



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

-Εργασία 2^η-

Ανάλυση οικιακών δεδομένων κατανάλωσης
ηλεκτρικής ενέργειας

Ομάδα 5

Ευστρατίου Ευστράτιος, AEM 10489, efstratie@ece.auth.gr

Κουτσικάκης Δημήτριος, AEM 10532, dkoutsik@ece.auth.gr

Τσόκκος Κυριάκος, AEM 10496, ktsokkos@ece.auth.gr

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή - Σκοπός της εργασίας	4
2	Ανάλυση επί της συνολικής κατανάλωσης	5
2.1	Διαφορά εργάσιμων / μη εργάσιμων ημερών	5
2.2	Διαφορά ανά εποχή	6
2.3	Διαφορά ανά ζώνη ώρας	7
2.4	Εβδομαδιαία κατανάλωση για όλο το χρόνο	8
2.5	Συσχέτιση κατανάλωσης - θερμοκρασίας	10
2.6	Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας	13
3	Ανάλυση επί της κατανάλωσης των επιμέρους συσκευών	15
3.1	Συσχέτιση με τη συνολική κατανάλωση της εγκατάστασης	15
3.2	Μεταβολές στη χρήση σε εργάσιμες/μη εργάσιμες μέρες και ανά διαφοράς στην εποχή του χρόνο	17
3.3	Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας consumer5	20

1 Εισαγωγή - Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα εργασία εκπονείται στα πλαίσια του μαθήματος "Σύγχρονα Ενεργειακά Συστήματα" και αφορά την ανάλυση δεδομένων ηλεκτρικής κατανάλωσης οικιακών καταναλωτών μέσα από το σύνολο δεδομένων (dataset) που δόθηκε. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε σε γλώσσα Python με χρήση των βιβλιοθηκών α) pandas για τον χειρισμό των δεδομένων, β) matplotlib.pyplot για την δημιουργία γραφικών παραστάσεων, γ) numpy για κανονικοποίηση των δεδομένων όπου χρειάζεται και δ) seaborn (όπου χρειάστηκε) για την δημιουργία του θηκογράμματος θερμοκρασίας και την καλύτερη σύνδεση των DataFrames με τις εντολές plotting. Η γραπτή αναφορά συνοδεύεται από αρχείο .zip με τα αρχεία κώδικα. Σε κάθε παράγραφο υπάρχει σαφής αναφορά στο αντίστοιχο αρχείο κώδικα από το οποίο παράγονται τα γραφήματα που παρουσιάζονται. Ακόμα, επισυνάπτεται το σχετικό dataset. Για την τοπική εκτέλεση του κώδικα, είναι απαραίτητη η αλλαγή της μεταβλητής *file_path* με την διαδρομή του dataset στον εκάστοτε υπολογιστή.

2 Ανάλυση επί της συνολικής κατανάλωσης

Η ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας εστιάζει στην κατάλληλη ανάλυση που θα επιτρέψει την εξαγωγή παρατηρήσεων σχετικά με το προφίλ των εκάστοτε καταναλωτών, τον εντοπισμό μοτίβων κατανάλωσης ως προς την ώρα/μέρα και τον συσχετισμό με εξωτερικούς παράγοντες (πχ θερμοκρασία).

Για τις αναλύσεις που ακολουθούν, υπολογίστηκε ο μέσος όρος κατανάλωσης όλων των καταναλωτών για κάθε μέτρηση δεκαπενταλέπτου. Έπειτα, όπου χρειάστηκε, υπήρξε διαφοροποίηση της διαχείρισης των μέσων μετρήσεων ως προς την εβδομάδα/εποχή.

Δεδομένου ότι το dataset περιείχε σε ορισμένες περιπτώσεις τιμή κατανάλωσης μηδέν (0), προηγήθηκε κανονικοποίηση που μεταβάλλει τις μηδενικές τιμές στην τιμή "nan". Η τιμή αυτή δεν μετέχει στις αριθμητικές λειτουργίες (πχ υπολογισμός μέσου όρου). Επίσης, σε ορισμένα σημεία λείπουν από το dataset τα timestamps. Γι' αυτό, στην αρχή κάθε κώδικα παράγουμε τα timestamps κατ' αντιστοιχία με αυτά που δίνονται στο dataset, δηλαδή από την 2019-01-01 έως 2019-12-31.

2.1 Διαφορά εργάσιμων / μη εργάσιμων ημερών

Αρχείο κώδικα: 2.1. Διαφορά εργάσιμων-μη εργάσιμων (μέση ημερήσια καταν).py

Σε αυτή την ανάλυση, οι μέσοι όροι των μετρήσεων όλων των καταναλωτών κατηγοριοποιήθηκαν ανά ημέρα της εβδομάδας και υπολογίστηκε η μέση κατανάλωση για κάθε μέρα ξεχωριστά. Το αποτέλεσμα, που παρουσιάζεται στο γράφημα που ακολουθεί, αναπαριστά την μέση ημερήσια κατανάλωση σε περίοδο μιας εβδομάδας, δηλαδή την κατανάλωση του μέσου καταναλωτή.

Παρατηρείται ότι το Σάββατο η μέση κατανάλωση είναι η χαμηλότερη όλης της εβδομάδας. Η κατανάλωση της Κυριακής είναι υψηλή, παρόμοια με τις καταναλώσεις της Τετάρτης και της Παρασκευής. Επίσης, η Τετάρτη και η Παρασκευή ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες εργάσιμες μέρες με μεγαλύτερες μέσες καταναλώσεις.



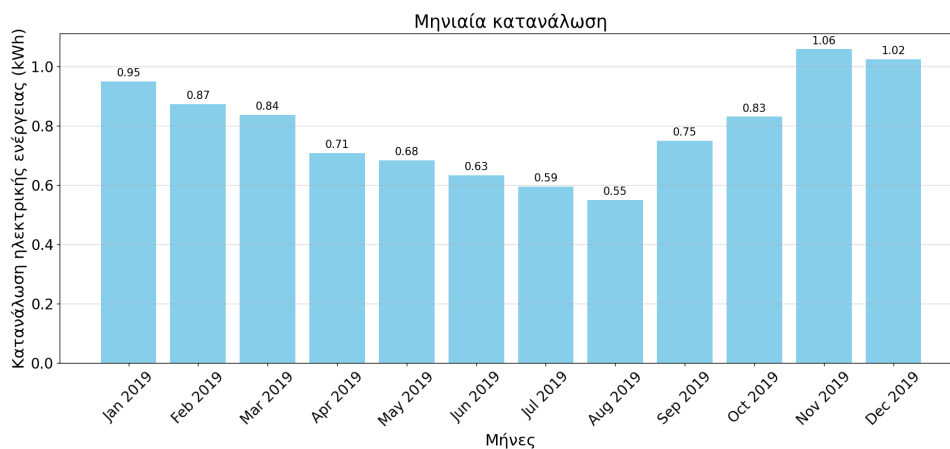
Σχήμα 1: Μέση ημερήσια κατανάλωση κατά την μέση εβδομάδα

2.2 Διαφορά ανά εποχή

Αρχείο κώδικα: 2.2α. Μέση μηνιαία κατανάλωση.py

Για την ανάλυση ανά εποχή, οι μέσοι όροι των μετρήσεων όλων των καταναλωτών κατηγοριοποιήθηκαν ανά μήνα και υπολογίστηκε η μέση μηνιαία κατανάλωση. Έτσι, προέκυψε το αποτέλεσμα του παρακάτω γραφήματος.

