

1^ο ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

Όνομα εταιρείας	
Είδος επιχείρησης	
Δημόσιος ή Ιδιωτικός τομέας	
Διεύθυνση	
Τηλέφωνο	
Φαξ	
Υπεύθυνος επικοινωνίας	
Αριθμός εργαζομένων	
Ώρες εργασίας	
Λεπτομέρειες σχετικά με τη βάρδια	
Σαββατοκύριακα	
Ετήσιο κλείσιμο για συντήρηση	
Απαιτούμενη εσωτερική θερμοκρασία	
Απαιτούμενος αριθμός εναλλαγών αέρα	
Περιοχή εργασίας (αν είναι γνωστή)	
Όγκος που θερμαίνεται	
Ετήσιος λογαριασμός καυσίμων	
Ετήσιος λογαριασμός νερού	
Ετήσιος λογαριασμός Δ.Ε.Η.	
Ετήσιος λογαριασμός αποβλήτων	
Ειδικά περιβαλλοντικά προβλήματα Μόλυνση αέρα Μόλυνση υδάτινων όγκων Μόλυνση γής Είδος αποβλήτων Θόρυβος	

Παρατηρήσεις:

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ένα συμπληρωματικό ερωτηματολόγιο, συνοδευτικό του προηγούμενου θα πρέπει να περιλαμβάνει κτιριακά και κλιματικά δεδομένα:

Έκταση ακινήτου (m ²)	
Όγκος ακινήτου (m ³)	
Διαστάσεις ακινήτου και χώρων	
Άτομα ανά χώρο	
Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα και χρόνο	
Βαθμοημέρες για την περιοχή	
Θερμοκρασίες αέρα για την περιοχή	
Άλλες κλιματολογικές συνθήκες	
Προσανατολισμός κτιρίου	
Μήκος πλευράς	A B Γ Δ
Ύψος πλευράς	
Συντελεστής θερμοπερατότητας K	
K*A(επιφάνεια)	
Βαθμός απόδοσης λέβητα	

Παρατηρήσεις:

2^ο ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

- Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου
- Αριθμός ορόφων κτιρίου
- Κατασκευαστικές λεπτομέρειες κτιρίου
- Λεπτομερείς προδιαγραφές λέβητα, καυστήρα, κυκλοφορητή
- Κατασκευαστικά σχέδια και δεδομένα μηχανημάτων και σωληνώσεων
- Λεπτομέρειες σχετικά με τις συσκευές θέρμανσης – ψύξης – αερισμού

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Διαχείριση ενέργειας

- Ποιός είναι υπεύθυνος για το ενεργειακό management;
- Ποια η θέση του στην εταιρεία;
- Σε ποιόν δίνει αναφορά;
- Δουλεύει μόνιμα στην εταιρεία ή σαν εξωτερικός συνεργάτης;
- Ποια τα προσόντα του και η εμπειρία του;
- Τι έχει επιτύχει έως σήμερα
- Υπάρχει ήδη κάποιο ενεργειακό πλάνο;
- Τι έχει επιτευχθεί;

Οικονομική πολιτική

- Ποιος ελέγχει τον ετήσιο ισολογισμό;
- Ποιος ελέγχει τα παροδικά έξοδα;
- Τι οικονομικά κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς;
- Ποια η διαθέσιμη χρονική περίοδο για την μελέτη;
- Υπάρχουν στοιχεία επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας που ήδη έχουν πραγματοποιηθεί και ποια τα οικονομικά τους αποτελέσματα;
- Αν δεν έχουν πραγματοποιηθεί επενδύσεις, γιατί όχι;

Σχόλια σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας

- Η κατανάλωση ενέργειας φαίνεται λογική, υπερβολική ή υποτονική;
- Ποιες οι περιοχές (μηχανήματα) υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης;
- Τι είδους τιμολόγια χρησιμοποιούνται (π.χ. Δ.Ε.Η);
- Γιατί έχουν επιλεγεί αυτά τα τιμολόγια;
- Πότε έγινε ο τελευταίος έλεγχος για τη χρήση αυτών των τιμολογίων;
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλα, μειωμένα τιμολόγια;
- Μπορεί η μέγιστη ζήτηση να μειωθεί;

Μέτρηση και καταγραφή

- Πώς καταγράφεται η κατανάλωση ενέργειας;
- Από ποιόν καταγράφεται;
- Πώς αναλύεται – παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας;
- Η ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων συμβαδίζει με την πράξη;
- Γίνεται ανάλυση ανά κτίριο, ανά προϊόν, ανά μήνα, ανά χρόνο, ανά τομέα, ανά δραστηριότητα;
- Τι συσκευές χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις;
- Υπάρχει πρόβλεψη - προϋπολογισμός για την ενεργειακή κατανάλωση;
- Έχουν τεθεί προδιαγραφές για κάποιο προϊόν ή κάποιο κτίριο;
- Υπάρχει σύγκριση με προηγούμενες περιόδους, άλλες εταιρείες, άλλες τοποθεσίες;
- Πρέπει να τοποθετηθεί (υιοθετηθεί) ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας;
- Ποια η φύση του παραπάνω συστήματος (μέσω υπολογιστή ή χειρόγραφο)

Προσωπική ενημέρωση για την κατανάλωση ενέργειας

- Είναι γνωστές οι λεπτομέρειες της κατανάλωσης ενέργειας στους εργαζόμενους;
- Είναι οι εργαζόμενοι ενήμεροι για την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας;
- Τι βήματα (μέτρα) έχει λάβει η εταιρεία για την ενημέρωση – εκπαίδευση των υπαλλήλων;

Πρόσφατα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

- Τι μέτρα έχουν ληφθεί για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης;
- Τι μέτρα έχουν ληφθεί για ανακύκλωση ενέργειας (π.χ. συμπαραγωγή);

Σχόλια ενεργειακής αναποτελεσματικότητας

- Υπάρχουν ή υπήρχαν συμβάντα σπατάλης ενέργειας;

Κατάσταση κτιρίου, μηχανημάτων και συσκευών

- Υπάρχει επαρκής μόνωση και στεγανοποίηση;
- Αν ναι διατηρείται σε καλή κατάσταση (τοίχοι, οροφές, πατώματα, κουφώματα, διαχωριστικά, σωληνώσεις, αεραγωγοί);

Λέβητες – Κλίβανοι και εξαρτήματά τους

- Έχουν καλό βαθμό απόδοσης;
- Ελέγχεται ο βαθμός απόδοσης;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιά η διαδικασία συντήρησής τους;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Συστήματα διανομής θερμότητας

- Υπάρχουν διαρροές ζεστού νερού ή ατμού;
- Είναι οι σωληνώσεις και οι αγωγοί επαρκώς μονωμένοι;
- Τι διαδικασία συντήρησης υπάρχει;

Κύριοι καταναλωτές

- Ποια μηχανήματα – συσκευές καταναλώνουν μεγάλο ποσό ενέργειας;

Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

- Πως θερμαίνονται τα δοχεία αποθήκευσης (π.χ. boiler);
- Ποιες οι θερμοκρασίες τους;
- Γιατί χρησιμοποιούνται αυτές οι θερμοκρασίες;
- Είναι επαρκώς μονωμένα;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιά η διαδικασία συντήρησής τους;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Παραγωγική διαδικασία

- Είναι αποδοτική η παραγωγική διαδικασία;
- Διατηρούνται οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις στα χαμηλότερα επιτρεπτά επίπεδα;
- Ποιες ηλεκτρικές συσκευές – μηχανήματα χρησιμοποιούνται;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιιά η διαδικασία συντήρησης της γραμμής παραγωγής;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Θέρμανση και κλιματισμός κτιρίου

- Ποιες περιόδους το κτίριο θερμαίνεται ή ψύχεται;
- Πώς ελέγχεται η θέρμανση και η ψύξη
- Θα μπορούσαν να μεταβληθούν οι θερμοκρασίες;
- Υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας στις διάφορες ζώνες του κτιρίου;
- Υπάρχουν χώροι που δεν είναι απαραίτητη η θέρμανση τους;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιιά η διαδικασία συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Φωτισμός

- Υπάρχουν χώροι που φωτίζονται χωρίς να είναι απαραίτητο;
- Πως ελέγχεται ο φωτισμός των χώρων;
- Υπάρχει και αν ναι ποιιά η διαδικασία συντήρησης του φωτισμού;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Εξαερισμός

- Ποιος ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμών εναλλαγών αέρα;
- Πως εξαερίζεται το κτίριο;
- Πως εισέρχεται ο αέρας;
- Πως εξέρχεται ο αέρας;
- Διαφέρει ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανάλογα με τον χώρο του κτιρίου;
- Υπάρχουν μέρη του κτιρίου που εξαερίζονται χωρίς να είναι απαραίτητο;
- Υπάρχει ένδειξη κατακόρυφης στρωμάτωσης του αέρα;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιιά η διαδικασία συντήρησης των ανεμιστήρων;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Συμπιεστές

- Ποιες οι απαιτήσεις σε συμπιεσμένο αέρα;
- Από που προέρχεται ο αέρας προσαγωγής για τον συμπιεστή;
- Που είναι τοποθετημένος ο αέρας προσαγωγής;
- Για ποιο λόγο χρησιμοποιείται ο συμπιεσμένος αέρας;
- Ποια η πίεση και η θερμοκρασία διανομής;
- Ποια η απαιτούμενη πίεση στα σημεία χρησιμοποίησης του αέρα;
- Υπάρχουν ενδείξεις για διαρροή ή χρήση συμπιεστών από μη εκπαιδευμένα άτομα;
- Ο βαθμός απόδοσης των συμπιεστών κρίνεται ικανοποιητικός;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιά η διαδικασία συντήρησης τους;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Ψυκτικές μονάδες

