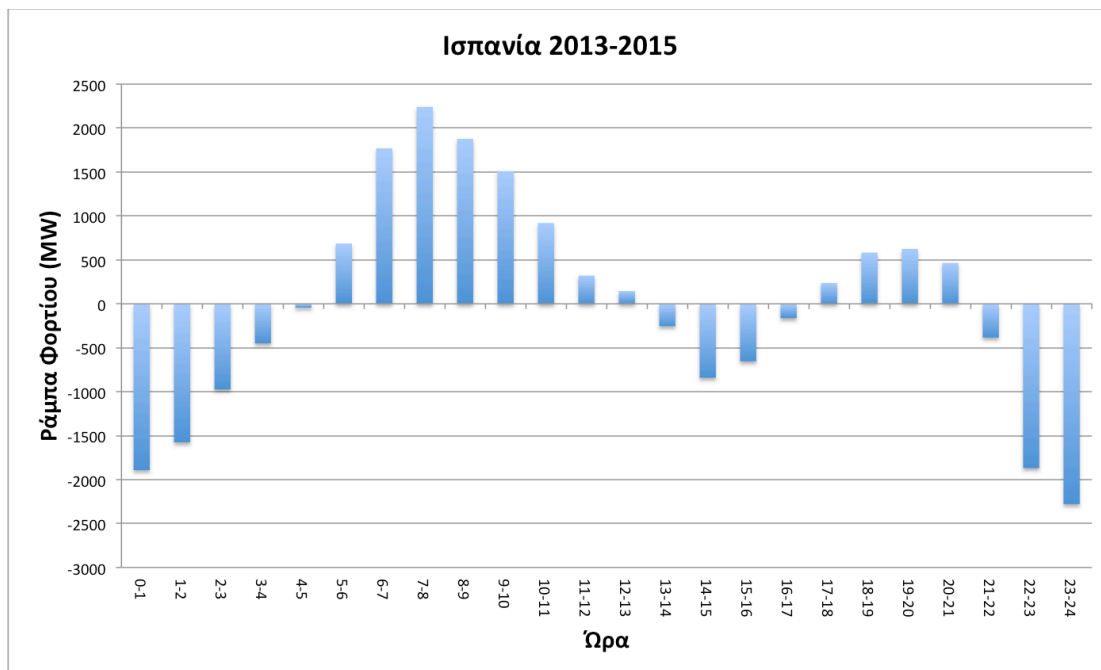
Διάγραμμα 83. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος στην Γαλλία, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



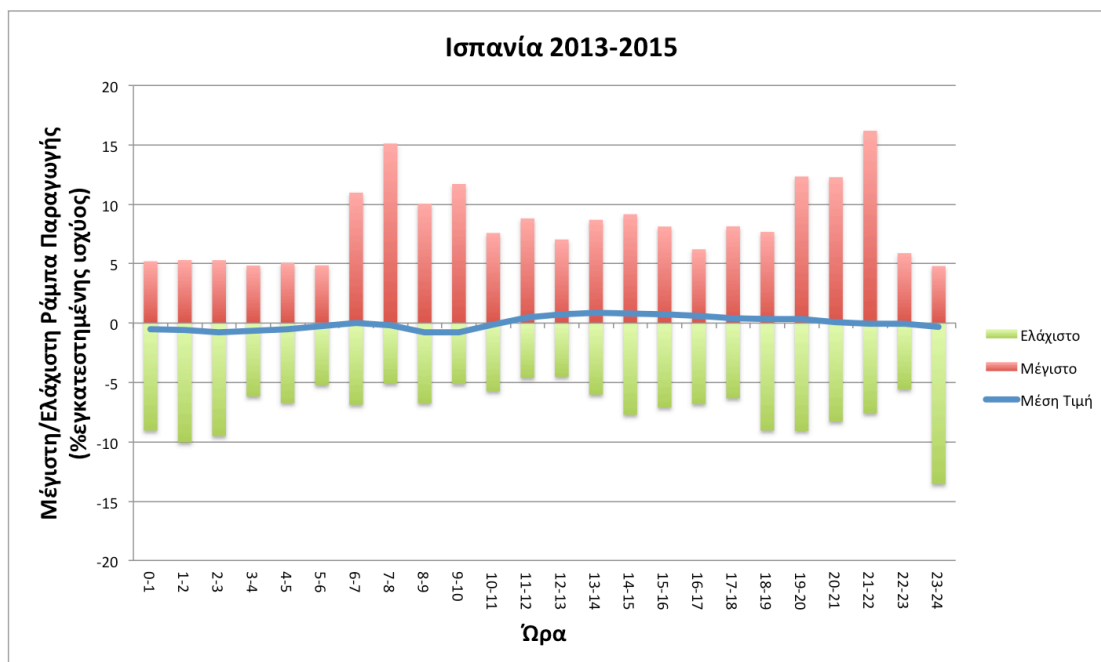
Διάγραμμα 84. Ράμπα φορτίου στην Γερμανία σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



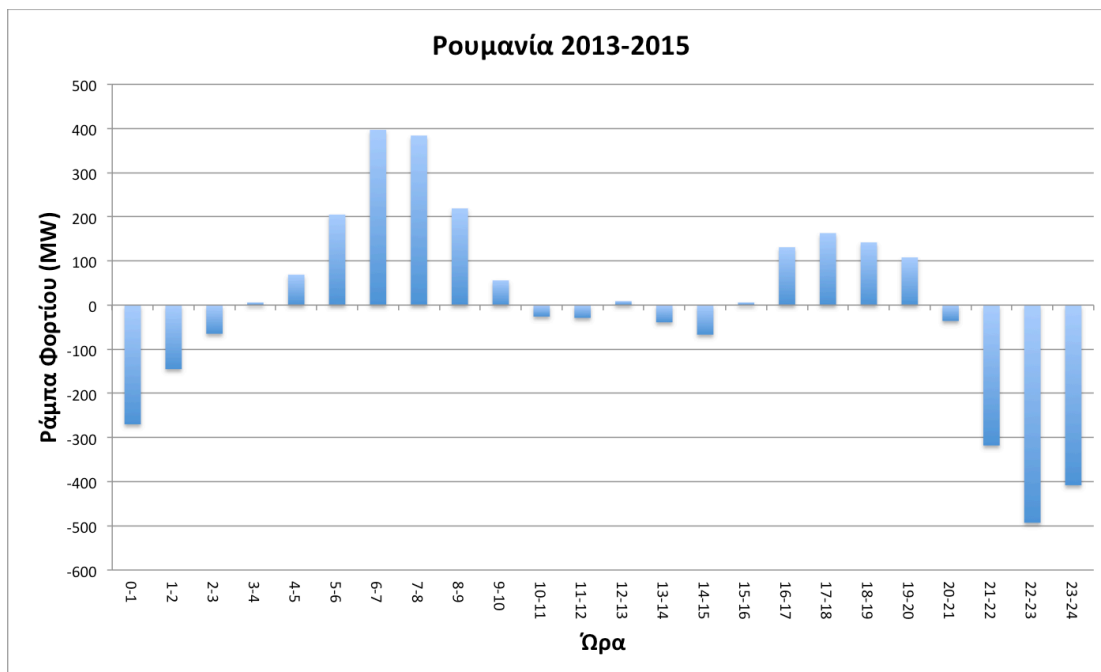
Διάγραμμα 85. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος στην Γερμανία, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



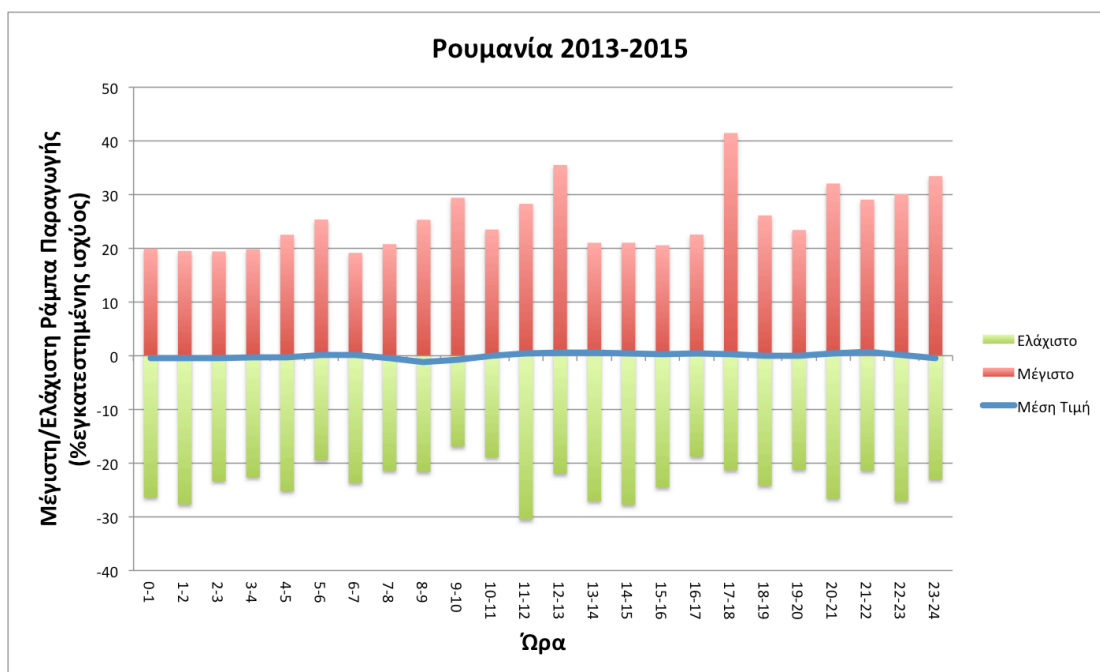
Διάγραμμα 86. Ράμπα φορτίου στην Ισπανία σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



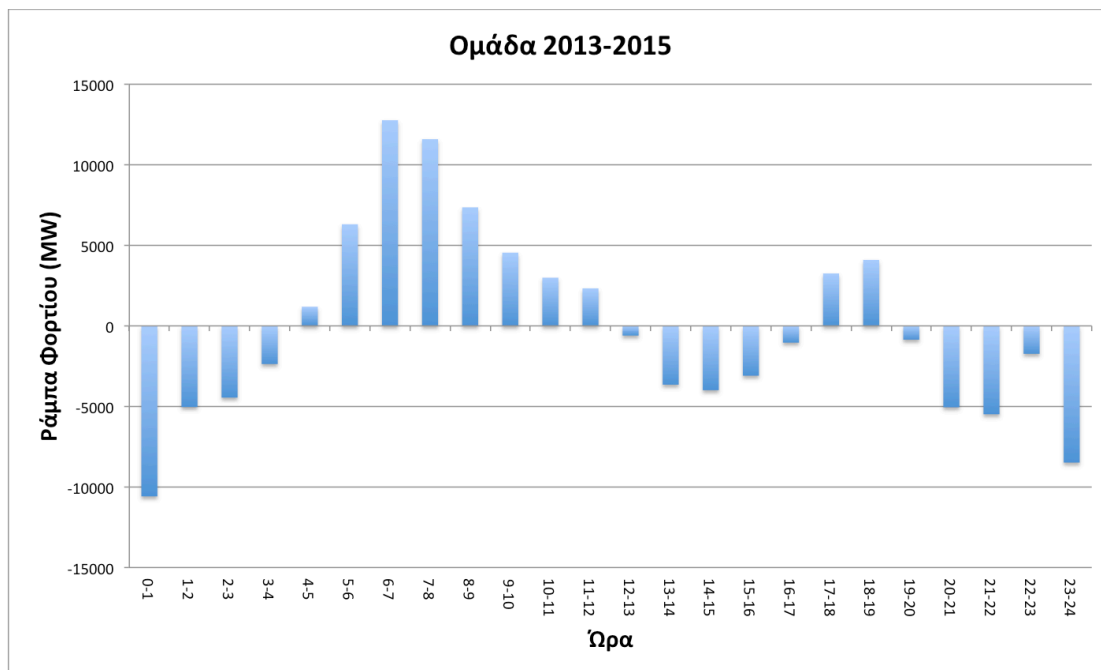
Διάγραμμα 87. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος στην Ισπανία, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



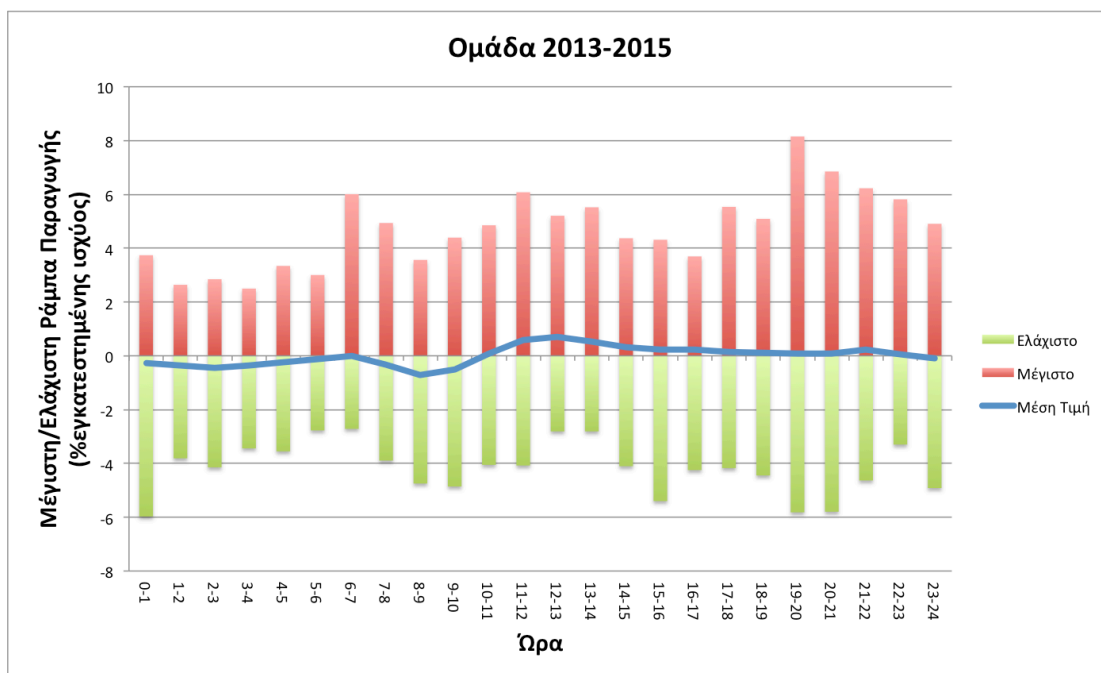
Διάγραμμα 88. Ράμπα φορτίου στη Ρουμανία σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



Διάγραμμα 89. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένου ισχύος στη Ρουμανία, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



Διάγραμμα 90. Ράμπα φορτίου στην Ομάδα σε MW, για τα έτη 2013-2015 συνολικά



Διάγραμμα 91. Ράμπα μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά

4.4.4 Περιπτώσεις υψηλού και χαμηλού επιπέδου διείσδυσης

4.4.4.1 Υψηλό επίπεδο διείσδυσης

Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοσειρές του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης, οι οποίες υπολογίζονται διαιρώντας τις ωριαίες τιμές της παραγωγής με τις αντίστοιχες ωριαίες τιμές του φορτίου, σύμφωνα δηλαδή με τον Τύπο 3. Ως αποτέλεσμα, οι χρονοσειρές του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης, για κάθε έτος έχουν 8760 τιμές, ενώ η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για καθένα από τα έτη 2013-2015, σε κάθε χώρα και την Ομάδα, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, δηλαδή για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης για το έτος συνολικά.

Στους Πίνακες 34-39 παρουσιάζεται η μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης για κάθε έτος, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης συνολικά (δηλαδή για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης) σε κάθε χώρα και την Ομάδα. Η ωριαία τιμή του επιπέδου διείσδυσης υπενθυμίζεται ότι μας δείχνει το ποσοστό κάλυψης του φορτίου μιας ώρας από την ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα για την ίδια ώρα. Στους Πίνακες 34-39, η πρώτη στήλη συνολικού επιπέδου διείσδυσης αναφέρεται στο πραγματικό επίπεδο διείσδυσης του έτους, όπως αυτό υπολογίζεται από τα δεδομένα μας, για κάθε χρόνο και ακολουθούν τα επίπεδα 10%, 20%, 30%, 40% και 50%. Στην Γαλλία, τη Ρουμανία και την Ομάδα, παρόλο που το πραγματικό ετήσιο επίπεδο διείσδυσης έχει ξεπεράσει το 10%, παρουσιάζονται και οι θεωρητικές τιμές για το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 10% για λόγους πληρότητας και σύγκρισης με τις υπόλοιπες χώρες. Ομοίως για την Ισπανία, για τα ετήσια επίπεδα διείσδυσης 10% και 20%.

Όταν το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης είναι 10%, δηλαδή η αιολική παραγωγή καλύπτει συνολικά το 10% του φορτίου, η μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης κυμαίνεται από 30% μέχρι και 60%, ανάλογα με το κατά πόσον έχουμε υψηλή παραγωγή ταυτόχρονα με χαμηλή κατανάλωση. Για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 20%, ήδη στην Αυστρία και στη Γερμανία, παρατηρούνται ώρες όπου η συνολική κατανάλωση μπορεί να καλυφθεί από την ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα. Σε ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 30%, το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε όλες τις χώρες, εκτός από την Ισπανία, ενώ στην Ομάδα η μέγιστη τιμή πλησιάζει αλλά δεν ξεπερνά το 100% για τα έτη 2014 και 2015. Τέλος, για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 50%, μπορεί να υπάρχει παραγωγή μέχρι και 3 φορές μεγαλύτερη της κατανάλωσης.

	4-8%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	24,52	57,37	114,74	172,11	229,48	286,85
2014	29,17	55,72	111,44	167,16	222,88	278,60
2015	34,88	49,44	98,88	148,32	197,76	247,20

Πίνακας 34. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στην Αυστρία, για καθένα από τα έτη 2013-2015

	3-5%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	16,11	49,81	99,61	149,42	199,22	249,03
2014	15,83	43,01	86,02	129,03	172,04	215,05
2015	16,63	38,07	76,15	114,22	152,29	190,37

Πίνακας 35. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στην Γαλλία, για καθένα από τα έτη 2013-2015

	10-14%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	58,71	58,49	116,98	175,47	233,96	292,46
2014	60,51	61,25	122,49	183,74	244,98	306,23
2015	70,82	50,82	101,65	152,47	203,29	254,12

Πίνακας 36. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στην Γερμανία, για καθένα από τα έτη 2013-2015

	19-23%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	70,38	31,74	63,49	95,23	126,97	158,71
2014	61,36	29,16	58,32	87,48	116,64	145,80
2015	69,28	35,86	71,73	107,59	143,45	179,31

Πίνακας 37. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στην Ισπανία, για καθένα από τα έτη 2013-2015

	9-13%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	39,99	42,86	85,71	128,57	171,42	214,28
2014	47,72	43,23	86,45	129,68	172,90	216,13
2015	49,45	38,57	77,13	115,70	154,26	192,83

Πίνακας 38. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στη Ρουμανία, για καθένα από τα έτη 2013-2015

	9-11,5%	10%	20%	30%	40%	50%
2013	32,87	34,84	69,67	104,51	139,35	174,18
2014	30,96	32,36	64,73	97,09	129,45	161,82
2015	34,08	30,48	60,96	91,44	121,93	152,41

Πίνακας 39. Μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης σε %, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, στην Ομάδα, για καθένα από τα έτη 2013-2015

Όσο το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης αυξάνεται, παρατηρείται ότι η ηλεκτροπαραγωγή καλύπτει συχνότερα ολόένα και μεγαλύτερο ποσοστό της κατανάλωσης. Για τους Πίνακες 40-45, οι πιθανές τιμές του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης χωρίζονται σε 8 διαστήματα: <40%, 40-49,9%, 50-59,9%, 60-69,9%, 70-79,9%, 80-89,9%, 90-99,9% και >100%. Στη συνέχεια για το έτος 2014, για κάθε τιμή του ετησίου επιπέδου διείσδυσης, υπολογίζονται οι 8760 τιμές του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης και καταμετράται το πλήθος των ωρών σε καθένα από τα παραπάνω διαστήματα. Πάλι, η πρώτη στήλη αφορά το πραγματικό ετήσιο επίπεδο διείσδυσης για το έτος 2014, όπως αυτό υπολογίζεται από τα δεδομένα μας και ακολουθούν τα ετήσια επίπεδα διείσδυσης 10%, 20%, 30%, 40% και 50%. Στη Γαλλία, τη Ρουμανία και την Ομάδα, παρόλο που το πραγματικό ετήσιο επίπεδο διείσδυσης έχει ξεπεράσει το 10%, παρουσιάζονται και οι θεωρητικές τιμές για το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 10% για λόγους πληρότητας και σύγκρισης με τις υπόλοιπες χώρες. Ομοίως για την Ισπανία, για τα ετήσια επίπεδα διείσδυσης 10% και 20%.

Παρατηρούμε ότι από τις 8760 τιμές του έτους, για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 10%, πόσο μάλλον για μικρότερες τιμές, με εξαίρεση πολύ λίγες ώρες στην Αυστρία και την Γερμανία, σε καμία άλλη περίπτωση δεν καλύπτεται πάνω από το 50% της κατανάλωσης από την αιολική ηλεκτροπαραγωγή. Όσο αυξάνεται το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης, επιβεβαιώνεται ότι όλο και σε περισσότερες ώρες η παραγωγή καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό της κατανάλωσης ή ακόμα και την ξεπερνάει. Συγκεκριμένα, στην Αυστρία και τη Γερμανία με ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 20%, παρατηρούνται αντίστοιχα 17 και 40 ώρες όπου η παραγωγή ξεπερνάει την κατανάλωση. Στην Γαλλία και τη Ρουμανία, με ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 30%, παρατηρούνται αντίστοιχα 41 και 148 ώρες όπου η παραγωγή ξεπερνάει την κατανάλωση, ενώ τέλος στην Ισπανία και την Ομάδα σε ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 40% παρατηρούνται αντίστοιχα 86 και 58 ώρες όπου η παραγωγή ξεπερνάει την κατανάλωση.

	5,23%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	8760	8648	7209	6030	5282	4768
40-49,9 %	0	95	637	678	587	514
50-59,9 %	0	17	426	501	500	483
60-69,9 %	0	0	255	454	464	406
70-79,9 %	0	0	121	347	376	402
80-89,9 %	0	0	63	262	351	337
90-99,9 %	0	0	32	191	286	299
>100 %	0	0	17	297	914	1551

Πίνακας 40. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στην Αυστρία

	3,68%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	8760	8757	7854	6407	5196	4252
40-49,9 %	0	3	581	910	919	944
50-59,9 %	0	0	240	537	784	759
60-69,9 %	0	0	56	432	578	660
70-79,9 %	0	0	26	268	377	546
80-89,9 %	0	0	3	121	334	401
90-99,9 %	0	0	0	44	247	292
>100 %	0	0	0	41	325	906

Πίνακας 41. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στη Γαλλία

	9,88%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	8588	8581	7550	6505	5456	4718
40-49,9 %	138	139	458	613	809	738
50-59,9 %	31	35	266	432	599	664
60-69,9 %	3	5	179	320	391	538
70-79,9 %	0	0	128	232	295	360
80-89,9 %	0	0	92	172	243	307
90-99,9 %	0	0	47	125	215	225
>100 %	0	0	40	361	752	1210

Πίνακας 42. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στη Γερμανία

	21,04%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	7949	8760	8133	6311	4756	3731
40-49,9 %	657	0	541	1088	1227	1025
50-59,9 %	148	0	86	734	925	992
60-69,9 %	6	0	0	427	701	806
70-79,9 %	0	0	0	172	524	662
80-89,9 %	0	0	0	28	356	516
90-99,9 %	0	0	0	0	185	401
>100 %	0	0	0	0	86	627

Πίνακας 43. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στην Ισπανία

	11,03%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	8698	8743	7373	6205	5291	4623
40-49,9 %	62	17	677	629	726	668
50-59,9 %	0	0	383	539	509	588
60-69,9 %	0	0	234	458	436	459
70-79,9 %	0	0	76	375	411	385
80-89,9 %	0	0	17	227	342	311
90-99,9 %	0	0	0	179	335	339
>100 %	0	0	0	148	710	1387

Πίνακας 44. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στη Ρουμανία

	9,57%	10%	20%	30%	40%	50%
Ωριαίο Επίπεδο Διείσδυσης	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών	Πλήθος ωρών
<40 %	8760	8760	8321	6719	4905	3507
40-49,9 %	0	0	381	1063	1434	1398
50-59,9 %	0	0	49	539	1018	1192
60-69,9 %	0	0	9	310	603	884
70-79,9 %	0	0	0	100	361	637
80-89,9 %	0	0	0	20	249	437
90-99,9 %	0	0	0	9	132	266
>100 %	0	0	0	0	58	439

Πίνακας 45. Πλήθος ωρών σε κάθε ωριαίο επίπεδο διείσδυσης, για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης, για το έτος 2014, στην Ομάδα

4.4.4.2 Ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα κατά τη διάρκεια του μέγιστου φορτίου

Η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ίσως αναμένεται, παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω των μεγάλων αναγκών για θέρμανση, μέρος της οποίας πραγματοποιείται με την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, για όλες τις χώρες και την Ομάδα, οι 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου σε κάθενα από τα έτη 2013-2015 παρατηρούνται από τα τέλη Νοεμβρίου μέχρι τα τέλη Φεβρουαρίου.

Στους Πίνακες 46-51 παρουσιάζεται για κάθε χώρα και την Ομάδα, για καθένα από τα έτη 2013-2015, η τιμή της ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % επί της εγκατεστημένης ισχύος κατά την ώρα όπου παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο, καθώς και η μέση τιμή, η μέγιστη τιμή και η ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % της εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου κάθε έτους.

Παρατηρούμε ότι σε κάθε χώρα οι τιμές που εξετάζουμε, μπορεί να διαφέρουν αρκετά από έτος σε έτος, χωρίς να υπάρχει μια κοινή συμπεριφορά ανάμεσα στις χώρες. Σε όλες τις χώρες, για 2 από τις 3 χρονιές, υπάρχει τουλάχιστον μία τιμή παραγωγής μικρότερη από 11% για μία από τις 10 μεγαλύτερες τιμές φορτίου, όπως φαίνεται από την τελευταία στήλη των πινάκων. Αξιοσημείωτη είναι η ελάχιστη τιμή παραγωγής για το 2013 στη Ρουμανία η οποία ήταν μόλις 0,20% της εγκατεστημένης ισχύος κατά τη διάρκεια μίας ώρας όπου παρουσιάστηκε μία από τις 10 μεγαλύτερες τιμές φορτίου. Αντίστοιχα, για την ωριαία τιμή της ηλεκτροπαραγωγής κατά την μέγιστη τιμή του φορτίου, δεν υπάρχει κάποιος κανόνας, αφού σε κάθε χώρα μπορεί να είναι μικρό ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος, αλλά και αρκετά μεγάλο, με εξαίρεση στην Ισπανία όπου και οι 3 τιμές είναι σχετικά κοντινές. Συγκεκριμένα στην Αυστρία, κατά τη μέγιστη τιμή του φορτίου, για την ηλεκτροπαραγωγή καταγράφεται η τιμή 8,61% αλλά και η 39,75%, στην Γαλλία η 12,29% αλλά και η 69,81%, στην Γερμανία η 2,31% αλλά και η 79,60%, στην Ισπανία η 43,11% αλλά και η 61,97% και τέλος στη Ρουμανία η 3,14% αλλά και η 77,74%. Τέλος, παρατηρούμε για άλλη μια φορά το φαινόμενο της εξομάλυνσης που έχει παρουσιασθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Παρατηρώντας τις τιμές της Ομάδας, συμπεραίνουμε ότι τόσο η ωριαία τιμή της ηλεκτροπαραγωγής κατά τη μέγιστη τιμή του φορτίου, όσο και η μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, σε όλα τα έτη, δεν παρουσιάζουν ακραίες τιμές όπως μπορεί να ισχύει σε κάθε χώρα ξεχωριστά, ενώ αντίθετα, είναι αρκετά κοντινές μεταξύ τους.