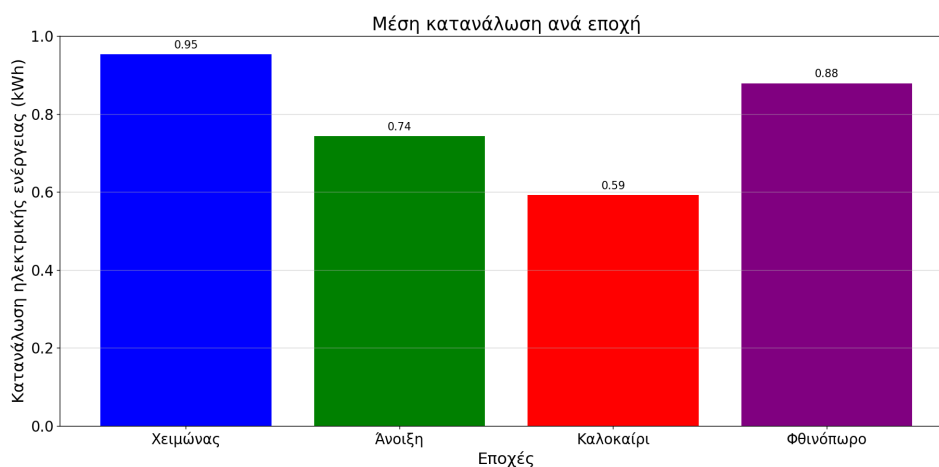
Παρατηρούμε ότι η μέση μηνιαία κατανάλωση είναι μέγιστη για τον χειμώνα, μειώνεται για την άνοιξη και το φθινόπωρο και γίνεται ελάχιστη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 2: Μέση μηνιαία κατανάλωση

Αρχείο κώδικα: 2.2β. Μέση τριμηνιαία κατανάλωση.py

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η μέση κατανάλωση ανά εποχή (τριμηνιαία) που υπολογίστηκε ως μέσος όρος των μέσων μηνιαίων καταναλώσεων που προηγήθηκαν. Επαληθεύονται οι παρατηρήσεις που προηγήθηκαν.



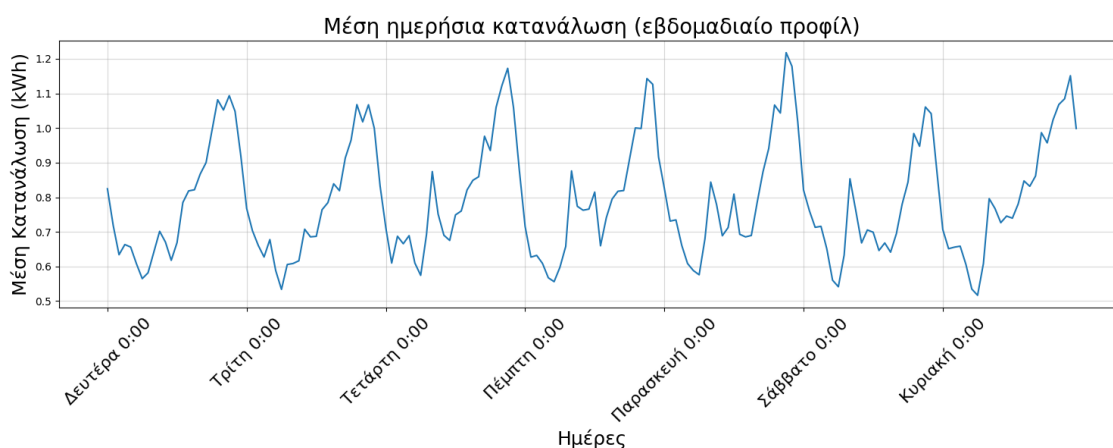
Σχήμα 3: Μέση κατανάλωση ανά εποχή

2.3 Διαφορά ανά ζώνη ώρας

Αρχείο κώδικα: 2.3. Εβδομαδιαίο προφίλ κατανάλωσης.py

Από την μέση κατανάλωση ανά μέτρηση που ήταν η βάση όλων των αναλύσεων του παρόντος κεφαλαίου, υπολογίστηκε το εβδομαδιαίο προφίλ κατανάλωσης ανά ώρα.

Παρατηρείται ότι το προφίλ αυτό είναι διαφορετικό από το μέσο εβδομαδιαίο προφίλ στο ελληνικό σύστημα. Στο προφίλ του ελληνικού συστήματος (που περιλαμβάνει βέβαια όλους τους καταναλωτές, όχι μόνο οικιακούς) συναντώνται δύο μέγιστα, ένα το μεσημέρι και ένα το βράδυ. Στο προφίλ του γραφήματος εντοπίζεται μόνο ένα μέγιστο, κατά το βράδυ. Υπάρχει ακόμα ένα τοπικό μέγιστο τις πρωινές ώρες, όμως είναι πολύ μικρότερο του μεγίστου και μπορούμε ακριβέστερα να το αναφέρουμε ως αιχμή. Αυτή η αιχμή δεν είναι παρούσα σε όλες τις μέρες εβδομάδας. Παρατηρώντας το διάγραμμα γίνεται αισθητή η απουσία της κατά την Δευτέρα και Τρίτη ενώ την Κυριακή είναι οριακή. Επιπλέον, όπως είναι λογικό, το ελάχιστο της κατανάλωσης συναντάται κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και είναι σε παρόμοιο επίπεδο καθόλη την διάρκεια της εβδομάδας. Ακόμα, παρατηρείται γραμμική αύξηση του φορτίου μεταβαίνοντας από τις μεσημβρινές προς τις βραδινές ώρες.



Σχήμα 4: Εβδομαδιαίο προφίλ μέσης κατανάλωσης ανά ώρα

2.4 Εβδομαδιαία κατανάλωση για όλο το χρόνο

Αρχείο κώδικα: 2.4. Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση.py

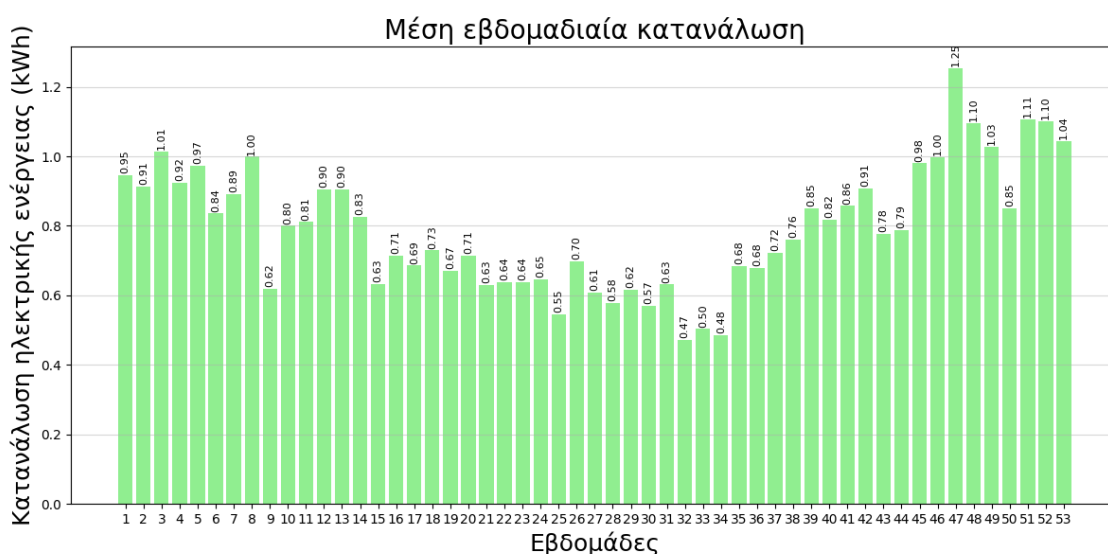
Αρχείο κώδικα: 2.4β. box plot of temperature.py

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, έχει υπολογιστεί η μέση κατανάλωση κάθε εβδομάδας του έτους χωριστά και θηκόγραμμα με την κατανομή της θερμοκρασίας δεκαπενταλέπτου ανά εβδομάδα (για τις πρώτες 20 εβδομάδες του έτους που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα).

