



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

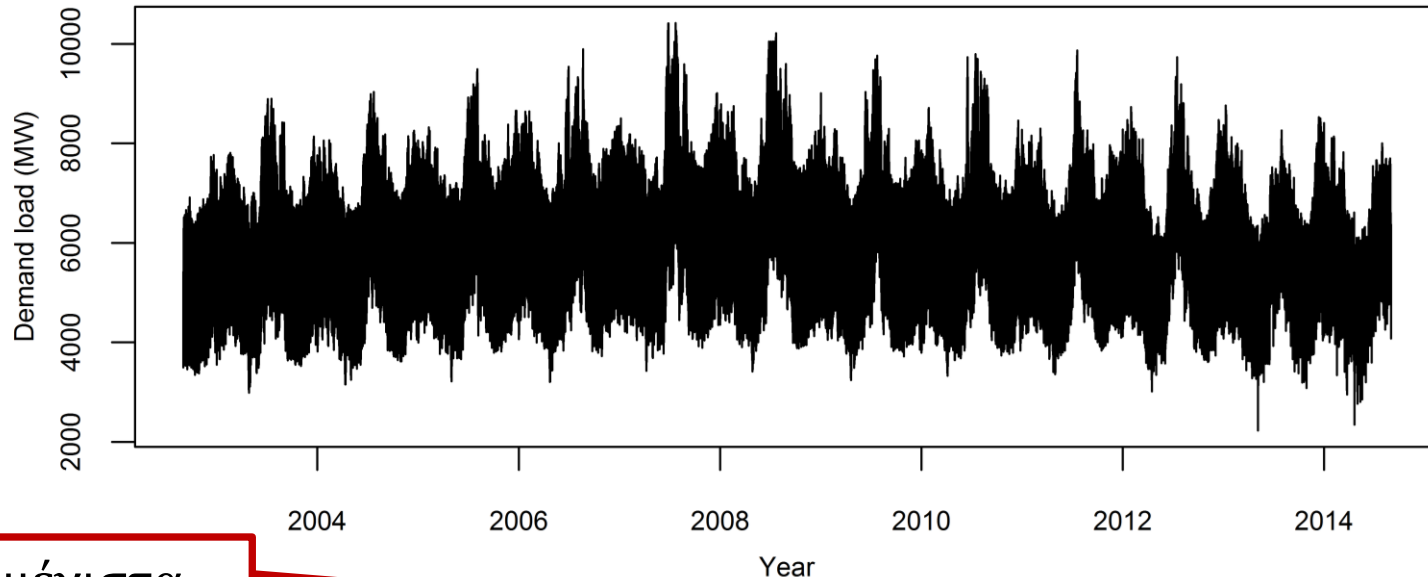
Χωροχρονική διερεύνηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Χρήστος Τύραλης
Μηχανικός Εγκαταστάσεων, Σχολή Ικάρων

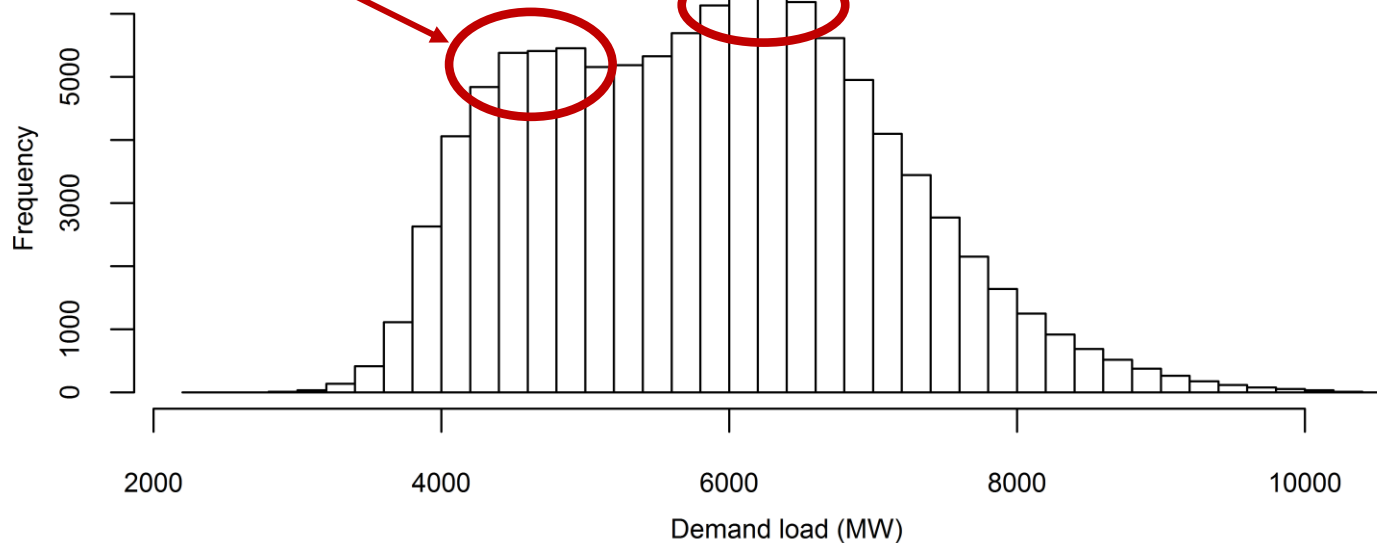
Εισαγωγή

- Προσομοίωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Θεσσαλία.
 - Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση.
 - Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τις υπόλοιπες χρήσεις.
- Δεδομένα συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για όλη την Ελλάδα σε **ωριαία κλίμακα** για την χρονική περίοδο 2002-2014 (IPTO 2015).
- Δεδομένα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για διάφορες κατηγορίες χρήσεων (αγροτική χρήση, βιομηχανική χρήση, εμπορική χρήση, οικιακή χρήση, δημόσιες υπηρεσίες, φωτισμός οδών, συνολική χρήση), σε ετήσια κλίμακα και **χωρική κλίμακα νομού** για την χρονική περίοδο 2008-2012 (Hellenic Statistical Authority).
- Δεδομένα πληθυσμού και Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) σε ετήσια κλίμακα και **χωρική κλίμακα νομού** για την χρονική περίοδο 2008-2012 (Hellenic Statistical Authority).
- Πρόβλημα η αναγωγή των ωριαίων δεδομένων στην Θεσσαλία.

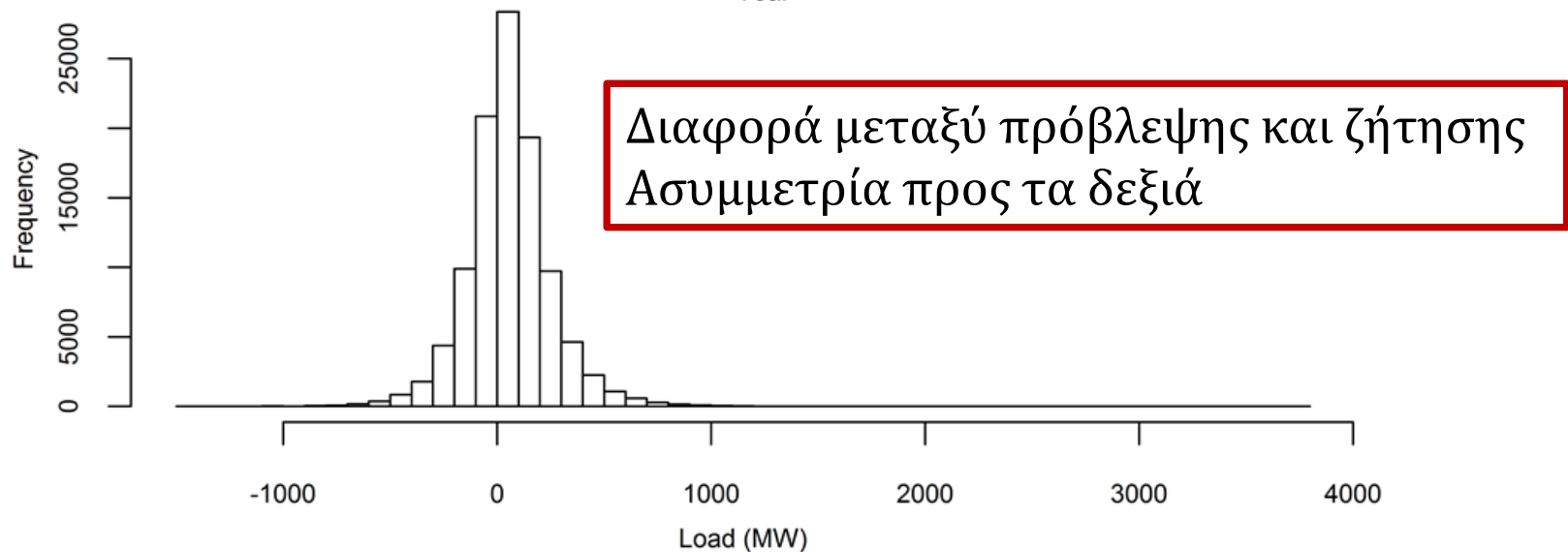
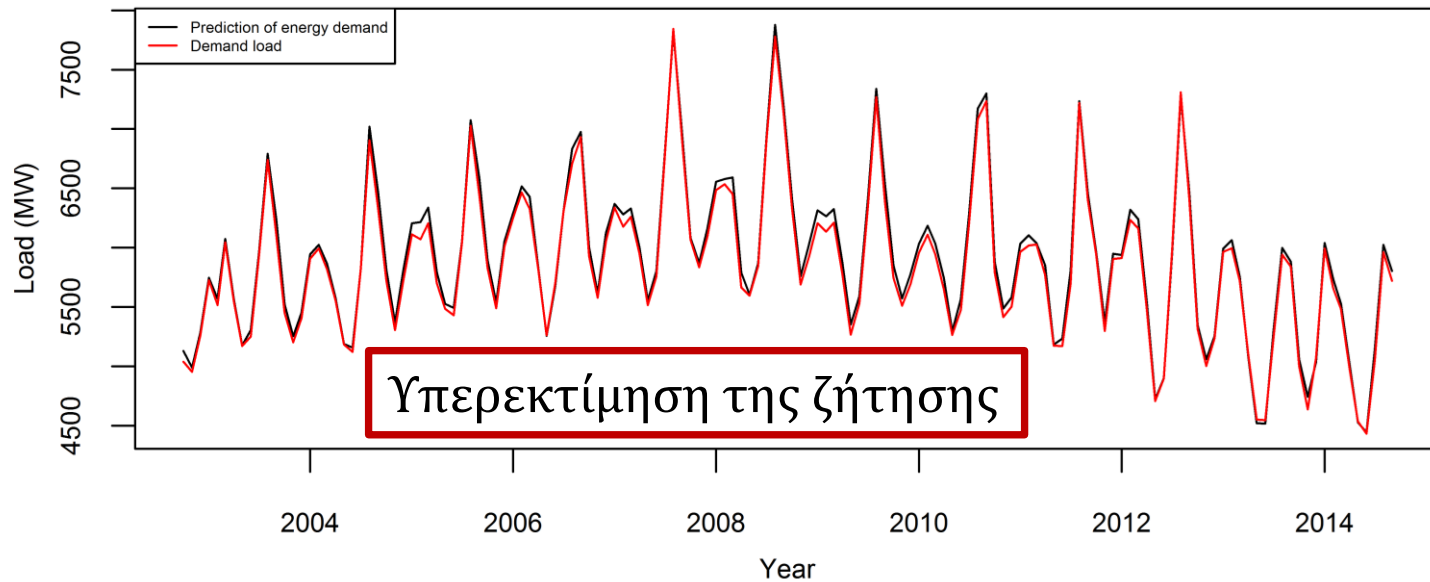
Ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα