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	39,75	49,84	72,97	32,88
2014	8,61	25,28	63,83	2,53
2015	18,40	35,03	67,02	2,05

Πίνακας 46. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στην Αυστρία

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	12,29	17,29	28,51	10,50
2014	29,17	24,21	50,08	5,81
2015	69,81	66,59	74,06	36,59

Πίνακας 47. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στην Γαλλία

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	79,60	75,06	79,60	70,05
2014	2,31	23,85	55,67	2,31
2015	44,75	29,66	69,74	3,61

Πίνακας 48. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στη Γερμανία

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	43,11	37,75	58,98	10,02
2014	56,28	44,49	59,38	32,12
2015	61,97	36,79	61,97	8,16

Πίνακας 49. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στην Ισπανία

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	41,47	41,23	70,82	0,20
2014	77,74	64,01	80,48	8,09
2015	3,14	48,13	88,59	1,60

Πίνακας 50. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στη Ρουμανία

	Ωριαία κατά τη μέγιστη τιμή φορτίου	Μέση Τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες	Μέγιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες	Ελάχιστη κατά τις 10 μεγαλύτερες
2013	23,55	25,97	28,62	22,63
2014	29,61	28,49	37,69	15,45
2015	34,72	32,73	38,41	20,96

Πίνακας 51. Ωριαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος για την ώρα που παρουσιάστηκε το μέγιστο φορτίο και μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ηλεκτροπαραγωγής ως ποσοστό % εγκατεστημένης ισχύος κατά τις ώρες με τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, για καθένα από τα έτη 2013-2015, στην Ομάδα

4.4.5 Διάρκεια περιόδων χαμηλής και υψηλής ηλεκτροπαραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα

Για να μελετήσουμε πιο αναλυτικά τις περιόδους χαμηλής και υψηλής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα, καταγράφουμε τη διάρκεια αυτών των περιόδων. Ως χαμηλή ηλεκτροπαραγωγή θεωρούμε τις τιμές της παραγωγής που είναι μικρότερες από το 5% της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος, ενώ ως υψηλή ηλεκτροπαραγωγή θεωρούμε τις τιμές που είναι μεγαλύτερες από το 70% της εκάστοτε εγκατεστημένης ισχύος. Καταγράφουμε για πόσες συνεχόμενες ώρες η παραγωγή είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από τα δύο παραπάνω όρια και ομαδοποιούμε τη διάρκεια στις κατηγορίες 0-23 ώρες, 24-47 ώρες, 48-71 ώρες, 72-95 ώρες, 96-120 ώρες και άνω των 120 ωρών. Για παράδειγμα, μια περίοδος 46 συνεχόμενων ωρών με παραγωγή <5% εγκατεστημένης ισχύος θα προσμετρηθεί στην κατηγορία 24-47 ως μία καταχώρηση.

Στον Πίνακα 52 παρουσιάζεται το πλήθος των περιόδων σε κάθε χώρα και στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα δεν υπερβαίνει το 5% της εγκατεστημένης ισχύος, καθώς και η μέγιστη διάρκεια σε ώρες για κάθε έτος ξεχωριστά. Αντίστοιχα, στον Πίνακα 53 παρουσιάζεται το πλήθος των περιόδων σε κάθε χώρα και στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα είναι μεγαλύτερη από το 70% της εγκατεστημένης ισχύος, καθώς και η μέγιστη διάρκεια σε ώρες για κάθε έτος ξεχωριστά.

Παρατηρούμε ότι κατά τα έτη 2013-2015, η Αυστρία είχε τις περισσότερες καταχωρήσεις χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής διάρκειας 24-47 ωρών με 51 περιόδους, ακολουθεί η Γερμανία με 45 περιόδους, η Ρουμανία με 25 περιόδους, και τέλος η η Γαλλία και η Ισπανία με αντίστοιχα 5 και 3 περιόδους. Εμφανώς λιγότερες είναι οι περίοδοι χαμηλής παραγωγής διάρκειας 48-71 ωρών, όπου παρατηρήθηκαν 15 περίοδοι στην Γερμανία, 6 περίοδοι στην Αυστρία, 2 στη Γαλλία, 2 στη Ρουμανία και καμία στην Αυστρία. Τέλος, στην Αυστρία παρατηρήθηκε περίοδος χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής διάρκειας άνω των 71 ωρών με μία καταχώρηση των 82 ωρών κατά το 2013, που είναι και η περίοδος μεγαλύτερης διάρκειας για την τριετία, ενώ στη Γερμανία είχαμε 4 περιόδους διάρκειας 72-95 ωρών και μία διάρκειας άνω των 120 ωρών, με τιμή 125 ώρες κατά το 2015, που είναι και η περίοδος μεγαλύτερης διάρκειας για την τριετία στην χώρα, αλλά και η μεγαλύτερη διάρκεια σε όλες τις χώρες για όλα τα έτη. Όσον αφορά την μέγιστη διάρκεια χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής σε κάθε χώρα ανά έτος, αυτή κυμαίνεται σε 50-82 ώρες στην Αυστρία, 42-66 ώρες στη Γαλλία, 82-125 ώρες στη Γερμανία, 23-36 ώρες στην Ισπανία και 35-59 ώρες στη

Ρουμανία, χωρίς να υπάρχει κάποιος κανόνας για το έτος όπου θα εμφανιστεί κάθε τιμή.

Αντίστοιχα για τις περιόδους υψηλής ηλεκτροπαραγωγής, κατά τα έτη 2013-2015, η Ρουμανία είχε τις περισσότερες καταχωρήσεις διάρκειας 24-47 ωρών με 8 περιόδους, ακολουθούμενη από την Αυστρία με 7 περιόδους, τη Γαλλία με 3 περιόδους και καμία στη Γερμανία και την Ισπανία. Επιπρόσθετα, μόνο στην Αυστρία και τη Ρουμανία εμφανίστηκαν περίοδοι διάρκειας 48-71 ωρών με 2 καταχωρήσεις σε κάθε χώρα. Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση της Ισπανίας, όπου παρατηρήθηκαν μόλις 6 περίοδοι υψηλής ηλεκτροπαραγωγής, και αυτές μάλιστα μικρής διάρκειας 0-23 ωρών. Όσον αφορά την μέγιστη διάρκεια υψηλής ηλεκτροπαραγωγής σε κάθε χώρα ανά έτος, αυτή κυμαίνεται σε 43-53 ώρες στην Αυστρία, 24-35 ώρες στη Γαλλία, 12-21 ώρες στη Γερμανία, 2-12 ώρες στην Ισπανία και 30-58 ώρες στη Ρουμανία.

Η διάρκεια και το πλήθος των περιόδων χαμηλής και υψηλής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα στην Ομάδα, επιβεβαιώνουν το φαινόμενο της εξομάλυνσης. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μόλις μία περίοδος χαμηλής παραγωγής διάρκειας άνω των 24 ωρών, η οποία ήταν συγκεκριμένα 29 ώρες και 84 περίοδοι χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής διάρκειας ως 23 ώρες, πλήθος σαφώς πολύ μικρότερο από το αντίστοιχο σε κάθε χώρα. Τέλος, όσον αφορά την υψηλή ηλεκτροπαραγωγή δεν παρατηρείται ούτε μία ώρα με παραγωγή μεγαλύτερη του 70% της εγκατεστημένης ισχύος.

Διάρκεια σε ώρες για <5%	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
0-23	603	241	368	148	635	84
24-47	51	5	45	3	25	1
48-71	6	2	15	0	2	0
72-95	1	0	4	0	0	0
96-120	0	0	0	0	0	0
>120	0	0	1	0	0	0
Μέγιστη Διάρκεια 2013	82 ώρες	56 ώρες	82 ώρες	33 ώρες	35 ώρες	29 ώρες
Μέγιστη Διάρκεια 2014	55 ώρες	66 ώρες	93 ώρες	36 ώρες	59 ώρες	14 ώρες

Μέγιστη Διάρκεια 2015	50 ώρες	42 ώρες	125 ώρες	23 ώρες	36 ώρες	14 ώρες
-----------------------	---------	---------	----------	---------	---------	---------

Πίνακας 52. Πλήθος περιόδων σε κάθε χώρα και στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα δεν υπερβαίνει το 5% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες, και μέγιστη διάρκεια περιόδου σε ώρες σε κάθε έτος ξεχωριστά

Διάρκεια σε ώρες για >70%	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
0-23	167	54	26	6	175	0
24-47	7	3	0	0	8	0
48-71	2	0	0	0	2	0
72-95	0	0	0	0	0	0
96-120	0	0	0	0	0	0
>120	0	0	0	0	0	0
Μέγιστη Διάρκεια 2013	43 ώρες	24 ώρες	21 ώρες	5 ώρες	30 ώρες	0 ώρες
Μέγιστη Διάρκεια 2014	53 ώρες	31 ώρες	12 ώρες	2 ώρες	58 ώρες	0 ώρες
Μέγιστη Διάρκεια 2015	53 ώρες	35 ώρες	14 ώρες	12 ώρες	55 ώρες	0 ώρες

Πίνακας 53. Πλήθος περιόδων σε κάθε χώρα χώρα και στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 70% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες, και μέγιστη διάρκεια περιόδου σε ώρες σε κάθε έτος ξεχωριστά

Στη συνέχεια, καταγράφουμε τις περιόδους κατά τις οποίες παρατηρείται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα άνω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος, για διαφορετικά επίπεδα διεύθυνσης. Οι περίοδοι έχουν

ομαδοποιηθεί ανάλογα με τη διάρκειά τους σε 9 κατηγορίες, ξεκινώντας από διάρκεια μικρότερη των 24 ωρών και με βήμα 24 ωρών, μέχρι την τελευταία κατηγορία που είναι για διάρκεια άνω των 196 ωρών. Στους Πίνακες 54-59 παρουσιάζεται το πλήθος των περιόδων με ηλεκτροπαραγωγή μεγαλύτερη του 50% της εγκατεστημένης ισχύος, σε κάθε χώρα και στην Ομάδα, για τα έτη 2013-2015 συνολικά. Υπενθυμίζεται ότι με εξαίρεση την Ισπανία, όλες οι χώρες και η Ομάδα είχαν πραγματικό επίπεδο διείσδυσης για τα έτη 2013-2015 μικρότερο από 20%.

Από τους Πίνακες, παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, τόσο οι περίοδοι με ηλεκτροπαραγωγή άνω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος είναι συχνότερες και μεγαλύτερης διάρκειας. Ειδικότερα για επίπεδο διείσδυσης άνω του 20% παρατηρείται απότομη αύξηση του πλήθους και της διάρκειας των εξεταζόμενων περιόδων. Πιο συγκεκριμένα, με επίπεδο διείσδυσης 20%, στην Αυστρία έχουμε 18 περιόδους διάρκειας 24-47 ωρών και 3 περιόδους διάρκειας 48-71 ωρών, στη Γαλλία έχουμε 5 περιόδους 24-47 ωρών και καμία περίοδο μεγαλύτερης διάρκειας, στη Γερμανία παρατηρούνται 19 περίοδοι 24-47 ωρών, 6 περίοδοι διάρκειας 48-71 ωρών, 1 περίοδος 96-120 ωρών και 1 περίοδος 171-195 ωρών, στην Ισπανία δεν έχουμε καμία περίοδο άνω των 24 ωρών και τέλος στη Ρουμανία παρατηρούνται 8 περίοδοι διάρκειας 24-47 ωρών και 2 περίοδοι διάρκειας 48-72 ωρών. Το πλήθος των περιόδων για επίπεδο διείσδυσης 30%, για τις περιόδους διάρκειας 24-47 ωρών είναι 44, 39, 33, 25 και 44, και για τις περιόδους διάρκειας 48-71 ωρών είναι 13, 9, 14, 6, 7, 8 για την Αυστρία, τη Γαλλία, την Γερμανία, την Ισπανία και τη Ρουμανία αντίστοιχα, ενώ έχουμε και καταχωρήσεις άνω των 72 ωρών σε όλες τις χώρες.

Όσον αφορά την Ομάδα, το φαινόμενο της εξομάλυνσης παρατηρείται έντονα για επίπεδο διείσδυσης 20%, αφού το πλήθος και η διάρκεια των εξεταζόμενων περιόδων είναι εξαιρετικά μικρό: μόλις μία περίοδος ξεπερνά τις 24 ώρες. Ωστόσο, για επίπεδα διείσδυσης 30% και άνω, εμφανίζονται ολοένα και περισσότερες και μεγαλύτερης διάρκειας περίοδοι με ηλεκτροπαραγωγή μεγαλύτερη του 50% της εγκατεστημένης ισχύος. Συγκεκριμένα, για επίπεδο διείσδυσης 40%, παρατηρούνται 41 περίοδοι διάρκειας 24-47 ωρών, 18 διάρκειας 48-71 ωρών, 7 διάρκειας 72-95 ωρών, 2 περίοδοι 96-120 ωρών, 3 περίοδοι 121-145 ωρών και από 1 περίοδο για καθεμία από τις χρονικές ζώνες 146-170, 171-195 και άνω των 196 ωρών. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι για επίπεδο διείσδυσης 50%, παρατηρούνται 7 περίοδοι με ηλεκτροπαραγωγή άνω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος για περισσότερες από 196 ώρες, δηλαδή για περισσότερες από 8 ημέρες συνεχόμενα.

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	357	537	611	621
1-2	24-47	18	44	70	82
2-3	48-71	3	13	22	28
3-4	72-95	0	5	7	9
4-5	96-120	0	0	2	4
5-6	121-145	0	0	1	1
6-7	146-170	0	0	0	0
7-8	171-195	0	0	0	0
>8	>196	0	0	0	0

Πίνακας 54. Πλήθος περιόδων στην Αυστρία, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης, για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	148	301	389	430
1-2	24-47	5	39	68	68
2-3	48-71	0	9	20	27
3-4	72-95	0	2	4	12
4-5	96-120	0	1	3	8
5-6	121-145	0	0	3	5
6-7	146-170	0	0	1	1
7-8	171-195	0	0	0	0
>8	>196	0	0	0	3

Πίνακας 55. Πλήθος περιόδων στην Γαλλία, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης (ε.δ), για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	128	238	289	350
1-2	24-47	19	33	51	60
2-3	48-71	6	14	18	21
3-4	72-95	0	8	11	11
4-5	96-120	1	2	4	11
5-6	121-145	0	1	2	2
6-7	146-170	0	0	0	0
7-8	171-195	1	1	1	1
>8	>196	0	0	3	4

Πίνακας 56. Πλήθος περιόδων στην Γερμανία, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης (ε.δ), για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	69	365	412	432
1-2	24-47	0	25	52	64
2-3	48-71	0	6	24	36
3-4	72-95	0	2	8	11
4-5	96-120	0	0	4	6
5-6	121-145	0	0	3	2
6-7	146-170	0	0	1	6
7-8	171-195	0	0	0	3
>8	>196	0	0	1	3

Πίνακας 57. Πλήθος περιόδων στην Ισπανία, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης (ε.δ), για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	296	511	643	670
1-2	24-47	8	44	60	73
2-3	48-71	2	7	20	28
3-4	72-95	0	4	3	9
4-5	96-120	0	2	4	3
5-6	121-145	0	0	1	2
6-7	146-170	0	0	0	0
7-8	171-195	0	0	0	0
>8	>196	0	0	0	0

Πίνακας 58. Πλήθος περιόδων στη Ρουμανία, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης (ε.δ), για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

Διάρκεια σε ημέρες	Διάρκεια σε ώρες	Πλήθος Περιόδων ε.δ=20%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=30%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=40%	Πλήθος Περιόδων ε.δ=50%
<1	0-23	47	221	351	447
1-2	24-47	1	15	41	62
2-3	48-71	0	8	18	27
3-4	72-95	0	1	7	11
4-5	96-120	0	2	2	5
5-6	121-145	0	0	3	3
6-7	146-170	0	0	1	0
7-8	171-195	0	0	1	0
>8	>196	0	0	1	7

Πίνακας 59. Πλήθος περιόδων στην Ομάδα, για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης (ε.δ), για τα έτη 2013-2015 συνολικά, κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα υπερβαίνει το 50% της εγκατεστημένης ισχύος, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με τη διάρκειά τους σε ώρες και ημέρες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

5.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά της χερσαίας αιολικής παραγωγής, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και του συνδυασμού των δύο αυτών μεγεθών στην Αυστρία, την Γαλλία, την Γερμανία, την Ισπανία, τη Ρουμανία και το σύνολό τους, την Ομάδα, για τα έτη 2013-2015. Κατά την χρονική αυτή περίοδο, η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων σε όλες τις χώρες και κατ'επέκταση και στην Ομάδα, αυξανόταν από έτος σε έτος.

Το φαινόμενο της εξομάλυνσης της αιολικής παραγωγής στην Ομάδα είναι εμφανές τόσο από τις χρονοσειρές, όσο και από τους αντίστοιχους στατιστικούς δείκτες. Η ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα είναι συσχετισμένη (συντελεστής ~ 0.5) ανάμεσα στην Γαλλία και τη Γερμανία, ενώ δεν είναι για καμία χρονιά συσχετισμένη ανάμεσα στην Αυστρία και τη Γερμανία. Μεταξύ Γαλλίας και Ισπανίας παρατηρούνται διακυμάνσεις του συντελεστή συσχετισμού από έτος σε έτος. Η ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα κινείται στα υψηλότερα επίπεδα παραγωγής κατά τους χειμερινούς μήνες σε όλες τις χώρες που εξετάστηκαν, καθώς και στην Ομάδα, ενώ αντίθετα, παρατηρούνται τιμές ωριαίας παραγωγής μικρότερες από το 15% της εγκατεστημένης ισχύος πιο συχνά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ακολουθεί επίσης, όμοια συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, αγγίζοντας την ελάχιστη μέση τιμή της κατά τις ώρες 8πμ-11πμ.

Η ωριαία διακύμανση της αιολικής παραγωγής επιβεβαιώνει το φαινόμενο της εξομάλυνσης, αφού στην Ομάδα παρουσιάζει ηπιότερες τιμές απ'ότι σε κάθε χώρα ξεχωριστά. Επίσης, σε κάθε χώρα και την Ομάδα, η ωριαία διακύμανση εξαρτάται από το επίπεδο παραγωγής, αφού είναι χαμηλή στα χαμηλά και κατά κανόνα στα υψηλά επίπεδα διείσδυσης, ενώ παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της κατά προσέγγιση για επίπεδα διείσδυσης 30%-70% της εγκατεστημένης ισχύος. Όσο μεγαλώνει η χρονική διαφορά ανάμεσα σε δύο εξεταζόμενες τιμές παραγωγής, τόσο η διακύμανση παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Έτσι, για κάθε χώρα και την Ομάδα, η καμπύλη της ωριαίας διακύμανσης είναι πιο ομαλή από την αντίστοιχη καμπύλη της 4-ωρών διακύμανσης, ενώ η μέγιστη τιμή της 4-ωρών διακύμανσης είναι μέχρι και 4 φορές μεγαλύτερη από την μέγιστη της ωριαίας.

Όσον αφορά την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή ακολουθεί μία επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας και μία αναμενόμενη εποχική συμπεριφορά, σε όλες τις χώρες και την Ομάδα. Η ωριαία ζήτηση κινείται σε χαμηλά επίπεδα κατά το διάστημα 12πμ-6πμ, στη συνέχεια αποκτά ανοδική τάση

προσεγγιστικά μέχρι τις 9μμ, ενώ παρουσιάζει μεγαλύτερες μέσες τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες χαμηλότερες μέσες τιμές κατά τους καλοκαιρινούς.

Σε κάθε χώρα και την Ομάδα, παρατηρείται όμοια συμπεριφορά της ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα στα έτη. Κατά τους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού, η ωριαία διακύμανση παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, ενώ ο συσχετισμός της ανάμεσα στα εξεταζόμενα ζεύγη χωρών είναι ιδιαίτερα έντονος, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η ζήτηση ακολουθεί ίδια συμπεριφορά σε όλες τις χώρες. Τέλος, όσο μεγαλώνει η χρονική διαφορά ανάμεσα σε δύο εξεταζόμενες τιμές, τόσο η διακύμανση της ζήτησης θα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές, συνηθέστερα διπλάσιες ή ακόμα και τριπλάσιες όταν πρόκειται για 4-ωρών διακύμανση.

Η επίδραση της αιολικής παραγωγής στη μεταβλητότητα που αντιλαμβάνεται το σύστημα διερευνήθηκε μέσω του συσχετισμού των χρονοσειρών της αιολικής παραγωγής και της ζήτησης. Παρατηρούμε ότι, με εξαίρεση ίσως τη Γαλλία όπου οι τιμές του συσχετισμού είναι οι μεγαλύτερες, στις εξεταζόμενες χώρες και την Ομάδα οι χρονοσειρές της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και του φορτίου είναι μεν συσχετισμένες θετικά, αλλά ο συσχετισμός δεν είναι ιδιαίτερα έντονος. Αυτό σημαίνει ότι οι διακυμάνσεις της παραγωγής ενίοτε γίνονται προς την ίδια κατεύθυνση με τις διακυμάνσεις του φορτίου και ως εκ τούτου, τα χερσαία αιολικά πάρκα βοηθούν το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας να αντεπεξέλθει στην ζήτηση, ενώ άλλες φορές έχουν διαφορετικές κατευθύνσεις και δεν υποβοηθούν το σύστημα. Επίσης, σε όλες τις χώρες και την Ομάδα, οι συντελεστές συσχετισμού ανάμεσα στις χρονοσειρές της ωριαίας διακύμανσης παραγωγής και της ωριαίας διακύμανσης του φορτίου, έχουν τιμή κοντά στο μηδέν, οπότε συμπεραίνουμε ότι οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις της παραγωγής και του φορτίου δεν πραγματοποιούνται ταυτόχρονα σχεδόν ποτέ.

Στη συνέχεια εξετάστηκαν οι τιμές του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης για διαφορετικά ετήσια επίπεδα διείσδυσης. Παρατηρείται ότι για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 10%, ήδη η μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης κυμαίνεται από 30% μέχρι και 60%, ανάλογα με το κατά πόσον έχουμε υψηλή παραγωγή ταυτόχρονα με χαμηλή κατανάλωση. Για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 30%, σε όλες τις χώρες, εκτός από την Ισπανία, παρατηρούνται ώρες όπου η συνολική κατανάλωση μπορεί να καλυφθεί από την ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα, ενώ στην Ομάδα η μέγιστη τιμή του ωριαίου επιπέδου διείσδυσης πλησιάζει αλλά δεν ξεπερνά το 100% για τα έτη 2014 και 2015. Τέλος, για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 50%, μπορεί να υπάρξει παραγωγή μέχρι και 3 φορές μεγαλύτερη της κατανάλωσης. Επιπλέον, από τις 8760 ώρες του έτους, όσο αυξάνεται το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης,

για όλο και περισσότερες ώρες η παραγωγή καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό της κατανάλωσης ή ακόμα και την ξεπερνάει.

Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή από χερσαία αιολικά πάρκα κατά τις ώρες της μεγαλύτερης ζήτησης, σε όλες τις χώρες, για 2 από τις 3 χρονιές, υπάρχει τουλάχιστον μία τιμή παραγωγής μικρότερη από το 11% της εγκατεστημένης ισχύος, για μία από τις 10 μεγαλύτερες τιμές φορτίου. Στην Ομάδα, παρατηρείται το φαινόμενο της εξομάλυνσης, αφού τόσο η τιμή της ωριαίας ηλεκτροπαραγωγής κατά τη μέγιστη τιμή του φορτίου, όσο και η μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή κατά τις 10 μεγαλύτερες τιμές του φορτίου, σε όλα τα έτη, δεν παρουσιάζουν ακραίες τιμές όπως μπορεί να ισχύει σε κάθε χώρα ξεχωριστά, ενώ αντίθετα, είναι αρκετά κοντινές μεταξύ τους.

Το πλήθος και η διάρκεια των περιόδων χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής (μικρότερη από το 5% της εγκατεστημένης ισχύος) και αντίστοιχα υψηλής ηλεκτροπαραγωγής (μεγαλύτερη από το 70% της εγκατεστημένης ισχύος) ποικίλουν ανά χώρα. Στην Ομάδα, λόγω της εξομάλυνσης, κατά τη διάρκεια της τριετίας παρουσιάστηκε μόλις μία περίοδος χαμηλής παραγωγής διάρκειας άνω των 24 ωρών, η οποία ήταν συγκεκριμένα 29 ώρες και 84 περίοδοι χαμηλής ηλεκτροπαραγωγής διάρκειας ως 23 ώρες, πλήθος σαφώς πολύ μικρότερο από το αντίστοιχο σε κάθε χώρα. Όσον αφορά την υψηλή ηλεκτροπαραγωγή δεν παρατηρείται ούτε μία ώρα με παραγωγή μεγαλύτερη του 70% της εγκατεστημένης ισχύος.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται το ετήσιο επίπεδο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, τόσο οι περίοδοι με ηλεκτροπαραγωγή άνω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος είναι συχνότερες και μεγαλύτερης διάρκειας. Ειδικότερα για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης άνω του 20% παρατηρείται απότομη αύξηση του πλήθους και της διάρκειας των εξεταζόμενων περιόδων. Αξίζει να αναφερθεί ότι στην Ομάδα για ετήσιο επίπεδο διείσδυσης 50%, παρατηρούνται 7 περίοδοι με ηλεκτροπαραγωγή άνω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος για περισσότερες από 196 ώρες, δηλαδή για περισσότερες από 8 ημέρες συνεχόμενα.

5.2 Προτάσεις για μελλοντική εργασία

Στην παρούσα διπλωματική αναλύθηκαν οι χρονοσειρές από 5 χώρες που ανήκουν στην περιφέρεια της Ηπειρωτικής Ευρώπης: την Αυστρία, την Γαλλία, την Γερμανία, την Ισπανία και τη Ρουμανία. Οι χώρες αυτές επιλέχθηκαν με βάση τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων στοιχείων και την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη της περιφέρειας. Σημαντικός παράγοντας αποτέλεσε επίσης το γεγονός ότι περίπου το 72% της εγκατεστημένης ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων της εν λόγω περιφέρειας, εντοπίζεται στις συγκεκριμένες χώρες. Μελλοντική εργασία μπορεί να περιλαμβάνει την μελέτη των ίδιων χαρακτηριστικών στις υπόλοιπες 14 χώρες της περιφέρειας, ώστε να εξαχθούν πιο ολοκληρωμένα αποτελέσματα σχετικά με τη μεταβλητότητα και τον συσχετισμό της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα στην περιφέρεια ως σύνολο, αλλά και μεταξύ των γειτονικών χωρών της.

Επιπλέον, προτείνεται η διερεύνηση του ρόλου που μπορούν να διαδραματίσουν οι συνεργασίες και οι διασυνδέσεις ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των χωρών της περιφέρειας. Σε υψηλά επίπεδα διείσδυσης όπου η παραγωγή υπερκαλύπτει την ζήτηση, η αξιοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει μέσω του διασυνοριακού εμπορίου, επομένως η φυσική χωρητικότητα των διασυνδέσεων και το όριο μεταφοράς τους επηρεάζει τη δυνατότητα μεταφοράς.