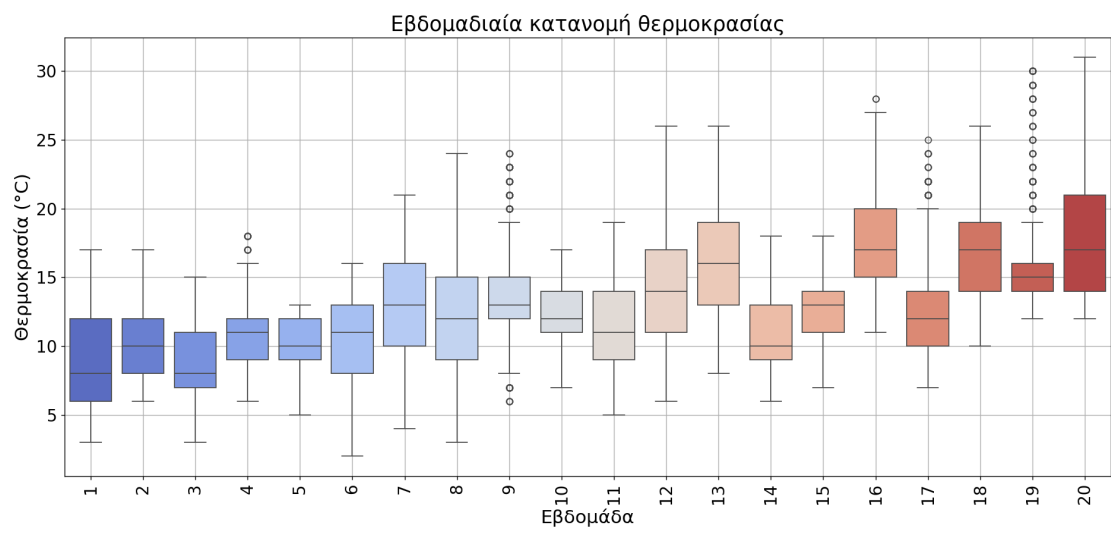
Μπορούμε να εντοπίσουμε μια έντονη συσχέτιση ανάμεσα στα δύο διαγράμματα. Κατά τις εβδομάδες 1-8, όπου η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στους $7 - 12^{\circ}C$ με διακύμανση μεταξύ $3 - 17^{\circ}C$, η μέση κατανάλωση κινείται στις $0,9 kWh$. Κατά την 9η εβδομάδα, η μέση κατανάλωση βυθίζεται στις $0,6 kWh$. Παρατηρώντας την διακύμανση της θερμοκρασίας από το θηκόγραμμα, διαπιστώνουμε ότι αυτή την εβδομάδα σημειώθηκαν αρκετές θετικές ακραίες τιμές της θερμοκρασίας, έξω δηλαδή από τα όρια του εύρους 75% των $8 - 19^{\circ}C$.

Κινούμενοι προς την 20η εβδομάδα του έτους, η μείωση της μέσης κατανάλωσης αιτιολογείται από την ανάλογη αύξηση της μέσης εβδομαδιαίας θερμοκρασίας. Βέβαια, υπάρχουν και ορισμένες περιπτώσεις. Για παράδειγμα, κατά την 15η εβδομάδα εμφανίζεται απότομη μείωση της κατανάλωσης που δεν συνοδεύεται από απότομη αύξηση της θερμοκρασίας. Αντιθέτως, η μέση θερμοκρασία της 12ης και 13ης εβδομάδας είναι αισθητά πιο υψηλή από αυτή της 15ης με σημαντικά υψηλότερη κατανάλωση.

Επομένως, τα δύο αυτά γραφήματα δεν συνδέουν με σαφήνεια όλες τις μεταβολές (αυξομειώσεις) της κατανάλωσης με την θερμοκρασία. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην απώλεια πληροφορίας που επιφέρει ο υπολογισμός του μέσου όρου κατανάλωσης. Αυτός είναι και ο στόχος της επόμενης παραγράφου 2.5. Συσχέτιση κατανάλωσης - θερμοκρασίας.



Σχήμα 5: Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση για όλο το έτος



Σχήμα 6: Θηκόγραμμα θερμοκρασίας

2.5 Συσχέτιση κατανάλωσης - θερμοκρασίας

Αρχείο κώδικα: 2.5. Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας.py

Αν και ένα μέρος της συσχέτισης των δύο μεγεθών παρουσιάστηκε στην παράγραφο που προηγήθηκε, σε αυτή την παράγραφο θα προσπαθήσουμε να συνδέσουμε τις δύο έννοιες στενότερα. Ειδικότερα, θα εξετάσουμε την επίδραση της θερμοκρασίας στην ωριαία κατανάλωση σε τρεις (3) διαφορετικές συνθήκες / κατηγορίες θερμοκρασιών: α) θερμοκρασίες υψηλές για την εποχή, β) θερμοκρασίες χαμηλές για την εποχή και γ) τυπικές θερμοκρασίες. Οι συμπαγείς γραμμές αντιπροσωπεύουν τη μέση κατανάλωση, ενώ οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τις θερμοκρασιακές μεταβολές ανά ώρα. Για κάθε περίπτωση από τις α), β) και γ) έχει επιλεγεί μια ημέρα από κάθε μήνα (με την βοήθεια του Σχήματος 10 της παραγράφου 2.6). Για παράδειγμα, οι ημέρες 2019-01-25, 2019-02-26 κτλ έχουν υψηλές θερμοκρασίες συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου. Επομένως, θα μας δώσουν κάποια συμπεράσματα για τον βαθμό επιρροής της θερμοκρασίας στην ωριαία ζήτηση.

Ο κώδικας που αναφέρεται χρησιμοποιείται για την δημιουργία και των 3 διαγραμμάτων κάνοντας μια μικρή αλλαγή. Ανάλογα με την κατηγορία θερμοκρασιών (maximum, minimum, mean) πρέπει να θέσετε την κατάλληλη τιμή στην μεταβλητή `selected_dates` της γραμμής 50. Ανάλογα με την περίπτωση, θέτετε την γραμμή 50 σε μια από τις παρακάτω εντολές:

```
selected_dates = pd.to_datetime(maximum_selected_dates)
```

```
selected_dates = pd.to_datetime(minimum_selected_dates)
```

```
selected_dates = pd.to_datetime(mean_selected_dates)
```

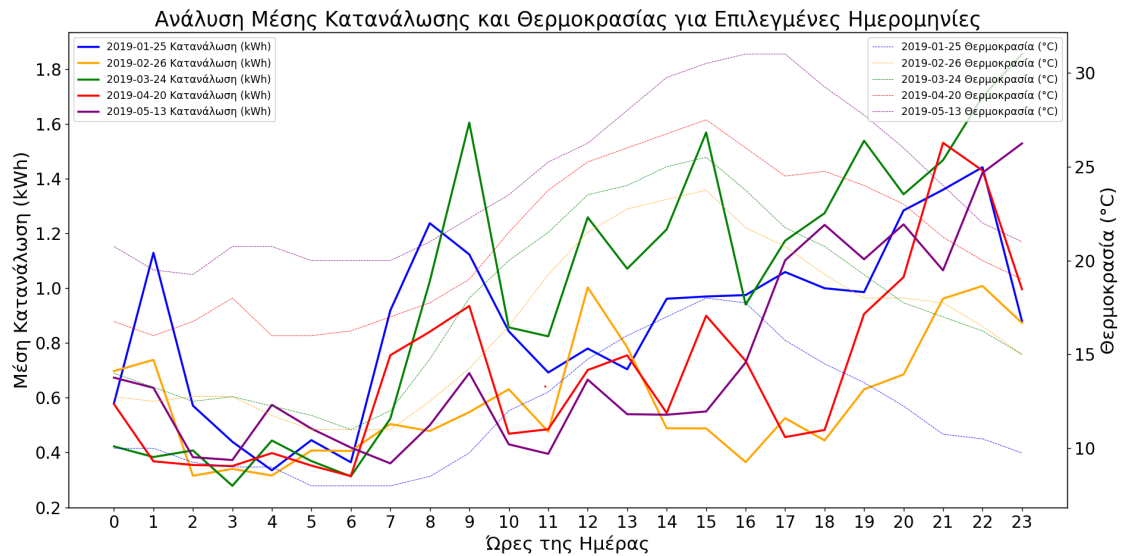
Η επιλογή αυτή γίνεται στη μεταβλητή `selected_dates`, ώστε να καθορίσει τις ημερομηνίες που θα αναλυθούν.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι ελλείψεις μετρήσεων θερμοκρασίας καλύφθηκαν μέσω γραμμικής παρεμβολής σε όλες τις αναλύσεις που αφορούν την θερμοκρασία.