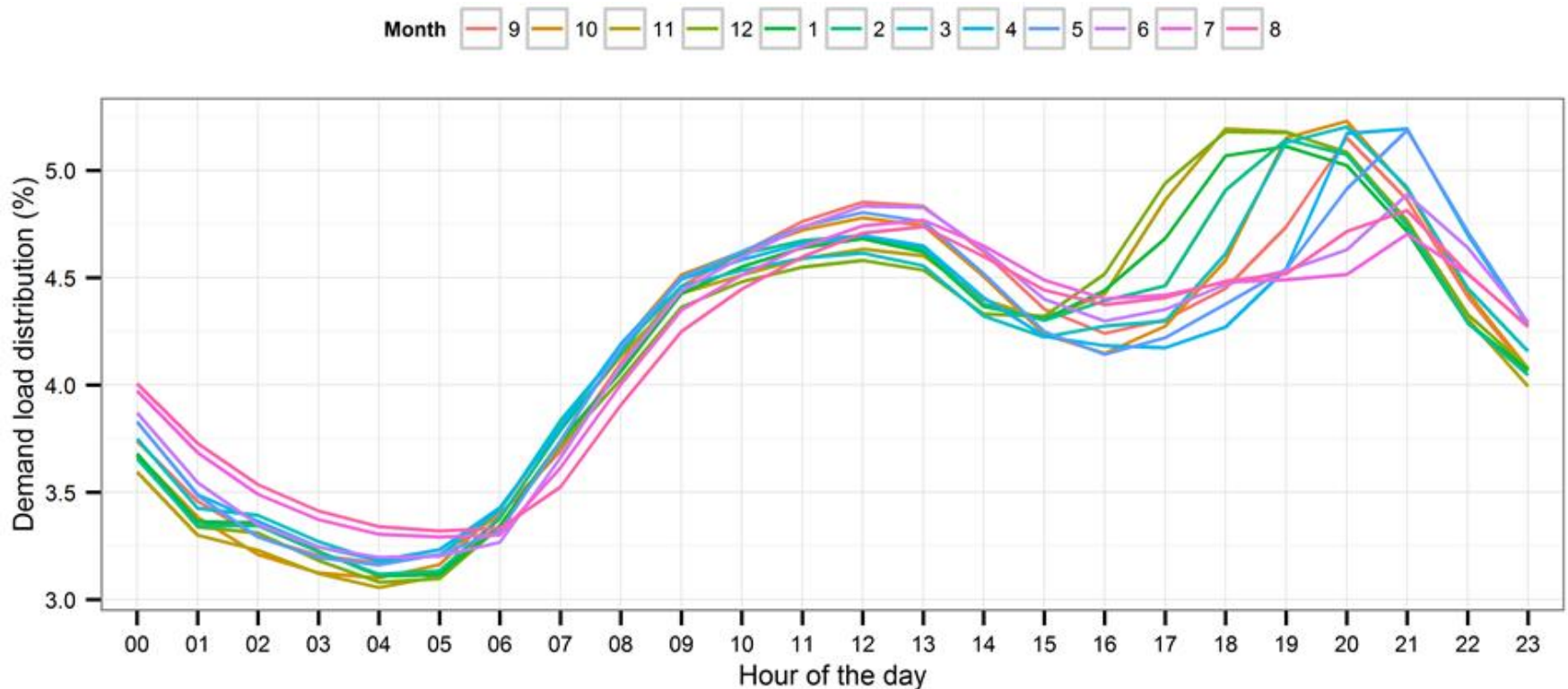
Δύο μέγιστα



Πρόβλεψη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΑΔΜΗΕ

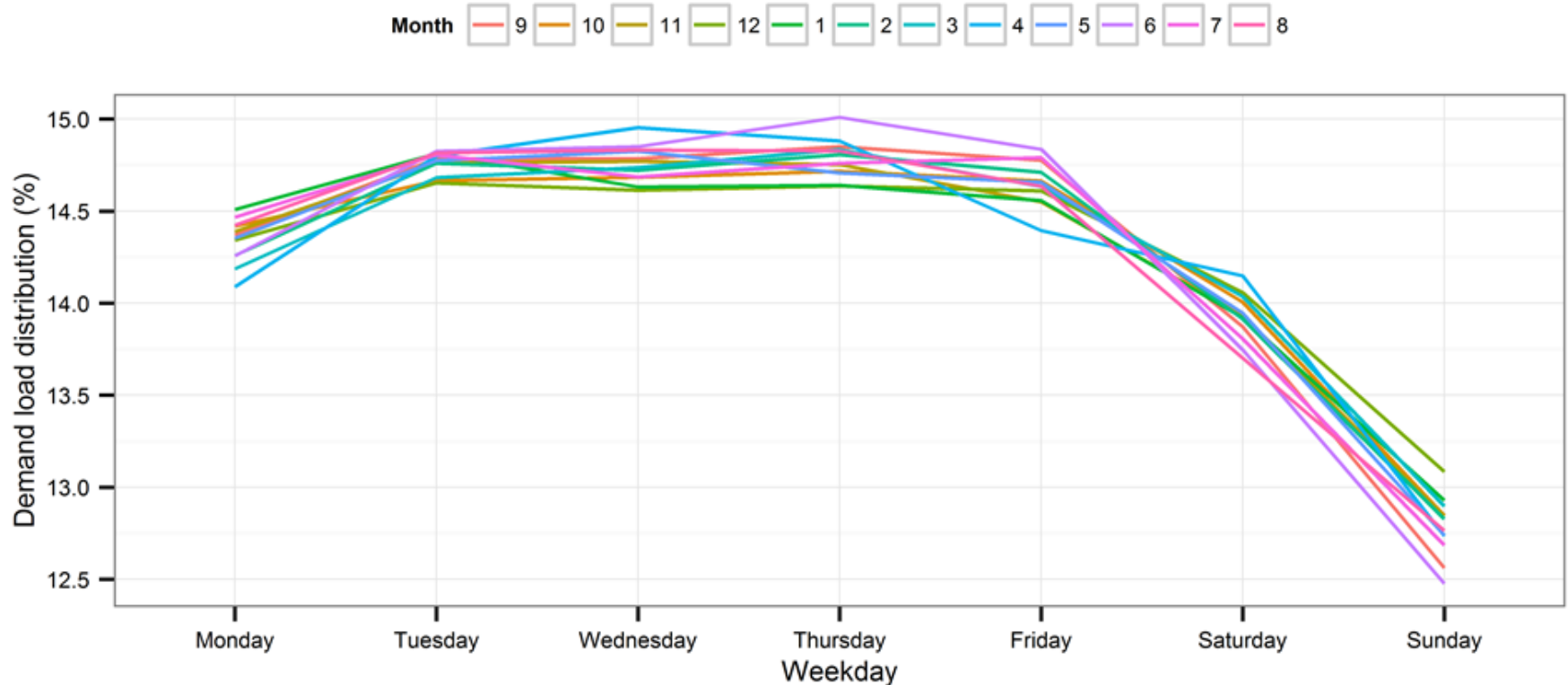


Κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην ημέρα



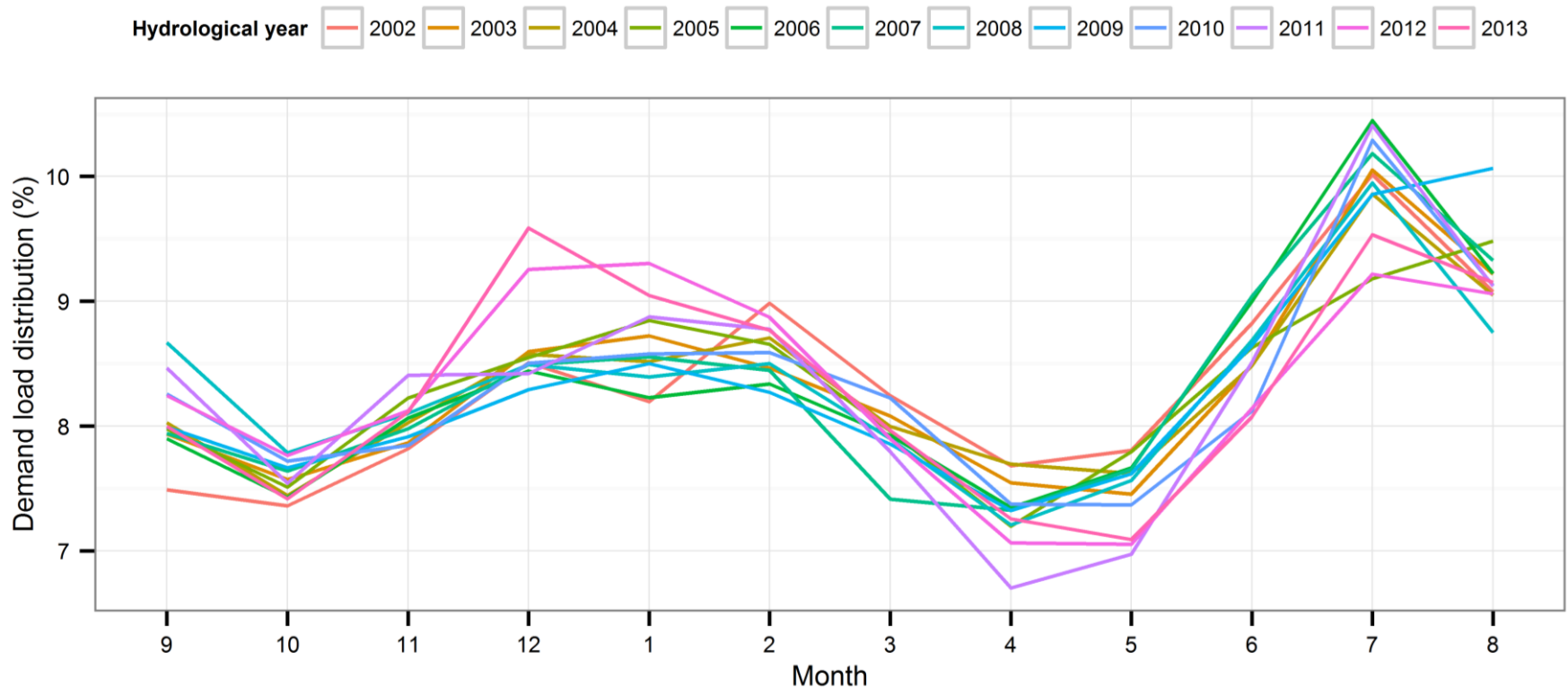
- Δεδομένα από τα έτη 2002-2014.
- Μέγιστες τιμές το πρωί και το απόγευμα.
- Ελάχιστες τιμές λίγο πριν το ξημέρωμα και το μεσημέρι.
- Η μέγιστη τιμή του απογεύματος μικραίνει τους θερινούς μήνες.

Κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην βδομάδα



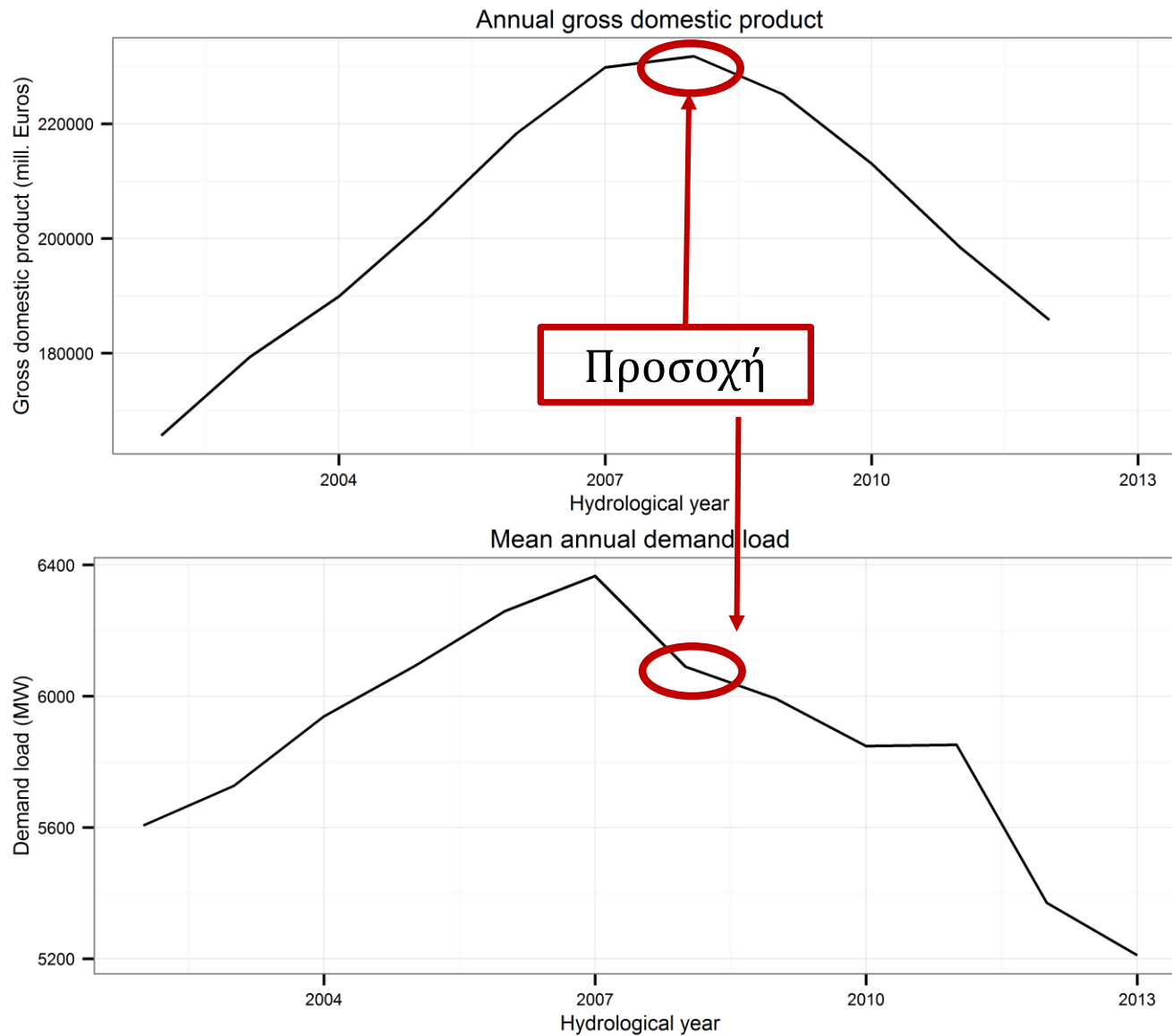
- Δεδομένα από τα έτη 2002-2014.
- Μέγιστες τιμές την Τετάρτη ή Πέμπτη.
- Ελάχιστες τιμές το Σάββατο και την Κυριακή.
- Περιοδικότητα σε σχέση με την ημέρα.

Κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο έτος

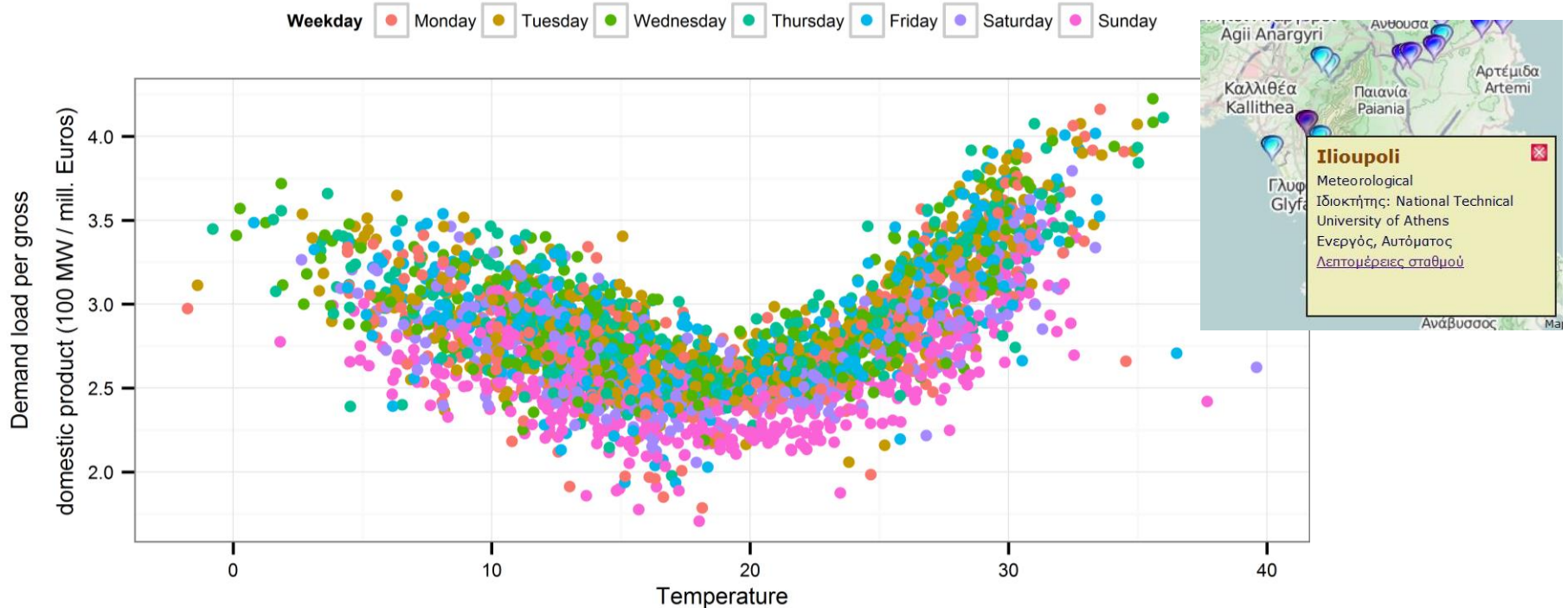


- Δεδομένα από τα έτη 2002-2014.
- Μέγιστες τιμές τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες.
- Ελάχιστες τιμές τους φθινοπωρινούς και τους εαρινούς μήνες.
- Περιοδικότητα σε σχέση με την μήνα.

Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και ΑΕΠ



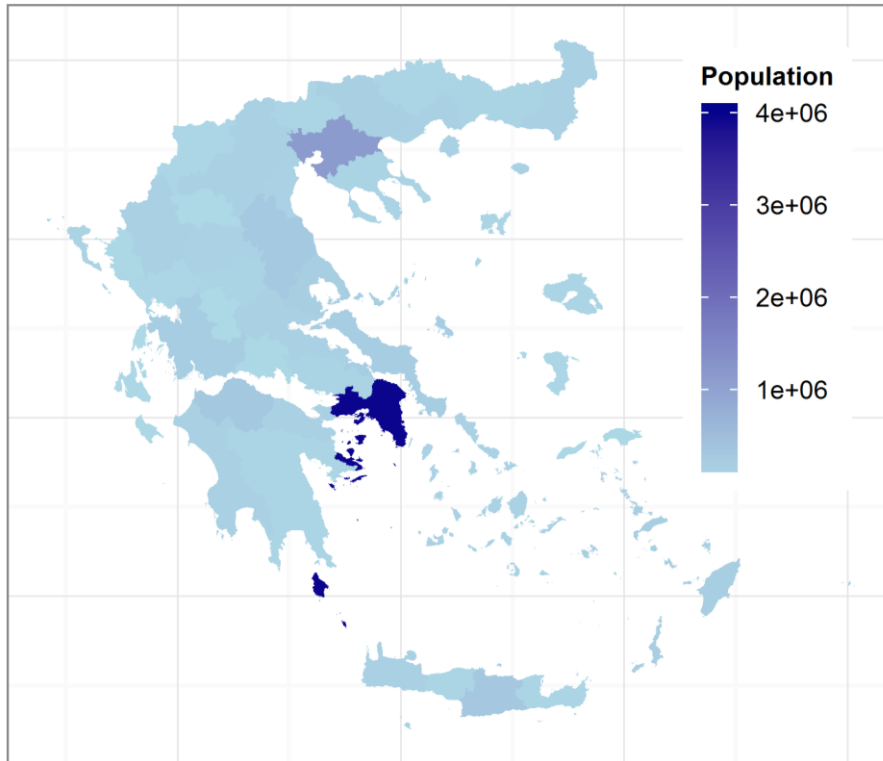
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασία



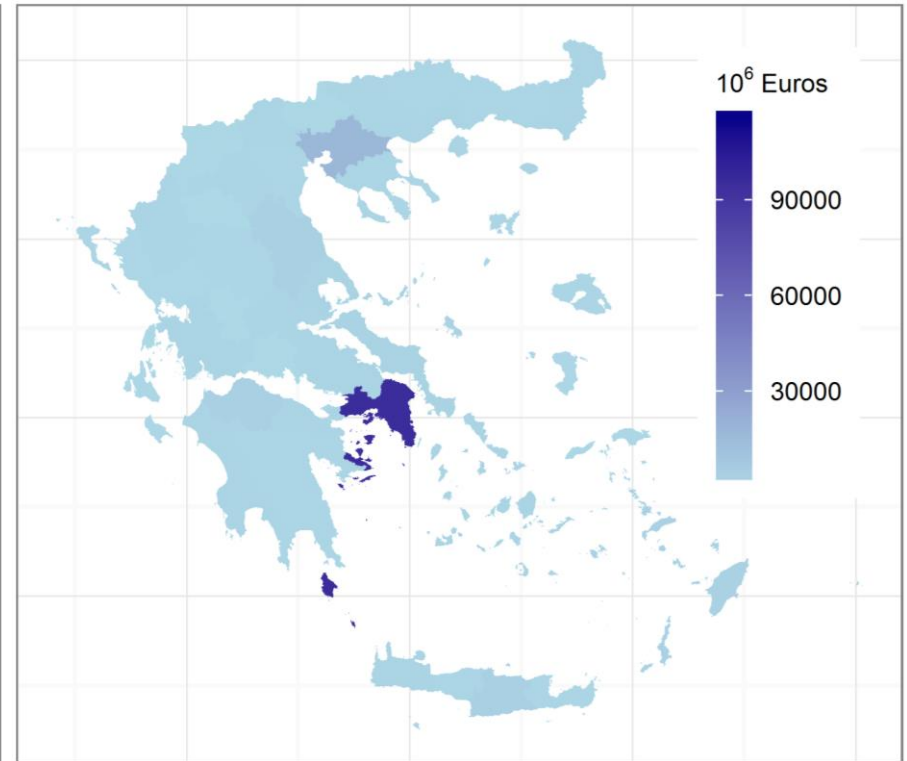
- Δεδομένα από τα έτη 2002-2014.
- Μέγιστες τιμές για πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.
- Ελάχιστες τιμές για μέσες θερμοκρασίες.
- Τυπικό σχήμα σε αρκετές περιοχές του πλανήτη.

Πληθυσμός και ΑΕΠ στον χώρο (2012)

Πληθυσμός



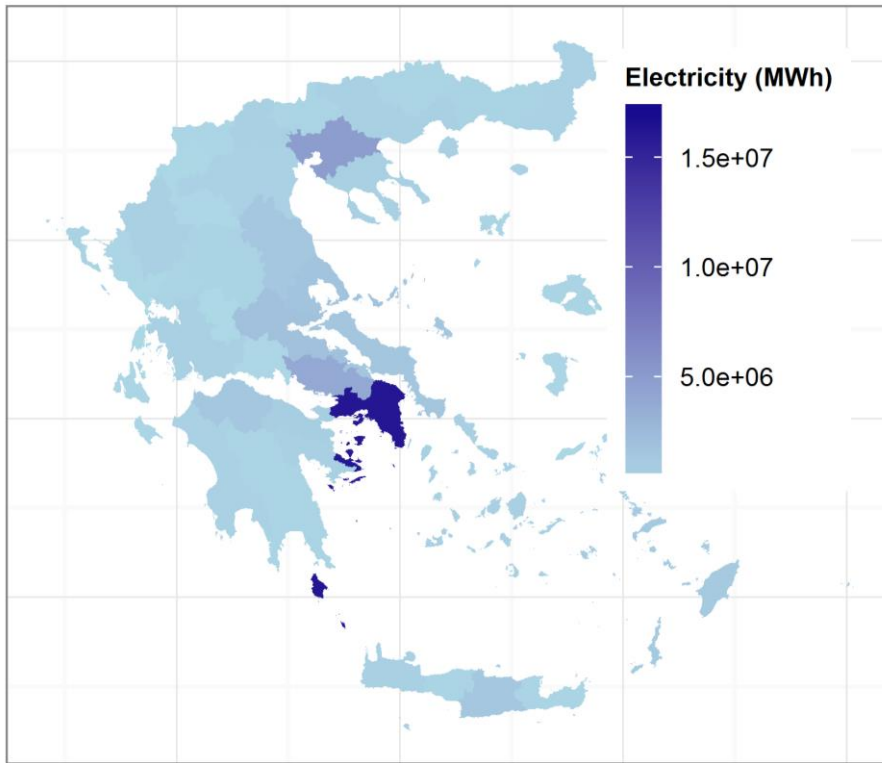
ΑΕΠ



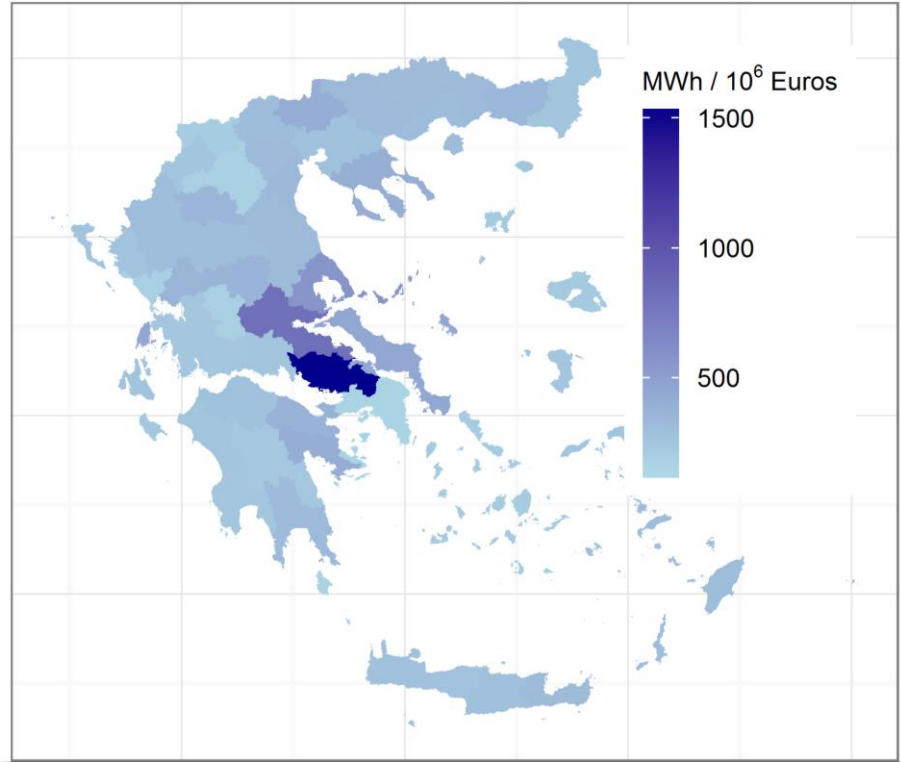
- Συγκέντρωση στην Αττική και την Θεσσαλονίκη.
- Αμέσως μικρότερες τιμές σε Αχαΐα, Ηράκλειο, **Λάρισα**.

Συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (2012)

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας



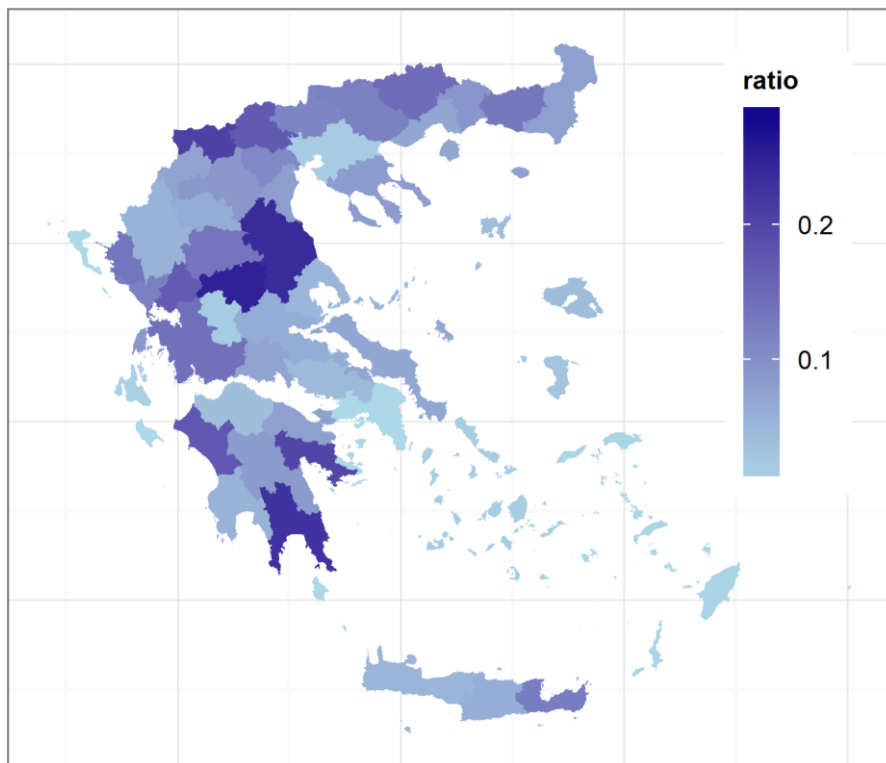
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας / ΑΕΠ



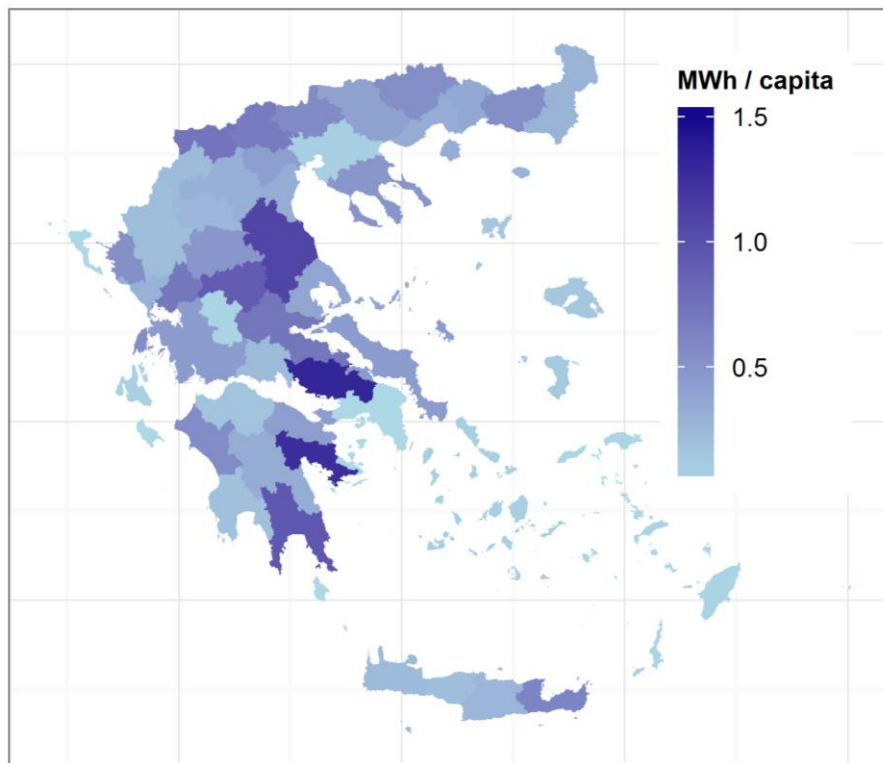
- Μεγάλες τιμές ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Βοιωτία, Φθιώτιδα.
- Μεγάλη τιμή λόγου ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας/ΑΕΠ σε Βοιωτία, Φθιώτιδα και **Μαγνησία**.