Τέλος, έχοντας αναλύσει τη μεταβλητότητα της παραγωγής και πώς αυτή συσχετίζεται με την μεταβλητότητα της ζήτησης, βαρύνουσας σημασίας είναι και η μελέτη του σφάλματος πρόβλεψης της παραγωγής, αφού ακριβέστερη πρόβλεψη παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε βέλτιστη αξιοποίηση των αιολικών εγκαταστάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κοτσώνης, Θ. (2008), Η εγγυημένη ισχύς των αιολικών πάρκων, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών, Αθήνα
2. Κώτση, Ε. (2014), Κλιματική Αλλαγή, Ενεργειακές Ανάγκες και Βιώσιμη Ανάπτυξη για την Ελλάδα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών, Αθήνα
3. Σιετής, Α. (2014), Διερεύνηση των επιπτώσεων της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων, Αθήνα
4. Ψαρράς, Ι. (2015) Σημειώσεις για το μάθημα «Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική» , Ενότητα 16: Κλιματική Αλλαγή, διαθέσιμες στο <http://academics.epu.ntua.gr/LinkClick.aspx?fileticket=NbMve5t50qw%3d&tabid=378&mid=834>
5. Albadi, M. & El-Saadany, E. (2010), Impacts of wind power variability on generation costs-An overview, *The Journal of Engineering Research Vol.7 No.2*, 24-31
6. Alvarez-Farizo, B. & Hanley, N. (2002), Using conjoint analysis to quantify public preferences over the environmental impacts of wind farms. An example from Spain, *Energy Policy Vol.30 Issue 2*, 107-116
7. Amelin, M. (2009), Comparison of capacity credit calculation methods for conventional power plants and wind power, *IEEE Transactions on Power Systems Vol.24 No.2*
8. Ansolabehere, S. & Konisky, D. (2009), Public attitudes toward construction of new power plants, *Public Opinion Quarterly Vol.73 Issue 3*, 566
9. Archer, C. & Jacobson, M. (2005), Evaluation of global wind power, *Journal of geophysical research Vol.110 D12110*
10. Arjman, R. & Rahimiyan, M. (2015), Statistical analysis of a competitive day-ahead market coupled with correlated wind production and electric load, *Applied Energy 161*, 153-167
11. Bassi, S., Bowen, A. & Fankhauser, S. (2012), The case for and against onshore wind energy in the UK, Policy Brief, Grantham Research Institute no Climate

Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy

12. Bell, W., Wild, P., Foster, J. & Hewson, M. (2015), Wind speed and electricity demand correlation analysis in the Australian National Electricity Market: Determining wind turbine generator's ability to meet electricity demand without energy storage, *Economic Analysis and Policy* 48, 182-191
13. Bergmann, A., Hanley, N. & Wright, R. (2006), Valuing the Attributes of Renewable Energy Investments, *Energy Policy* Vol.34 Issue 9, 1004-1014
14. Billinton, R. & Bai, G. (2004), Generating capacity adequacy associated with wind energy, *IEEE Transactions on Energy Conversion* Vol.19 No.3
15. Billinton, R., Chen, H. & Ghajar, R. (1996), Time-series models for reliability evaluation of power systems including wind energy, *Microelectronics Reliability* Vol.36 Issue 9, 1253-1261
16. Bothwell, C. & Pavlak, A. (2015), Reliability concerns with ELCC calculations under high wind penetration, 2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting
17. Caporale, D. & De Lucia, C. (2015), Social acceptance of on-shore wind energy in Apulia Region (Southern Italy), *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol.52, 1378-1390
18. Castro, R. & Ferreira L. (2001), A comparison between chronological and probabilistic methods to estimate wind power capacity credit, *IEEE Transactions on Power Systems* Vol.16 No.4
19. Commission of the European Communities (2006), Communication from the Commission: An EU Strategy for Biofuels, διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0034&from=EL>
20. Commission of the European Communities (2005), Communication from the Commission: Biomass Action Plan, διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0628&from=EL>
21. Commission of the European Communities (2006), Fourth National Communication from the European Community under the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0040&from=EN>
22. D'Amico, G., Petroni, F. & Pratico, F. (2015), Economic performance indicators of wind energy based on wind speed stochastic modeling, *Applied Energy* 154, 290-297

23. D'Annunzio, C. & Santoso, S. (2008), Noniterative method to approximate the effective load carrying capability of a wind plant, *IEEE Transactions on Energy Conversion Vol.23 No.2*
24. de Llano-Paz, F., Calvo-Silvosa, A., Antelo, S. & Soares, S. (2015), The European low-carbon mix for 2030: The role of renewable energy sources in an environmentally and socially efficient approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews vol.48*, 49-61
25. Enevoldsen, P. & Sovacool, B. (2016), Examining the social acceptance of wind energy: Practical guidelines for onshore wind project development in France, *Renewable and Sustainable Energy reviews Vol.53*, 178-184
26. Ensslin, C., Milligan, M, Holttinen, H., O'Malley, M. & Keane, A. (2008), Current methods to calculate capacity credit of wind power, IEA Collaboration, IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2008
27. Erdil, A. & Erbiyik, H. (2015) Renewable Energy Sources of Turkey and Assessment of Sustainability, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 207, 669-679
28. Erickson, W., Johnson, G. & Young Jr, D. (2005), A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions, USDA Forest General Technical Report PSW-GTR-191, 1029-1042
29. European Commission, DG Energy and Transport (2009), EmployRES: The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union, Final Report
30. European Union (2010), Official Journal of the European Union, C83, Volume 53, 30 March 2010, Publications Office
31. European Wind Energy Association (2011), EU Energy Policy to 2050: Achieving 80-95% emissions reduction, Report
32. Garver L. (1966), Effective load carrying capability of generating units, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems Vol. PAS-85 No.8*
33. Gil, E. & Aravena, I. (2014), Evaluating the capacity value of wind power considering transmission and operational constraints, *Energy Conversion and Management* 78, 948-955
34. Gil, E. (2012), Evaluating the impact of wind power uncertainty on power system adequacy, 12th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems
35. Gul, T. & Stenzel T. (2005), Variability of wind power and other renewables: Management options and strategies, International Energy Agency, Report
36. Herzog, A., Lipman, T. & Kammen, D. (2001), Renewable Energy Sources, *Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*,

- forerunner to the Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Volume 1, Section 1 (UNESCO- EOLSS Secretariat, EOLSS Publishers Co. Ltd.)
37. Herzog, A., Lipman, T. & Kammen, D. (2001), Renewable Energy Sources, *Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*, forerunner to the Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Volume 1, Section 1 (UNESCO- EOLSS Secretariat, EOLSS Publishers Co. Ltd.)
38. Hey, C. (2005), EU Environmental Policies: A short history of the policy strategies, *EU Environmental Policy Handbook: A critical analysis of EU environmental legislation*, European Environmental Bureau (EEB)
39. Hitzeroth, M. & Megerle, A. (2013), Renewable energy projects: Acceptance risks and their management, *Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.27*, 576-584
40. Holttinen, H., Kiviluoma, J., Estanqueiro, A., Gomez-Lazaro, E., Rawn, B., Dobschinski, J., Meibom, P., Lannoye, E., Aigner, T., Wan, Y. & Milligan, M. (2010), Variability of load and net load in case of large scale distributed wind power, 10th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Power Farms, August 2010
41. Holttinen, H., Rissanen, S., Giebel, G., Larsen, X., Løvholm, A.L & Berge, E. (2012), Variability and smoothing effect of wind power production compared to load variability in the Nordic countries, *Proceedings of 11th Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems*
42. Holttinen, H., Rissanen, S., Larsen, X. & Løvholm, A.L (2013), Wind and load variability in the Nordic countries, *VTT Technology 96*, VTT Technical Research Centre of Finland
43. Huber, M., Dimkova, D. & Hamacher, T. (2014), Integration of wind and solar power in Europe: Assessment of flexibility requirements, *Energy 69*, 236-246
44. Intergovernmental Panel on Climate Change (2013), Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Working Group 1 Contribution to the 5th assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
45. Johansson, T., Kelly, H., Reddy, A. & Williams, R. (1993), Renewable Energy: Sources for fuels and electricity, Washington, DC and Covelo, California: Island Press
46. Kaldellis, J.K, Apostolou, D., Kapsali, M. & Kondili, E. (2016), Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart, *Renewable Energy Vol.92*, 543-556

47. Kaldellis, J.K (2005), Social attitude towards wind energy applications in Greece, *Energy Policy Vol.33 Issue 5*,595-602
48. Keane, A., Milligan, M., Dent, C., Hasche, B., D'Annunzio, C. Dragoon, K. Holttinen, H., Samaan, N., Soder, L. & O'Malley, M. (2011), Capacity Value of Wind Power, *IEEE Transactions on Power Systems Vol.26 No.2*
49. Koh, L.H, Yong, G., Peng, W. & Tseng, K.J (2013), Impact of energy storage and variability of PV on power system reliability, *Energy Procedia Vol.33*, 302-310
50. Mancisidor, It., Uruga, P., Mancisidor, In. & Lopez, P. (2009), European Union's renewable energy sources and energy efficiency policy review:The Spanish perspective, *Renewable and Sustainable Reviews 13*, 100-114
51. Marouli, C. & Kaldellis, J.K (2001), Risk in the greek electricity production sector, 7th International Conference on Environmental Science and Technology
52. Milborrow, DJ (2003), Forecasting for scheduled delivery, *Windpower Monthly December 2003 διαθέσιμο στο <http://www.windpowermonthly.com/article/955591/forecasting-scheduled-delivery>*
53. Milligan, M. & Porter, K. (2006), The capacity value of wind in the United States: Methods and implementation, *The Electricity Journal Vol.19 Issue 2*, 91-99
54. Möst, D. (2014), Economics of Energy Storage: The role of storage in energy system flexibility, International Energy Agency, Workshop at Berlin in October 2014
55. Munday, M., Bristow, B. & Cowell, R. (2011), Wind farms in rural areas: How far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity?, *Journal of Rural Studies Vol.27 Issue 1*, 1-12
56. Nguyen, C., Ma, C., Hailu, A. & Chalak, M. (2016), Factors influencing calculation of capacity value of wind power: A case study of the Australian National Electricity Market;xx.. (NEM), *Renewable Energy 90*, 319-328
57. Ortega-Izquierdo, M. & del Rio, P. (2016), Benefits and costs of renewable electricity in Europe, *Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.61*, 372-383
58. Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21) (2016), *Renewables 2016: Global Status Report*
59. Skoukri, E. & Zachariadis, T. (2012), Climate Change in Cyprus-Impacts and adaptation policies, Report in the frame of the project «Economic Impacts from the Implementation of the European Union's Energy and Climate Change Legislation Package in Cyprus»

60. Snyder, B. & Kaiser, M. (2009), Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy, *Renewable Energy Vol.34*, 1567-1578
61. Sovacool, B. (2009), Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity, *Energy Policy Vol.37 Issue 6*, 2241-2248
62. Stoutenburg, E., Jenkins, N. & Jacobson, M. (2013), Variability and uncertainty of wind power in the California electric power system, Winley Online Library, *Wind Energ.2014*; 17:1411-1424
63. Strickland, D. & Johnson, D. (2006), Overview of what we know about avian/wind interaction, National Wind Coordinating Collaborative Wildlife Workgroup Research Meeting VI
64. United Nations Environment Programme (2009), Mining and Environment in the Western Balkans, Publisher: Zoi Environment Network
65. Wang, Sh., Wang, Si. & Smith, P. (2015), Quantifying impacts of onshore wind farms on ecosystem services at local and global scales, *Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.52*, 1424-1428
66. Wangdee, W. & Billinton, R. (2006), Considering load-carrying capability and wind speed correlation of WECS in generation adequacy assessment, *IEEE Transactions on Energy Conversion Vol.21 No.3*
67. Wetzel, R. & Gil, E. (2014), Monte Carlo-based method to estimate the capacity value of wind power considering operational aspects, 13th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems
68. Widen, J., Carpman, N., Castellucci, V., Lingfors, D., Olauson, J., Remouit, F., Bergkvist, M., Grabbe, M. & Waters, R. (2015), Variability assessment and forecasting of renewables: A review for solar, wind, wave and tidal resources, *Renewable and Sustainable Energy Reviews 44*, 356-375
69. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «50Hertz Transmission GmbH», παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <http://www.50hertz.com/en/Grid-Data/Wind-power/Archive-Wind-power>
70. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «Amprion GmbH», παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <http://www.amprion.net/en/wind-feed-in#>
71. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «Austrian Power Grid AG», του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στην Αυστρία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <http://www.apg.at/en/market/generation/wind-energy>
72. <http://atlaswikigr.wikifoundry.com/page/το+φαινόμενο+του+θερμοκηπίου>

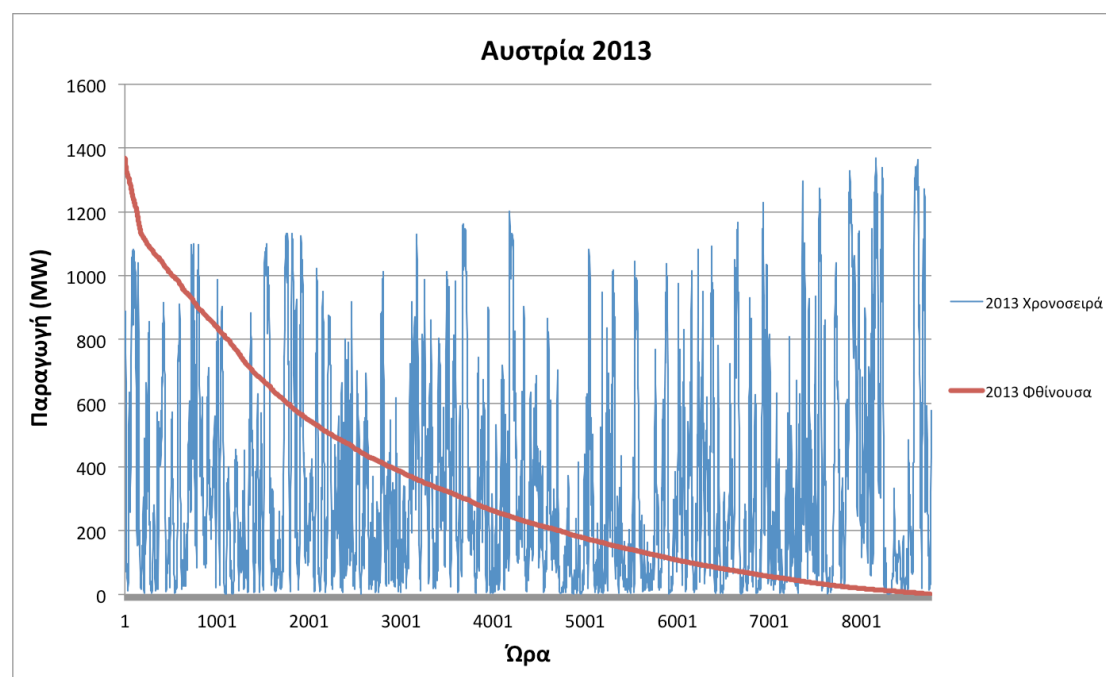
73. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «Red Eléctrica de España S.A.», του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στην Ισπανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <https://demanda.ree.es/movil/peninsula/demanda/total/2012-12-31>
74. Επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τελευταία πρόσβαση 07.2016, http://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/second/index_en.htm
75. Επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τελευταία πρόσβαση 07.2016, http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/faq_en.htm
76. Επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τελευταία πρόσβαση 07.2016, http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm
77. Επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τελευταία πρόσβαση 07.2016, http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases_el.pdf
78. Επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τελευταία πρόσβαση 07.2016, <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>
79. Επίσημη ιστοσελίδα International Energy Charter, τελευταία πρόσβαση 07.2016, <http://www.energycharter.org/process/energy-charter-treaty-1994/energy-charter-treaty/>
80. Επίσημη ιστοσελίδα International Energy Charter, τελευταία πρόσβαση 07.2016, <http://www.energycharter.org/process/energy-charter-treaty-1994/energy-efficiency-protocol/>
81. Energypedia, άρθρο με τίτλο «Wind energy integration into the grid - Capacity Credit», τελευταία πρόσβαση 07.2016, https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Integration_into_the_Grid_-_Capacity_Credit
82. Επίσημη ιστοσελίδα του «United States Environmental Protection Agency-EPA», τελευταία πρόσβαση 07.2016, <https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>
83. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «Lenntech», τελευταία πρόσβαση 07.2016, <http://www.lenntech.com/greenhouse-effect/greenhouse-effect-mechanism.htm>
84. http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Greenhouse_effect
85. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «Réseau de Transport d'Electricité», του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Γαλλία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <http://www.rte-france.com/en/eco2mix/eco2mix-telechargement-en>
86. <http://www.sigmalive.com/archive/simerini/environment/170879#.dpuf>
87. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «TenneT TSO GmbH», παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <http://www.tennetso.de/site/en/Transparency/publications/network-figures/actual-and-forecast-wind-energy-feed-in>

88. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «C.N. Transelectrica S.A.», του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Ρουμανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, http://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/-/SENGrafic_WAR_SENGraficportlet
89. Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας «TransnetBW GmbH», παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία, τελευταία πρόσβαση 10.2015, <https://www.transnetbw.com/en/key-figures/renewable-energies/wind-infeed>
90. Επίσημη ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελληνικής Δημοκρατίας, τελευταία πρόσβαση 07.2016, <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484>
91. Επίσημη ιστοσελίδα του Ευρωπαϊκού Δικτυού Διαχειριστών Ηλεκτρικής Ενέργειας ENTSO-e (European Network of Transmission System Operators for Electricity), τελευταία πρόσβαση 07.2016, <https://www.entsoe.eu/data/data-portal/consumption/Pages/default.aspx>
92. Επίσημη ιστοσελίδα της πρώην European Wind Energy Association (EWEA), νυν WindEurope, αρχείο ετήσιων αναφορών για την αιολική ενέργεια, τελευταία πρόσβαση 05.2016, <https://windeurope.org/about-wind/statistics/european/>
93. Επίσημη ιστοσελίδα της πρώην European Wind Energy Association (EWEA), νυν WindEurope, αρχείο ετήσιων αναφορών για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, τελευταία πρόσβαση 05.2016, <https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/>
94. Επίσημη ιστοσελίδα του International Renewable Energy Agency (IRENA), τελευταία πρόσβαση 05.2016, <http://resource.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=19>
95. Επίσημη ιστοσελίδα του Wind Power Monthly, τελευταία πρόσβαση 05.2016, <http://www.windpowermonthly.com/reports>

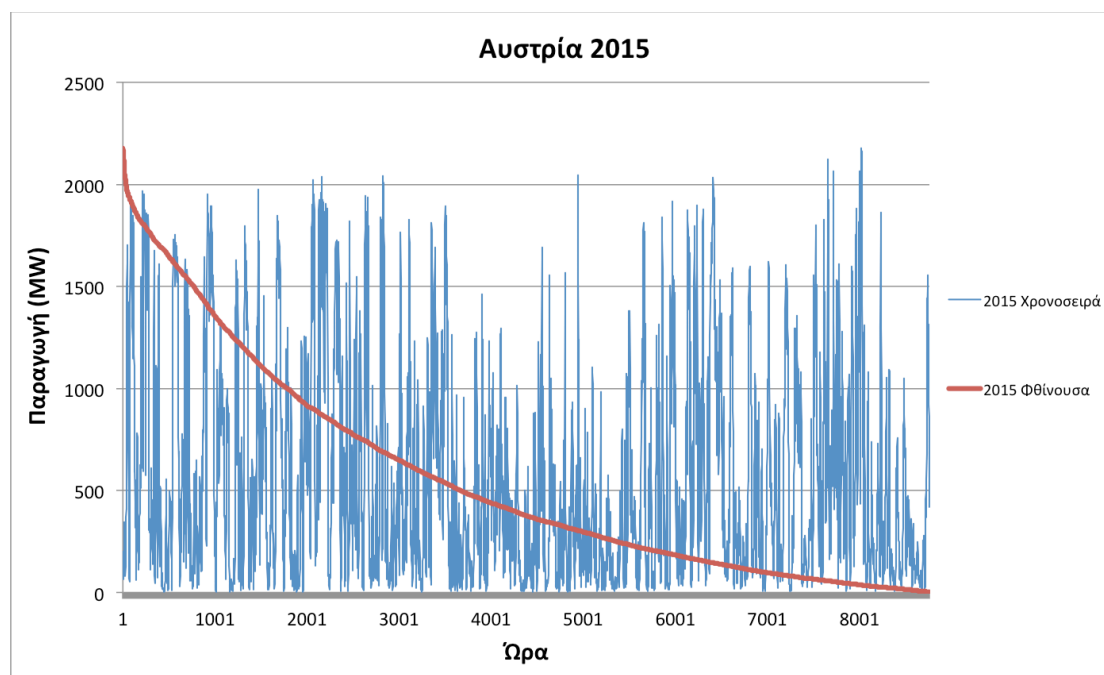
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π.1 Μεταβλητότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα

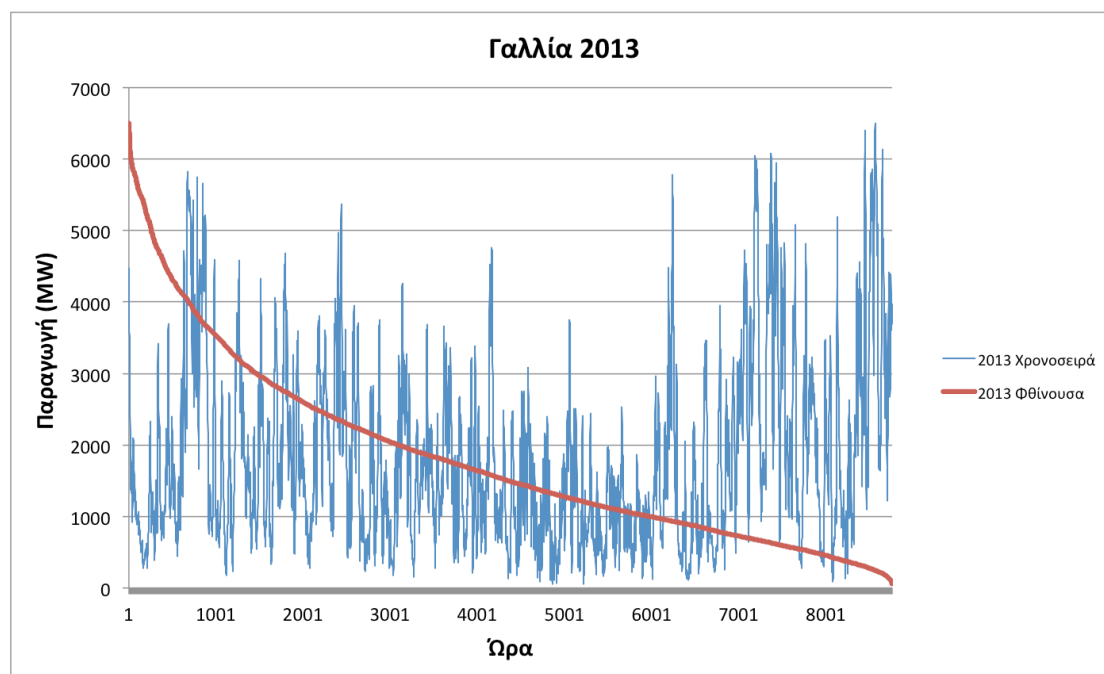
Π.1.1 Χρονοσειρές ωριαίας παραγωγής



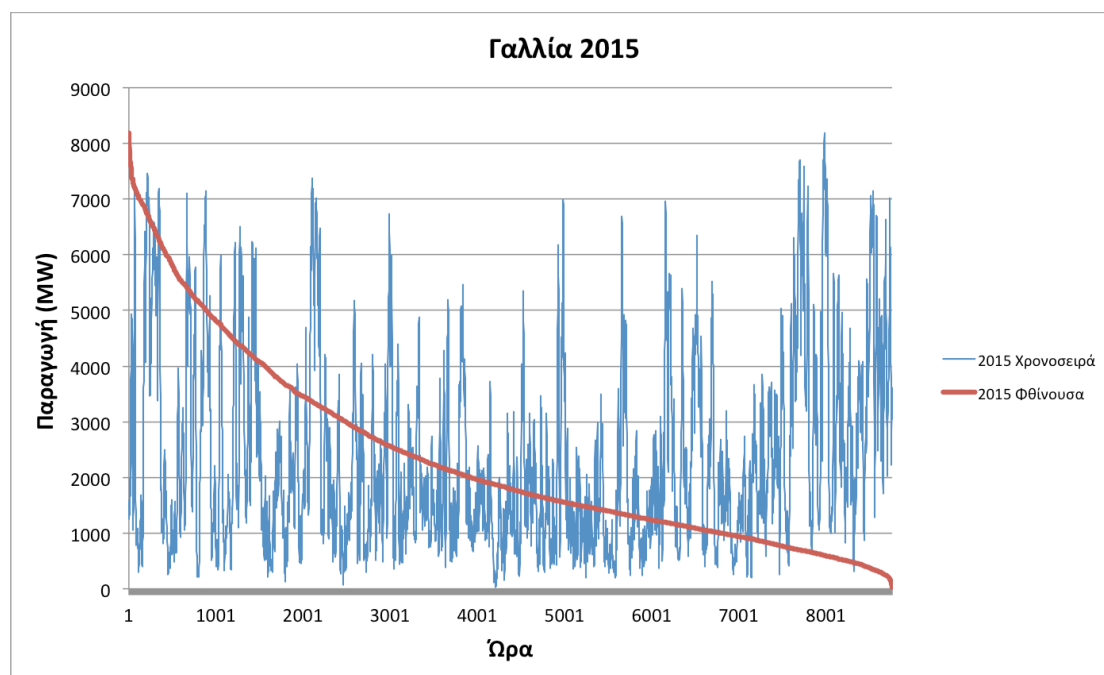
Διάγραμμα Π1. Αιολική Παραγωγή στην Αυστρία το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 1378MW και 1684MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 338,91MW.



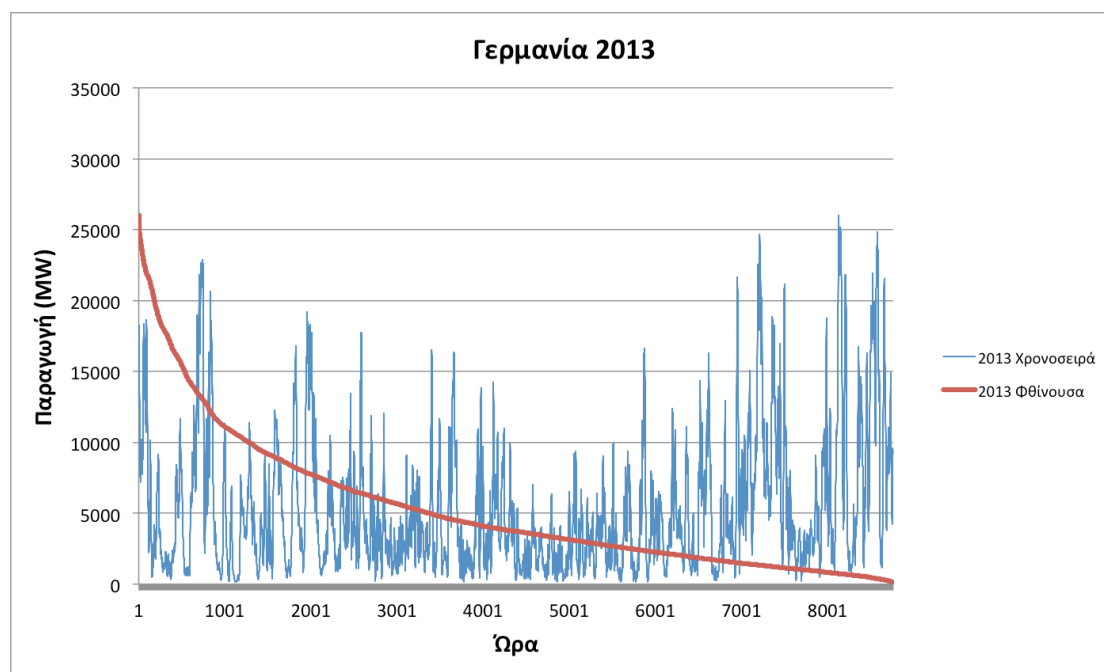
Διάγραμμα Π2. Αιολική Παραγωγή στην Αυστρία το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 2095MW και 2411,5MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 560,63MW.