- Ο βαθμός απόδοσης των ψυκτικών μονάδων κρίνεται ικανοποιητικός;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιά η διαδικασία συντήρησης τους;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Χρήση ατμού

- Υπάρχουν εμφανείς διαρροές ατμού;
- Υπάρχει ανάκτηση συμπυκνωμάτων;
- Τα ακροφύσια του ατμού καθαρίζονται και ξεβουλώνουν;
- Ο βαθμός απόδοσης των ατμοπαραγωγών κρίνεται ικανοποιητικός;
- Υπάρχει και αν ναι, ποιά η διαδικασία συντήρησης τους;
- Τι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται;

Άλλες συσκευές ή εξαρτήματα

Παρατηρήσεις

Συνοπτικά το προηγούμενο ερωτηματολόγιο θα μπορούσε να παρουσιαστεί με τη μορφή του παρακάτω πίνακα:

Συσκευές	Περιγραφή	Ισχύς (kW)	Βαθμός απόδοσης	Ώρες λειτουργίας	Αυτοματισμός	Συντήρηση
Κλίβανοι						
Λέβητες						
Κυκλοφορητές						
Φωτισμός						
Παραγωγική Διαδικασία						
Κύκλωμα Θέρμανσης						
Εξαερισμός						
Κλιματισμός						
Κύκλωμα ψύξης						
Διανομή ζεστού νερού						
Αεροσυμπιεστές						
Ατμοπαγωγοί						
Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας						
Ηλεκτρικές συσκευές						
Άλλες συσκευές						

Παρατηρήσεις

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όνομα εταιρείας	Bitusa industries Ltd.
Είδος επιχείρησης	Ανταλλακτικά αυτοκινήτων
Δημόσιος ή Ιδιωτικός τομέας	Ιδιωτικός
Διεύθυνση	4 Back Street USA
Τηλέφωνο	0234 0 750111
Φαξ	0234 0 750112
Υπεύθυνος επικοινωνίας	J. Jimmy
Αριθμός εργαζομένων	150
Ώρες εργασίας	8760/χρόνο
Λεπτομέρειες σχετικά με τη βάρδια	3 X 8 ώρες
Σαββατοκύριακα	3 X 8 ώρες
Ετήσιο κλείσιμο για συντήρηση	Χριστούγεννα
Απαιτούμενη εσωτερική θερμοκρασία	21 °C
Απαιτούμενος αριθμός εναλλαγών αέρα	3/ώρα
Περιοχή εργασίας (αν είναι γνωστή)	8000 m ²
Όγκος που θερμαίνεται	40000 m ³
Ετήσιος λογαριασμός ενέργειας	280.000 E

Παρατηρήσεις

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την κατανάλωση καυσίμων και ηλεκτρισμού για την χρονική περίοδο (Μάρτιος 91 – Φεβρουάριος 92)

Μήνας	Λιγνίτης (τόννοι)	Βενζίνη (λίτρα)	Αέριο (θερμίδες)	Ηλεκτρική Ενέργεια Ημερ. kWh	Ηλεκτρική Ενέργεια Νυχτ. kWh
Μάρτιος	0	24000	18000	162342	43234
Απρίλιος	0	24000	12015	133245	39876
Μάιος	0	0	10652	154789	43475
Ιούνιος	0	0	8614	132456	43098
Ιούλιος	0	0	4563	123453	39876
Αύγουστος	0	0	5413	121000	37684
Σεπτέμβριος	0	14000	10312	124356	37984
Οκτώβριος	0	0	9919	176899	49693
Νοέμβριος	0	25000	10222	167564	41453
Δεκέμβριος	0	11000	10101	132876	32967
Ιανουάριος	0	23000	21146	152098	37963
Φεβρουάριος	0	12000	21999	163876	41856
Σύνολο	0	133000	142956	1744954	489159

Μετατρέποντας όλες τις παραπάνω μονάδες σε kWh με τη χρήση των παρακάτω σχέσεων:

Βενζίνη 11,23 kWh/λίτρο και 0,0333 E/kWh
Φυσικό αέριο 29,3 kWh/θερμίδα και 0,0136 E/kWh
Ηλεκτρισμός (Ημερήσιο τιμολόγιο) 0,0683/kWh
Ηλεκτρισμός (Νυχτερινό τιμολόγιο) 0,0376/kWh

δημιουργούμε τους παρακάτω πίνακες:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΜΑΡΤΙΟ 91 – ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ 92

Μήνας	Βενζίνη (kWh)	Αέριο (kWh)	Ηλεκτρική Ενέργεια Ημερ. kWh	Ηλεκτρική Ενέργεια Νυχτ. kWh
Μάρτιος	269520	527400	162342	43234
Απρίλιος	269520	352039,5	133245	39876
Μάϊος	0	352103,6	154789	43475
Ιούνιος	0	252390,2	132456	43098
Ιούλιος	0	133695,9	123453	39876
Αύγουστος	0	158600,9	121000	37684
Σεπτέμβριος	157220	302141,6	124356	37984
Οκτώβριος	0	290626,7	176899	49693
Νοέμβριος	280750	299504,6	167564	41453
Δεκέμβριος	123530	295959,3	132876	32967
Ιανουάριος	258290	619577,8	152098	37963
Φεβρουάριος	134760	644570,7	163876	41856
Σύνολο	1493590	4188611,0	1744954	489159

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

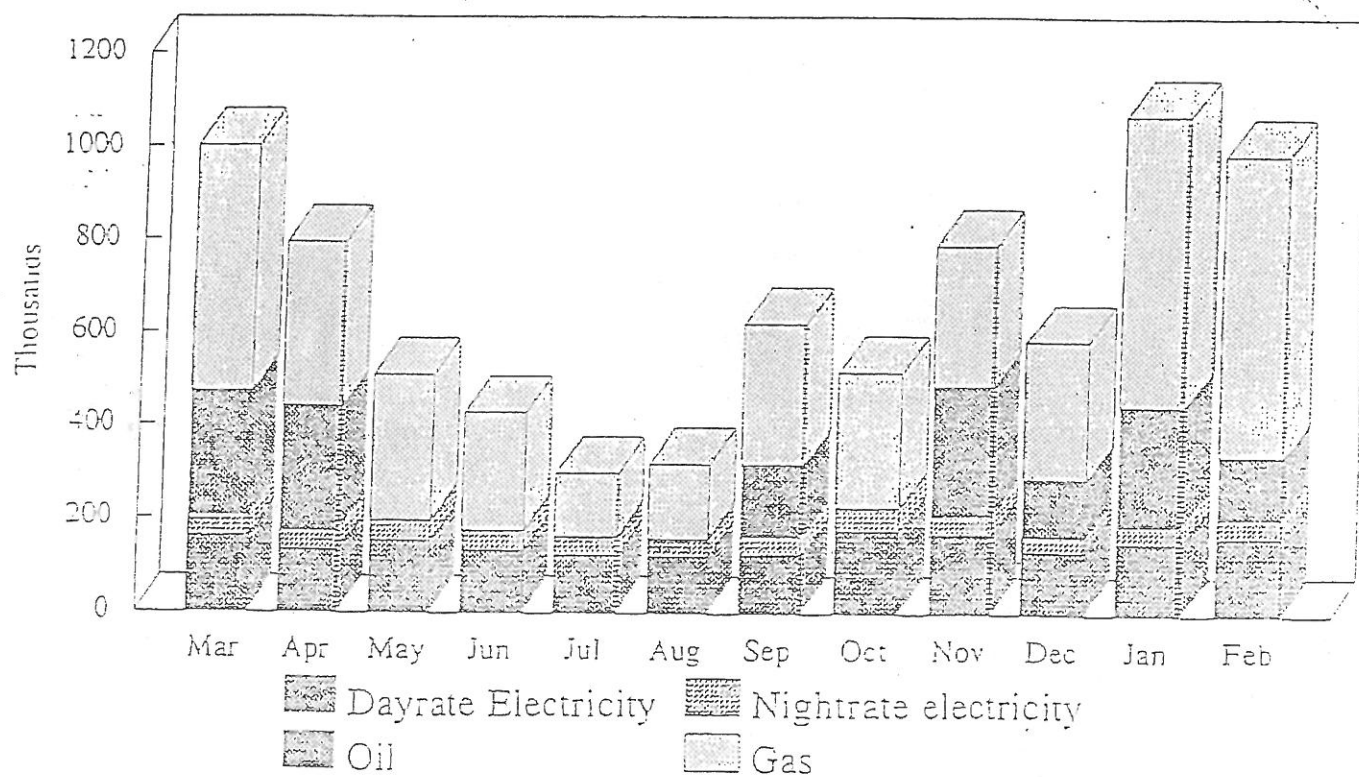
Μήνας	Βενζίνη	Αέριο	Ηλεκτρική Ημερήσια	Ηλεκτρική Νυχτερινή	Σύνολο
Μάρτιος	8975,016	7172,64	11087,96	1625,598	28861,21
Απρίλιος	8975,016	4787,737	9100,634	1499,338	24362,72
Μάϊος	0	4244,609	10572,09	1634,66	16451,36
Ιούνιος	0	3432,507	9046,745	1620,485	14099,74
Ιούλιος	0	1818,264	8431,840	1499,338	11749,44
Αύγουστος	0	2156,972	8264,3	1416,918	11838,19
Σεπτέμβριος	5235,426	4109,126	8493,515	1428,198	19266,26
Οκτώβριος	0	3952,523	12082,20	1868,457	17903,18
Νοέμβριος	9348,975	4073,263	11444,62	1558,633	26425,49
Δεκέμβριος	4113,549	4025,046	9075,431	1239,559	18453,59
Ιανουάριος	8601,057	8426,258	10388,29	1427,409	28843,02
Φεβρουάριος	4487,508	8766,162	11192,73	1573,786	26020,19
Σύνολο	49736,55	56965,11	119180,4	18392,38	244274,4