Οι παρατηρήσεις μας εστιάζονται σε δύο σημεία των διαγραμμάτων.

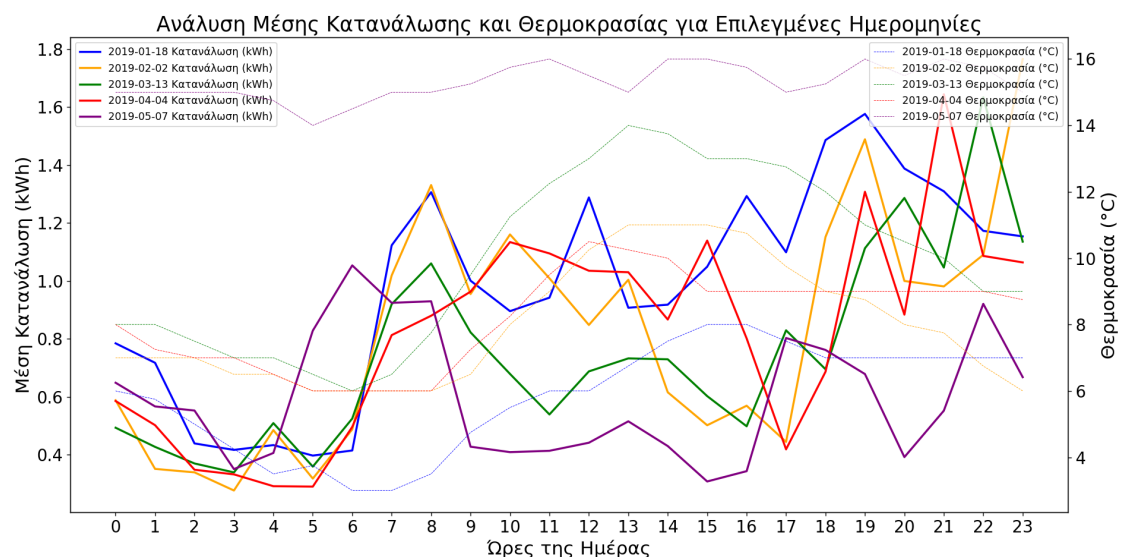
1. στην πρωινή αιχμή του φορτίου
2. στο επίπεδο φορτίου κατά τις μεσημεριανές ώρες

Στο σχήμα 7 παρατηρείται ότι οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν την ανάγκη για θέρμανση τις πρωινές ώρες σημειώνοντας βύθιση στην ζήτηση του φορτίου. Για παράδειγμα, την 25η Ιανουαρίου, η κατανάλωση ξεκινά από χαμηλά επίπεδα τις πρώτες πρωινές ώρες (0.4-0.6 kWh), με μια αιχμή στις 08:00 και σημαντική μείωση αμέσως μετά και ακολουθεί το ημερήσιο μέγιστο κατά το βράδυ. Αντίστοιχα, τον Απρίλιο (20/04), διακρίνεται η ημερήσια αιχμή στις 09.00 αυτή την φορά (λόγω αλλαγής ώρας) ενώ η ζήτηση το μεσημέρι και το απόγευμα είναι συγκρατημένη καθώς η θερμοκρασία φτάνει στους 25-27°C. Η γενική εικόνα δείχνει ότι οι υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή δημιουργούν ένα μοτίβο όπως περιγράφηκε. Εξάιρεση αποτελεί η 23η Μαΐου όπου η πρωινή αιχμή είναι αμελητέα.



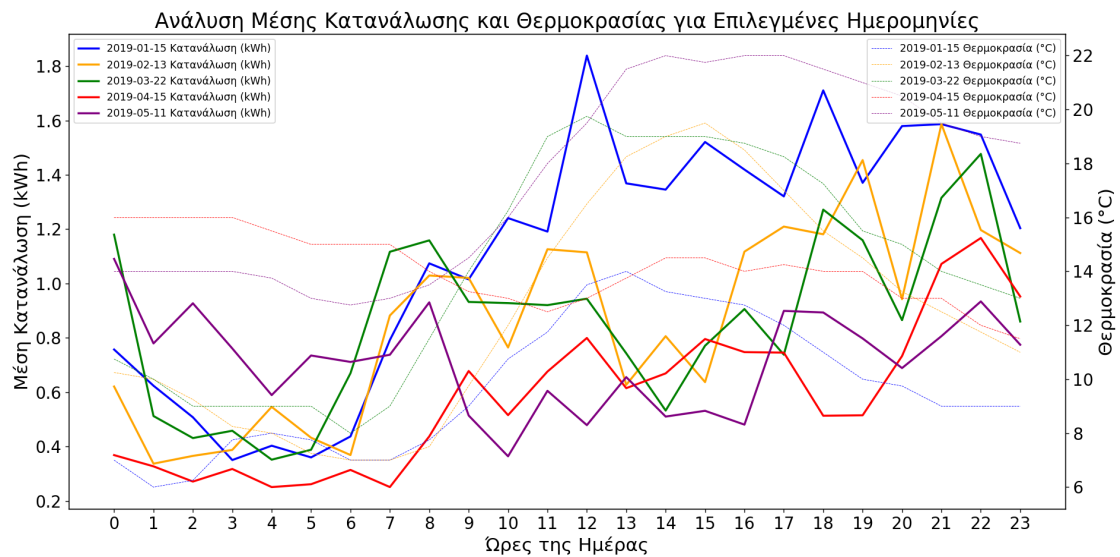
Σχήμα 7: Μέρα με υψηλή θερμοκρασία

Στο σχήμα 8 φαίνεται πως οι χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνουν σημαντικά τη ζήτηση ενέργειας τις μεσημβρινές ώρες και το επίπεδο του ημερήσιου μεγίστου κατά το βράδυ. Στις 18 Ιανουαρίου, η κατανάλωση φτάνει στην πρωινή αιχμή (1.2 kWh) γύρω στις 7:00 π.μ., όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από τους 10°C. Αυτό φανερώνει έντονη ανάγκη για θέρμανση. Αντίστοιχα, στις 2 Φεβρουαρίου και στις 13 Μαρτίου, παρατηρείται παρόμοια τάση με χαμηλές θερμοκρασίες το πρωί (κάτω από τους 8°C) και απουσία μεγάλης βύθισης στην συνέχεια (εξάιρεση η 7η Μαΐου που η θερμοκρασία είναι εν γένει υψηλή για να δικαιολογήσει ανάγκες θέρμανσης). Επίσης, το ημερήσιο μέγιστο κατά το βράδυ είναι υψηλότερο σε σχέση με το προηγούμενο γράφημα.



Σχήμα 8: Μέρα με χαμηλή θερμοκρασία

Στο σχήμα 9 και πιο συγκεκριμένα στις 15/01 και 13/02, η ημερήσια αιχμή είναι συγκρίσιμη με το νυτερινό μέγιστο γιατί πιθανώς η θέρμανση χρησιμοποιείται περισσότερο από τις προηγούμενες περιπτώσεις. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η κατανάλωση δεν παρουσιάζει την βύθιση που προηγήθηκε και αν αυτή υπάρχει είναι μικρότερη και συντομότερη. Στις ανοιξιάτικες περιόδους (22/03 και 15/04), οι θερμοκρασίες είναι πιο ήπιες, γύρω στους 15-20°C. Η κατανάλωση είναι σχετικά ισορροπημένη όλη την ημέρα. Στις 11/05, με θερμοκρασίες κοντά στους 22°C, οι διακυμάνσεις του φορτίου είναι αμβλύμενες.