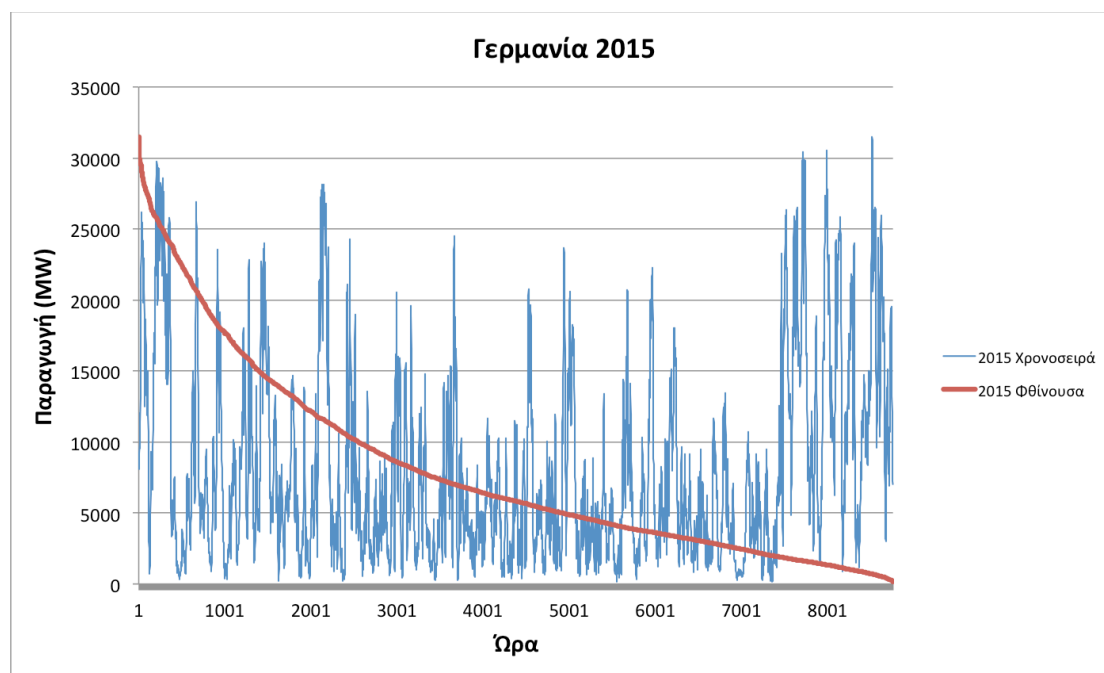
Διάγραμμα Π3. Αιολική Παραγωγή στην Γαλλία το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 7564MW και 8254MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 1816,87MW.



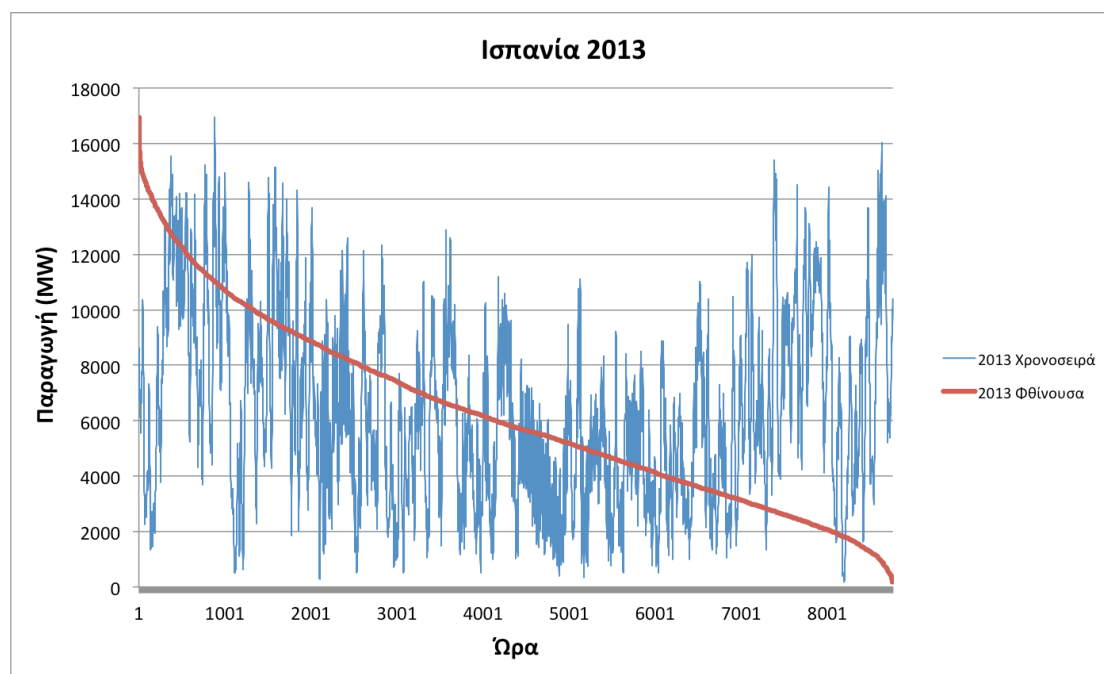
Διάγραμμα Π4. Αιολική Παραγωγή στην Γαλλία το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 9285MW και 10358,2MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 2349,63MW.



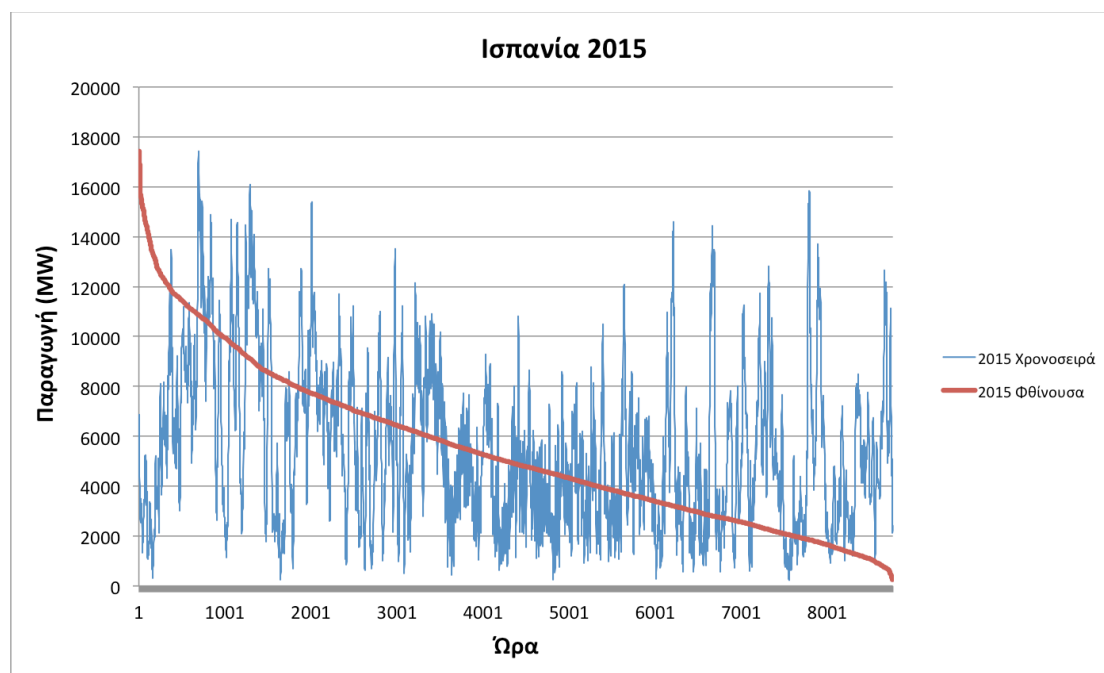
Διάγραμμα Π5. Αιολική Παραγωγή στην Γερμανία το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 30788MW και 32681,1MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 5308,58MW.



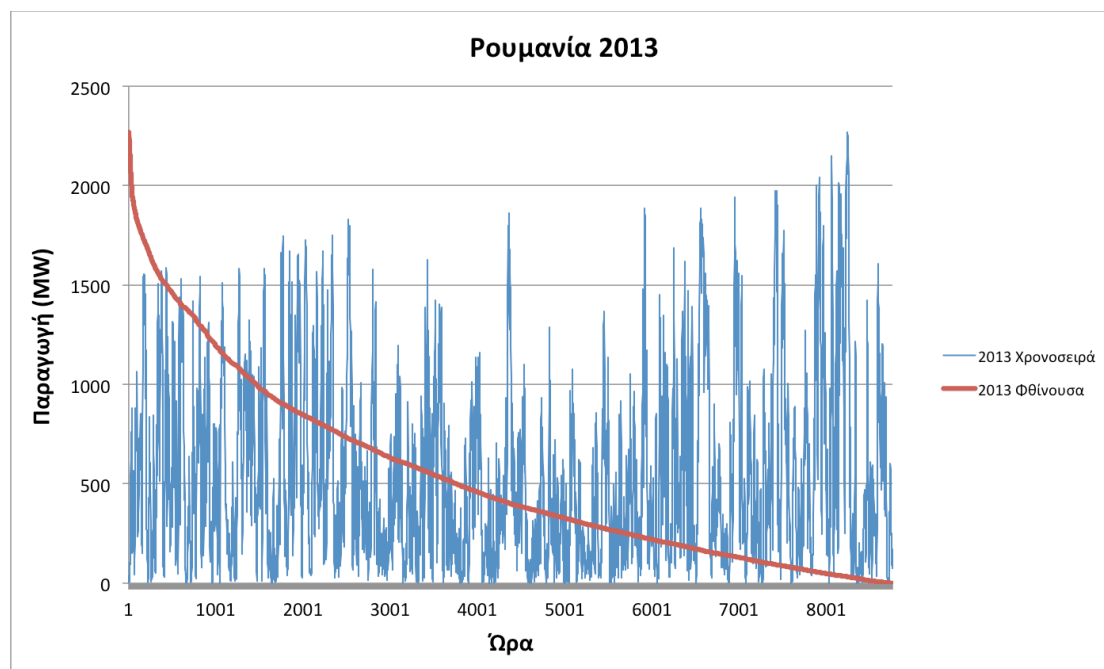
Διάγραμμα Π6. Αιολική Παραγωγή στην Γερμανία το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 38116,1MW και 41651,5MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 8037,21MW.



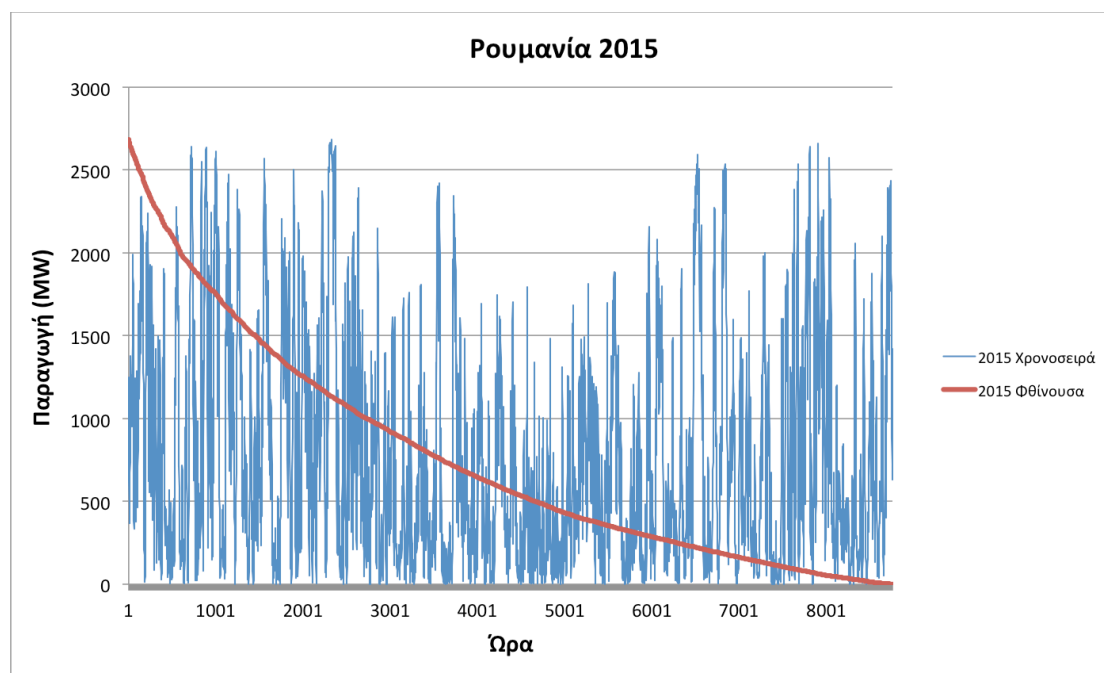
Διάγραμμα Π7. Αιολική Παραγωγή στην Ισπανία το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 22791MW και 22954MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 6236,2MW.



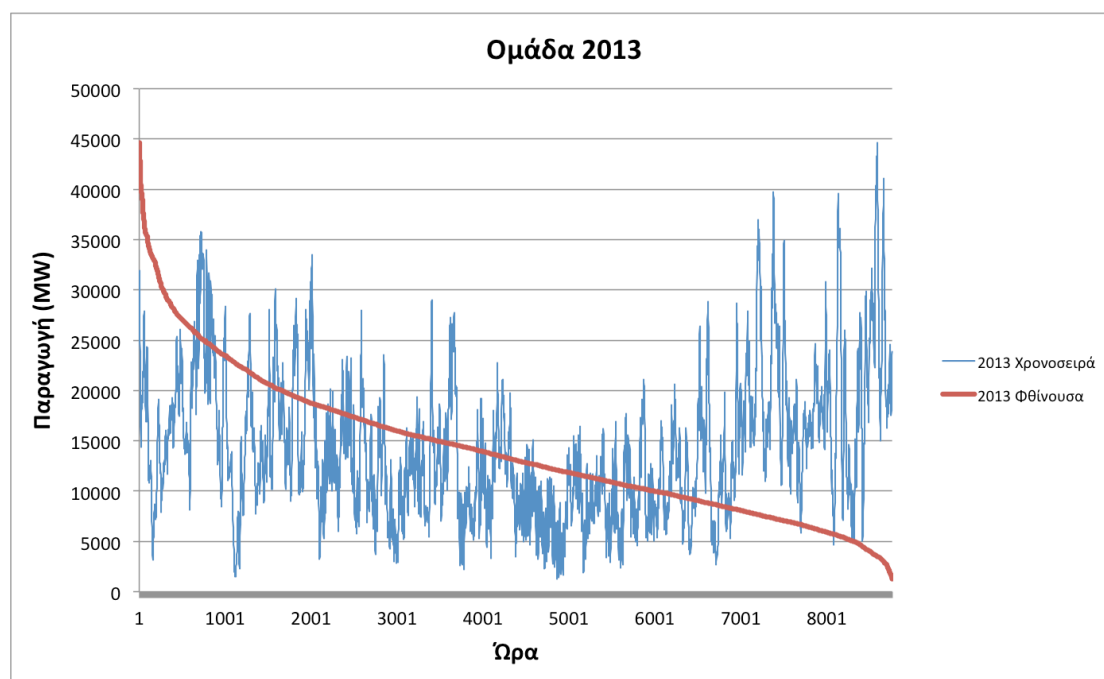
Διάγραμμα Π8. Αιολική Παραγωγή στην Ισπανία το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 22981,5MW και 23020,3MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 5480,2MW.



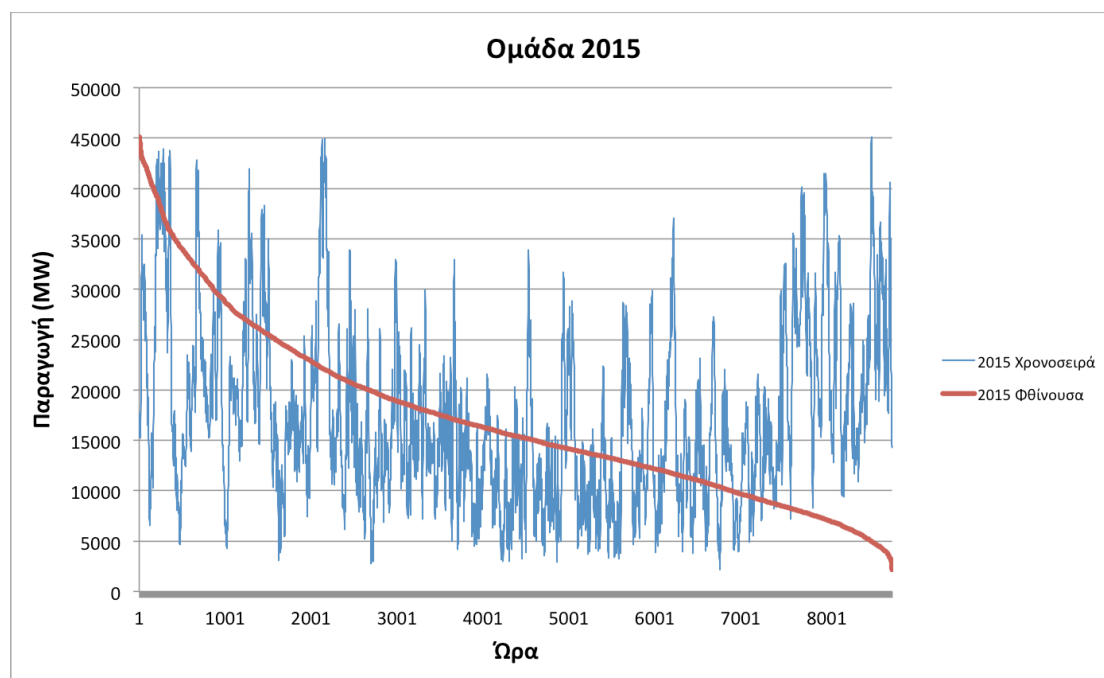
Διάγραμμα Π9. Αιολική Παραγωγή στη Ρουμανία το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 1905MW και 2599MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 539,34MW.



Διάγραμμα Π10. Αιολική Παραγωγή στη Ρουμανία το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 2953,6MW και 2975,9MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 765,73MW.

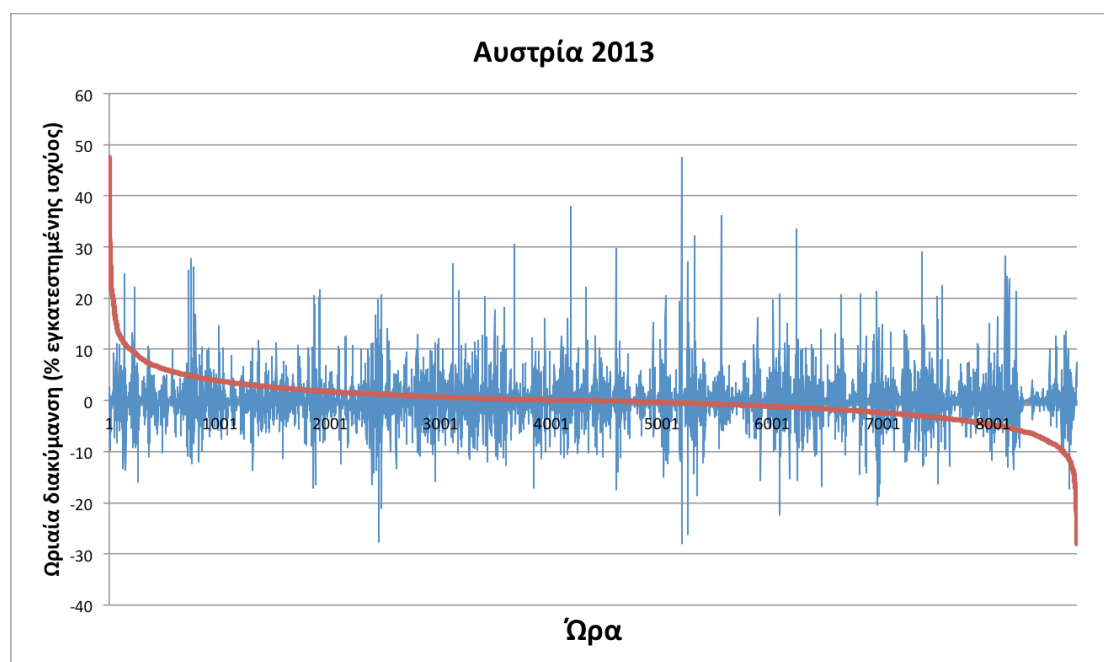


Διάγραμμα Π11. Αιολική Παραγωγή στην Ομάδα το 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2012 ήταν 64426MW και 68172,1MW στο τέλος του 2013. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2013 ήταν 14239,91MW.

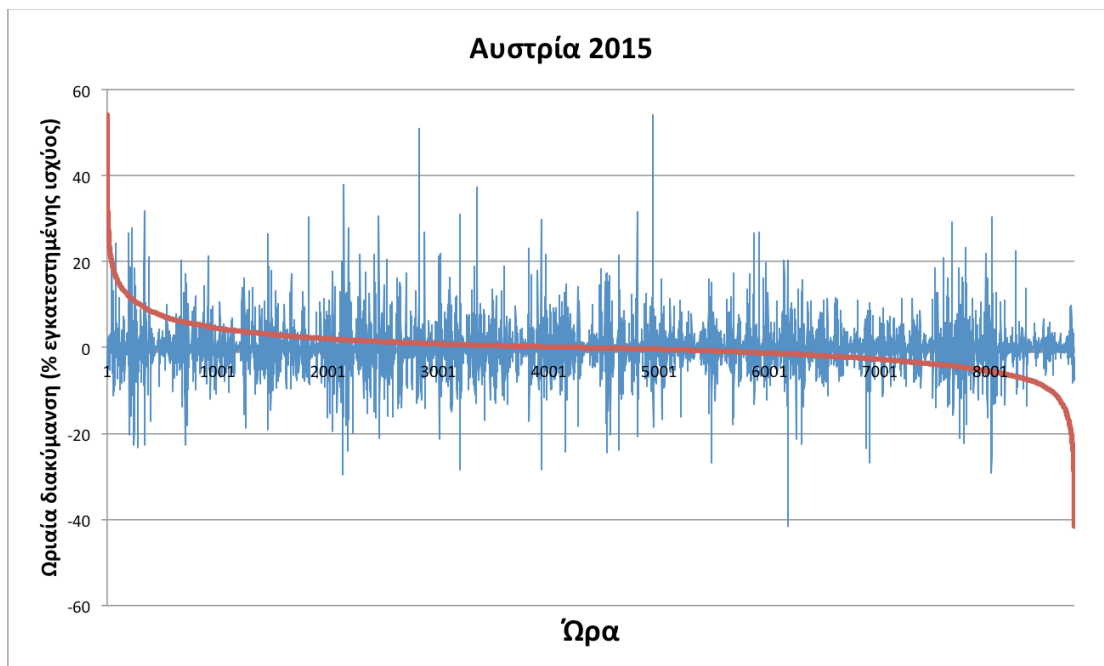


Διάγραμμα Π12. Αιολική Παραγωγή στην Ομάδα το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς στο τέλος του 2014 ήταν 75431,2MW και 80417,4MW στο τέλος του 2015. Η μέση ωριαία παραγωγή για το 2015 ήταν 17193,37MW.