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση (2012)

Λόγος ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας
γεωργικής χρήσης/ συνολική ζήτηση



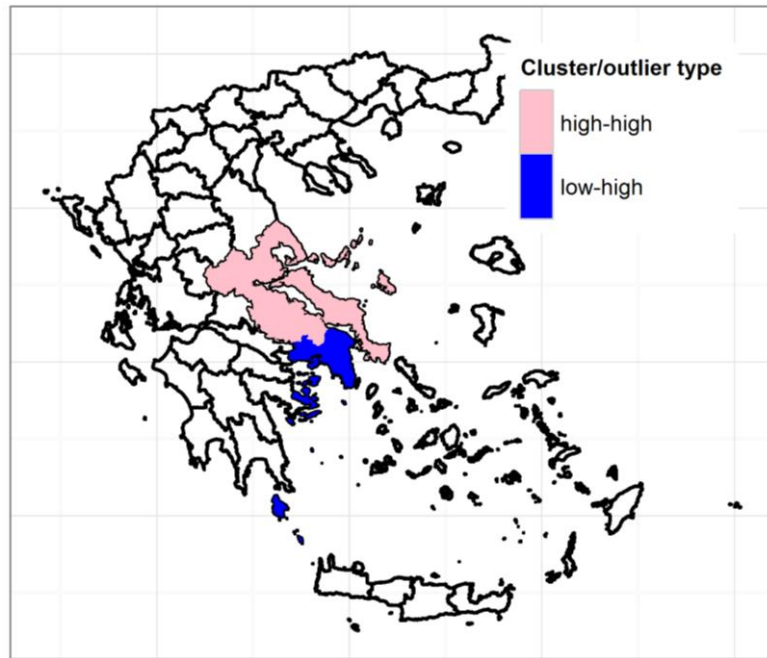
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας
για γεωργική χρήση / κάτοικο



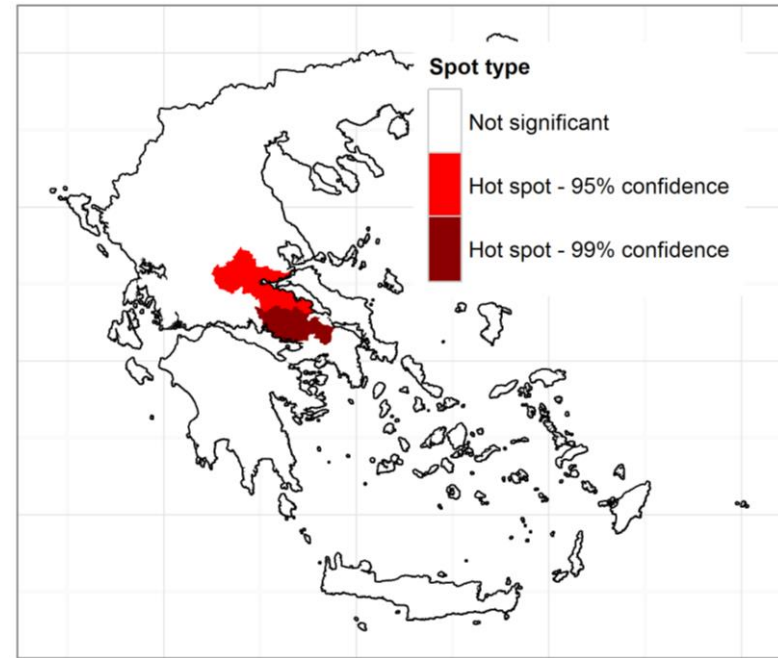
- Η Θεσσαλία μπορεί να χαρακτηριστεί ως γεωργική περιοχή.
- Μεγάλο ποσοστό της ενέργειας για γεωργική χρήση.

Λόγος συνολικής ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας/ΑΕΠ (2012)

Συστάδες και περιοχές ακροτάτων τιμών



Ενεργές περιοχές

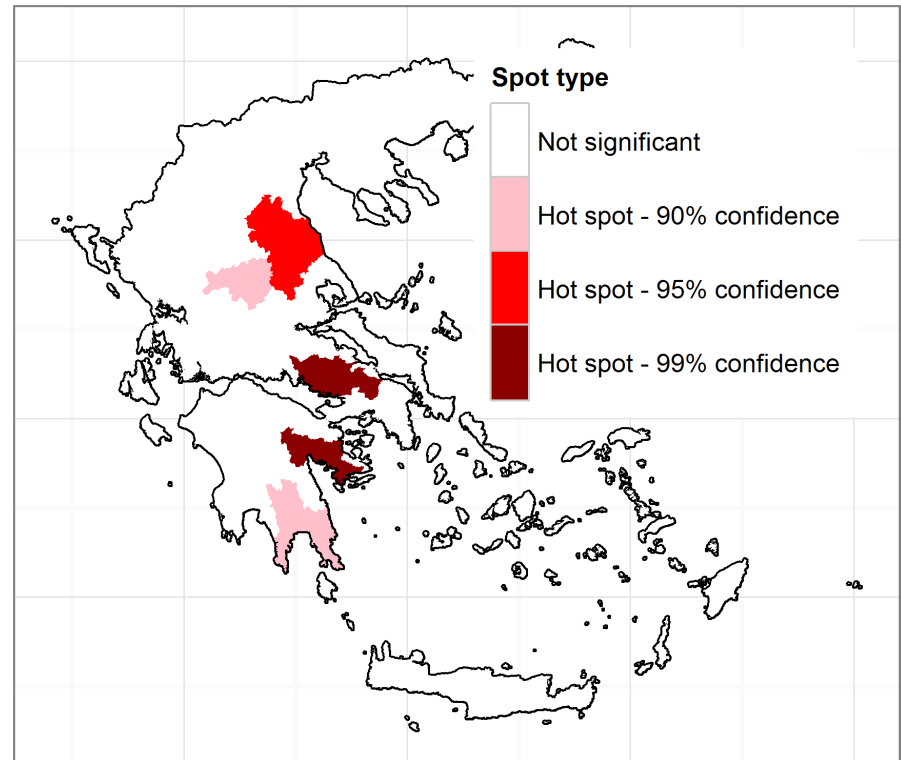
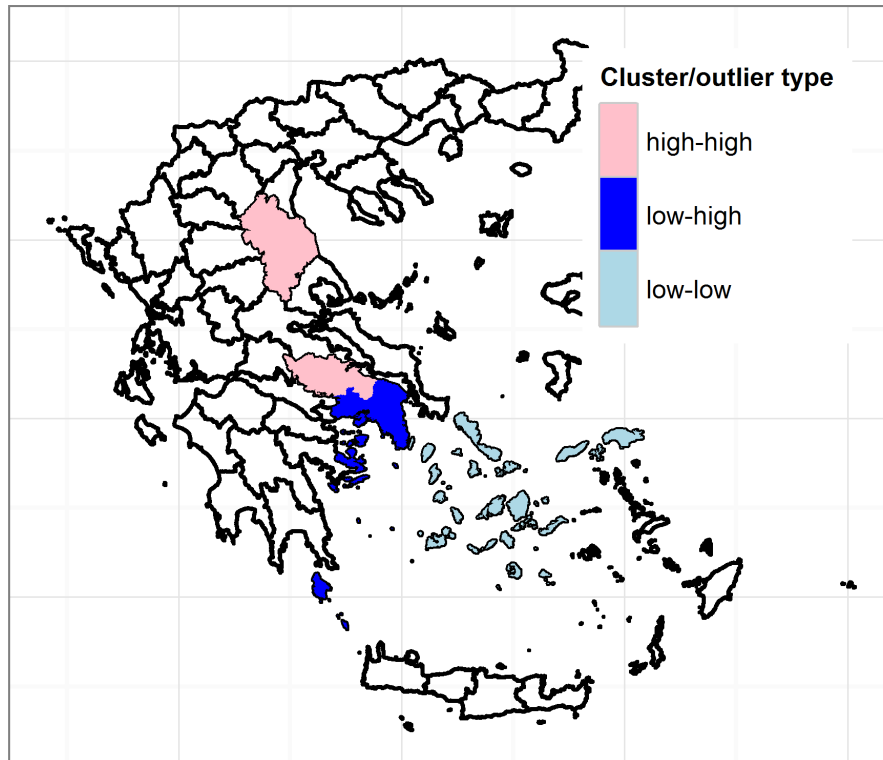


- Cluster and Outlier Analysis, με $p\text{-value} = 0.05$ (Anselin Local Moran's I, Anselin 2015, Esri 2015).
- Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^* , Getis and Ord 1992, Ord and Getis 1995, Esri 2015).
- Τμήμα της Θεσσαλίας ανήκει σε ομάδα με υψηλές τιμές του λόγου συνολικής ζήτησης ενέργειας / ΑΕΠ.