Με τη βοήθεια των παραπάνω πινάκων και με τη χρήση του Excell δημιουργούμε τις ακόλουθες γραφικές παραστάσεις:

- Ένα ιστόγραμμα που δείχνει τη μηνιαία κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός χρόνου
- Ένα διάγραμμα πίτας που δείχνει το ποσοστό κάθε καυσίμου στην ετήσια κατανάλωση
- Ένα ιστόγραμμα που δείχνει το μηνιαίο κόστος κάθε καυσίμου κατά τη διάρκεια ενός χρόνου
- Ένα διάγραμμα πίτας που δείχνει το ποσοστό κόστους κάθε καυσίμου στην ετήσια κατανάλωση

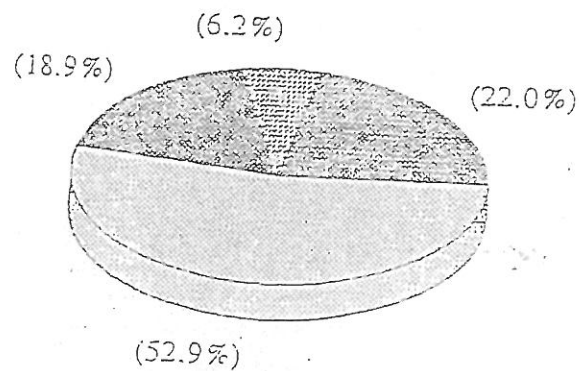
Energy Delivered (kWh)

March 1991 - February 1992



Energy Delivered

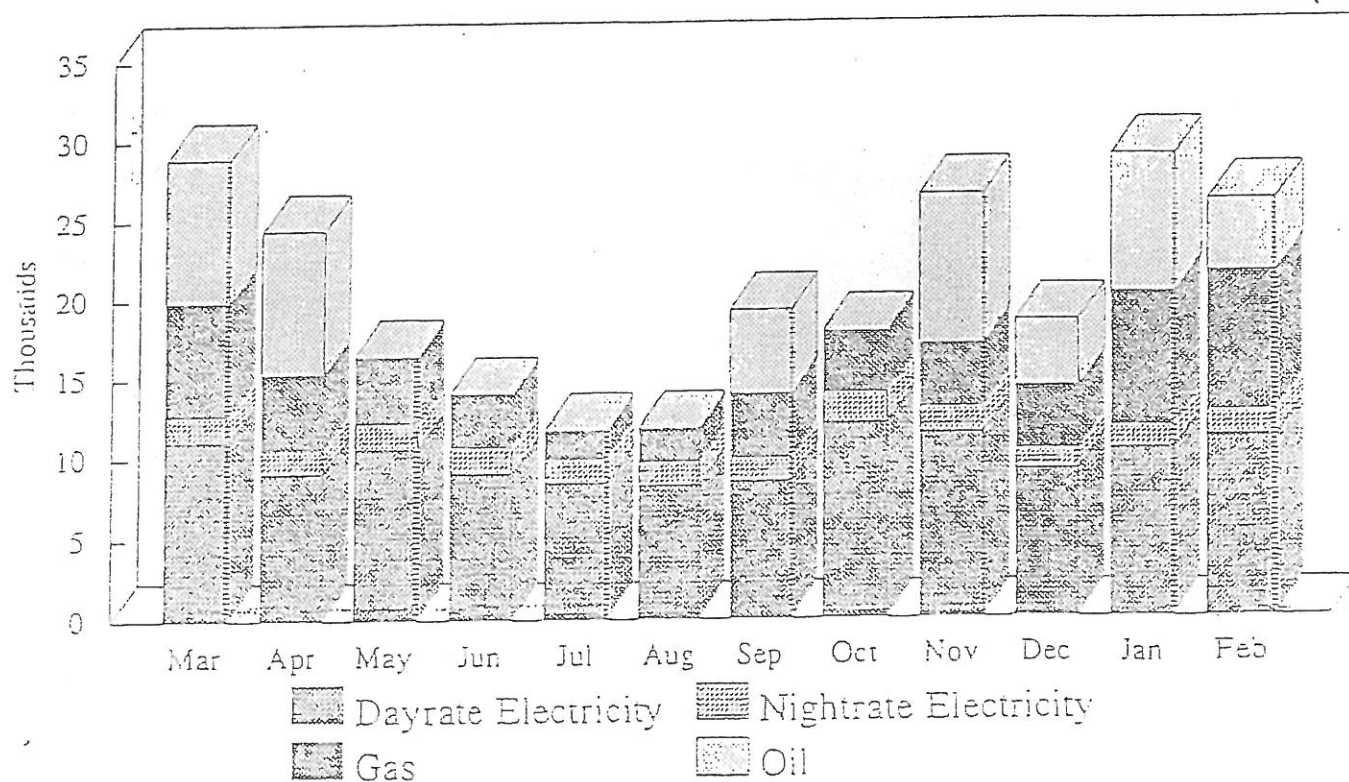
March 1991 - February 1992



 Dayrate Electricity	 Nightrate Electricity
 Oil	 Gas

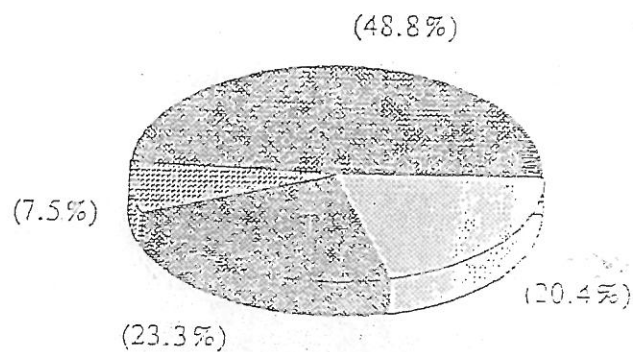
Costs of Energy Delivered (£)

March 1991 - February 1992



Costs of Energy Delivered

March 1991 - February 1992



Dayrate Electricity Nightrate Electricity
Gas Oil

Σύμφωνα με τα διαγράμματα το κύριο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης (75%) προέρχεται από φυσικό αέριο και βενζίνη για θερμαντικούς σκοπούς.

Το νυχτερινό ρεύμα κοστίζει 55% του ημερήσιου, ενώ η βενζίνη είναι 245% πιο ακριβή από το φυσικό αέριο. Η βενζίνη χρησιμοποιείται επειδή η παροχή φυσικού αερίου δεν είναι συνεχής.

Κατά την περίοδο μελέτης 1.744.954 kWh ημερήσιου ρεύματος κόστισαν 119.180,4 E, ενώ 489.159 kWh νυχτερινού ρεύματος κόστισαν 18.392,38 E που αντιστοιχούν σε ένα μέσο όρο 0,0616 E/kWh.

Την ίδια περίοδο 1.493.590 kWh βενζίνης κόστισαν 49.740 E, ενώ 4.188.611 kWh αερίου κόστισαν 56.965 E δίνοντας ένα μέσο όρο καυσίμου θέρμανσης 0,0188 E/kWh.

Το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων το καταλαμβάνει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (57%) παρά το γεγονός ότι δεν υπήρξε αύξηση τιμολογίου λόγω υπέρβασης της μέγιστης ζήτησης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση σε δύο στάδια για την χρονική περίοδο της μελέτης

Μήνας	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Χωρητικότητα (kVA)
Μάρτιος	500	140	
Απρίλιος	500	50	1300
Μάιος	500	50	1300
Ιούνιος	500	60	1300
Ιούλιος	500	60	1300
Αύγουστος	500	40	1300
Σεπτέμβριος	500	50	1300
Οκτώβριος	500	60	1300
Νοέμβριος	500	110	1300
Δεκέμβριος	500	100	1300
Ιανουάριος	500	170	1300
Φεβρουάριος	500	190	1300

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει ότι για την περίοδο μελέτης η μέγιστη ζήτηση δεν ξεπέρασε την τιμή των 690 kVA, πολύ μικρότερη από την τιμή των 1300kVA. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάστηκε γιατί κατά την ανακαίνιση – αναμόρφωση της εταιρείας, κάποιες συσκευές – μηχανήματα αντικαταστήθηκαν από άλλα και κάποιες άλλες έπαψαν να χρησιμοποιούνται. Αυτό οδήγησε σε μικρότερη ηλεκτρική κατανάλωση αλλά παράλληλα αμέλησαν να αλλάξουν το τιμολόγιο της Δ.Ε.Η. με αποτέλεσμα το υπερβολικό πλεόνασμα στην κατανάλωση μέγιστης ζήτησης. Μείωση της μέγιστης ζήτησης στα 800 kVA συνεπάγεται εξοικονόμηση περίπου 3000Ε/χρόνο.

1^η πρόταση: Αναμόρφωση τιμολογίων Δ.Ε.Η.

Όπως παρατηρείται από το ιστόγραμμα της μέγιστης ζήτησης (kVA) υπάρχει μια διακύμανση της μέγιστης ζήτησης και μάλιστα η μέγιστη ζήτηση είναι υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες λόγω της χρήσης ηλεκτρικών θερμαστών.