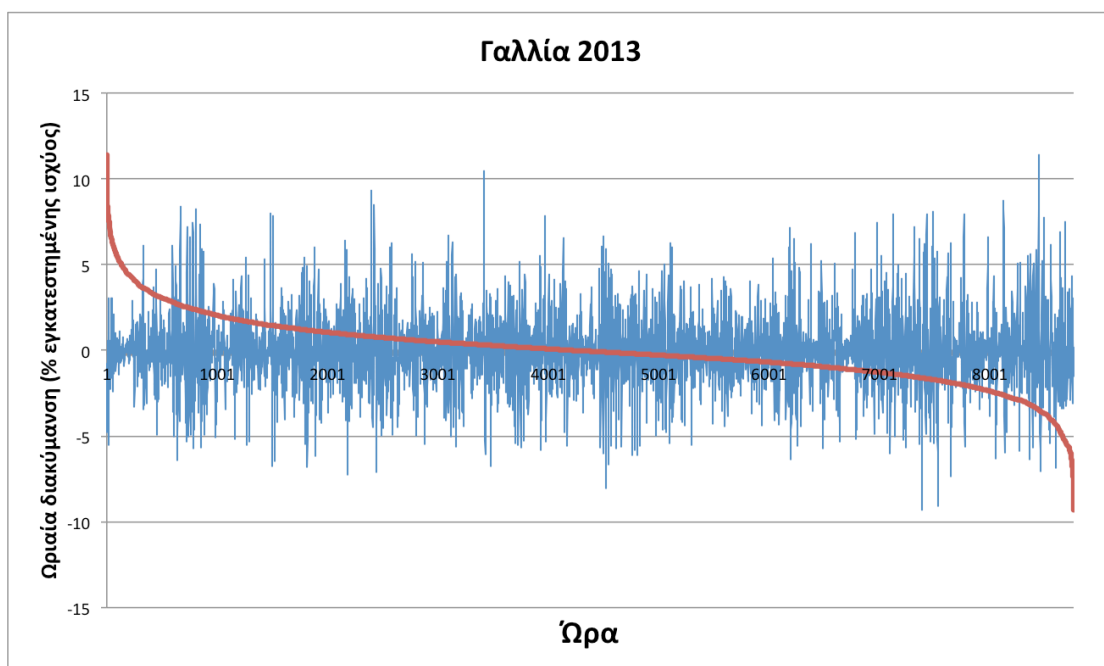
Π.1.2 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής



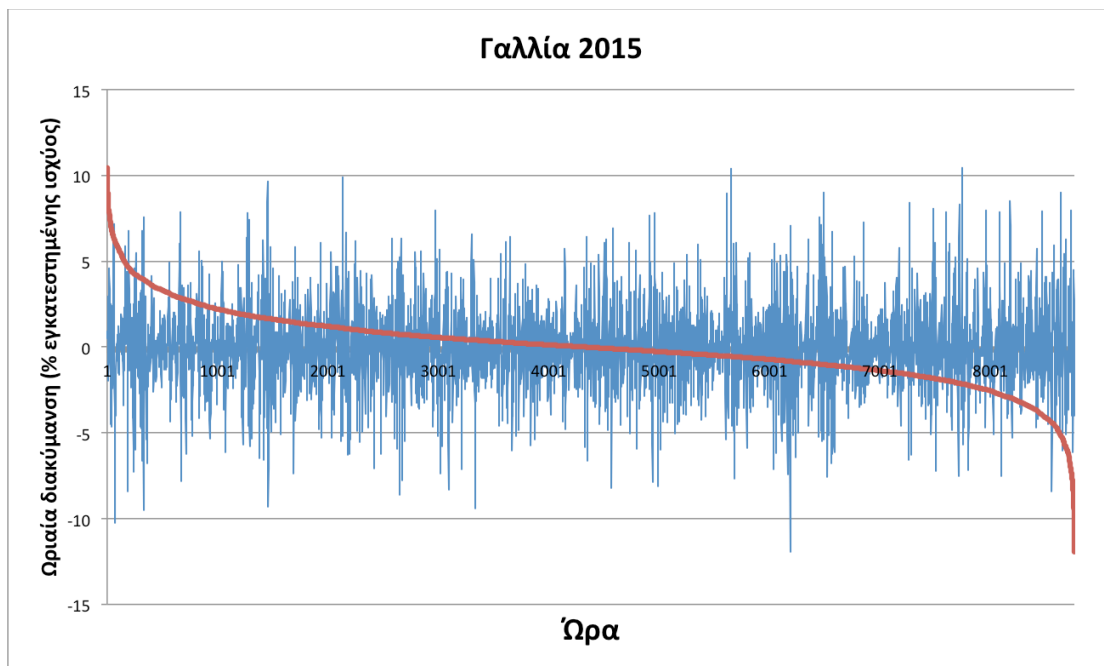
Διάγραμμα Π13. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Αυστρία



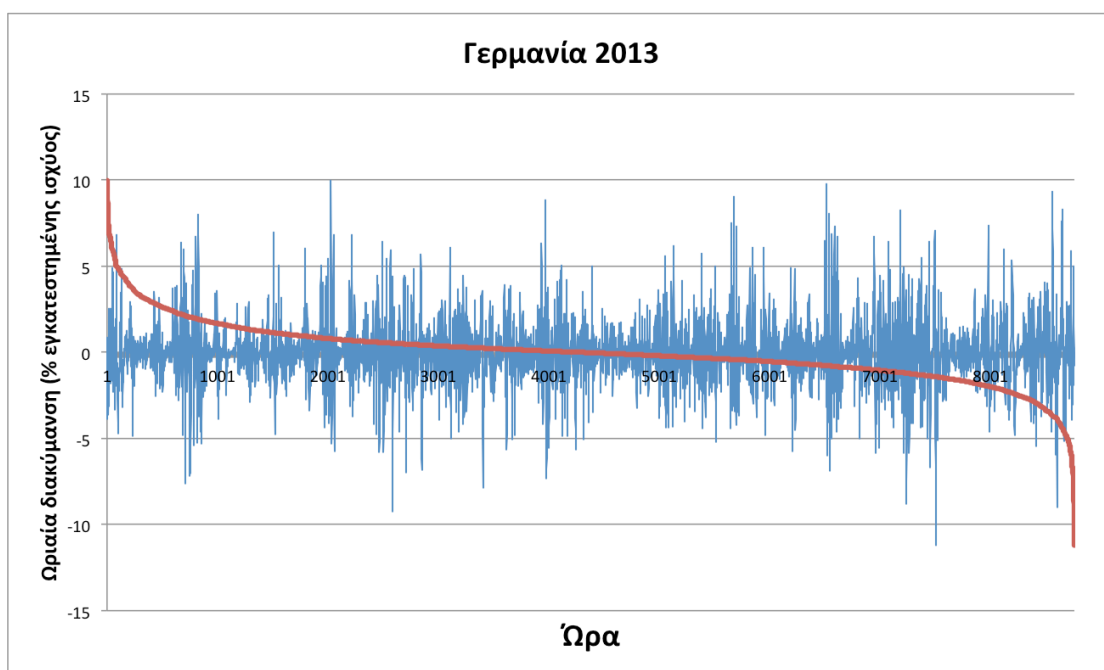
Διάγραμμα Π14. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Αυστρία



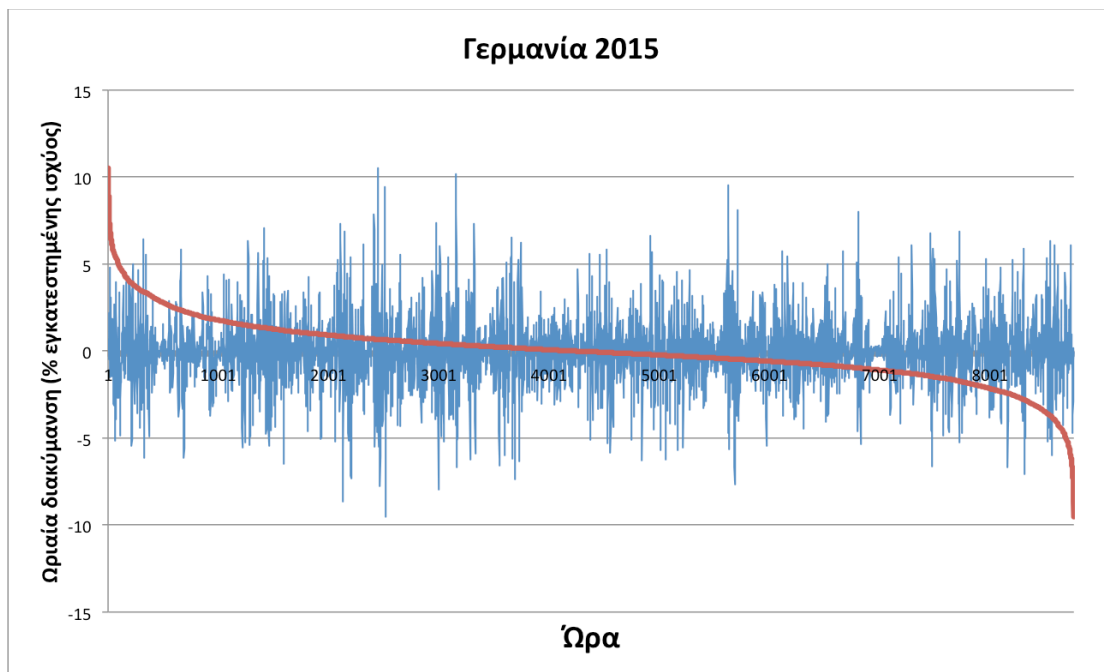
Διάγραμμα Π15. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γαλλία



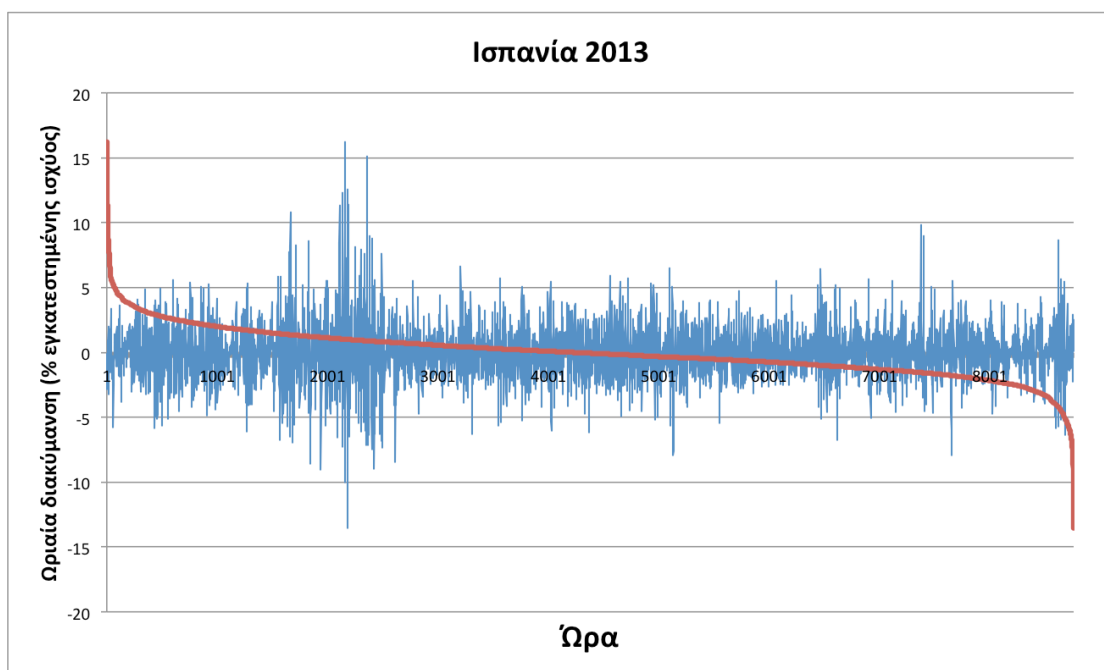
Διάγραμμα Π16. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γαλλία



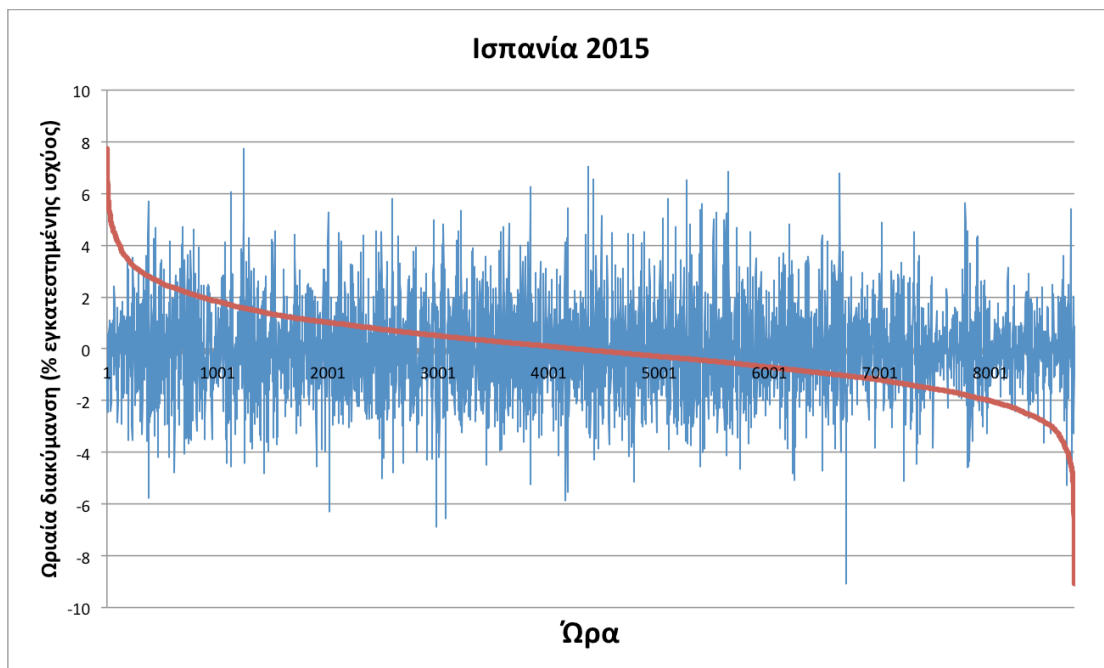
Διάγραμμα Π17. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γερμανία



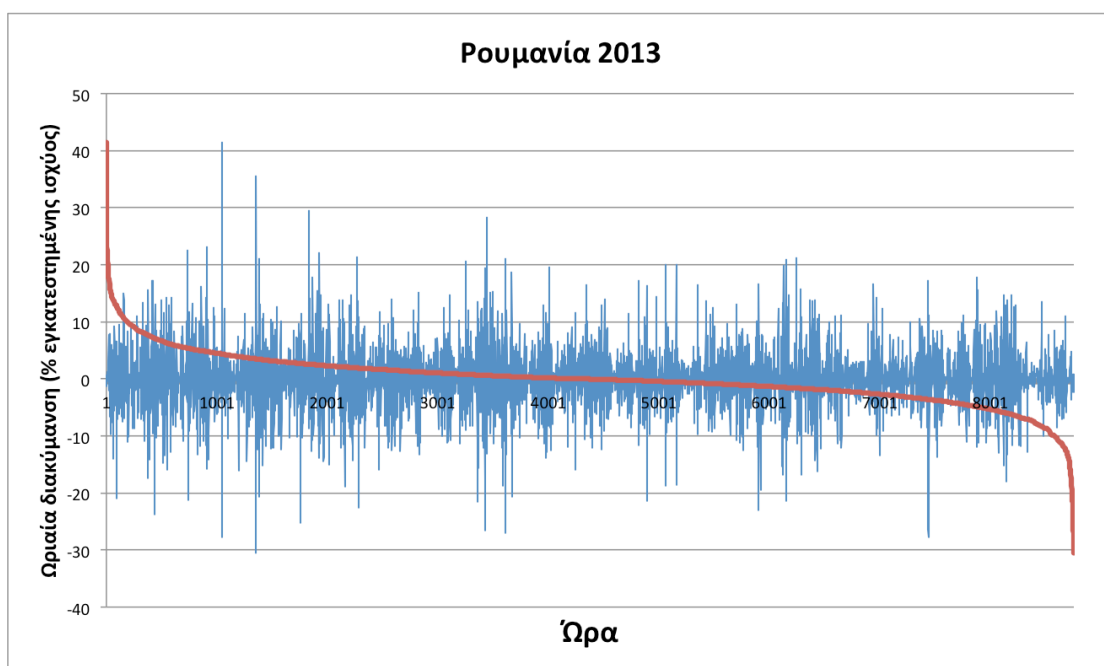
Διάγραμμα Π18. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γερμανία



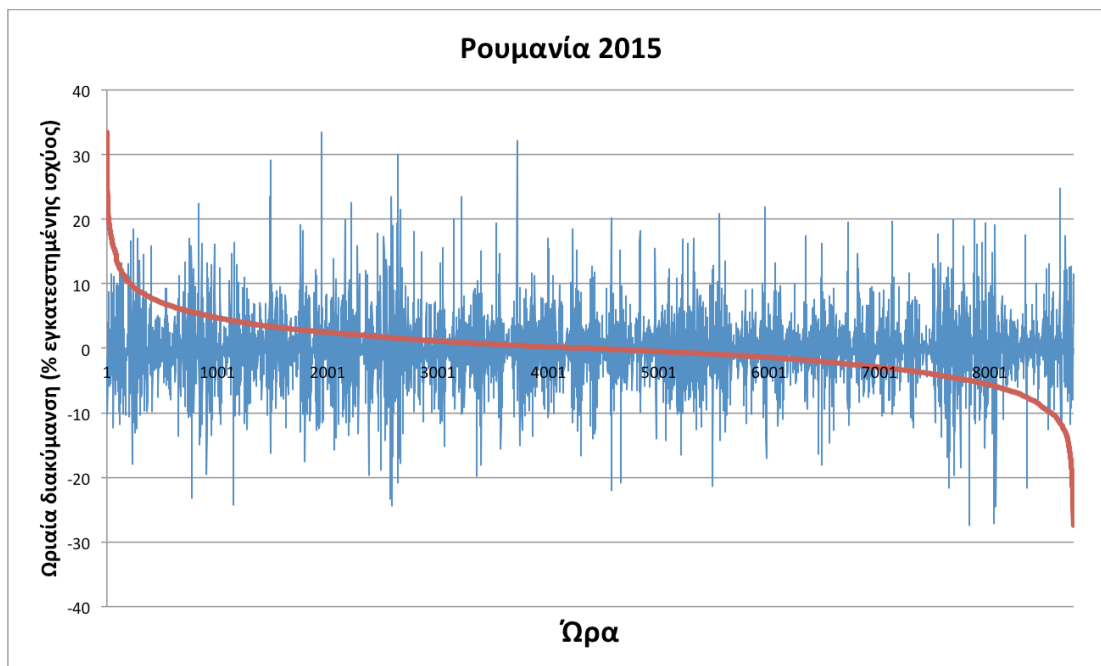
Διάγραμμα Π19. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ισπανία



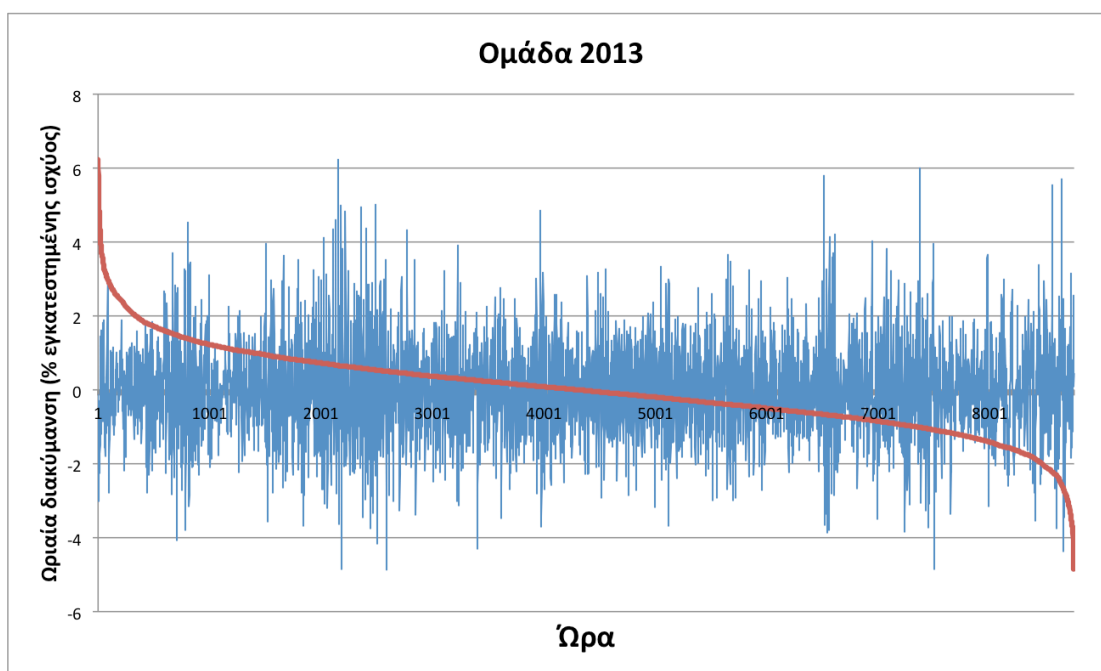
Διάγραμμα Π20. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ισπανία



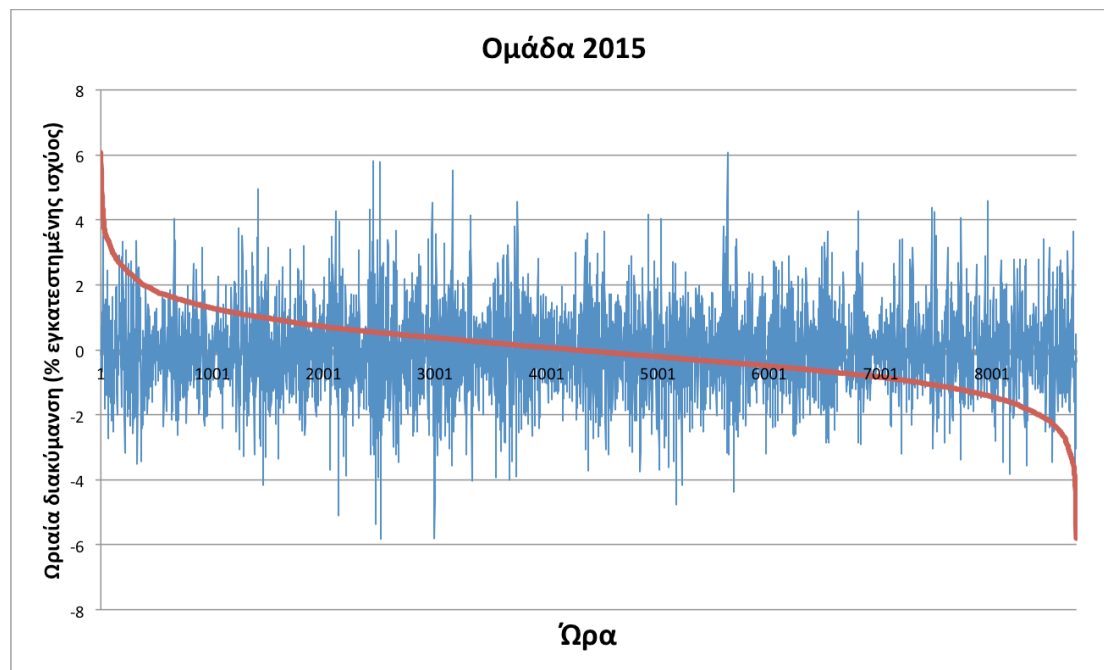
Διάγραμμα Π21. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στη Ρουμανία



Διάγραμμα Π22. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στη Ρουμανία

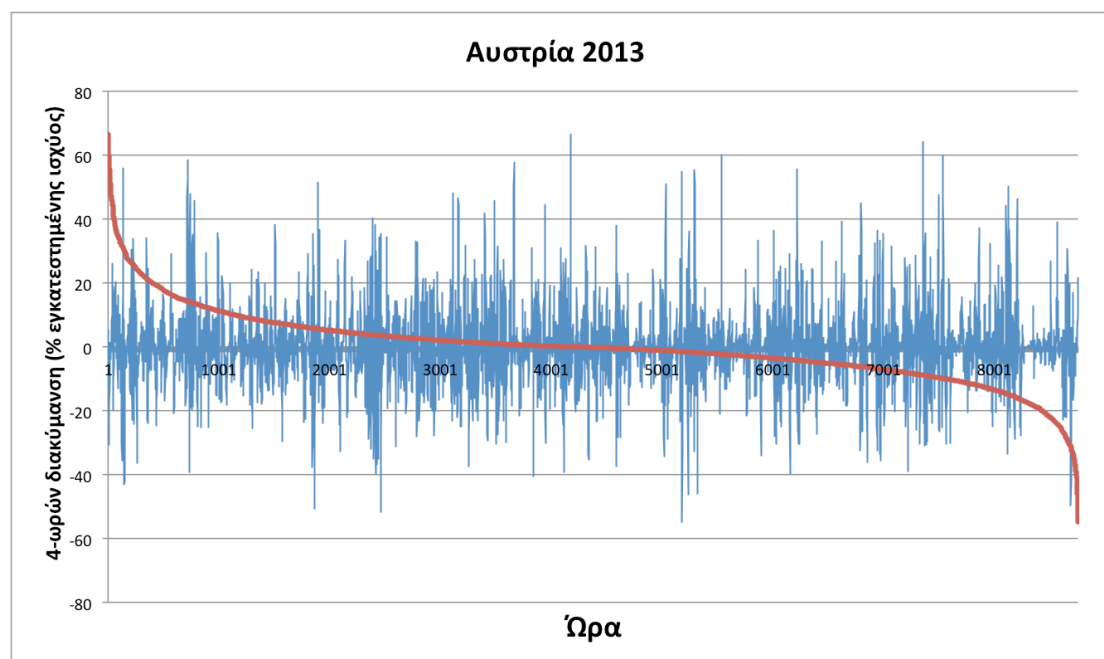


Διάγραμμα Π23. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ομάδα

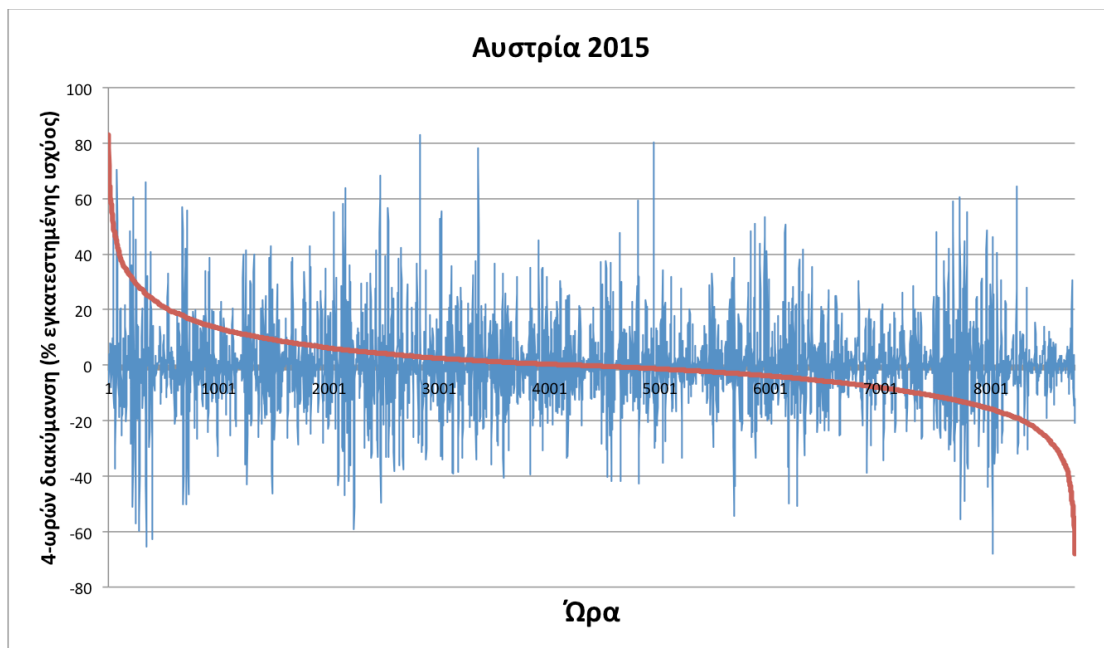


Διάγραμμα Π24. Ωριαία διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ομάδα

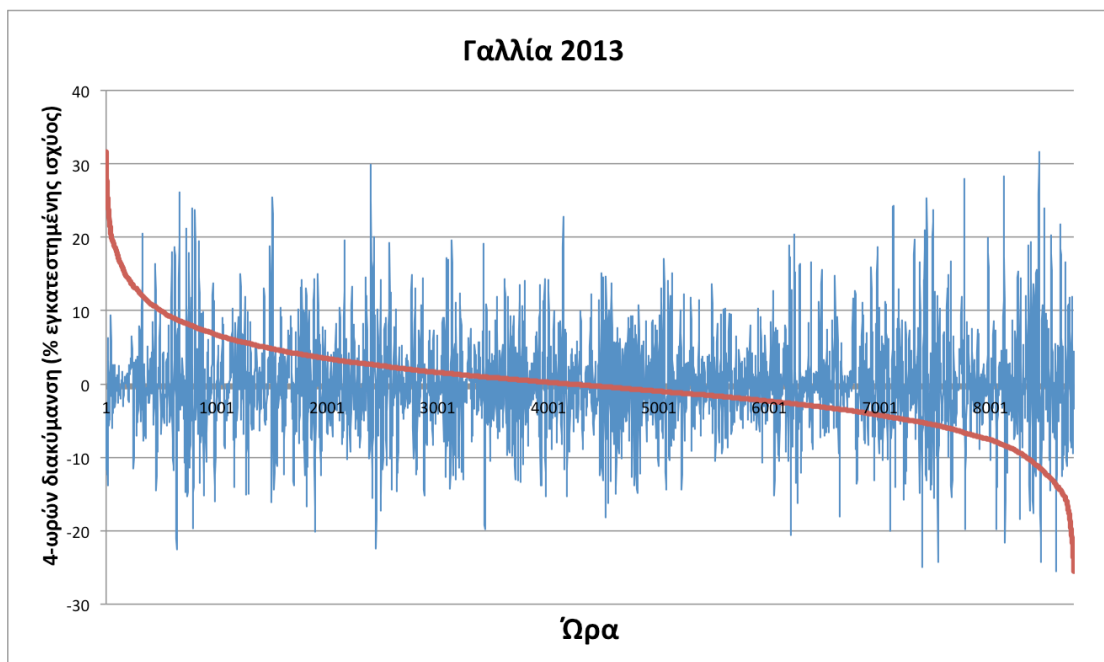
Π.1.3 Χρονοσειρές 4-ωρών διακύμανσης της παραγωγής