Σχήμα 9: Μέρα με τυπική θερμοκρασία

Άρα, καταλήγουμε στο τελικό συμπέρασμα ότι οι υψηλές θερμοκρασίες αμβλύνουν τις ενεργειακές ανάγκες των οικιακών καταναλωτών εν γένει αλλά και ειδικά στην πρωινή αιχμή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες οξύνουν την κατανάλωση ενέργειας έντονα τις πρωινές ώρες. Ταυτόχρονα, οι τυπικές θερμοκρασίες δημιουργούν μια πιο ισορροπημένη κατανομή κατανάλωσης, με ήπιες αιχμές το πρωί και σταθερότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

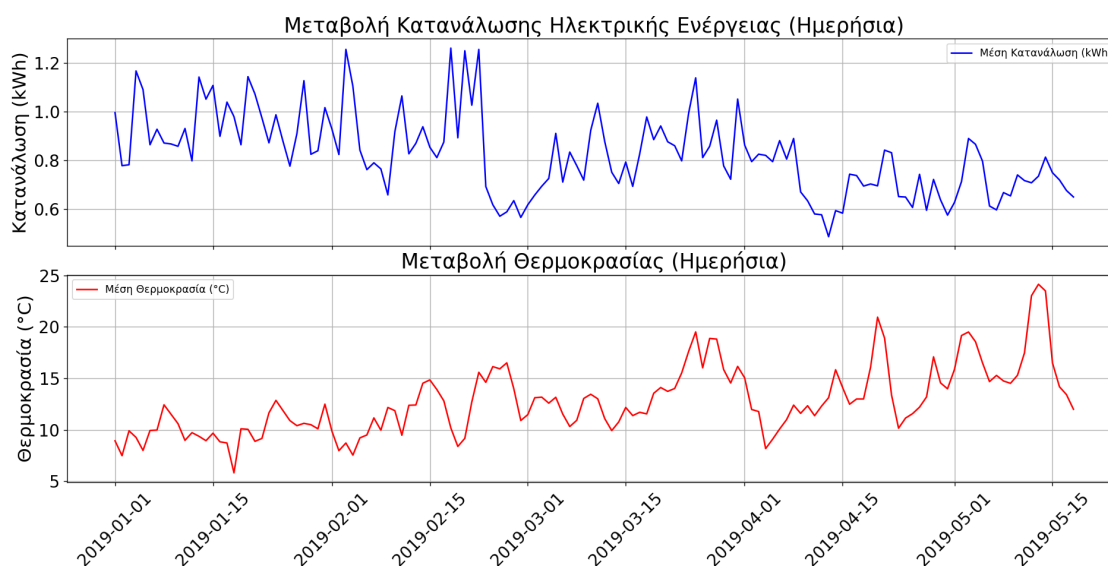
2.6 Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας

Αρχείο κώδικα: 2.6. σύγκριση ημερήσιας κατανάλωσης - θερμοκρασίας.py

Σε συνέχεια της προηγούμενης ανάλυσης, παρουσιάζεται σε ζευγάρι διαγραμμάτων η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας και η μέση ημερήσια θερμοκρασία για το διάστημα διαθέσιμων στοιχείων, 2019-01-01 έως 2019-05-18. Είναι ξανά εμφανής η μείωση της μέσης κατανάλωσης με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας.

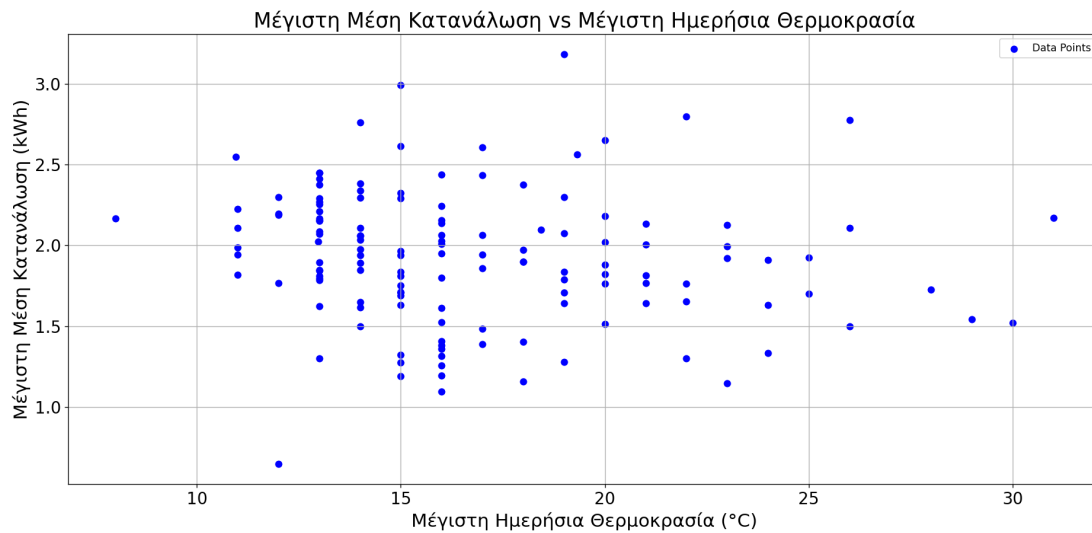
Μερικά σημεία που προσελκύουν το ενδιαφέρον είναι τα εξής. Στις 2019-01-07 και 2019-01-25 η αύξηση της θερμοκρασίας μείωσε την κατανάλωση. Στις 2019-02-18 παρουσιάζεται βύθιση της θερμοκρασίας και το ίδιο διάστημα αύξηση της κατανάλωσης. Αντίθετα, στις 2019-01-17 και 2019-02-02 οι χαμηλές θερμοκρασίες δημιούργησαν αιχμές στην μέση ημερήσια κατανάλωση.

Η σύνδεση αυτή αντιστρέφεται κατά τους θερμότερους μήνες (Μάιος) όπου οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την ζήτηση ενέργειας.



Σχήμα 10: Ζευγάρι διαγραμμάτων Μέσης Ημερήσιας Κατανάλωσης και Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας σε κοινό άξονα χρόνου

Το γράφημα που ακολουθεί οπτικοποιεί την συσχέτιση Μέγιστης Ημερήσιας Θερμοκρασίας - Μέγιστης Μέσης Ημερήσιας Κατανάλωσης. Παρατηρούμε ότι τις ημέρες που η μέγιστη θερμοκρασία ανήκει στο εύρος $10 - 15^{\circ}C$ η αιχμή της ζήτησης συναντάται σχεδόν πάντα στο διάστημα $1,5 - 2,5 kWh$. Αντίθετα, μόλις σε 2 περιπτώσεις η μέση κατανάλωση έπεσε από το κατώφλι της $1,5 kWh$. Όσο η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία αυξάνεται, οι αιχμές του φορτίου στο διάστημα $1,5 - 2,5 kWh$ γίνονται σπανιότερες. Χαρακτηριστικά, για μέγιστη θερμοκρασία $20 - 25^{\circ}C$, υπάρχουν μόλις 3 ημέρες με αιχμή $> 2 kWh$.



Σχήμα 11: Διασπορά Μέγιστης Ημερήσιας Θερμοκρασίας - Μέγιστης Κατανάλωσης

3 Ανάλυση επί της κατανάλωσης των επιμέρους συσκευών

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η ανάλυση της κατανάλωσης 10 συσκευών ενός συγκεκριμένου καταναλωτή. Η διαδικασία ανάλυσης είναι παρόμοια με αυτή που προηγήθηκε.