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση (2012)

Συστάδες και περιοχές ακροτάτων τιμών

Ενεργές περιοχές

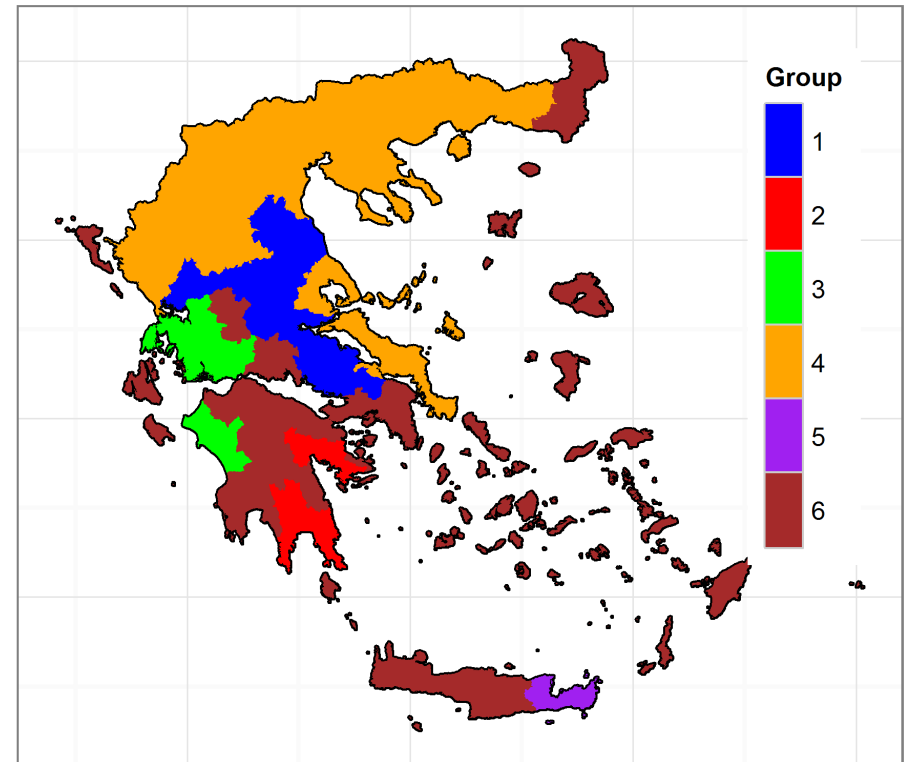
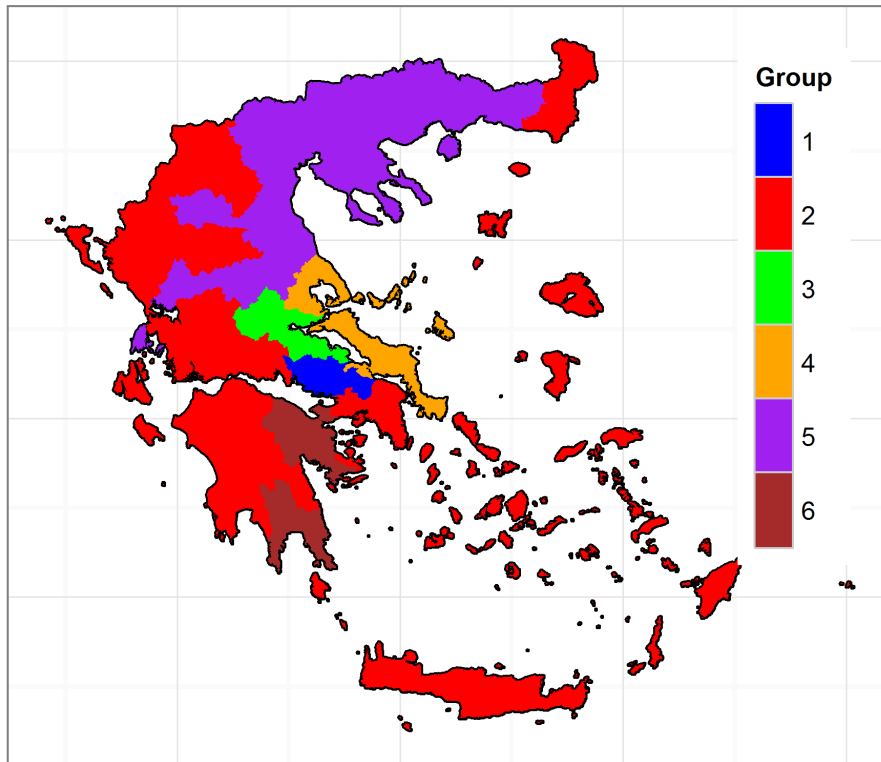


- Τμήμα της Θεσσαλίας ανήκει σε ομάδα με υψηλές τιμές του λόγου συνολικής ζήτησης ενέργειας για γεωργική χρήση / κάτοικο.

Κατηγοριοποίηση της Ελλάδας βάσει μεταβλητών

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας / ΑΕΠ

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας
για γεωργική χρήση / κάτοικο

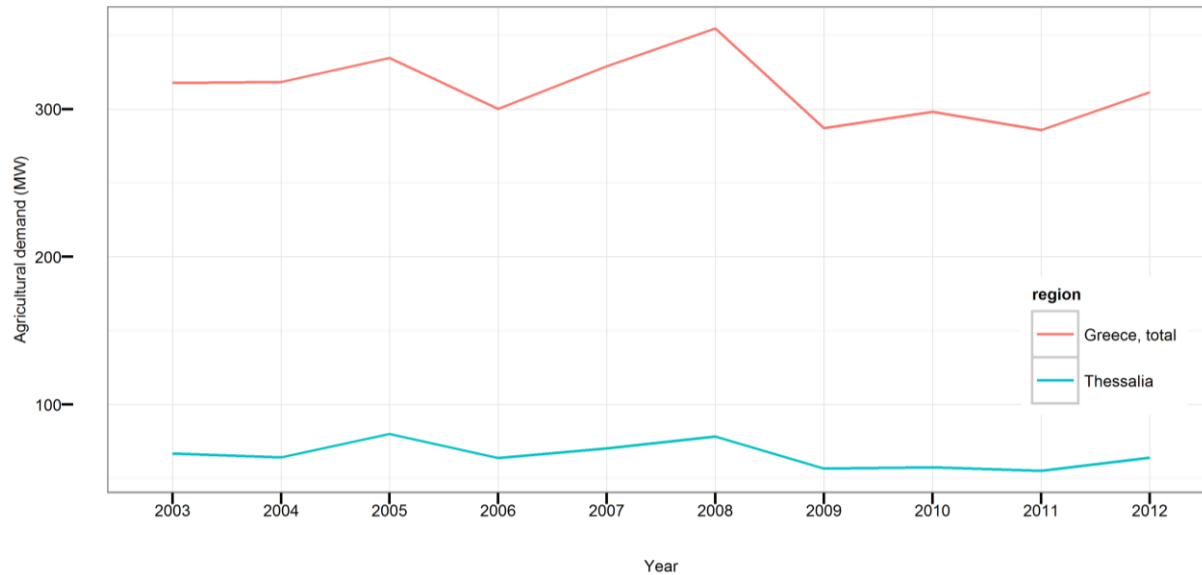


- Grouping Analysis με Delaunay triangulation σε έξι ομάδες (Assunção et al. 2006, Duque et al. 2007, Jain 2010, Esri 2015).
- Λάρισα και Καρδίτσα με παρόμοια χαρακτηριστικά.

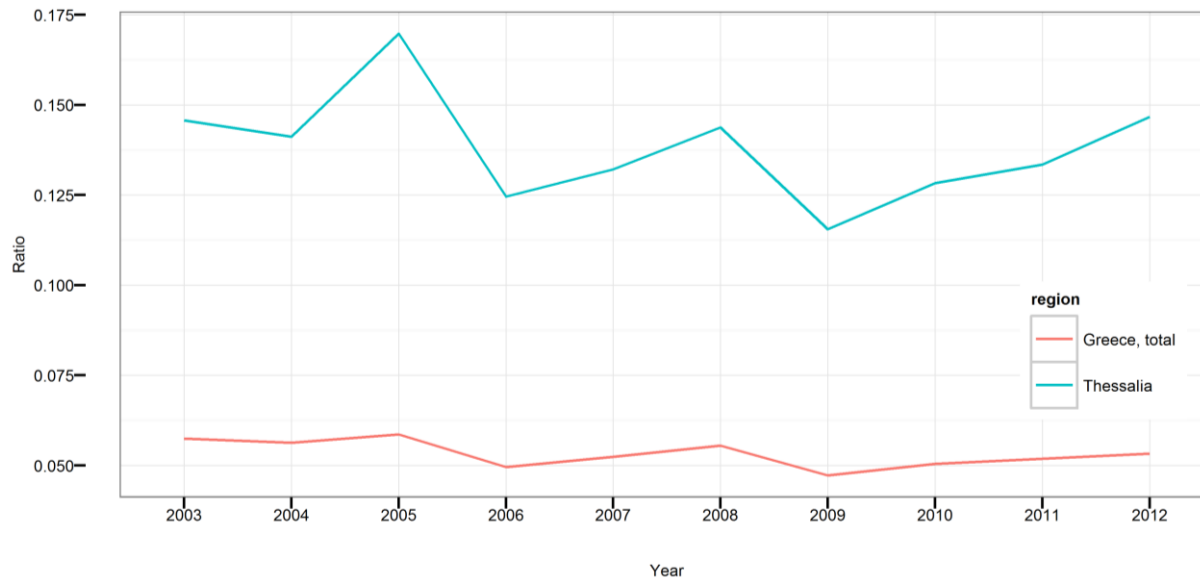
Προσομοίωση της ζήτησης ενέργειας στην Θεσσαλία

- Μετασχηματισμός πρωτογενών δεδομένων ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από ωριαία σε ημερήσια κλίμακα για την Ελλάδα.
- Εξαγωγή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Θεσσαλία από την Ελλάδα με γραμμικό μετασχηματισμό και χρήση ετήσιων δεικτών.
- Αφαίρεση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας γεωργικής χρήσης στην Θεσσαλία με γραμμικό μετασχηματισμό και χρήση ετήσιων δεικτών.
- Αφαίρεση ετήσιων μέσων (λόγω ΑΕΠ) και ετήσιων και εβδομαδιαίων περιοδικοτήτων.
- Προσομοίωση με την συνάρτηση `tsboot` του λογισμικού R (Canty and Ripley 2015, Davison and Hinkley 1997), με παραγωγή τμημάτων τυχαίου μήκους από μια γεωμετρική κατανομή. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους των τμημάτων με την συνάρτηση `b.star` του λογισμικού R (Hayfield and Racine 2008).
- Στην προσομοιωμένη χρονοσειρά προστίθενται οι περιοδικότητες, ενώ το ΑΕΠ θεωρείται σταθερό.
- Όμοια προσομοιώνεται η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση. Θεωρούμε μηδενικές τιμές μεταξύ Οκτωβρίου-Μαρτίου.