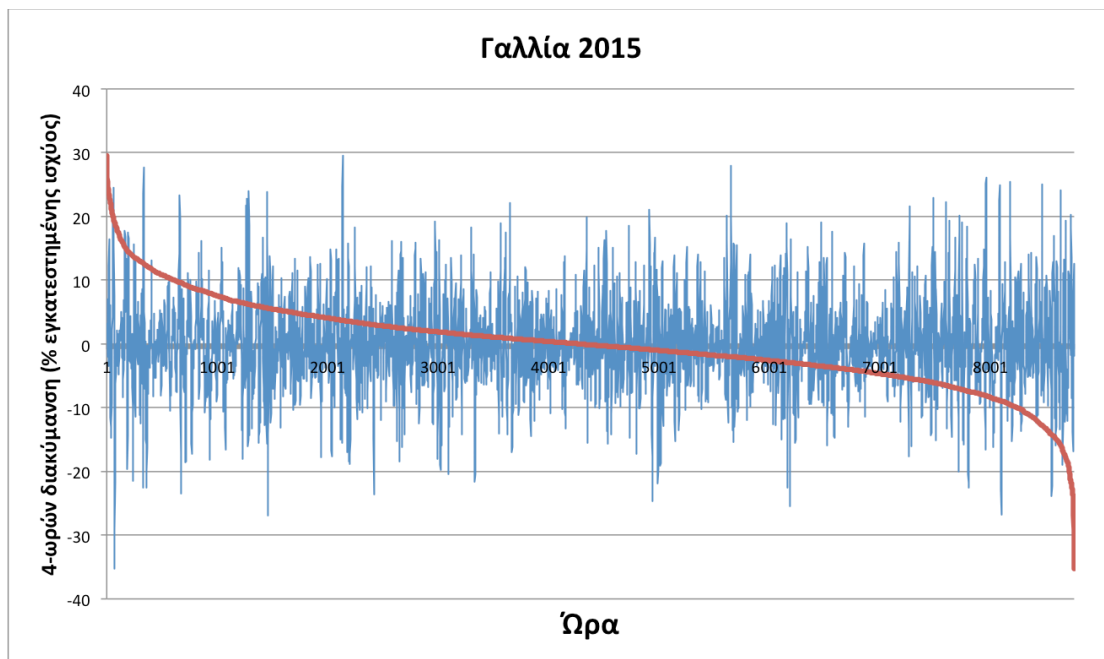
Διάγραμμα Π25. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Αυστρία



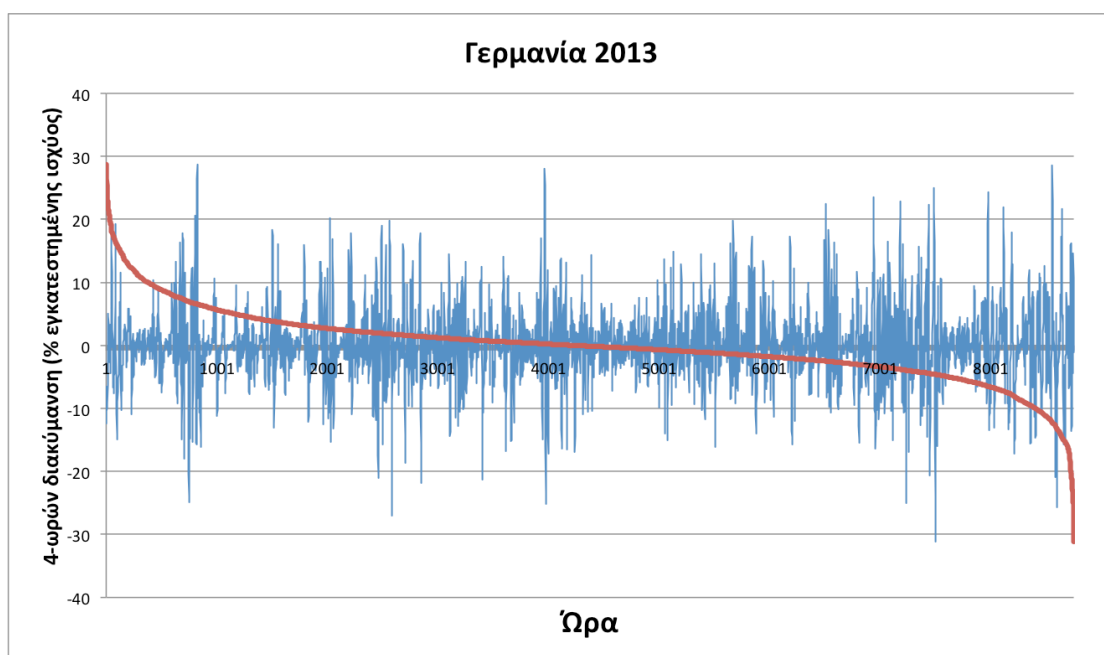
Διάγράμμαμα Π26. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Αυστρία



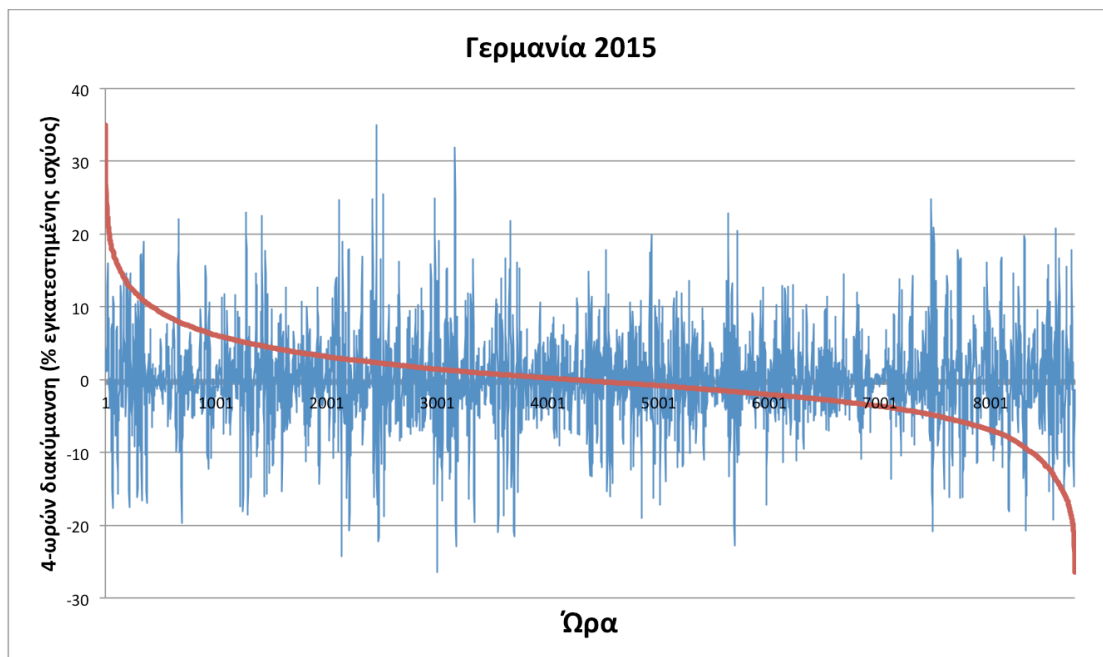
Διάγράμμαμα Π27. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γαλλία



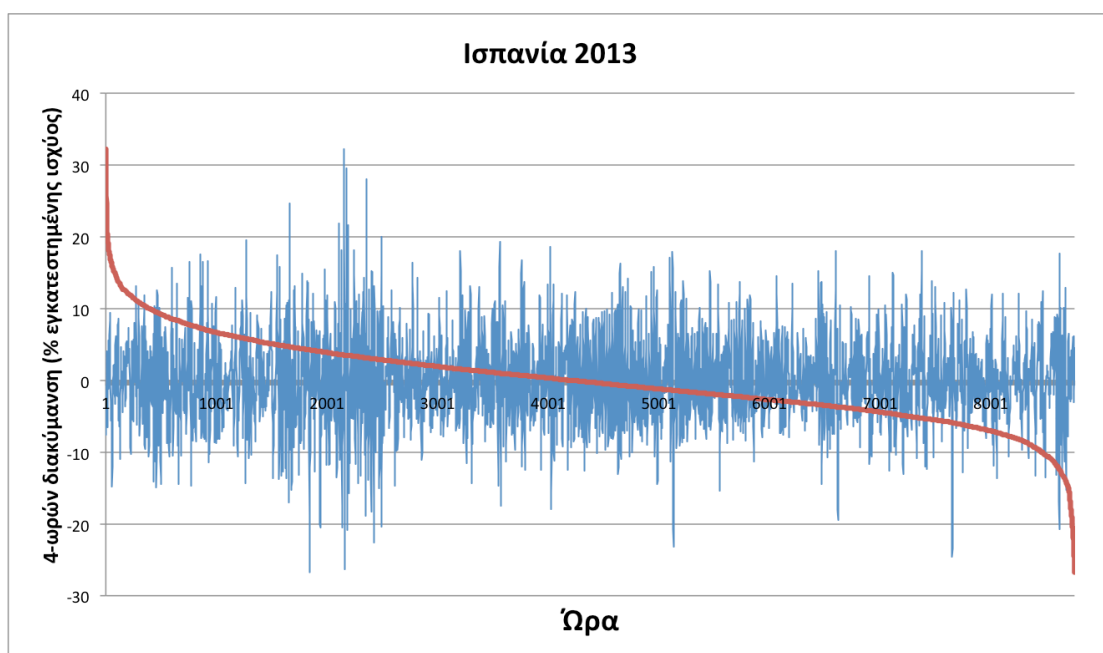
Διάγραμμα Π28. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γαλλία



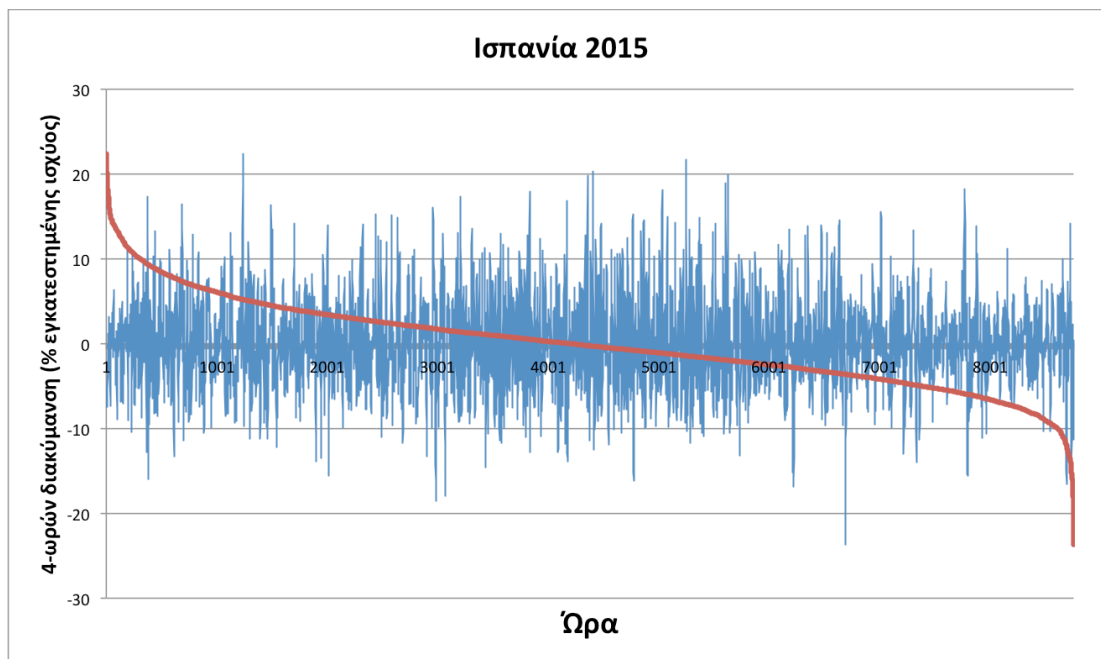
Διάγραμμα Π29. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γερμανία



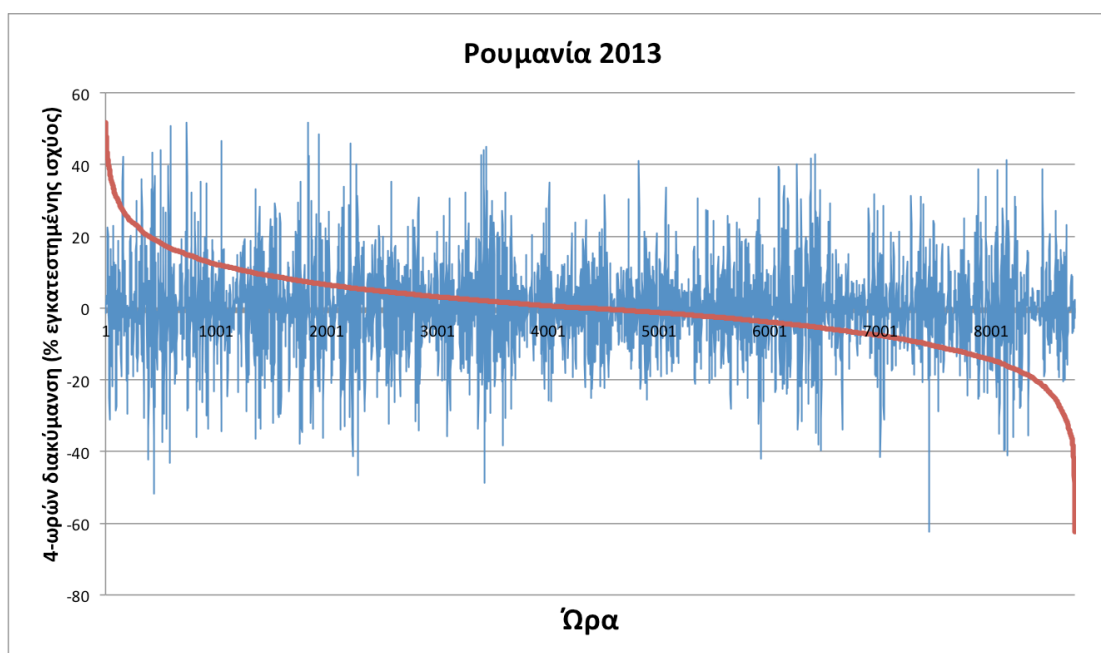
Διάγραμμα Π30. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γερμανία



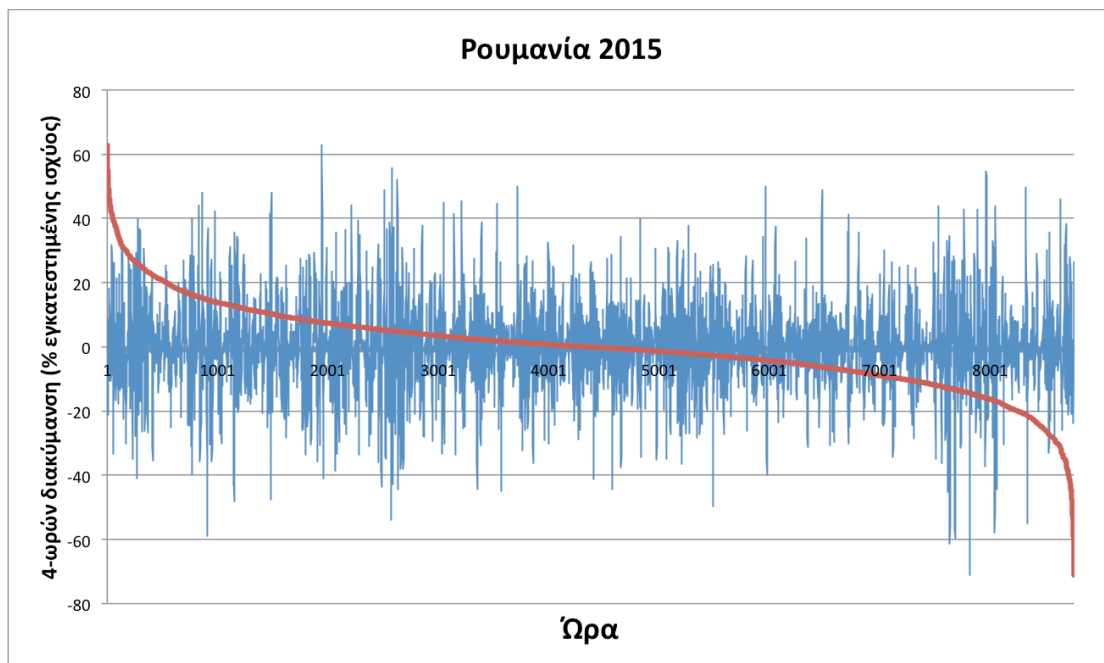
Διάγραμμα Π31. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ισπανία



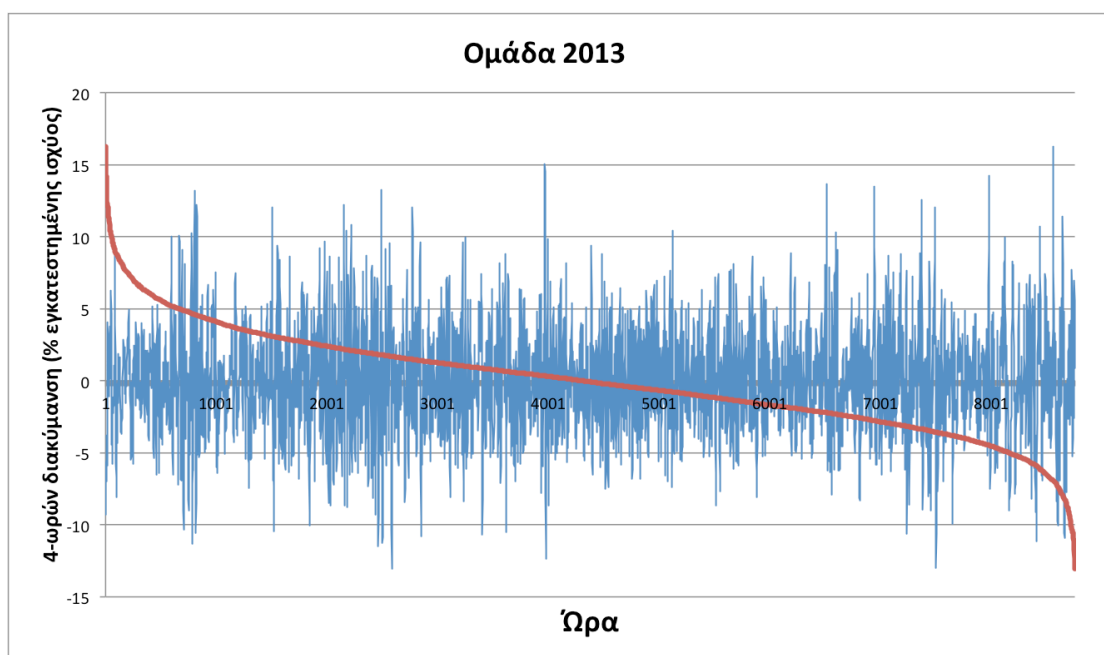
Διάγραμμα Π32. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ισπανία



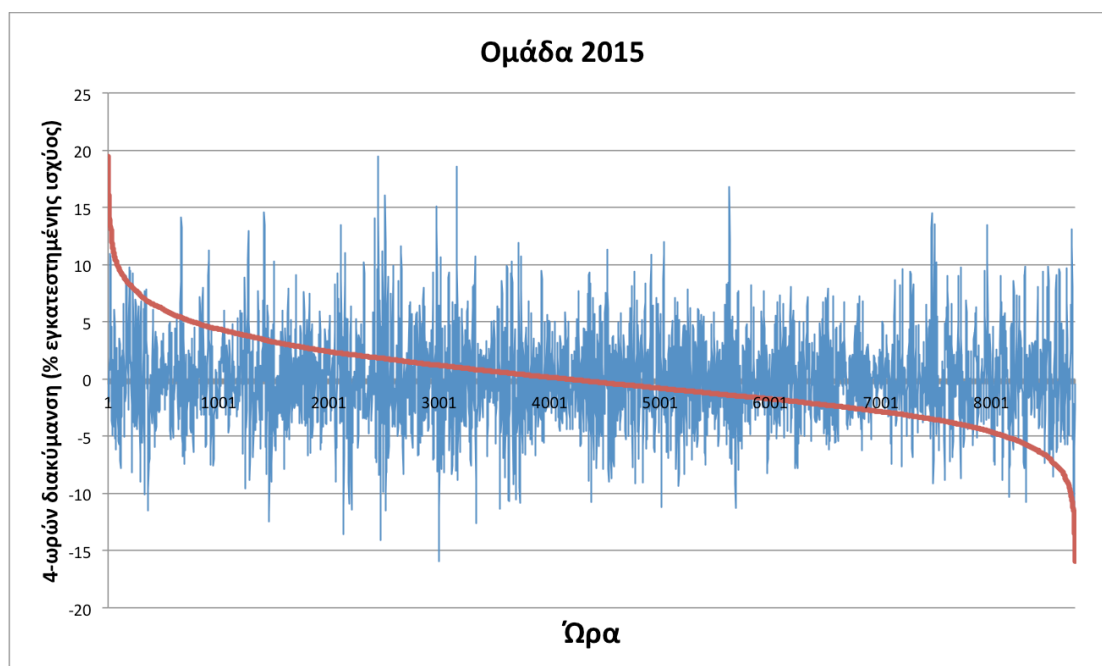
Διάγραμμα Π33. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στη Ρουμανία



Διάγραμμα Π34. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στη Ρουμανία



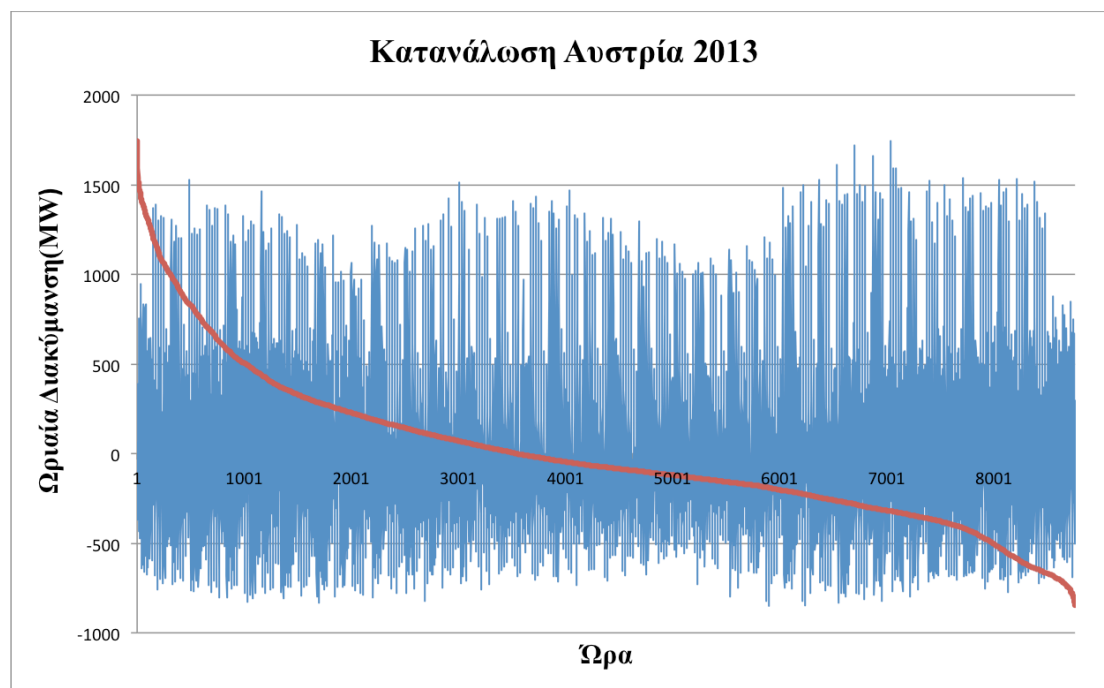
Διάγραμμα Π35. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ομάδα



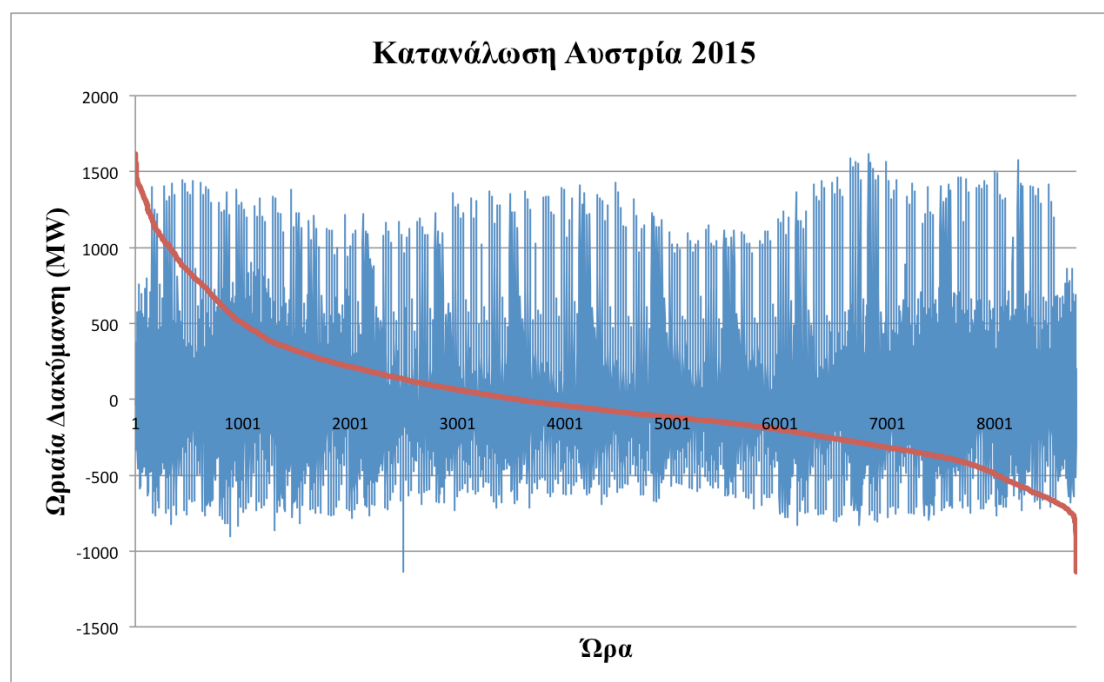
Διάγραμμα Π36. 4-ωρών διακύμανση της παραγωγής από χερσαία αιολικά πάρκα και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ομάδα

Π.2 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

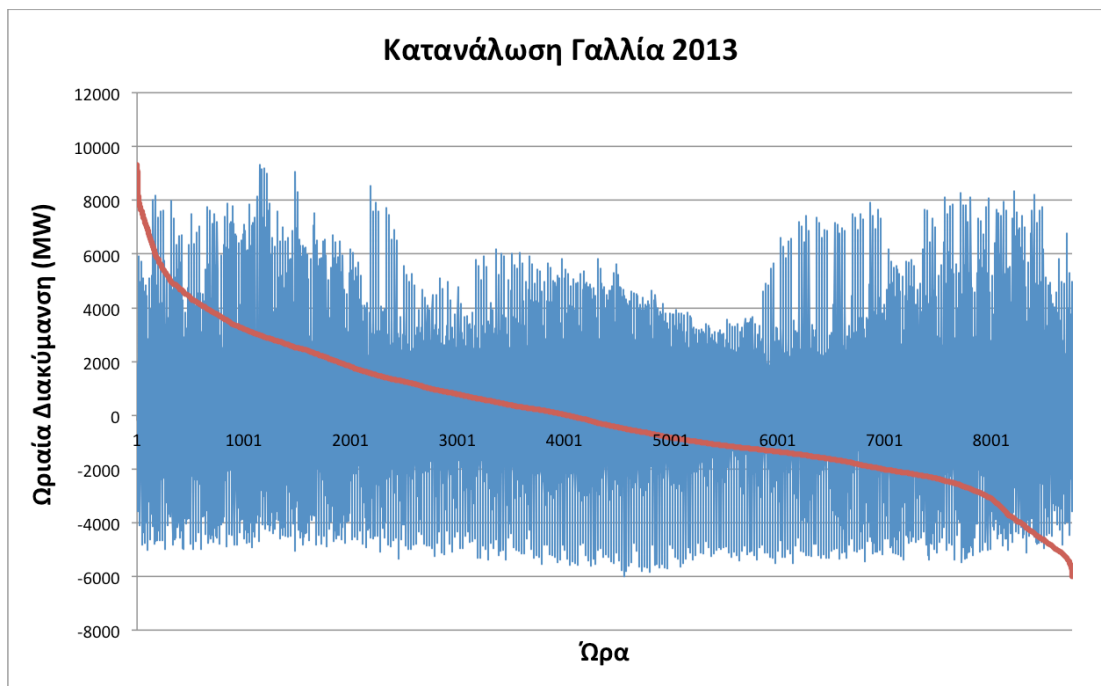
Π.2.1 Χρονοσειρές ωριαίας διακύμανσης της ζήτησης