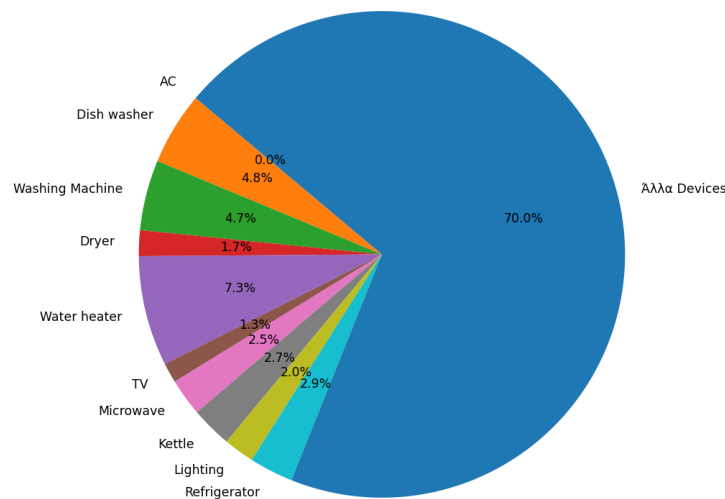
3.1 Συσχέτιση με τη συνολική κατανάλωση της εγκατάστασης

Αρχείο κώδικα: 3.1. ανάλυση κατανάλωσης συσκευών.py

Μέσω των παρακάτω γραφημάτων, εξετάζεται η συνολική ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και οι αναλογίες κατανάλωσης μεταξύ διαφορετικών συσκευών.

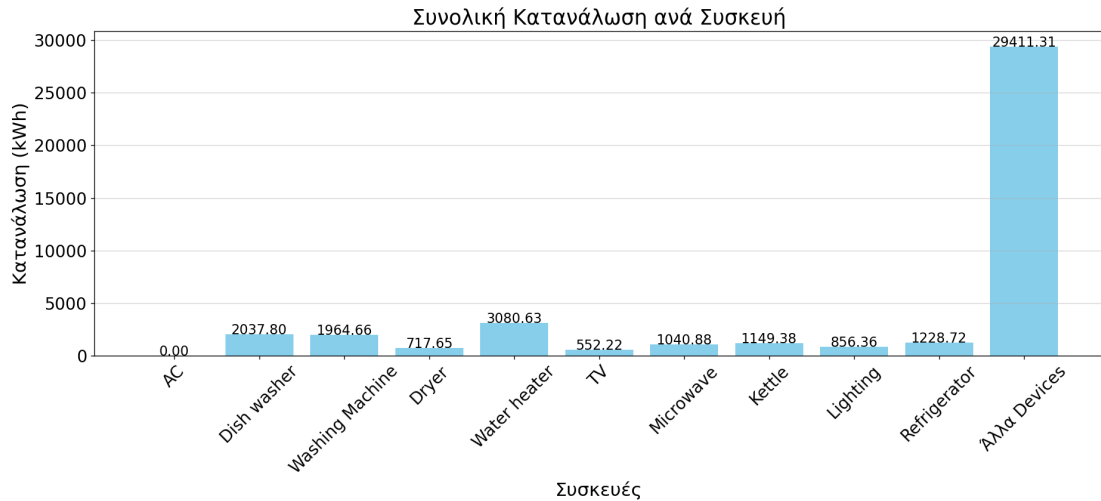
Το γράφημα πίτας αναδεικνύει τη συμβολή κάθε συσκευής στη συνολική κατανάλωση. Παρατηρείται ότι το 70% της κατανάλωσης αποδίδεται στην κατηγορία "Άλλα Devices", δηλαδή καταναλώσεις για τις οποίες δεν έχουμε περαιτέρω πληροφορίες. Από τις υπόλοιπες συσκευές, ο θερμοσίφωνας (7,3%), το πλυντήριο πιάτων (4,8%), και το πλυντήριο ρούχων (4,7%) καταναλώνουν τα σημαντικότερα ποσοστά ενέργειας. Να σημειωθεί ότι, για το συγκεκριμένο καταναλωτή δεν γίνεται χρήση του κλιματιστικού οπότε και ένδειξη της καταναλώσης του είναι μηδέν.

Αναλογία Κατανάλωσης Συσκευών σε σχέση με τη Συνολική Κατανάλωση



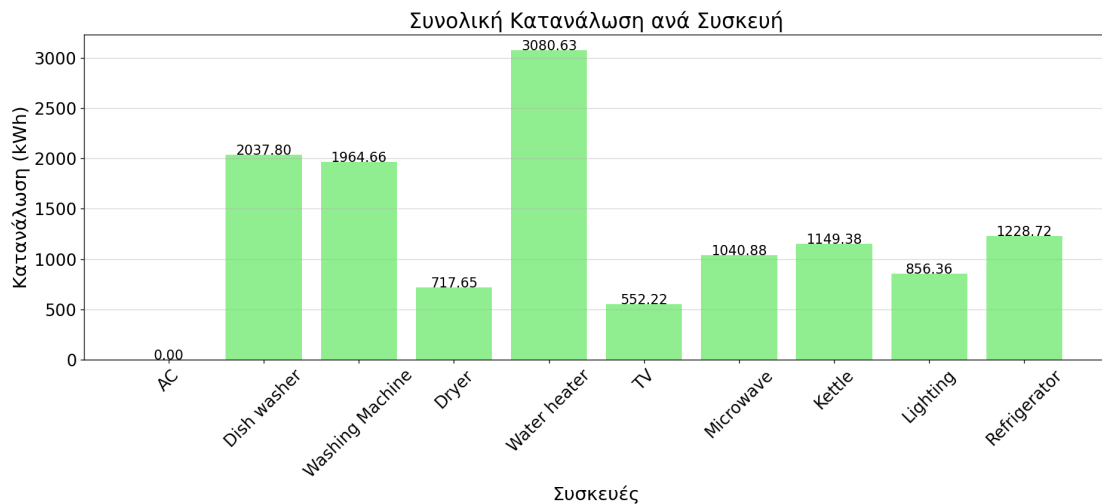
Σχήμα 12: Ποσοστό συνεισφοράς κάθε συσκευής στην συνολική κατανάλωση

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα παρουσιάζεται η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση τόσο της κάθε συσκευής όσο και των υπόλοιπων συσκευών για ένα χρόνο. Παρατηρείται και εδώ η μεγάλη κατανάλωση που παρουσιάζει η κατηγορία "Άλλα Devices".



Σχήμα 13: Συνολική κατανάλωση ανα κατηγορία συσκευών

Σε αυτό το ραβδόγραμμα, γίνεται σύγκριση των συσκευών για τις οποίες δίνονται τα δεδομένα κατανάλωσης τους. Η διαφορά του θερμοσίφωνα από τις υπόλοιπες συσκευές είναι σημαντική, ενώ οι χαμηλότερες καταναλώσεις προέρχονται από την τηλεόραση, το στεγνωτήριο και το φωτισμό.