Για να καταλάβουμε ότι η χρήση της ηλεκτρικής θέρμανσης πρέπει να αποφεύγεται ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα:

Η χρήση ενός ηλεκτρικού καλοριφέρ ισχύος 2 kW κατά τον μήνα Ιανουάριο συνεπάγεται ηλεκτρική κατανάλωση 2232 kWh και κόστος 137 Ε για το ρεύμα και 'πρόστιμο' 25,5 Ε για τα επιπλέον kVA. Αν η θέρμανση προερχόταν από το φυσικό αέριο το κόστος θα ήταν μόλις 30 Ε για τον μήνα Ιανουάριο.

2^η πρόταση: Έλεγχος της χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος για θέρμανση

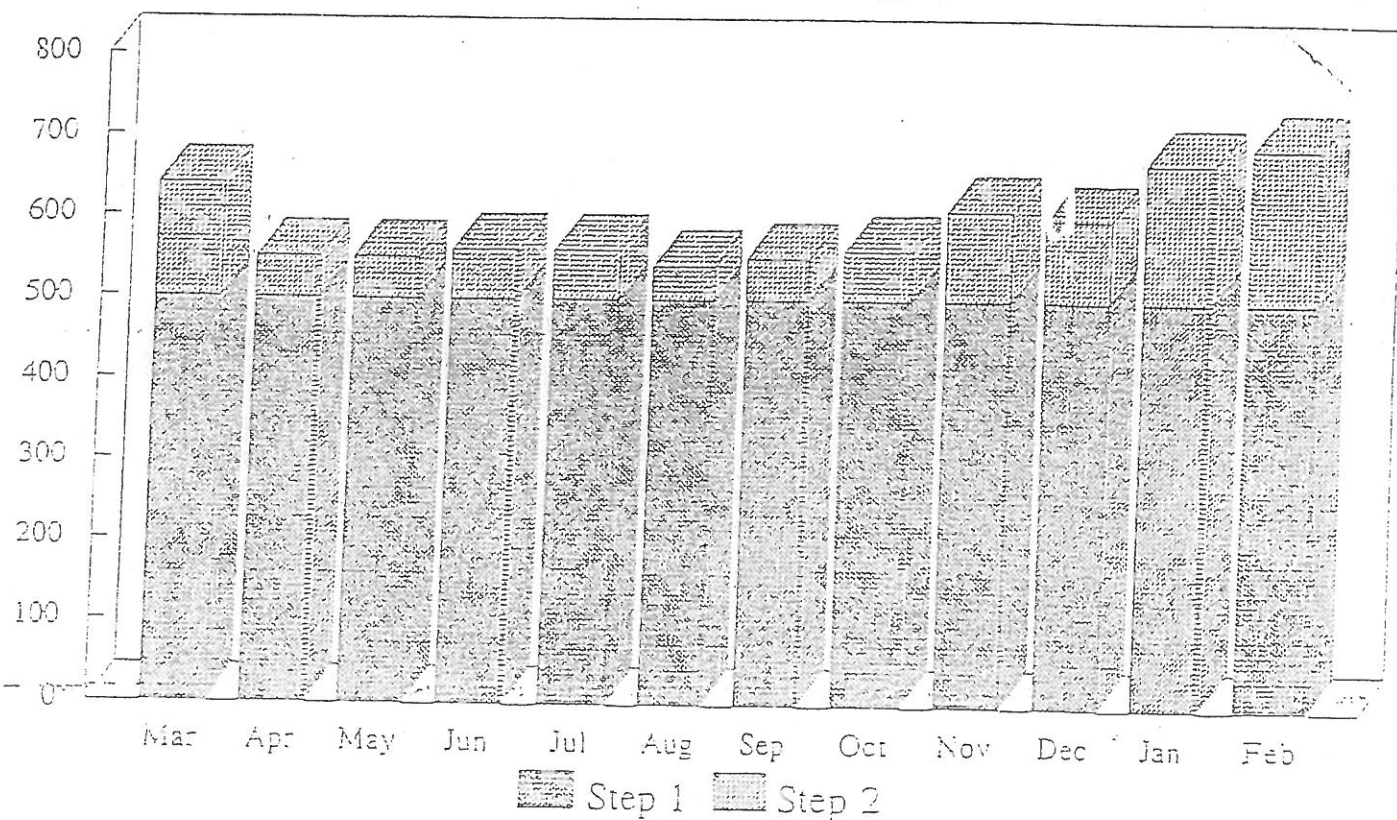
Ελέγχοντας και το ιστόγραμμα της μέγιστης ζήτησης είναι φανερό ότι αν δεν χρησιμοποιούνταν οι ηλεκτρικές θερμάστρες θα μπορούσε να μειωθεί η μέγιστη ζήτηση κατά 240 kVA.

Μήνας	Στάδιο 1 E/kVA	Κόστος	Στάδιο 2 E/kVA	Κόστος	Χωρητικότητα E/kVA	Κόστος	Σύνολο
Μάρτιος	3,83	1915	3,5	490	0,5	650	3055
Απριλ.	0,9	450	0,5	25	0,5	650	1125
Μάιος	0,9	450	0,5	25	0,5	650	1125
Ιούνιος	0,6	300	0,26	15,6	0,5	650	965,6
Ιούλιος	0,6	300	0,26	15,6	0,5	650	965,6
Αυγουσ.	0,6	300	0,26	10,4	0,5	650	960,4
Σεπτ.	0,6	300	0,26	13	0,5	650	963
Οκτωβ.	0,6	300	0,26	15,6	0,5	650	965,6
Νοεμβ.	3,83	1915	3,5	385	0,5	650	2950
Δεκεμ.	11,2	5600	8,5	850	0,5	650	7100
Ιανουαρ	11,2	5600	8,5	1445	0,5	650	7965
Φεβρ.	11,2	5600	8,5	1615	0,5	650	7865
Σύνολο		23030		4905,2	0,5	7800	35735,2

Παρατηρείται ότι ενώ ο ηλεκτρισμός καταλαμβάνει μόλις το 25 % της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, όταν στο τιμολόγιο συμπεριλαμβάνονται χρεώσεις μέγιστης ζήτησης και χωρητικότητας το ποσοστό του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στο 62 % του συνολικού κόστους (280.009,6 E/χρόνο).

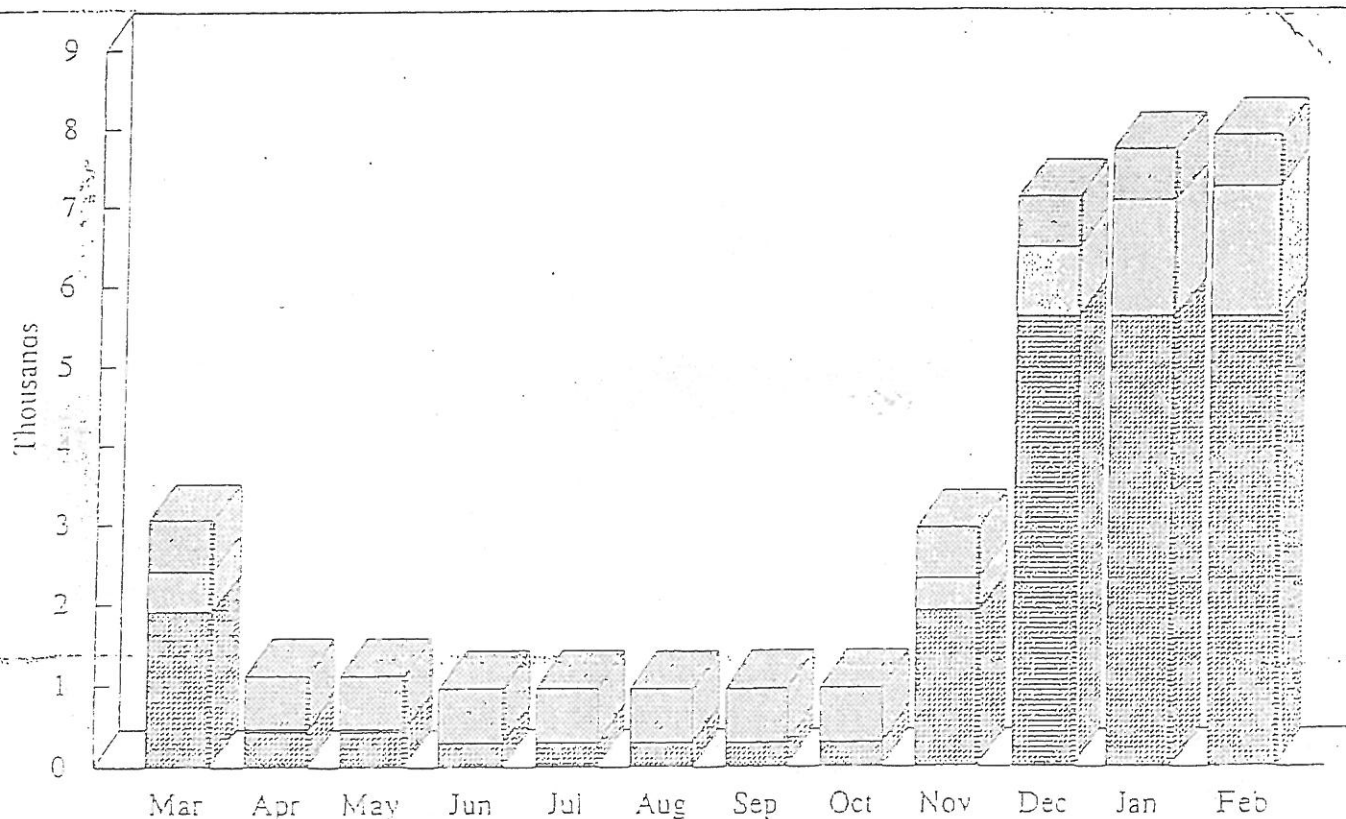
Electricity Maximum Demand (kVA)

March 1991 - February 1992



Electricity Maximum Demand Charges (£)