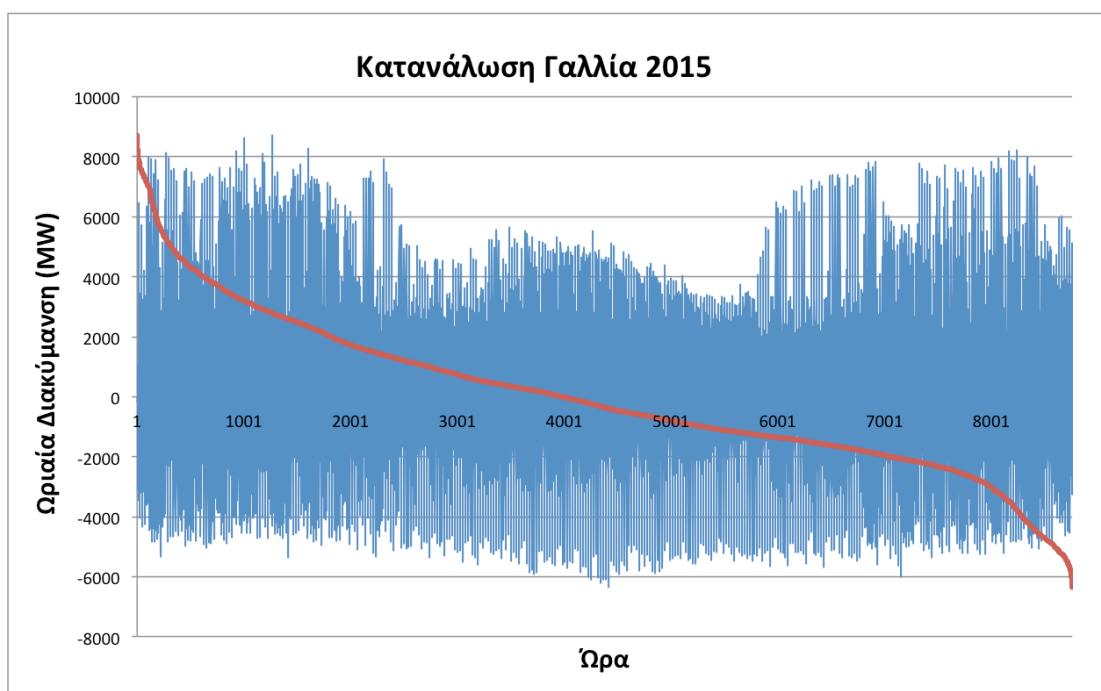
Διάγραμμα Π37. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Αυστρία



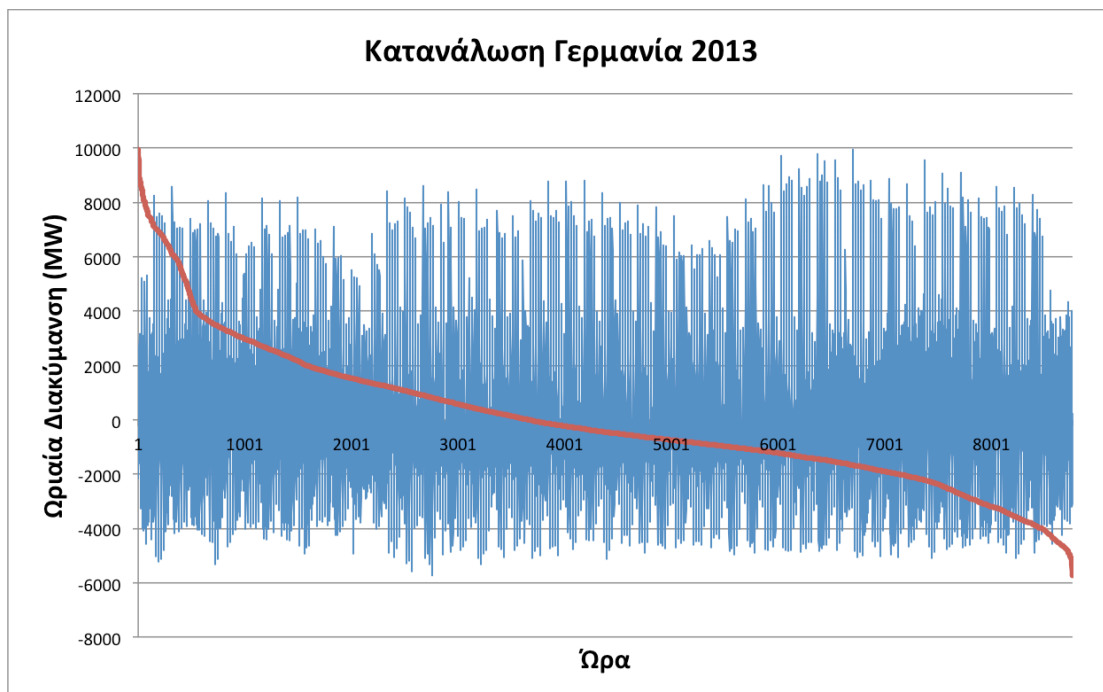
Διάγραμμα Π38. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Αυστρία



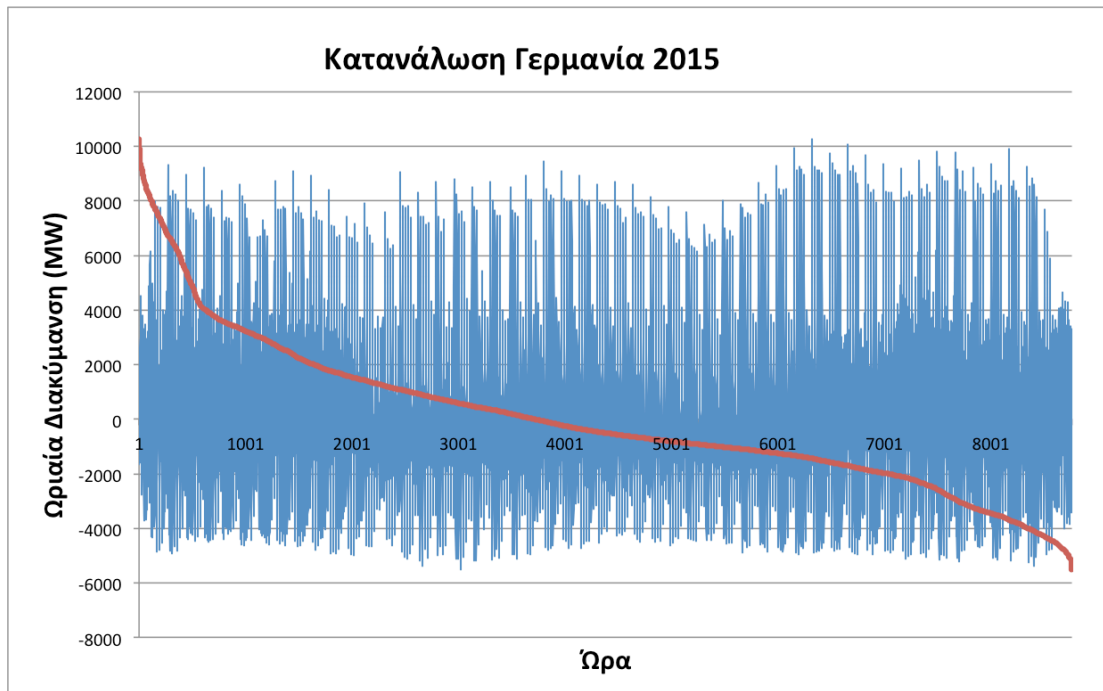
Διάγραμμα Π39. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γαλλία



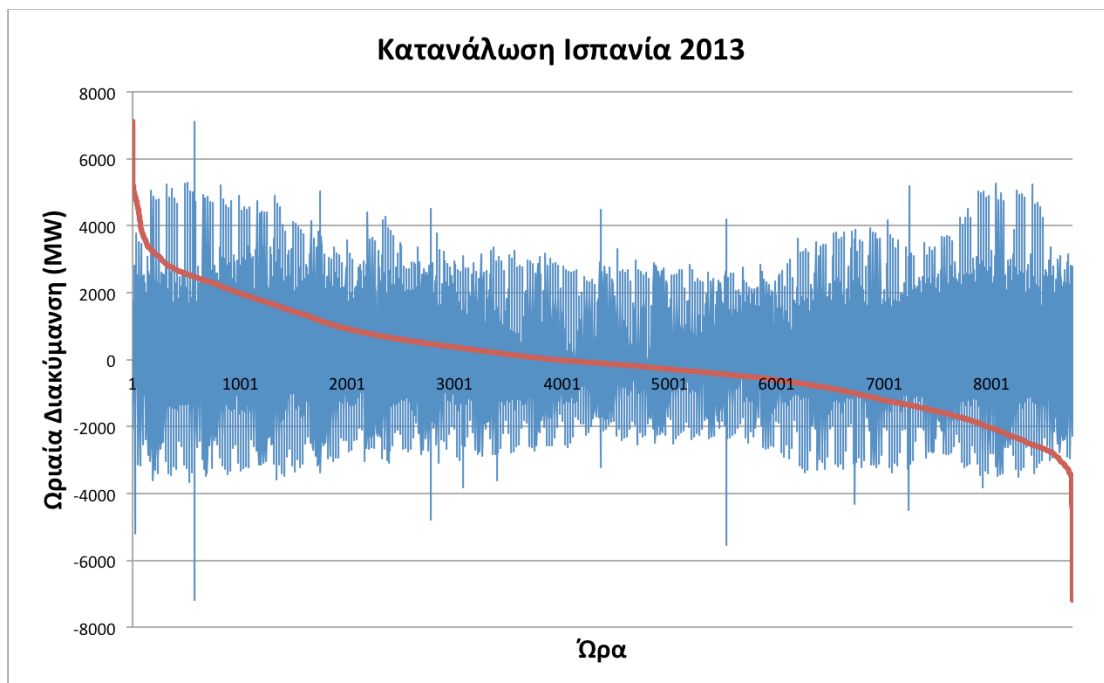
Διάγραμμα Π40. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γαλλία



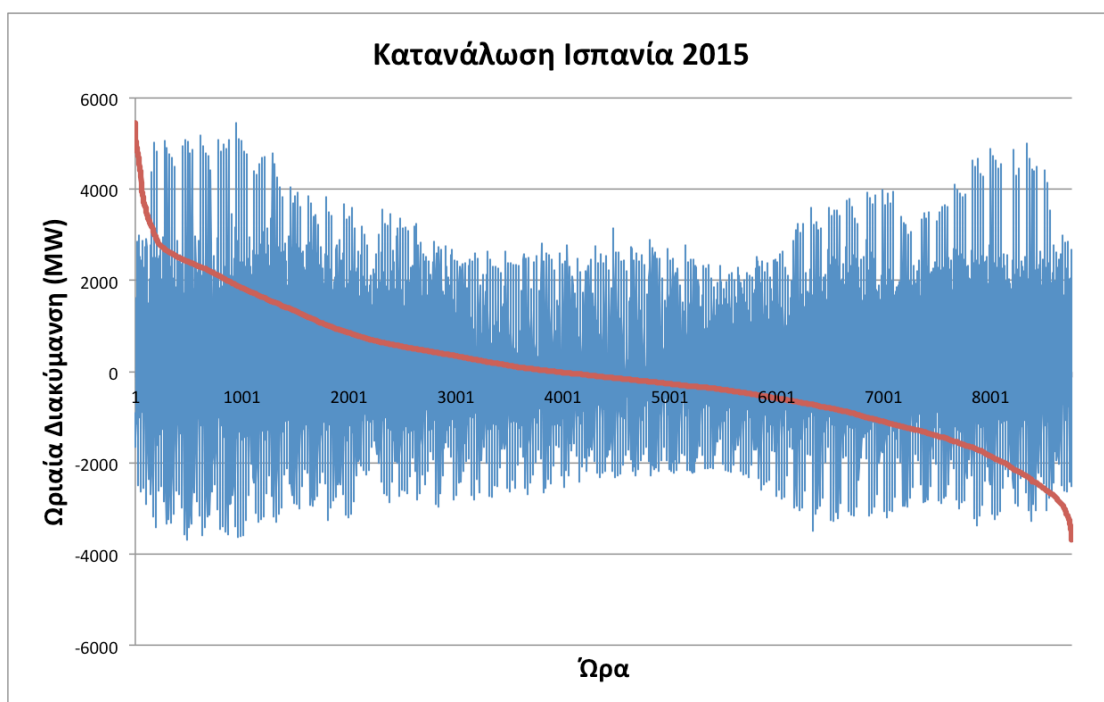
Διάγραμμα Π41. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γερμανία



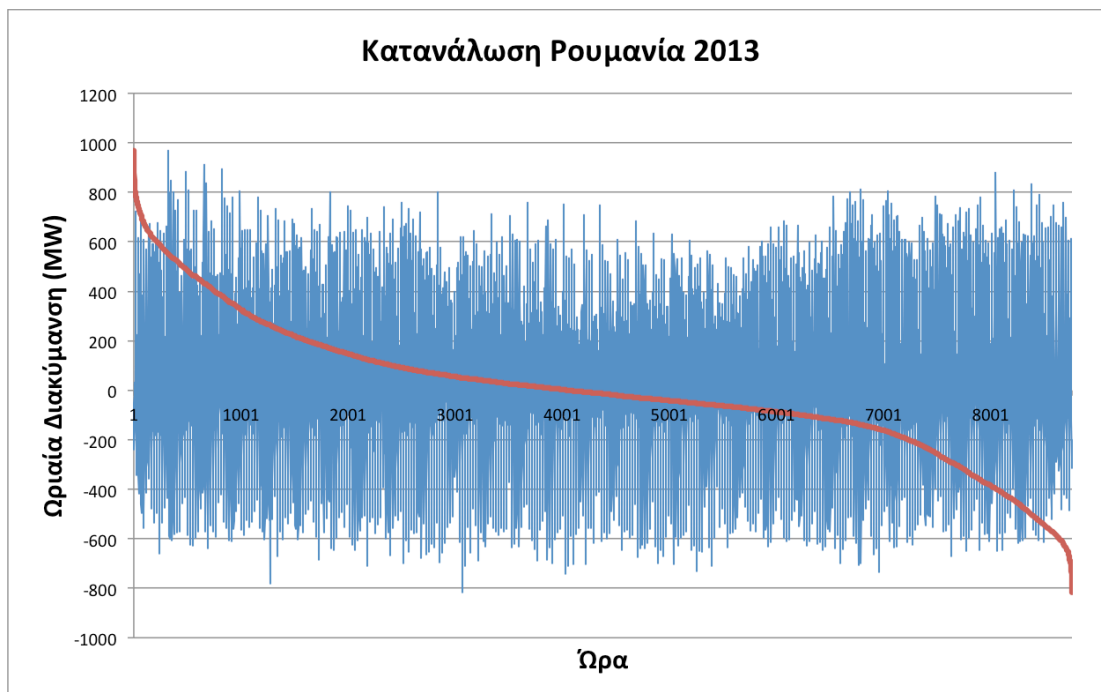
Διάγραμμα Π42. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γερμανία



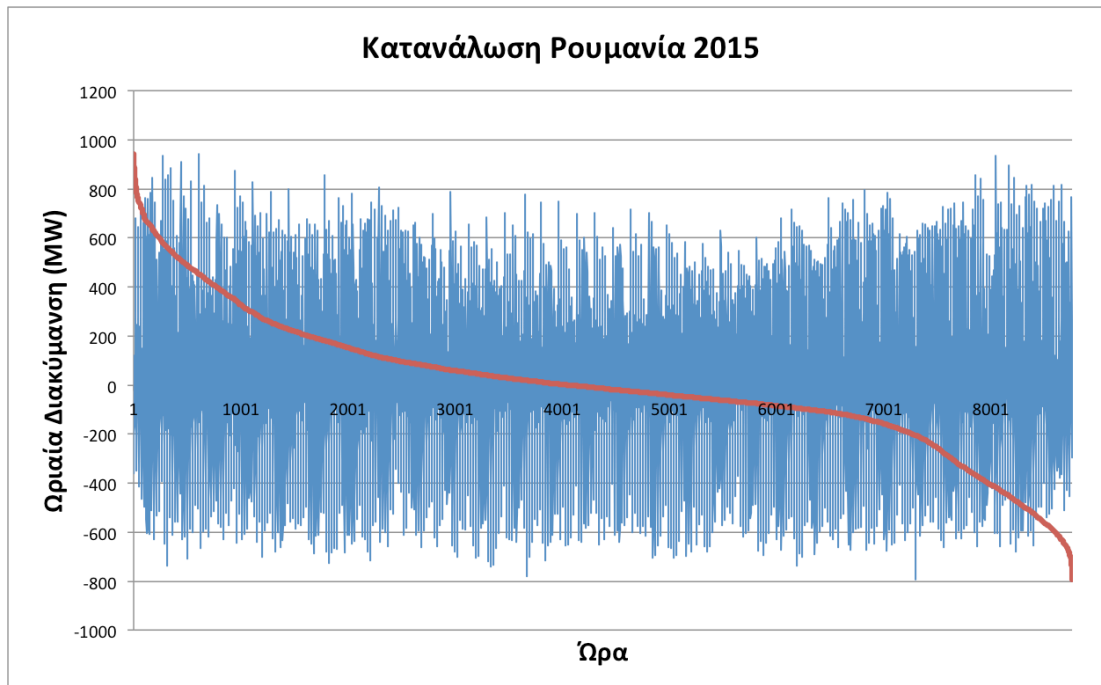
Διάγραμμα Π43. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ισπανία



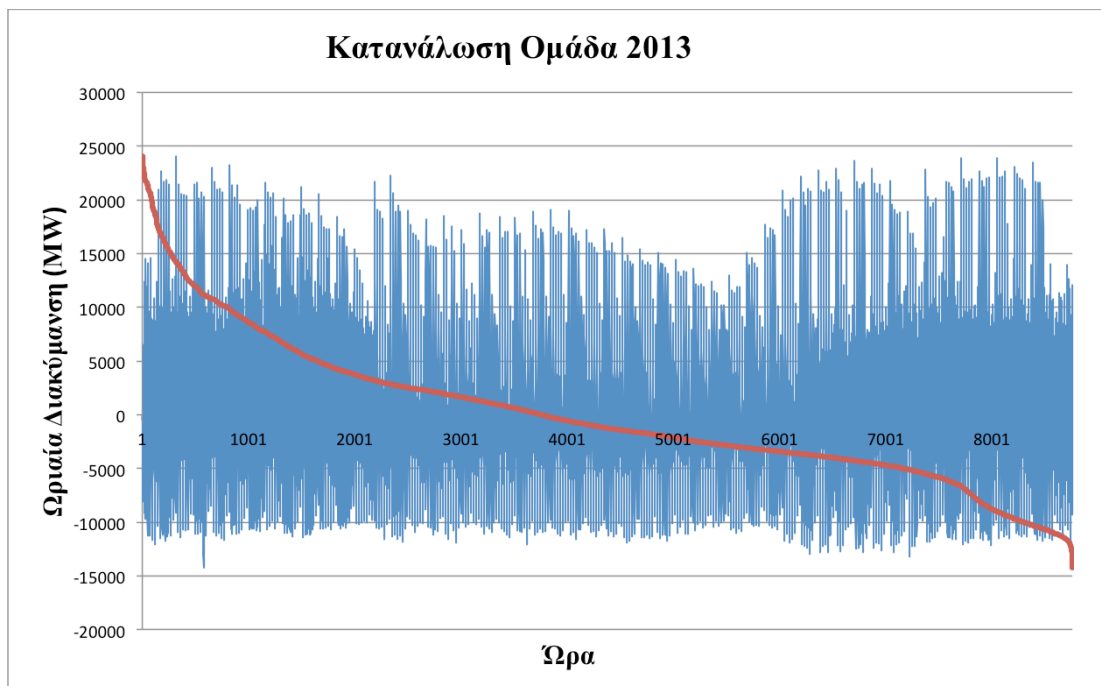
Διάγραμμα Π44. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ισπανία



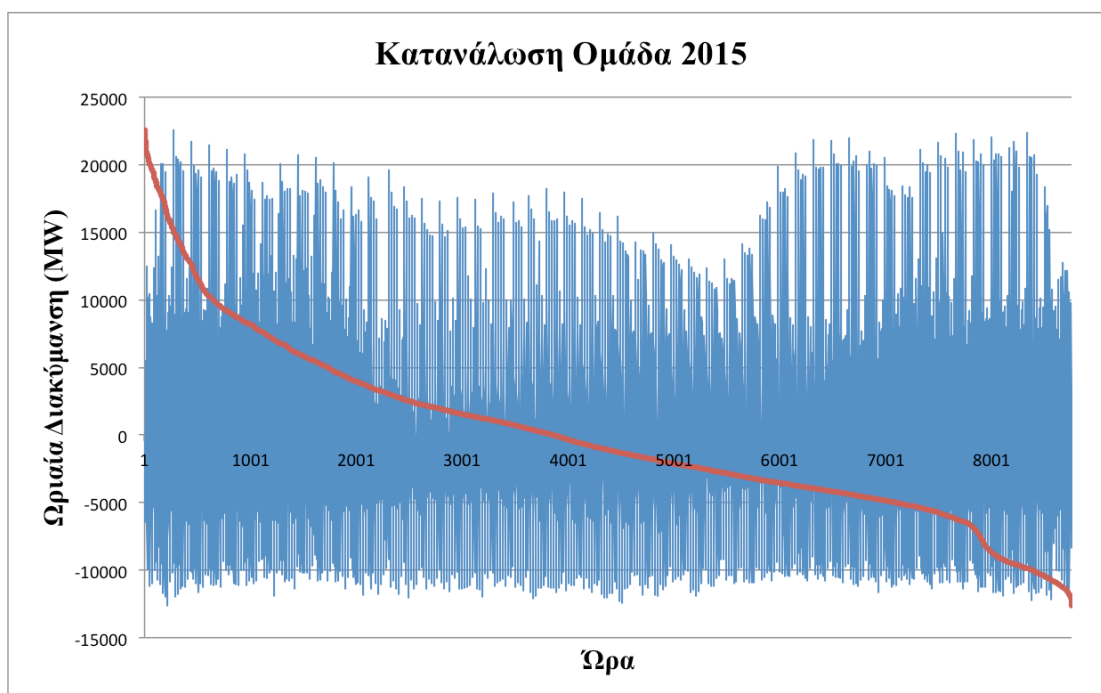
Διάγραμμα Π45. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στη Ρουμανία



Διάγραμμα Π46. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στη Ρουμανία



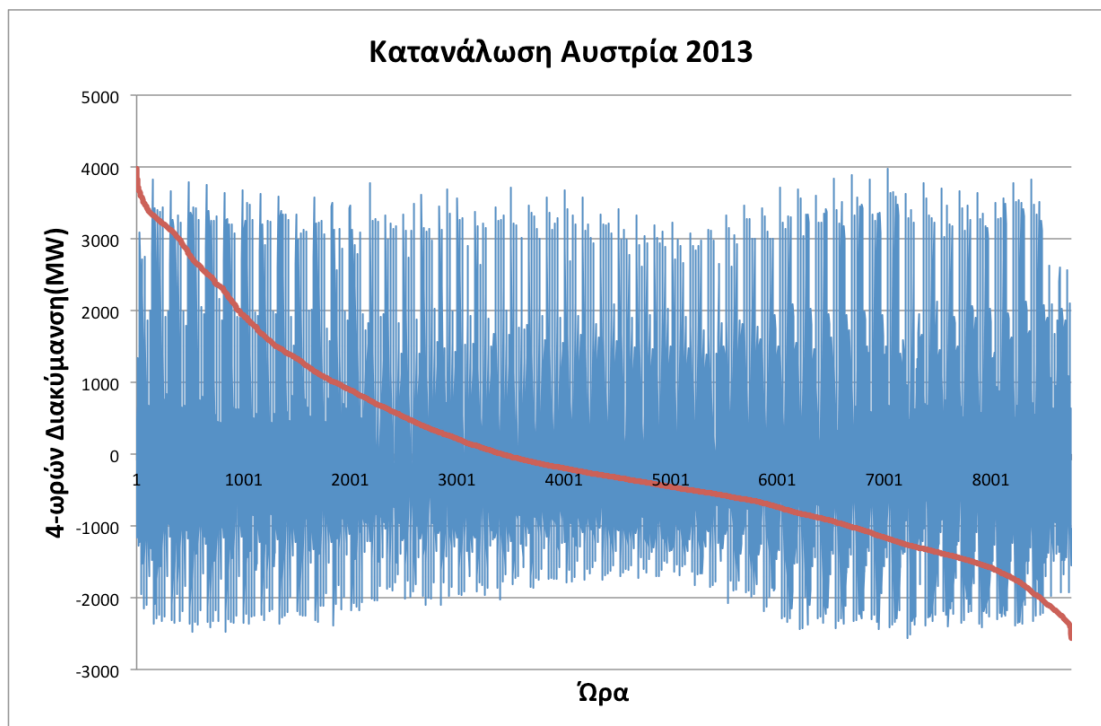
Διάγραμμα Π47. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ομάδα



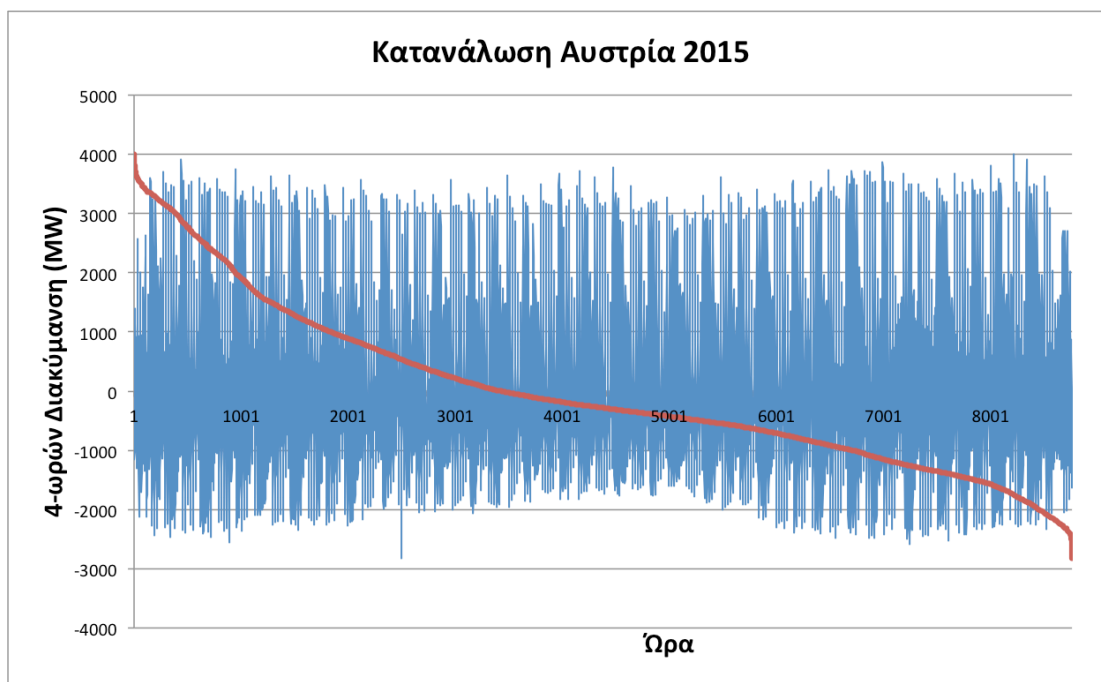
Διάγραμμα Π48. Ωριαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ομάδα