Σχήμα 14: Συνολική κατανάλωση ανά συσκευή

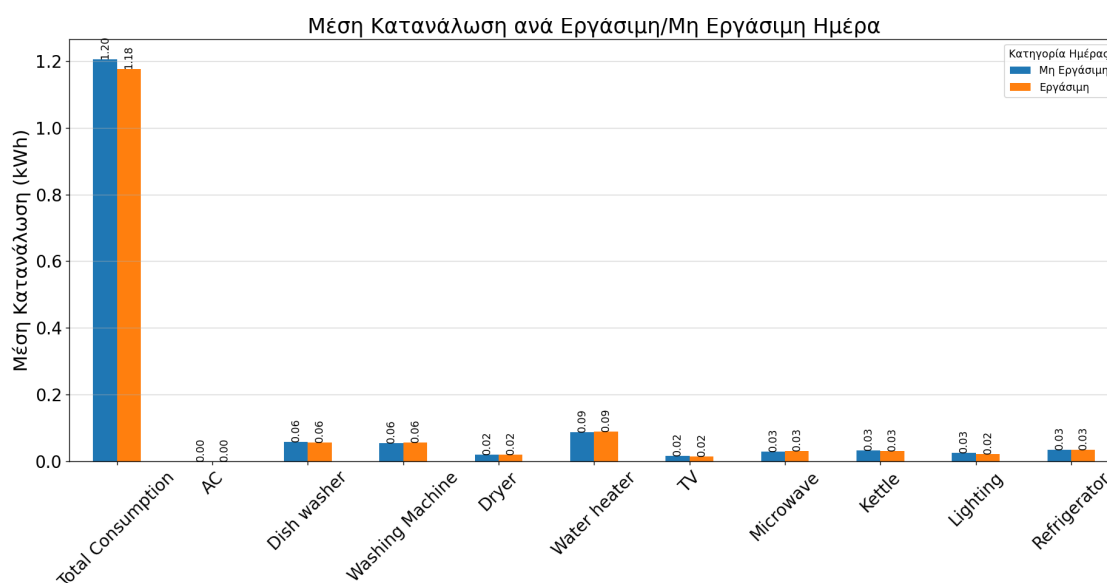
3.2 Μεταβολές στη χρήση σε εργάσιμες/μη εργάσιμες μέρες και ανά διαφοράς στην εποχή του χρόνο

Αρχείο κώδικα: 3.2. ανάλυση κατανάλωσης συσκευών - (μη) εργάσιμες.py

Αρχείο κώδικα: 3.2β Ανάλυση κατανάλωσης συσκευών χωρίς total consumption.py

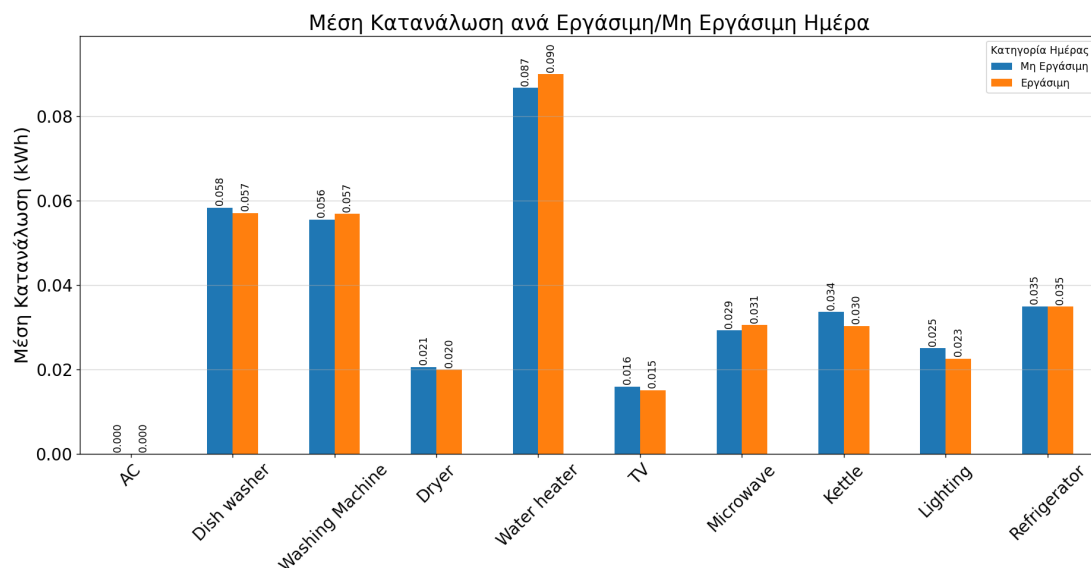
Στα ραβδογράμματα των Σχημάτων 15&16 παρουσιάζεται η κατανάλωση κάθε συσκευής κατά τις εργάσιμες/μη εργάσιμες μέρες. Να σημειωθεί ότι ως μη εργάσιμες θεωρούνται μόνο τα σαββατοκύριακα και δεν λήφθηκαν υπόψη οι αργίες.

Όπως φαίνεται, η συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση είναι ελαφρώς υψηλότερη τα σαββατοκύριακα.



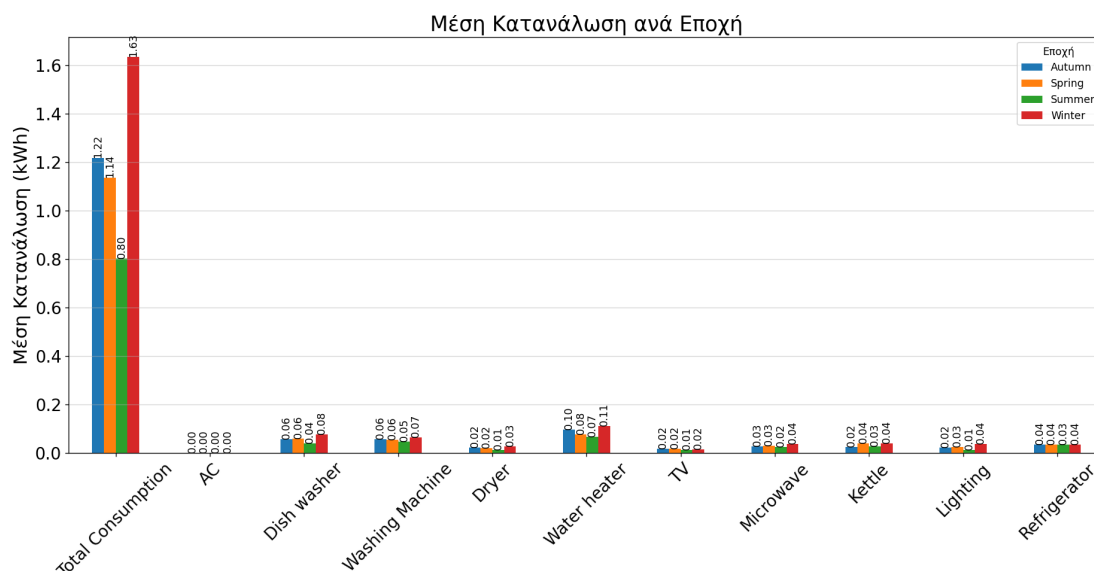
Σχήμα 15: Σύγκριση κατανάλωσης εργάσιμων και μη εργάσιμων ημερών κάθε συσκευής

Από τις συσκευές, εκείνες που χρησιμοποιούνται περισσότερο στο τέλος της εβδομάδας είναι το πλυντήριο πιάτων, το στεγνωτήριο, η τηλεόραση, ο φούρνος και ο φωτισμός. Αυτό υποδηλώνει ενδεχομένως ότι οι διαμένοντες ξοδεύουν περισσότερο χρόνο στο σπίτι τα Σάββατα και τις Κυριακές ενώ τις υπόλοιπες που πιθανώς εργάζονται δεν καταναλώνουν τα ίδια ποσά ενέργειας. Τις καθημερινές το πλυντήριο και ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας χρησιμοποιούνται περισσότερο.