March 1991 - February 1992



ΕΤΗΣΙΟΣ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh) (Μάρτιος 91 – Φεβρουάριος 92)

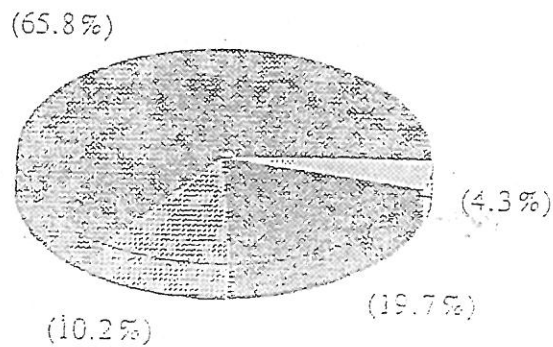
Βενζίνη	1493590	Σύνολο Θέρμανσης	5682201
Αέριο	4188611		
Ημερήσιο ρεύμα	1744954	Σύνολο Ηλεκτρ.	2234113
Νυχτερινό ρεύμα	489159		
Σύνολο	7916314	Λόγος Θέρμ./Ηλεκ.	2,54

ΕΤΗΣΙΟΣ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ (Ε) (Μάρτιος 91 – Φεβρουάριος 92)

Βενζίνη	49736		
Αέριο	56965	Σύνολο Θέρμανσης	106701
Ημερήσιο ρεύμα	119180	Σύνολο Ηλεκτρ.	173307
Νυχτερινό ρεύμα	18392		
Στάδιο 1 μεγ.ζητ.	23030		
Στάδιο 2 μεγ. ζητ.	4905		
Χωρητικότητα	7800		
Σύνολο	280008		

Total Electricity Costs (£)

March 1991 - February 1992



Dayrate kWh Nightrate kWh
Maximum Demand kVA Supply Capacity kVA

Όλα τα παραπάνω ενεργειακά δεδομένα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε σχέση με την επιφάνεια του ακινήτου, τον όγκο του, τον αριθμό των εργαζομένων και τις ώρες εργασίας. Η έννοια του μέσου kW, που ισοδυναμεί με την ετήσια χρήση ενέργειας διαιρούμενη με τον αριθμό των ωρών εργασίας ανά χρόνο είναι χρήσιμη, για σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης του παρόντος κτιρίου με αυτές άλλων παρόμοιων κτιρίων.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m² (kWh / χρόνο m²)

Βενζίνη	186,6	Σύνολο Θέρμανσης	710,2
Αέριο	523,6		
Ημερήσιο ρεύμα	218,1	Σύνολο Ηλεκτρ.	279,3
Νυχτερινό ρεύμα	61,1		
Σύνολο	989,5		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m³ (kWh / χρόνο m³)

Βενζίνη	37,3	Σύνολο Θέρμανσης	142
Αέριο	104,7		
Ημερήσιο ρεύμα	43,6	Σύνολο Ηλεκτρ.	55,9
Νυχτερινό ρεύμα	12,2		
Σύνολο	197,9		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / άτομο (kWh / χρόνο άτομο)

Βενζίνη	9946,6	Σύνολο Θέρμανσης	37866,6
Αέριο	27920		
Ημερήσιο ρεύμα	11626,6	Σύνολο Ηλεκτρ.	14906,6
Νυχτερινό ρεύμα	3253,3		
Σύνολο	52720		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m² (kW μέσο / m²)

Βενζίνη	0,021	Σύνολο Θέρμανσης	0,081
Αέριο	0,060		
Ημερήσιο ρεύμα	0,025	Σύνολο Ηλεκτρ.	0,032
Νυχτερινό ρεύμα	0,007		
Σύνολο	0,113		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m³ (kW μέσο / m³)

Βενζίνη	0,004	Σύνολο Θέρμανσης	0,016
Αέριο	0,012		
Ημερήσιο ρεύμα	0,005	Σύνολο Ηλεκτρ.	0,006
Νυχτερινό ρεύμα	0,001		
Σύνολο	0,023		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / άτομο (kW μέσο / άτομο)

Βενζίνη	1,14	Σύνολο Θέρμανσης	4,32
Αέριο	3,19		
Ημερήσιο ρεύμα	1,33	Σύνολο Ηλεκτρ.	1,70
Νυχτερινό ρεύμα	0,37		
Σύνολο	6,02		

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m² (€ / χρόνο m²)

Βενζίνη	6,21	Σύνολο Θέρμανσης	13,33
Αέριο	7,12		
Ημερήσιο ρεύμα	14,90	Σύνολο Ηλεκτρ.	17,20
Νυχτερινό ρεύμα	2,30		
Στάδιο 1 μεγ.ζητ.	2,88		
Στάδιο 2 μεγ. ζητ.	0,61		
Χωρητικότητα	0,98		
Σύνολο	35		

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / m³ (€ / χρόνο m³)

Βενζίνη	1,24	Σύνολο Θέρμανσης	2,66
Αέριο	1,42		
Ημερήσιο ρεύμα	2,98	Σύνολο Ηλεκτρ.	3,44
Νυχτερινό ρεύμα	0,46		
Στάδιο 1 μεγ.ζητ.	0,58		
Στάδιο 2 μεγ. ζητ.	0,12		
Χωρητικότητα	0,20		
Σύνολο	6,92		

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / άτομο (€ / χρόνο άτομο)

Βενζίνη	331,22	Σύνολο Θέρμανσης	710,93
Αέριο	379,71		
Ημερήσιο ρεύμα	794,10	Σύνολο Ηλεκτρ.	1154,65
Νυχτερινό ρεύμα	122,32		
Στάδιο 1 μεγ.ζητ.	153,53		
Στάδιο 2 μεγ. ζητ.	32,70		
Χωρητικότητα	52		
Σύνολο	1865,58		

Όλα τα παραπάνω ενεργειακά δεδομένα μπορούν να συγκριθούν με αυτά άλλων τοποθεσιών (κτιρίων) και μέσα από αυτή τη σύγκριση να βγούν χρήσιμα συμπεράσματα για τυχόν αλόγιστη χρήση ενέργειας.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΚΤΙΡΙΑ (Το παρόν κτίριο με έντονα γράμματα)

	kW μέσο / m ²	kW μέσο / m ³	kW μέσο / άτομο
1	0,071	0,015	1,05
2	0,113	0,0208	2,4
3	0,17	0,023	3,13
4	0,195	0,031	6,02
5	0,21	0,037	11

Το προαναφερθέν κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί 'λιτοδίαιτο' ενεργειακά, ενώ η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση / άτομο μπορεί να σημαίνει περικοπές στο εργατικό προσωπικό, αλλά αυτό θα πρέπει να διερευνηθεί με επιτόπια έρευνα.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Είναι συχνά απαραίτητο να εκτιμηθούν οι ανάγκες ενέργειας και η κατανάλωση καυσίμου των συστημάτων θέρμανσης για μικρές ή μεγάλες περιόδους λειτουργίας τους. Οι εκτιμήσεις αυτές είναι αρκετά δύσκολο να γίνουν από τον υπολογισμό των θερμικών απαιτήσεων. Η πιο αξιόπιστη ενεργειακή μέθοδος απαιτεί ωριαίες ολοκληρώσεις για τα διάφορα φορτία ως συνάρτηση των καιρικών συνθηκών και χρησιμοποιεί χρονοδιαγράμματα και συστήματα ελέγχου. Υπάρχουν βέβαια και μέθοδοι πολύ πιο απλές οι οποίες παρέχουν γρήγορα, αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα. Μερικές από αυτές τις μεθόδους θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Μέθοδος υπολογισμού απωλειών θερμότητας

Είναι η απλούστερη μέθοδος καθώς χρησιμοποιεί τη μέση θερμοκρασία της χειμερινής περιόδου και την ετήσια απόδοση του συστήματος. Στα καλά μονωμένα σπίτια η μέση θερμοκρασία της χειμερινής περιόδου είναι κοντά ή ακόμη και υψηλότερη από το σημείο ισορροπίας. Αυτό σε συνδυασμό με την ανάγκη για υπολογισμό ετήσιας απόδοσης κάνει τη μέθοδο ακατάλληλη.