Π.2.2 Διακύμανση 4-ωρών της ζήτησης

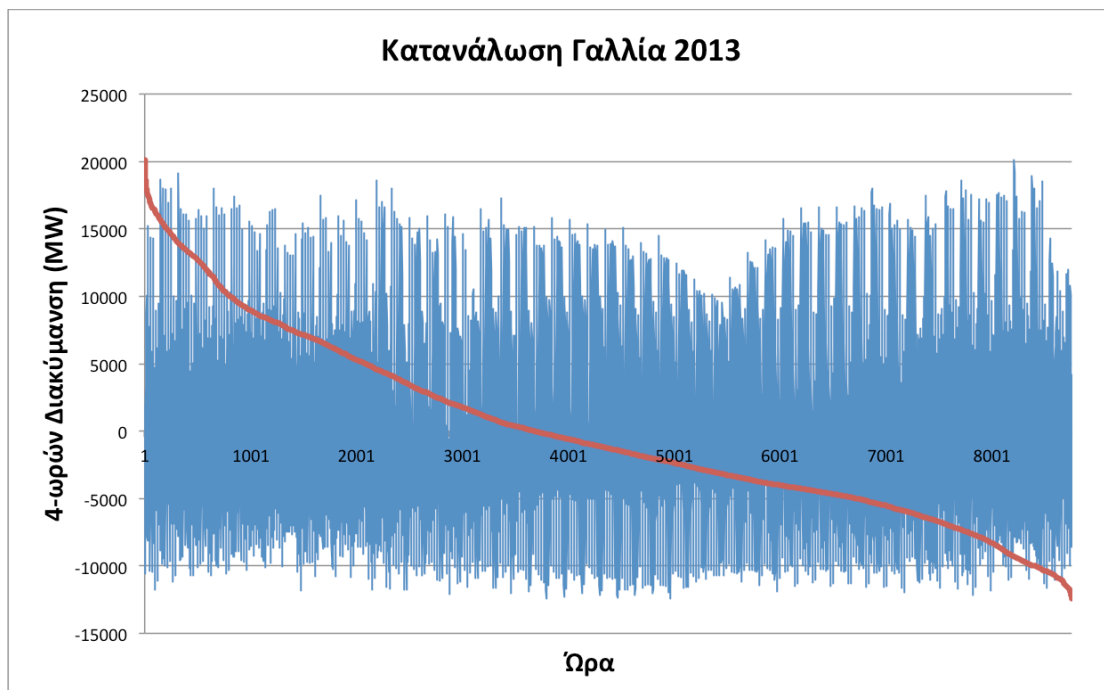
Π.2.2.1 Χρονοσειρές 4-ωρών διακύμανσης της ζήτησης



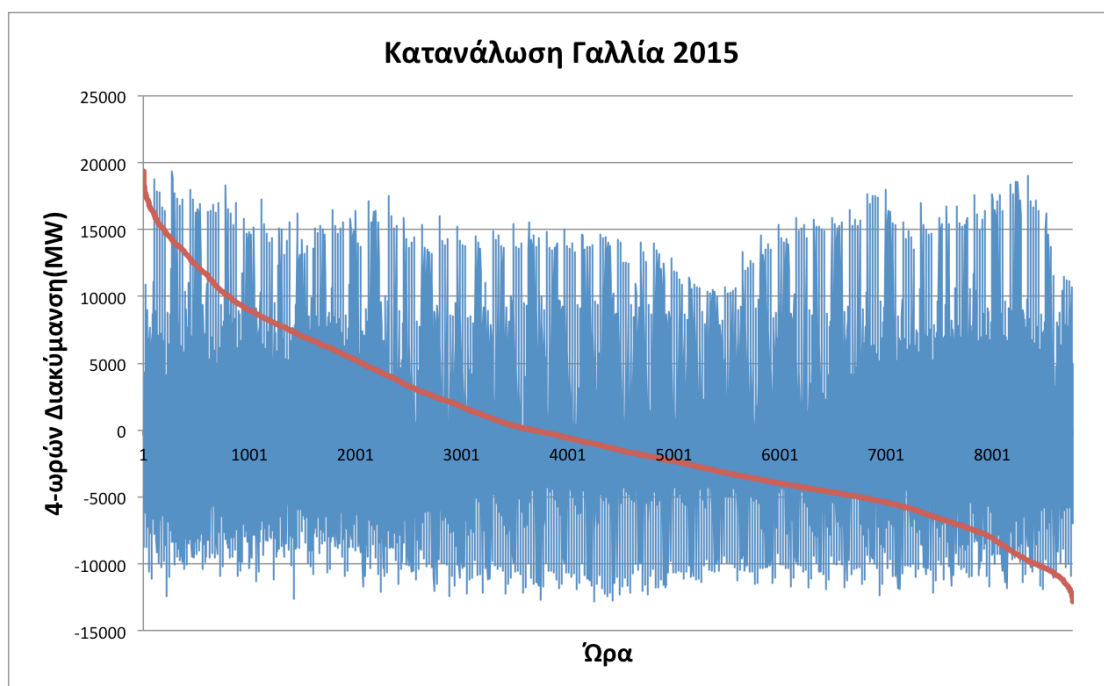
Διάγραμμα Π49. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Αυστρία



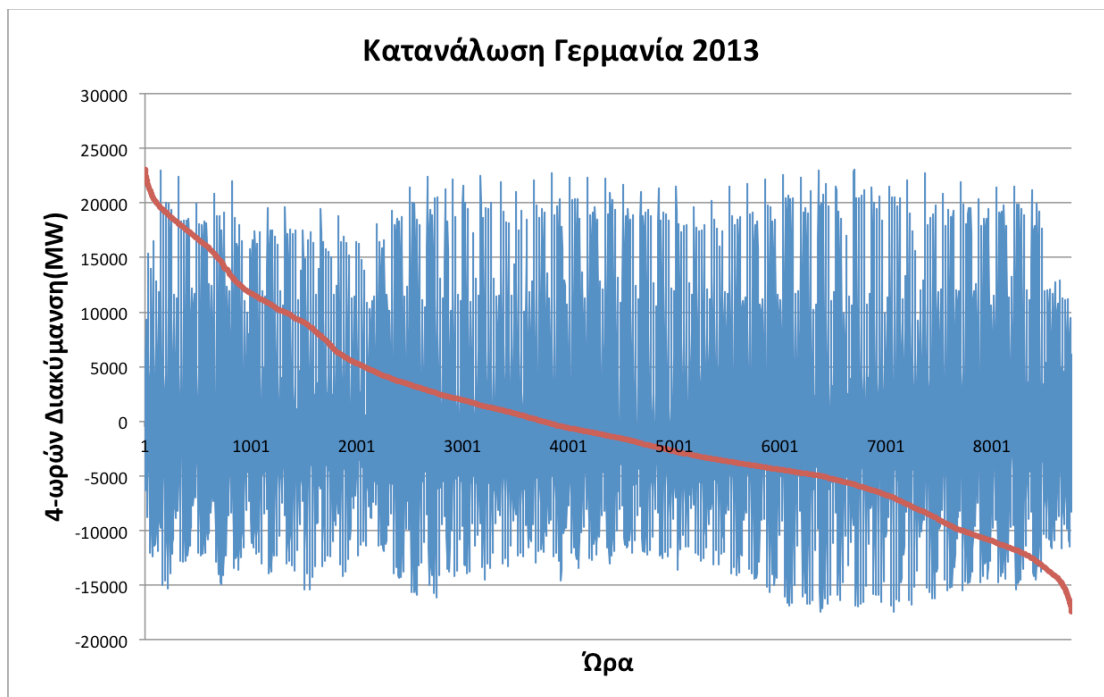
Διάγραμμα Π50. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Αυστρία



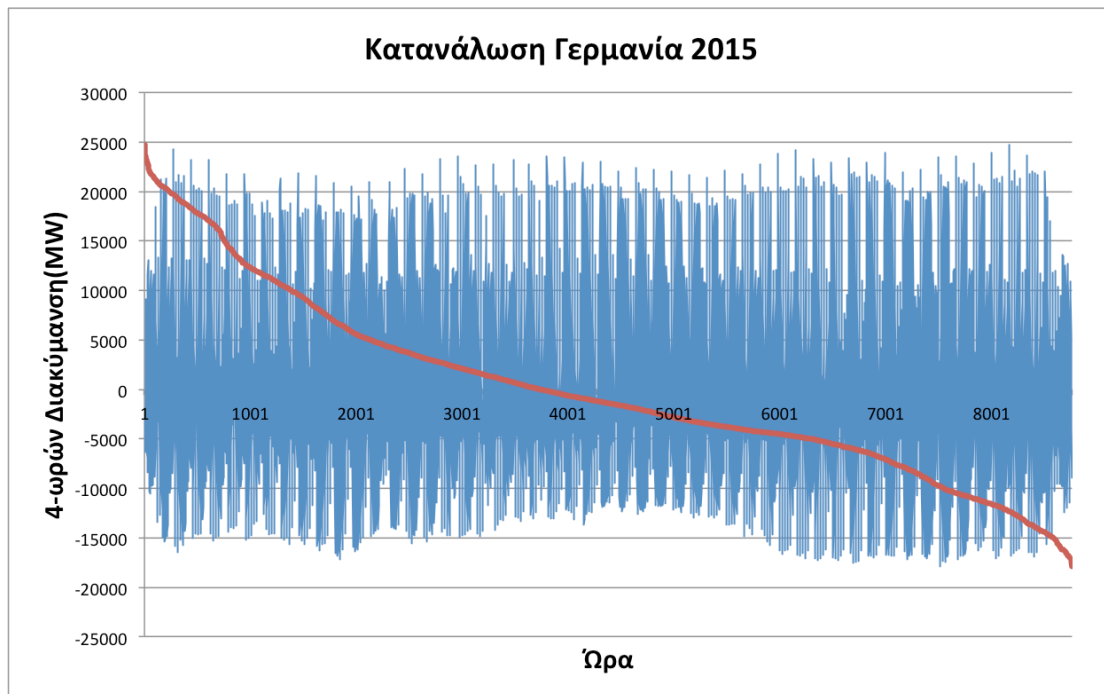
Διάγραμμα Π51. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γαλλία



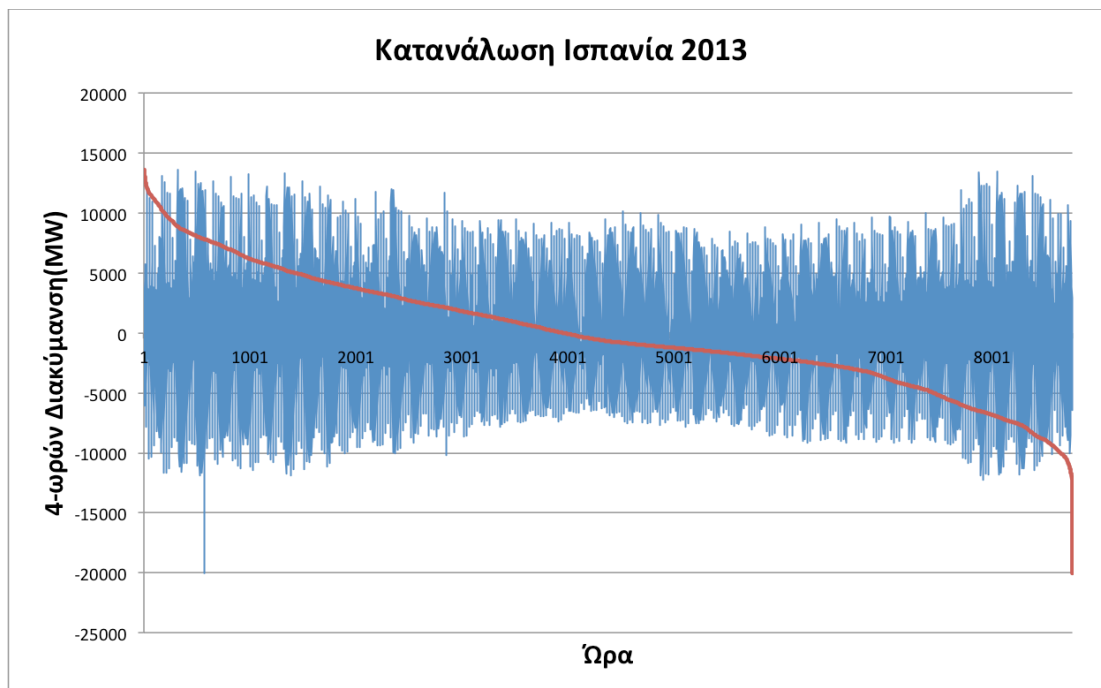
Διάγραμμα Π52. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γαλλία



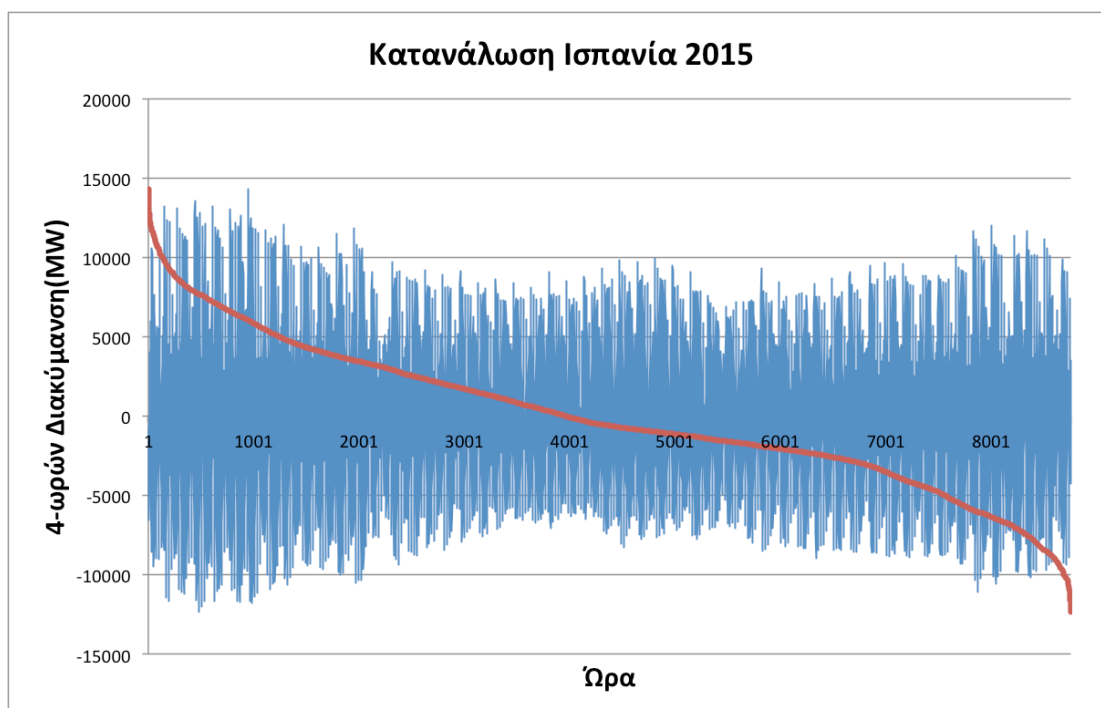
Διάγραμμα Π53. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Γερμανία



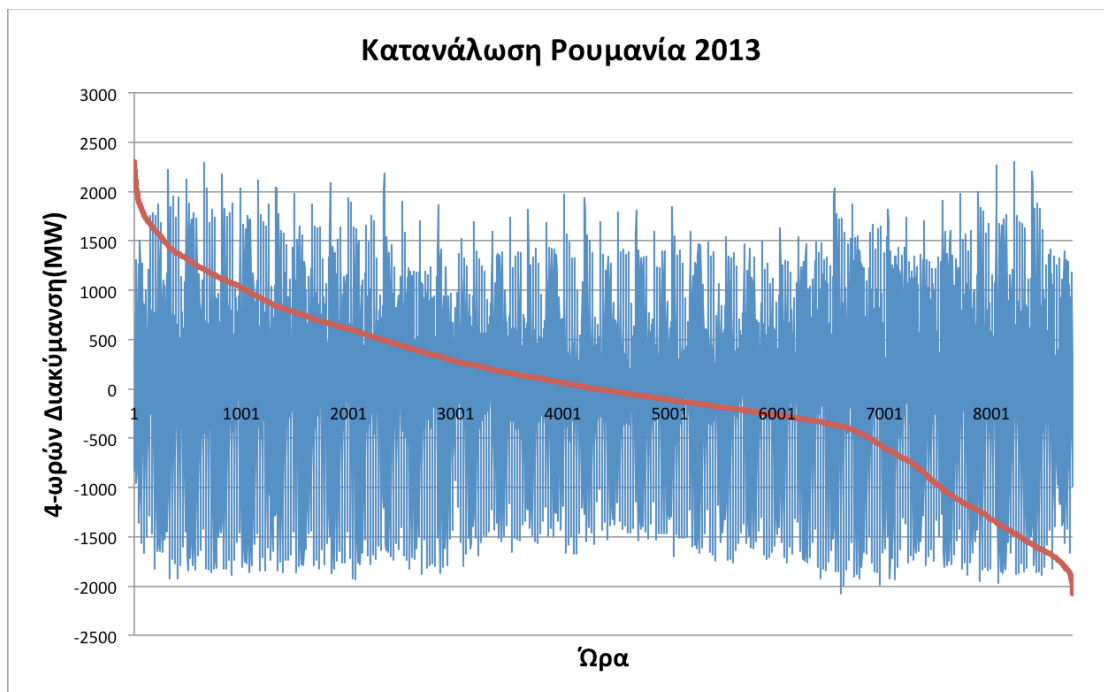
Διάγραμμα Π54. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Γερμανία



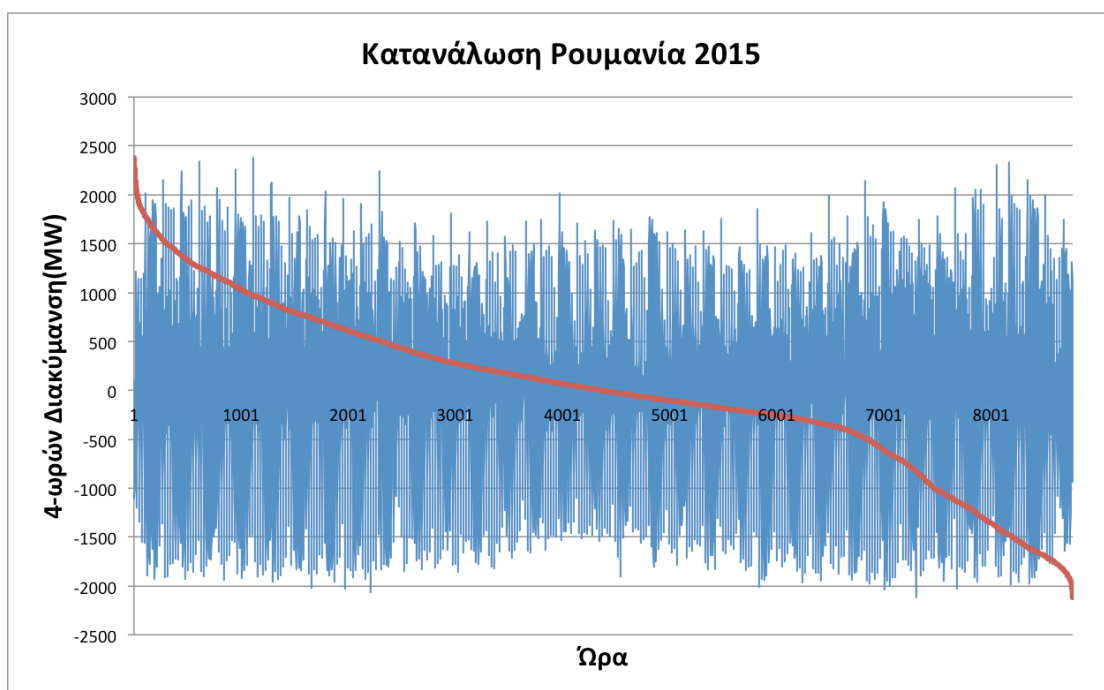
Διάγραμμα Π155. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ισπανία



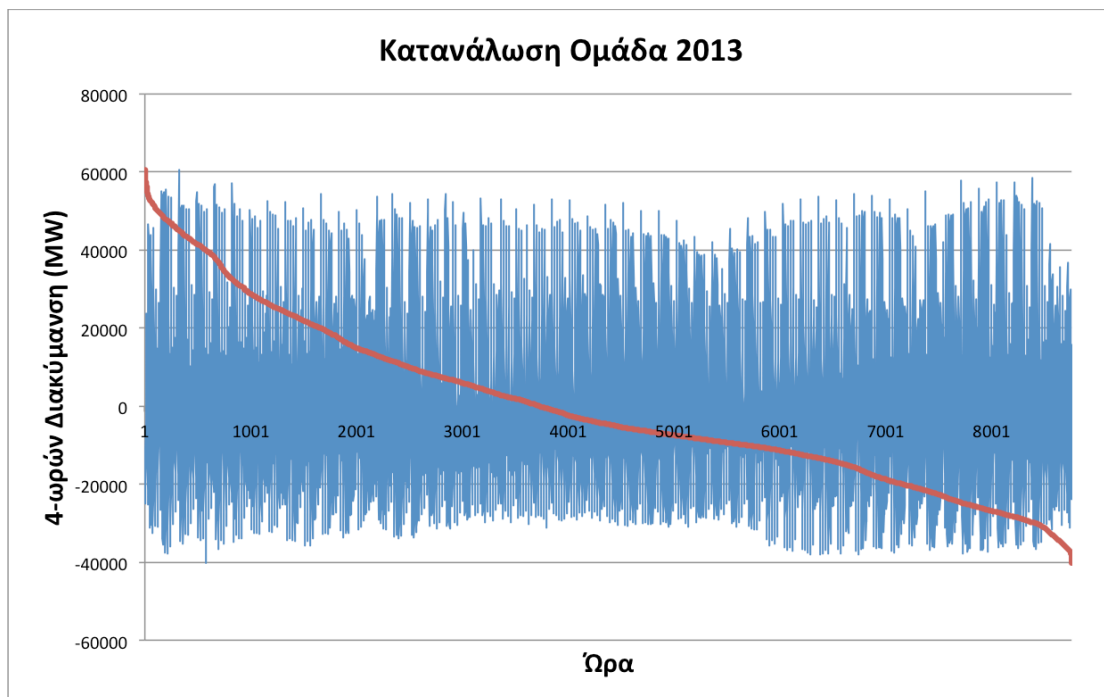
Διάγραμμα Π156. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ισπανία



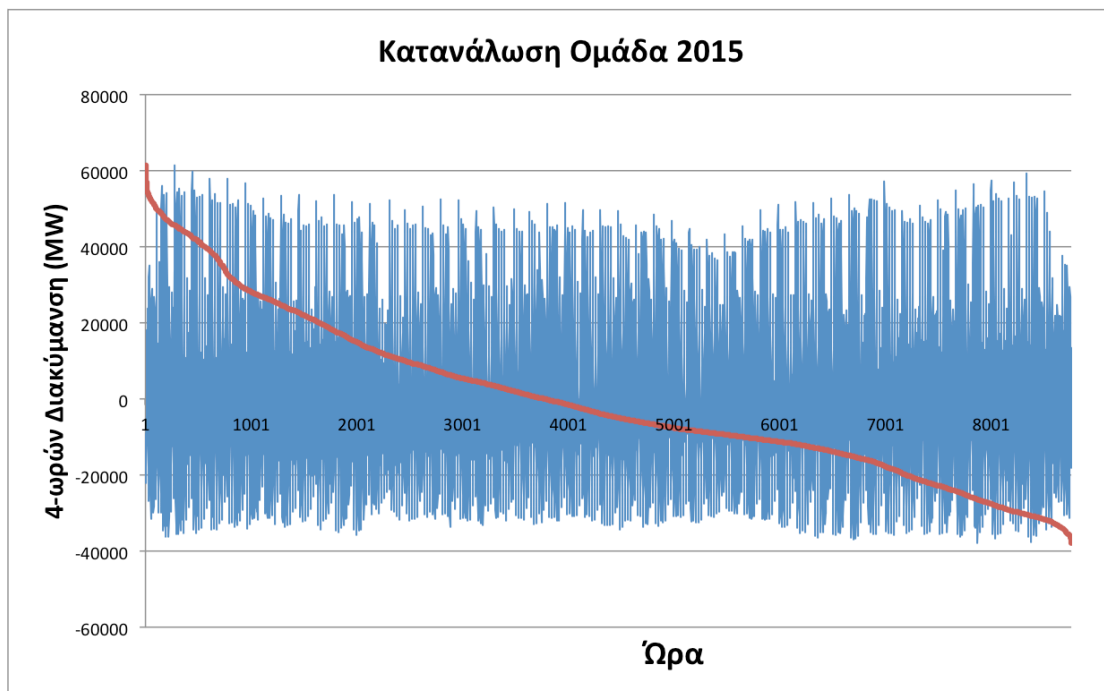
Διάγραμμα Π157. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στη Ρουμανία



Διάγραμμα Π158. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στη Ρουμανία



Διάγραμμα Π159. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2013, στην Ομάδα



Διάγραμμα Π160. 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καμπύλη διάρκειας, κατά το έτος 2015, στην Ομάδα

Π.2.2.2 Στατιστικοί δείκτες 4-ωρών διακύμανσης της ζήτησης

2013	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	34,74 (3975)	21,71 (20113)	30,51 (23073)	34,32 (13605)	27,65 (2298)	27,74 (60646)
Ελάχιστη Τιμή	-22,39 (-2562)	-13,44 (-12449)	-23,08 (-17453)	-50,52 (-20027)	-25,02 (-2080)	-18,37 (-40159)
Θετική Μέση Τιμή	12,03 (1376)	7,00 (6485)	10,35 (7827)	10,84 (4296)	7,74 (644)	9,25 (20211)
Αρνητική Μέση Τιμή	-7,74 (-885)	-5,06 (-4691)	-7,78 (-5881)	-8,90 (-3527)	-7,48 (-622)	-6,83 (-14933)
Τυπική Απόκλιση	11,94 (1366)	7,21 (6682)	11,21 (8475)	12,17 (4825)	9,86 (819)	9,68 (21161)

Πίνακας Π1. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης για το έτος 2013. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.

2015	Αυστρία	Γαλλία	Γερμανία	Ισπανία	Ρουμανία	Ομάδα
Μέγιστη Τιμή	35,17 (4005)	21,13 (19366)	31,83 (24667)	35,48 (14305)	28,02 (2378)	27,26 (61326)
Ελάχιστη Τιμή	-24,80 (-2824)	-14,02 (-12841)	-23,08 (-17887)	-30,60 (-12340)	-24,93 (-2116)	-16,82 (-37824)
Θετική Μέση Τιμή	11,96 (1362)	7,00 (6417)	10,76 (8335)	9,93 (4006)	7,61 (646)	8,74 (19653)
Αρνητική Μέση Τιμή	-7,71 (-878)	-5,06 (-4637)	-8,00 (-6197)	-8,21 (-3309)	-7,58 (-644)	-6,66 (-14989)
Τυπική Απόκλιση	11,93 (1359)	7,22 (6616)	11,62 (9003)	11,22 (4524)	9,90 (840)	9,35 (21042)

Πίνακας Π2. Βασικοί στατιστικοί δείκτες για την 4-ωρών διακύμανση της κατανάλωσης για το έτος 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται ως % ποσοστό επί της αιχμής ζήτησης και σε παρένθεση σε MW.