Ζήτηση αγροτικής ενέργειας Θεσσαλίας και Ελλάδας

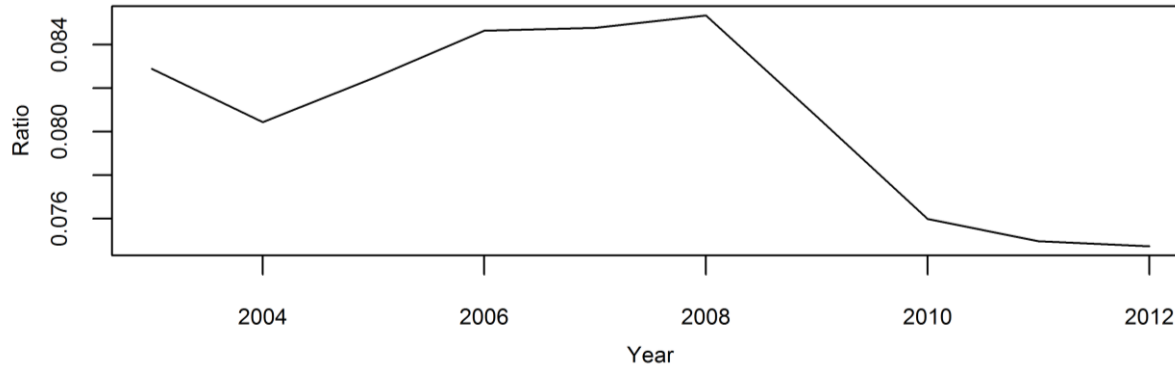


Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση

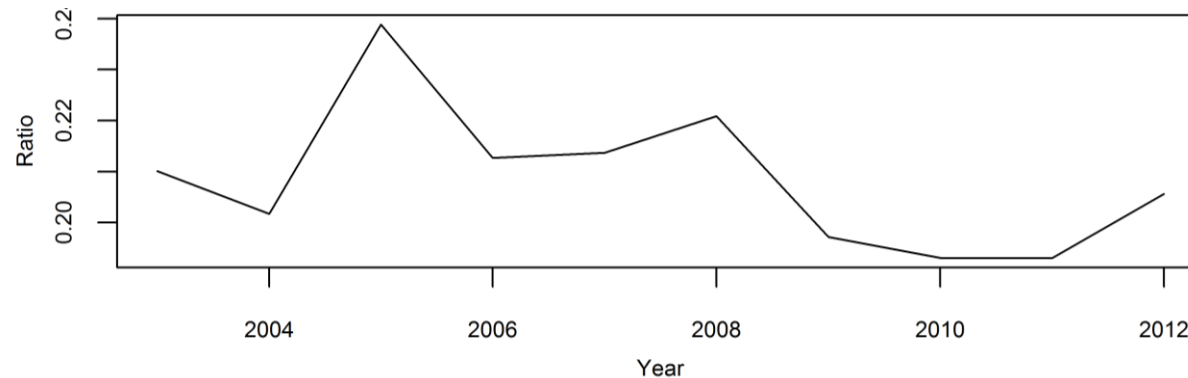


Λόγος ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση / συνολική ζήτηση ενέργειας

Σύγκριση ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας



Λόγος συνολικής ζήτησης ενέργειας της Θεσσαλίας ως προς την Ελλάδα

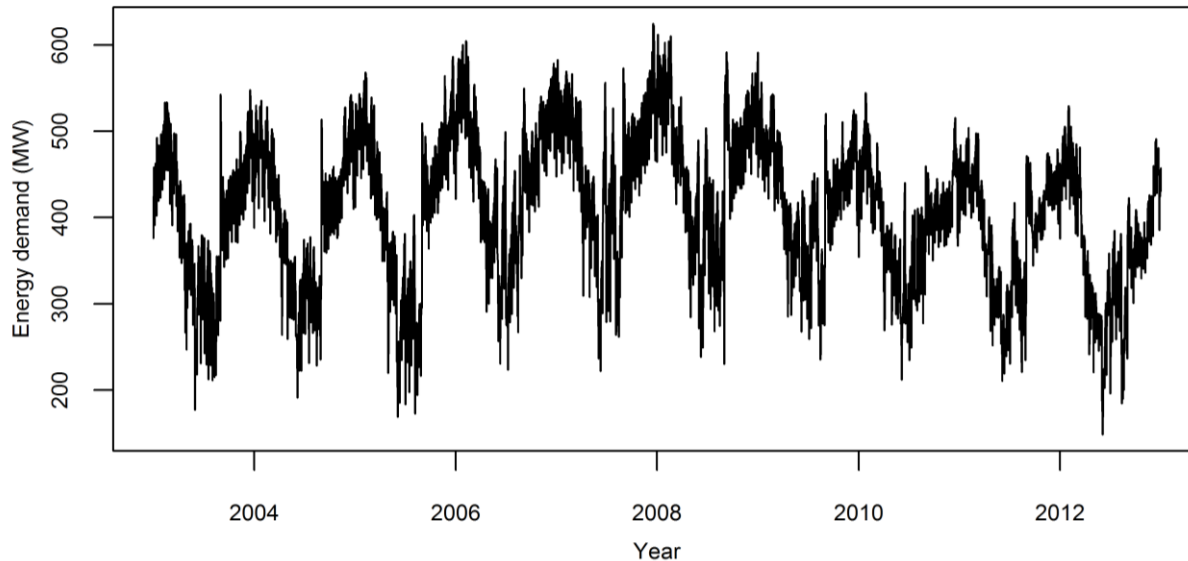


Λόγος ζήτησης ενέργειας για γεωργική χρήση της Θεσσαλίας ως προς την Ελλάδα

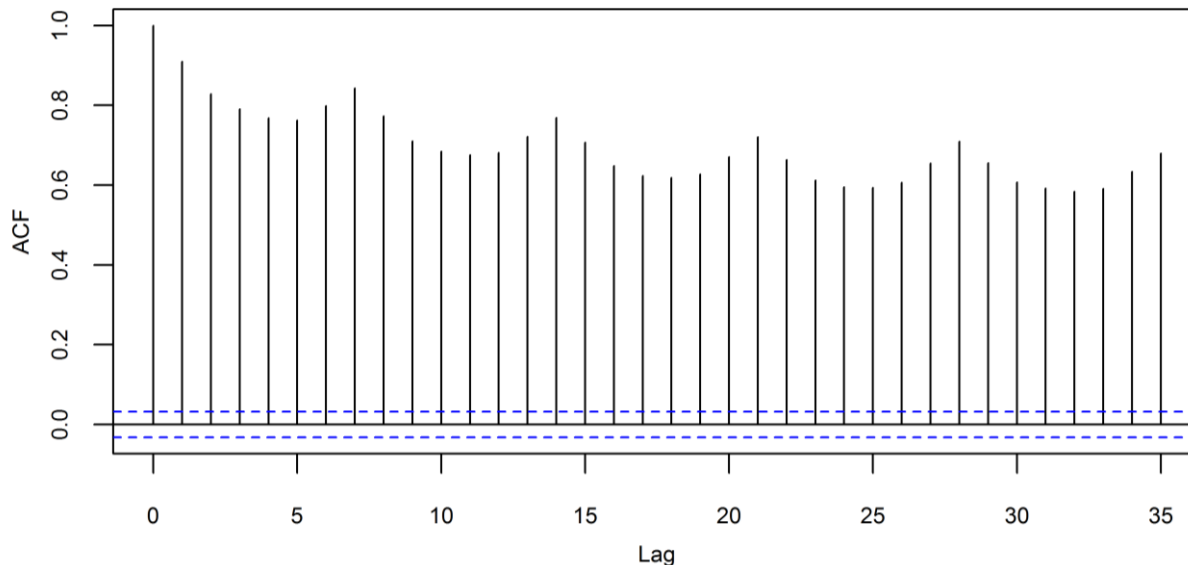
Κατανομή στην ζήτηση ενέργειας για γεωργική χρήση (Πηγή: Νικολόπουλος 2015, Πίνακας 2.12).

Μήνας	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Λόγος	0.050	0.110	0.236	0.302	0.264	0.038

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς γεωργική χρήση

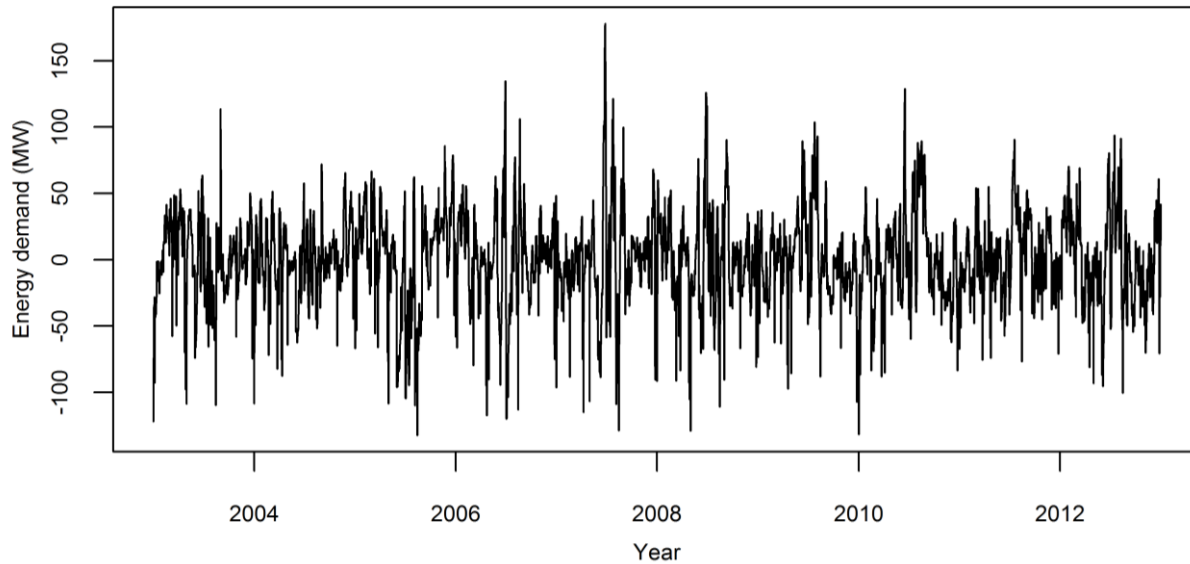


Συνολική ζήτηση ενέργειας αφαιρώντας την ζήτηση ενέργειας για γεωργική χρήση στην Θεσσαλία σε ημερήσια κλίμακα