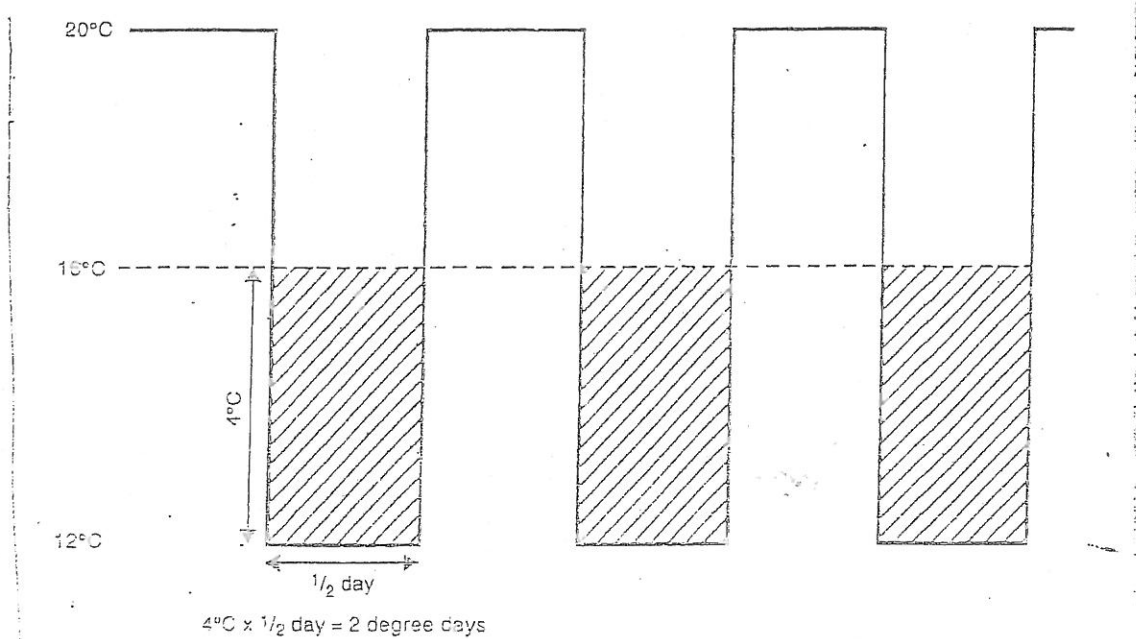
Μέθοδος ημεροβαθμών

Οι ημεροβαθμοί (DD) είναι ένα εργαλείο στα χέρια των μηχανικών και των μελετητών, που τους επιτρέπει να ελέγξουν κατά πόσο η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου συσχετίζεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η εσωτερική θερμοκρασία ενός σπιτιού διατηρείται συνήθως υψηλότερη από τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι απώλειες θερμότητας λόγω αγωγής και μεταφοράς, αλλά ακόμη και λόγω της ανανέωσης του αέρα είναι ανάλογες της θερμοκρασιακής διαφοράς του εσωτερικού του σπιτιού με τον εξωτερικό αέρα. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά σπάνια παραμένει σταθερή λόγω της αυξομειώσης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι η διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική και τον μέσο όρο της εξωτερικής θερμοκρασίας δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών ενός κτιρίου. Αυτό μπορεί πολύ εύκολα να παρατηρηθεί στο παρακάτω σχήμα όπου η εξωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται ανάμεσα στους 12 °C και τους 20 °C ενώ η εσωτερική

παραμένει στους 16 °C. Ενώ λοιπόν η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι 16 °C το κτίριο χρειάζεται θέρμανση τη μισή μέρα.



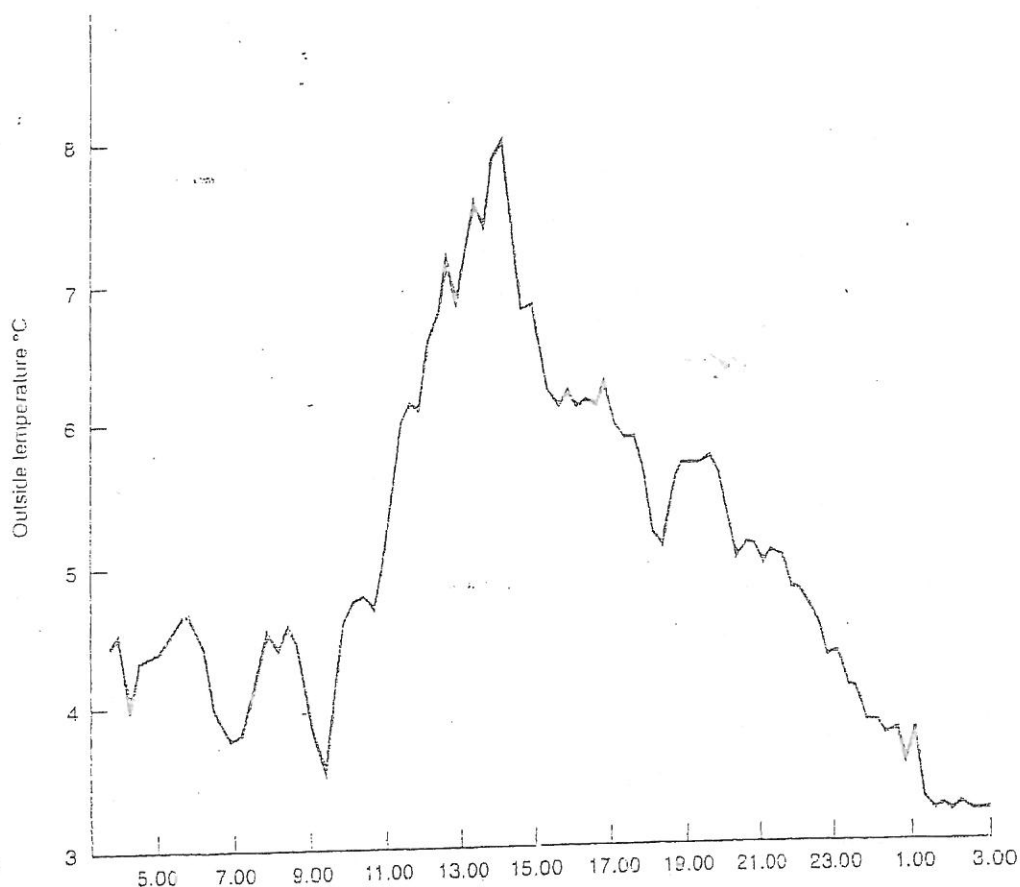
Οι ημεροβαθμοί λοιπόν είναι ένα μέτρο που μας δείχνει πόσο πολύ και για πόσο χρονικό διάστημα η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από μια δεδομένη θερμοκρασία. Από το παραπάνω σχήμα λοιπόν, η θερμοκρασιακή διαφορά είναι 4 °C για τη μισή μέρα, άρα δύο ημεροβαθμοί.

Οι ημεροβαθμοί που συνήθως χρησιμοποιούνται στα κτίρια διαχωρίζονται ως εξής:

- ημεροβαθμοί θέρμανσης, είναι ο μέσος όρος των βαθμών που η εξωτερική θερμοκρασία είναι κάτω από μια δεδομένη εσωτερική θερμοκρασία, αθροισμένη στο σύνολο της περιόδου που μας ενδιαφέρει (π.χ. μήνας).
- ημεροβαθμοί ψύξης, είναι ο μέσος όρος των βαθμών που η εξωτερική θερμοκρασία είναι πάνω από μια δεδομένη εσωτερική θερμοκρασία, αθροισμένη στο σύνολο της περιόδου που μας ενδιαφέρει (π.χ. εβδομάδα, μήνας, χρόνος).

Τρόπος υπολογισμού ημεροβαθμών

Η εξωτερική θερμοκρασία μεταβάλλεται συνήθως κυκλικά, δηλαδή παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά τη διάρκεια του μεσημεριού και ένα ελάχιστο κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπως περίπου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κατά τον χειμώνα η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιθυμητή εσωτερική καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Οι ημεροβαθμοί για μια τέτοια συγκεκριμένη περίοδο δίνονται από τη διαφορά της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας με την επιθυμητή, πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό των ημερών της υπό εξέταση περιόδου.

Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου ή της άνοιξης ωστόσο, η εξωτερική θερμοκρασία υπερβαίνει την επιθυμητή εσωτερική. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται μια προσεγγιστική μέθοδο υπολογισμού των ημεροβαθμών στην οποία γίνεται χρήση της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας του εικοσιτετραώρου όπως περιγράφεται παρακάτω.

Οι ημεροβαθμοί για την Ελλάδα υπολογίζονται παίρνοντας τη διαφορά ανάμεσα στους 18,3 °C και τη μέση ημερήσια θερμοκρασία, υπολογισμένη ως το ήμισυ του αθροίσματος της μέγιστης και της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας. Ο μηνιαίος μέσος όρος προκύπτει αθροίζοντας τα ποσά των ημερήσιων ημεροβαθμών (DD) για κάθε μήνα κάθε χρόνου και διαιρώντας με τον αριθμό των χρόνων. Ο ετήσιος μέσος όρος προκύπτει από το άθροισμα των μηνιαίων μέσων όρων.

Η παραπάνω μέθοδος υπολογισμού των ημεροβαθμών είναι πολύ απλοποιημένη και έχουν γίνει οι εξής υποθέσεις:

- Η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία έχουν περίπου δώδεκα ώρες ωρολογιακή διαφορά.
- Συμμετρική (κύμα) μεταβολή της θερμοκρασίας.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω μεθόδου έχουν υπολογιστεί και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες με τη μορφή ημεροβαθμών ανά ημέρα για θερμοκρασίες 18,5 °C (θέρμανση), 15,5 °C (θέρμανση) και 5 °C (ψύξη) για την Αγγλία.