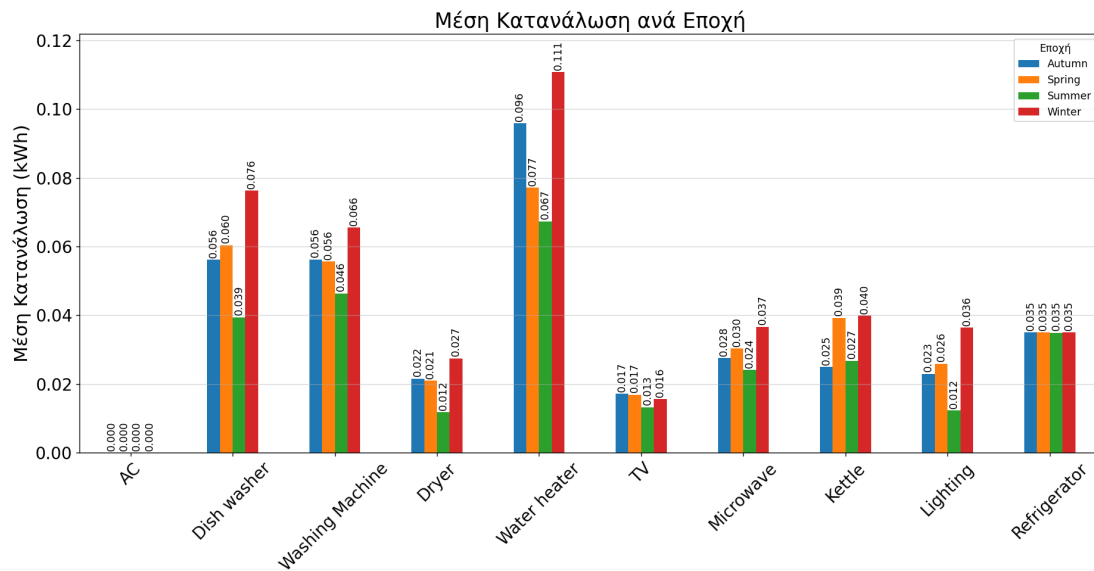
Σχήμα 16: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά συσκευή ανά εργάσιμη / μη εργάσιμη ημέρα χωρίς συνολική κατανάλωση

Εδώ παρουσιάζεται η μέση ημερήσια κατανάλωση αναλόγως την εποχή. Όπως έχει ήδη διαπιστωθεί και επαληθευτεί, οι μεγαλύτερες καταναλώσεις για τον συγκεκριμένο καταναλωτή εμφανίζονται κατά σειρά τον χειμώνα, το φθινόπωρο, την άνοιξη και το καλοκαίρι. Είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικό ότι η συνολική κατανάλωσή του τον χειμώνα είναι διπλάσια απ' την θερινή.



Σχήμα 17: Μέση κατανάλωση συσκευής ανά εποχή

Από τα διαθέσιμα στοιχεία, οι συσκευές που η χρήση τους μειώνεται αισθητά ανάμεσα στον χειμώνα και το καλοκαίρι είναι ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, το πλυντήριο πιάτων, ο φωτισμός, το στεγνωτήριο και το πλυντήριο ρούχων. Αυτή η μείωση είναι λογική. Συσκευές όπως η τηλεόραση και ο φούρνος βλέπουν μικρότερες μεταβολές στην χρήση ενώ άλλες όπως το ψυγείο διατηρούν σταθερή κατανάλωση όλο τον χρόνο. Εδώ, θα αναμέναμε ότι το ψυγείο ακολουθεί τις μεταβολές των υπόλοιπων συσκευών αλλά με βάση τα στοιχεία δεν συμβαίνει.



Σχήμα 18: Μέση κατανάλωση κάθε συσκευής ανά εποχή χωρίς συνολική κατανάλωση

3.3 Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας consumer5

Αρχείο κώδικα: 3.3. Σύγκριση ωριαίας κατανάλωσης - θερμοκρασίας (consumer5).py

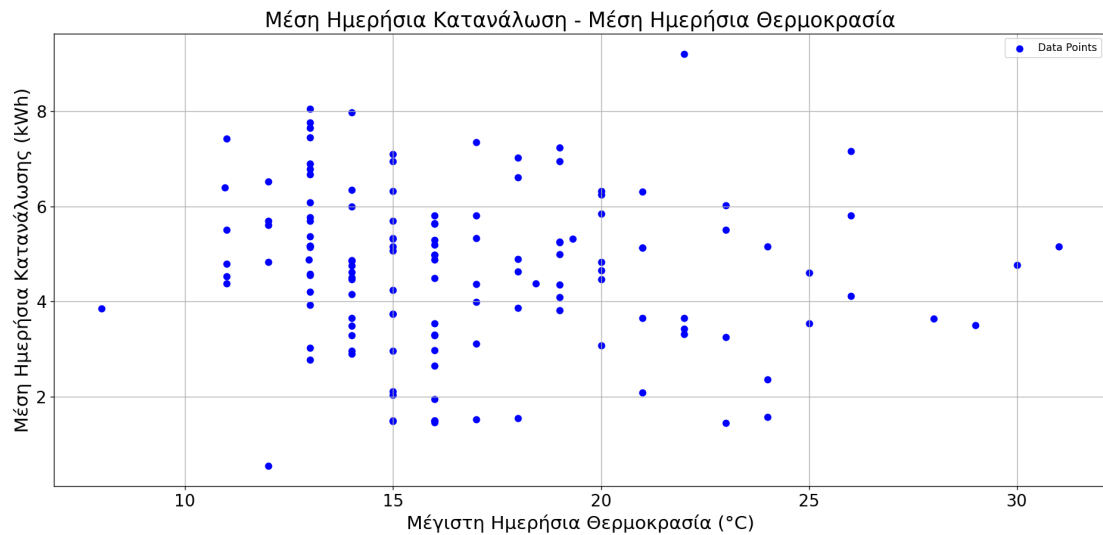
Η ανάλυση αυτή είναι όμοια με εκείνη της παραγράφου 2.6. αλλά αφορά τον καταναλωτή Consumer5 του dataset. Το διάγραμμα θερμοκρασίας παραμένει το ίδιο. Αυτό που διαφοροποιείται ελάχιστα είναι το διάγραμμα μέσης ημερήσιας κατανάλωσης.

Σε αυτό, εμφανίζεται κατακρυσμνισμός της κατανάλωσης για λίγες ημέρες στο τέλος Φεβρουαρίου. Εκτιμούμε ότι είναι σχετικά απίθανο να οφείλεται αποκλειστικά στην μικρή αύξηση της θερμοκρασίας αλλά η έλλειψη στοιχείων για όλες τις καταναλώσεις δεν μας επιτρέπει να προβούμε σε ακριβή συμπεράσματα. Ανάλογη περίπτωση εμφανίζεται και στα μέσα Απριλίου. Εν γένει, όμως, ισχύει ότι βαδίζοντας προς το θέρους η συνολική κατανάλωση μειώνεται αισθητά.



Σχήμα 19: Ζευγάρι διαγραμμάτων Μέσης Ημερήσιας Κατανάλωσης Consumer5 και Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας σε κοινό άξονα χρόνου

Το γράφημα που ακολουθεί οπτικοποιεί την συσχέτιση Μέγιστης Ημερήσιας Θερμοκρασίας - Μέγιστης Μέσης Ημερήσιας Κατανάλωσης, όπως και προηγουμένως. Παρατηρούμε ότι τις ημέρες που η μέγιστη θερμοκρασία ανήκει στο εύρος $10-15^{\circ}C$ η αιχμή της ζήτησης συναντάται κατά την συντριπτική πλειοψηφία στο διάστημα $4-8 kWh$. Αντίθετα, μόλις σε λίγες περιπτώσεις η μέση ημερήσια κατανάλωση έπεσε από το κατώφλι των $2 kWh$. Όσο η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία αυξάνεται, οι αιχμές του φορτίου στο διάστημα $4-8 kWh$ γίνονται σπανιότερες. Χαρακτηριστικά, για μέγιστη θερμοκρασία $20-25^{\circ}C$, υπάρχουν μόλις 2 ημέρες με αιχμή $> 6 kWh$.



Σχήμα 20: Διασπορά Μέγιστης Ημερήσιας Θερμοκρασίας - Μέγιστης Κατανάλωσης Consumer5

Λόγω του ρεύματος μαγνήτισης και της αντίδρασης σκέδασης οι ΜΣ καταναλώνουν άεργη ισχύ. Αυτή