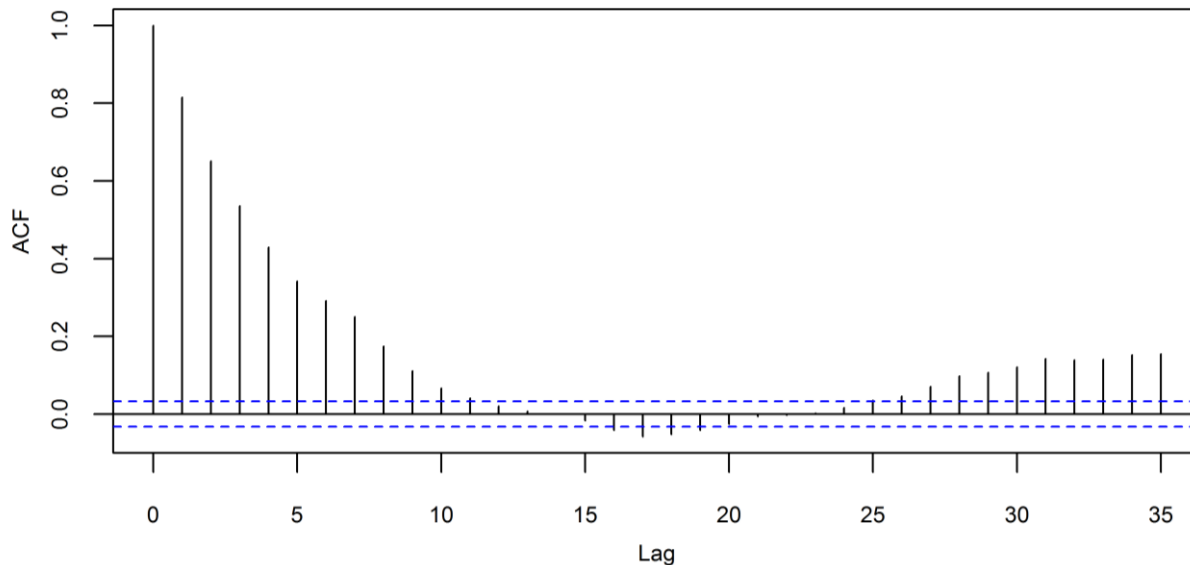


Εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης

Αφαίρεση περιοδικότητας

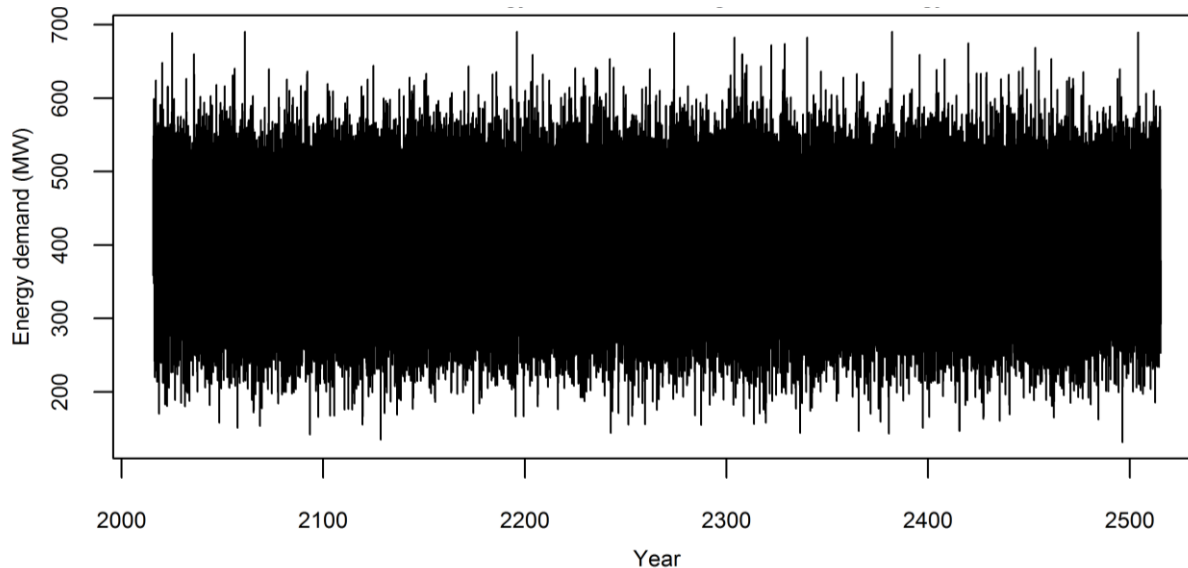


Συνολική ζήτηση ενέργειας αφαιρώντας την ζήτηση ενέργειας για γεωργική χρήση στην Θεσσαλία σε ημερήσια κλίμακα, μετά την αφαίρεση ετήσιων μέσων, μηνιαίας και εβδομαδιαίας περιοδικότητας

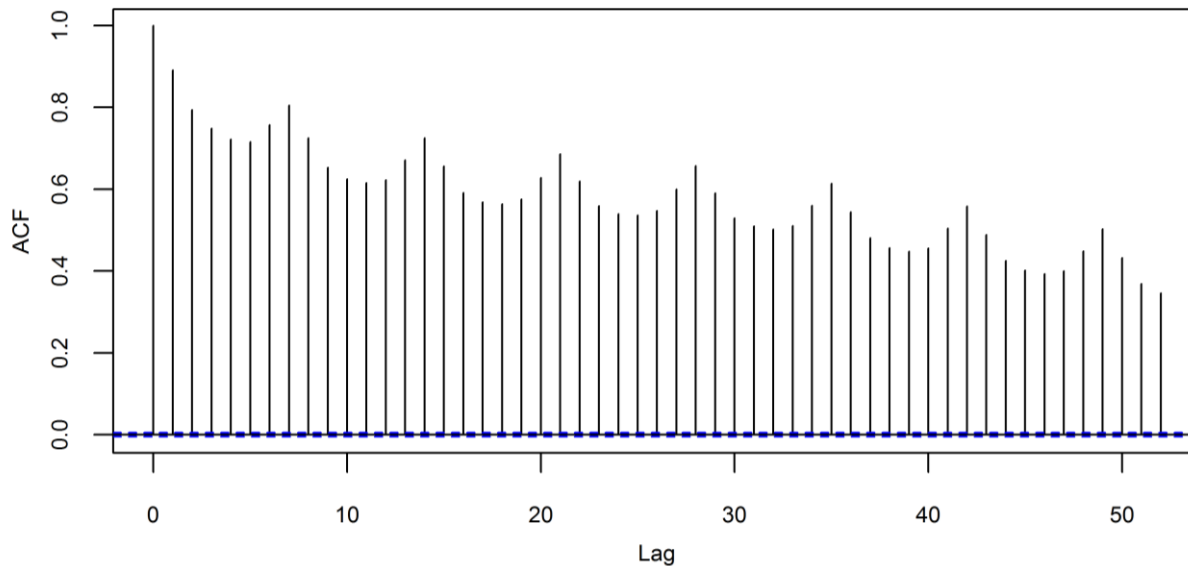


Εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης

Προσομοίωση και πρόσθεση περιοδικοτήτων



Συνθετική χρονοσειρά συνολικής ζήτησης ενέργειας αφαιρώντας την ζήτηση ενέργειας για γεωργική χρήση στην Θεσσαλία σε ημερήσια κλίμακα



Εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης

Σύνοψη

- Ανάλυση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.
 - Στον χρόνο (βλέπε και Tyralis et al. 2015, 2016a).
 - Στον χώρο (βλέπε και Tyralis et al. 2016b,c,d).
- Προσομοίωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για γεωργική χρήση στην Θεσσαλία.
- Παραγωγή συνθετικής χρονοσειράς σε ημερήσιο βήμα.
- Η συνθετική χρονοσειρά θα χρησιμοποιηθεί στην βελτιστοποίηση ενός υβριδικού συστήματος ανανεώσιμης ενέργειας το οποίο περιλαμβάνει την Θεσσαλία, υδροηλεκτρικά έργα στην λεκάνη του Αχελώου και του Πηνειού και λοιπά έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Αναφορές

- Anselin L (1995) Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis* 27(2):93-115. doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x
- Assunção RM, Neves MC, Câmara G, Da Costa Freitas C (2006) Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees. *International Journal of Geographical Information Science*. *International Journal of Geographical Information Science* 20(7):797-811. doi:10.1080/13658810600665111
- Canty A, Ripley BD (2015) boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions. R package version 1.3-17
- Davison AC, Hinkley DV (1997) *Bootstrap methods and their application*. Cambridge University Press, Cambridge
- Duque JC, Ramos R, Suriñach J (2007) Supervised Regionalization Methods: A Survey. *International Regional Science Review* 30(3):195-220. doi:10.1177/0160017607301605
- Esri (2015) ArcGIS for Desktop: Release 10.3.1. California, Redlands
- Getis A, Ord JK (1992) The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis* 24(3):189-206. doi:10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x
- Hayfield T, Racine JS (2008) Nonparametric Econometrics: The np Package. *Journal of Statistical Software* 27(5)
- Independent Power Transmission Operator (2015) Electricity/Power Market Participation, Market Data. Available online at:<http://admie.gr/leitoyrgia-dedomena/leitoyrgia-agoras-ilektrikis-energeias/anafores-dimosieyseis-agoras/>
- Jain AK (2010) Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters* 31(8):651-666. doi:10.1016/j.patrec.2009.09.011
- Ord JK, Getis A (1995) Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis* 27(4):286-306. doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x
- Tyralis H, Karakatsanis G, Tzouka K, Mamassis N** (2015) Analysis of the electricity demand of Greece for optimal planning of a large-scale hybrid renewable energy system, European Geosciences Union General Assembly 2015, Geophysical Research Abstracts 17(EGU2015-5643). Available online at:<https://www.itia.ntua.gr/en/docinfo/1529/>
- Tyralis H, Karakatsanis G, Tzouka K, Mamassis N** (2016a) Visualization of electrical energy demand in Greece. Submitted to Energy Policy
- Tyralis H, Mamassis N, Photis YN** (2016b) Spatial analysis of electricity demand patterns in Greece: Application of a GIS-based methodological framework. European Geosciences Union General Assembly 2016, Geophysical Research Abstracts 18(EGU2016-3564). Vienna. Available online at:<http://itia.ntua.gr/en/docinfo/1606/>
- Tyralis H, Mamassis N, Photis YN** (2016c) Spatial analysis of electrical energy demand patterns in Greece: Application of a GIS-based methodological framework. Submitted to Energy Procedia
- Tyralis H, Mamassis N, Photis YN** (2016d) Regional patterns of electrical energy demand and development in Greece. To be submitted
- Νικολόπουλος Δ (2015) Ανάπτυξη μοντέλου συνδυασμένης διαχείρισης λεκανών απορροής Αχελώου και Πηνειού. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο:<http://itia.ntua.gr/el/docinfo/1544/>