Table 1 Heating degree-days calculated from maximum and minimum temperatures (Base 18.5°C)																
Min.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
Max.																
25	2.63	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13
24	2.88	3.38	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38
23	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63
22	3.38	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88
21	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13
20	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38
19	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63
18	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88
17	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13
16	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38
15	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63
14	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88
13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13
12	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38
11	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63
10	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88
9	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13
8	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38
7	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63
6	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88
5	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13
4	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88	15.38
3	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13	15.63
2	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88	15.38	15.88
1	8.63	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13	15.63	16.13
0	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88	15.38	15.88	16.38
-1	9.13	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13	15.63	16.13	16.63
-2	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88	15.38	15.88	16.38	16.88
-3	9.63	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13	15.63	16.13	16.63	17.13
-4	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88	12.38	12.88	13.38	13.88	14.38	14.88	15.38	15.88	16.38	16.88	17.38
-5	10.13	10.63	11.13	11.63	12.13	12.63	13.13	13.63	14.13	14.63	15.13	15.63	16.13	16.63	17.13	17.63

Table 2 Heating degree days calculated from maximum and minimum temperatures (Base 15.5°C)																
Min.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
Max.																
25	1.37	1.62	1.87	2.12	2.37	2.62	2.87	3.12	3.37	3.62	3.87	4.12	4.37	4.62	4.87	5.12
24	1.37	1.62	1.87	2.12	2.37	2.62	2.87	3.12	3.37	3.62	3.87	4.12	4.37	4.62	4.87	5.12
23	1.37	1.62	1.87	2.12	2.37	2.62	2.87	3.12	3.37	3.62	3.87	4.12	4.37	4.62	4.87	5.12
22	1.37	1.62	2.13	2.63	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63
21	1.37	1.88	2.38	2.88	3.38	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88
20	1.63	2.13	2.63	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13
19	1.88	2.38	2.88	3.38	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38
18	2.13	2.63	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63
17	2.38	2.88	3.38	3.88	4.38	4.88	5.38	5.88	6.38	6.88	7.38	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88
16	2.63	3.13	3.63	4.13	4.63	5.13	5.63	6.13	6.63	7.13	7.63	8.13	8.63	9.13	9.63	10.13
15	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
14	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
13	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50
12	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00
11	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50
10	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00
9		6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50
8			7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00
7				8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50
6					9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00
5						10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50
4							11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00
3								12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00	16.50
2									13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00
1										14.50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00	17.50
0											15.50	16.00	16.50	17.00	17.50	18.00
-1												16.50	17.00	17.50	18.00	18.50
-2													17.50	18.00	18.50	19.00
-3														18.50	19.00	19.50
-4															19.50	20.00
-5																20.50

Το μεγάλο πλεονεκτήμα των ημεροβαθμών που βασίζονται στον υπολογισμό της μέγιστης και της ελαχίστης θερμοκρασίας είναι ότι όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι εφοδιασμένοι με θερμομετρά και κάνουν αυτές τις μετρήσεις.

Για πιο ακριβή αποτελέσματα είναι απαραίτητη η συνεχής καταγραφή της θερμοκρασίας και ο απευθείας υπολογισμός των ημεροβαθμών. Ορισμένες ηλεκτρονικές συσκευές (BEMS) Building Energy Management System που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θέρμανσης κτιρίων μπορούν αυτόματα και με βάση την εξωτερική θερμοκρασία να κάνουν τους υπολογισμούς που απαιτούνται.

Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία

Υπό φυσιολογικές συνθήκες και σύμφωνα με τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι 20 °C. Η παραδοσιακή μέθοδος των ημεροβαθμών βασίζεται στην υπόθεση ότι σε μια μεγάλη χρονική διάρκεια τα κέρδη θερμότητας από ήλιο και διάφορους άλλους εσωτερικούς παράγοντες (π.χ. μηχανές, φωτισμός, άνθρωποι) αντισταθμίζουν τη χαμένη θερμότητα όταν η μεση

εξωτερική θερμοκρασία είναι 18,3 °C. Η θερμοκρασία των 18,3 °C είχε υιοθετηθεί το 1930. Από τότε τα κερδισμένα εσωτερικά ποσά θερμότητας έχουν αυξηθεί και οι απώλειες έχουν μειωθεί λόγω καλύτερης μονώσεως των κτιρίων. Γι' αυτό το λόγο η θερμοκρασία των 18,3 °C μπορεί να είναι διαφορετική και ονομάζεται θερμοκρασία σημείου ισορροπίας.

Απώλειες θερμότητας από τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου

Αφού έχει οριστεί η θερμοκρασία του σημείου ισορροπίας η κατανάλωση ενέργειας δίνεται από τον τύπο:



$$E_u = \frac{K \cdot D \cdot \Delta T}{1000} \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ χρόνο}$$

Όπου K ο συντελεστής θερμοπερατότητας σε W/m²K.

Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να υπολογίσουμε τις θερμικές απώλειες από κάθε χώρο ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας το εμβαδόν του κάθε χώρου, τον συντελεστή θερμοπερατότητας του και τους ημεροβαθμούς της τοποθεσίας.

Απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού

Η ανάγκη ανανέωσης του αέρα ενός χώρου μας αναγκάζει να υπολογίσουμε και τις απώλειες εξαερισμού. Έτσι αν N είναι ο αριθμός των ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα, οι ωριαίες απώλειες λόγω εξαερισμού θα είναι:



$$E_v = N \cdot V \cdot S (T_i - T_a)$$

όπου S η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα S=0,36 Wh/m³ °C.



$$E_v = 24 N \left(\frac{0,36}{1000} \right) D \Delta T \text{ kWh} / \text{χρόνο}$$

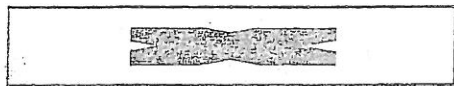
Σε ετήσια βάση η θερμοκρασιακή διαφορά αντικαθίσταται από τους ημεροβαθμούς του συγκεκριμένου χρόνου, το N πολλαπλασιάζεται με το 24 για να δώσει αριθμό εναλλαγών ανά ημέρα και το S διαιρείται με το 1000 για να δώσει kWh.

Αθροίζοντας τις απώλειες θερμότητας από τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου και τις απώλειες λόγω αερισμού προκύπτουν οι συνολικές απώλειες του κτιρίου.

Παράδειγμα βελτίωσης ενεργειακής κατανάλωσης

Η οροφή ενός εργοστασίου είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει συντελεστή θερμοπερατότητας $K=1,54 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Τοποθετώντας μόνωση εσωτερικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας γίνεται $K=0,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

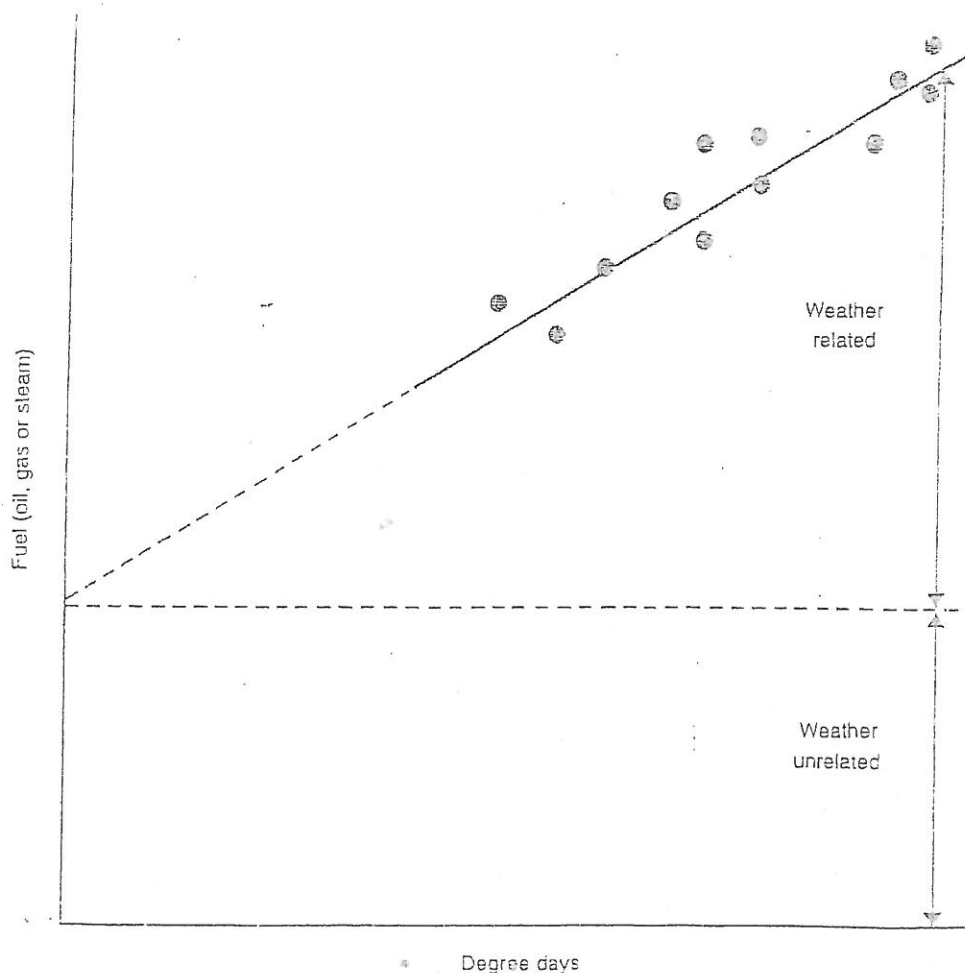
Έτσι αν ο αριθμός των ημεροβαθμών είναι για ένα χρόνο 2.810 βασισμένος στη θερμοκρασία των $18,3 \text{ }^\circ\text{C}$ θα εξοικονομηθεί ενέργεια:


$$(1,54 - 0,4) \frac{2810}{1000} 24 = 76,9 \text{ kWh/m}^2$$

Με ανάλογο τρόπο υπολογίζουμε και την εξοικονόμηση χρημάτων.

Γραφικές παραστάσεις με τη βοήθεια των ημεροβαθμών

Οι ημεροβαθμοί έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια πολύτιμο εργαλείο καταγραφής και ελέγχου ενεργειακών καταναλώσεων. Παρατηρώντας μια γραφική παράσταση ενεργειακής κατανάλωσης σε συνάρτηση με τους ημεροβαθμούς θα δούμε ότι μπορεί να αποδομηθεί σε μια ευθεία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Όπως παρατηρείται από το διάγραμμα το σημείο τομής της προκύπτουσας ευθείας με τον άξονα των y μας δίνει την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου όταν δεν υπάρχουν απώλειες θερμότητας. Αυτή η ενεργειακή κατανάλωση δεν συσχετίζεται με τις καιρικές μεταβολές.

☒ X

Η κλίση της ευθείας είναι ένα μέτρο και μας δείχνει πόσο ανεβαίνει η ενεργειακή κατανάλωση για κάθε ημεροβαθμό. Αυτή η ενεργειακή κατανάλωση έχει άμεση σχέση με τις καιρικές μεταβολές.

Ο διασκορπισμός των σημείων είναι μια ένδειξη για το πόσο η ενεργειακή κατανάλωση ελέγχεται και καταγράφεται. Μεγάλος διασκορπισμός των σημείων σημαίνει άσκοπη και μη ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Η μέθοδος ενεργειακής μελέτης (CUSUM) περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- Σχεδιάστε την γραφική παράσταση της ενεργειακής κατανάλωσης σε συνάρτηση με τους ημεροβαθμούς
- Υπολογίστε τον μαθηματικό τύπο της ευθείας $y = m \cdot x + c$ από την γραφική παράσταση
- Χρησιμοποιήστε τον τύπο για να υπολογίστε την προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση με την βοήθεια των ημεροβαθμών
- Αφαιρέστε την προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση από την πραγματική για κάθε μήνα
- Υπολογίστε το άθροισμα των διαφορών (CUSUM)
- Σχεδιάστε διάγραμμα του CUSUM συνάρτησε των μηνών, εβδομάδων κ.λ.π.
- Καταγραφή των ενεργειακών αλλαγών με τη βοήθεια του διαγράμματος

Παράδειγμα

Έστω ο παρακάτω πίνακας που στις πρώτες δύο στήλες παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση ενός νοσοκομείου. Με βάση τις δύο πρώτες στήλες κατασκευάζεται το διάγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης – ημεροβαθμών.

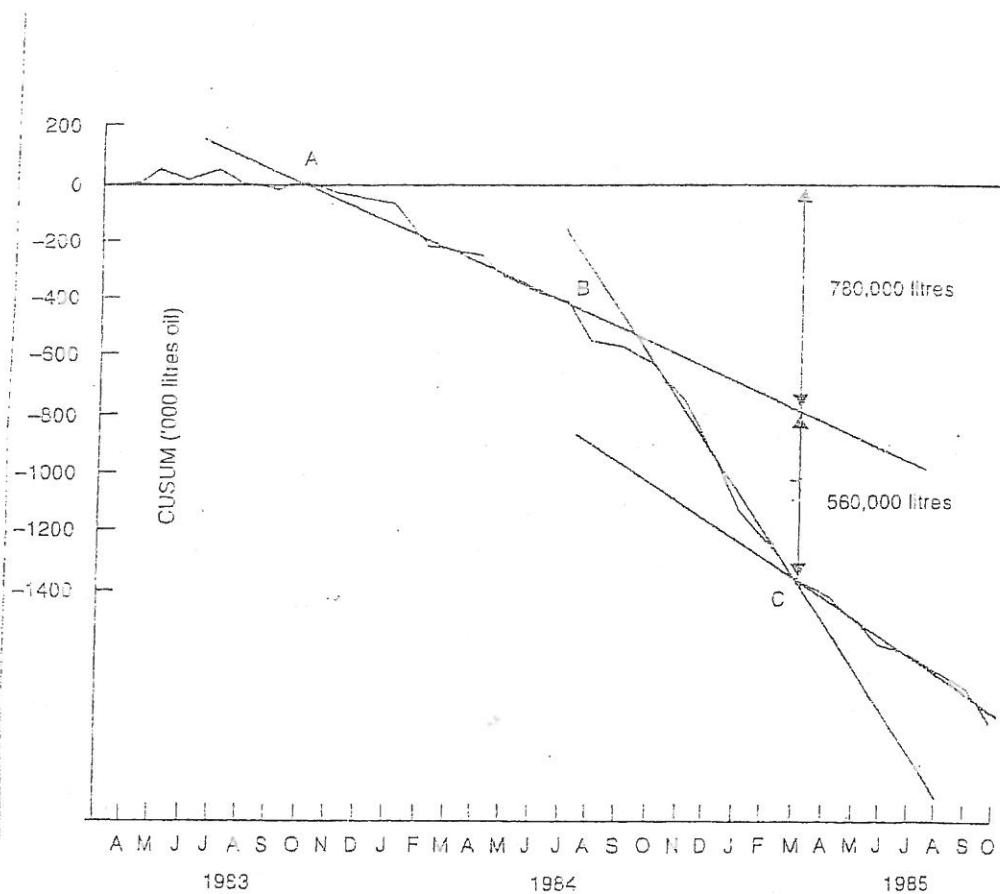
		Oil Consumption thousand litres Actual	Degree Days	Predicted Consumption thousand litres	Difference thousand litres	CUSUM thousand litres
		1	2	3	4	5
1983	April	417	321	425	-8	-8
	May	353	217	329	23	16
	June	200	90	213	-13	3
	July	173	22	150	23	26
	August	133	46	176	-38	-12
	September	212	107	228	-16	-28
	October	343	225	337	7	-21
	November	387	304	410	-22	-43
	December	468	389	438	-19	-62
1984	January	506	427	523	-17	-79
	February	421	415	512	-91	-170
	March	452	396	494	-42	-212
	April	350	282	390	-30	-241
	May	285	238	368	-64	-305
	June	169	95	217	-48	-353
	July	155	59	184	-29	-381
	August	122	41	168	-45	-427
	September	126	123	243	-117	-543
	October	241	199	313	-72	-615
	November	263	276	384	-120	-735
	December	330	395	493	-163	-898
1985	January	410	539	626	-216	-1,113
	February	396	429	524	-129	-1,124
	March	380	408	505	-125	-1,367
	April	309	264	360	-63	-1,430
	May	241	197	309	-69	-1,500
	June	169	137	264	-86	-1,586
	July	147	59	205	-37	-1,623
	August	155	90	228	-58	-1,681
	September	154	94	232	-62	-1,743
	October	195	195	308	-114	-1,857

Με τη βοήθεια του διαγράμματος υπολογίζουμε τον τύπο που είναι:

$$\text{Ενέργεια} = 920 \times \text{DD} + 130.000$$

Στην συνέχεια με την βοήθεια του τύπου υπολογίζουμε την προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση η οποία παρουσιάζεται στην τρίτη στήλη του πίνακα. Ακολουθώντας τα βήματα που αναφέραμε παραπάνω δημιουργούνται η τέταρτη και η πέμπτη στήλη του πίνακα.

Το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση του διαγράμματος CUSUM - Μήνες μελέτης, το οποίο και παρουσιάζεται παρακάτω.



Όπως παρατηρείται είναι μια ιδιόμορφη γραμμή. Το πρώτο κομμάτι της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί στη γραμμή βάσης ή γραμμή αναφοράς. Όπως παρατηρείται από τον πίνακα η πραγματική κατανάλωση μειωνόταν με την πάροδο του χρόνου σε σχέση με την προβλεπόμενη. Γι' αυτό το λόγο και η γραμμή που προκύπτει έχει μια καθαρά καθοδική πορεία.

Η κλίση της γραμμής θα παρέμεινε σταθερή αν δεν υπήρχε μια αλλαγή στην ενεργειακή κατανάλωση. Κάθε αλλαγή ή κάθε μέτρο ωστόσο θα σήμαινε και αλλαγή στην κλίση της παραπάνω γραμμής. Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι στα σημεία A, B, C έχουν γίνει ριζικές αλλαγές στον τρόπο κατανάλωσης ενέργειας. Το πρώτο σπάσιμο της γραμμής στο σημείο A δείχνει ότι υπήρξε κάποιο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας γενικό και δεν αφορούσε μόνο τη χειμερινή περίοδο, άρα τις ανάγκες θέρμανσης. Το δεύτερο σπάσιμο από το B έως το C δείχνει ότι το συγκεκριμένο μέτρο αφορούσε την περίοδο θέρμανσης αφού η καμπύλη στο σημείο C αποκτά ξανά την κλίση που είχε στο A.

Η μέθοδος CUSUM που αναφέρθηκε παραπάνω δεν εφαρμόζεται μόνο στα κτίρια. Μπορεί πολύ εύκολα να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ενεργειακής κατανάλωσης διεργασιών, μηχανημάτων για γενικά σε προγράμματα διαχείρισης ενέργειας.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν και άλλες μέθοδοι πιο απλές που μπορούν να εφαρμοστούν σε μια ενεργειακή μελέτη. Μία από αυτές προκύπτει αν διαιρέσουμε την ενεργειακή κατανάλωση με τις βαθμοημέρες οπότε προκύπτει το μέγεθος kWh/DD. Είναι φανερό όμως ότι για να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα θα ήταν καλό ο αριθμός των βαθμοημερών για δύο συγκεκριμένες περιόδους να είναι ο ίδιος. Επειδή κάτι τέτοιο απαιτεί μεγάλη χρονική διάρκεια, ίσως χρόνια, είναι φανερό το πλεονέκτημα που αποκτά η μέθοδος CUSUM η οποία βρίσκει εφαρμογή σε μικρότερα χρονικά περιθώρια.

Αλλαγή της θερμοκρασίας του σημείου ισορροπίας

Είναι φανερό ότι κάθε διεργασία και κάθε χώρος έχει τη δική του επιθυμητή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία λουτών των 18,3, °C μπορεί να μην είναι η κατάλληλη για τους ενεργειακούς υπολογισμούς άρα και ο πίνακας των ημεροβαθμών που έχουμε προμηθευτεί από τους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Επειδή η διεργασία υπολογισμού και καταγραφής των ημεροβαθμών είναι χρονοβόρα παρουσιάζεται παρακάτω ένας εμπειρικός τύπος (Hitchin's Formula) που θα χρησιμοποιείται σε ανάλογες περιπτώσεις:



$$DD/\mu\epsilon\rho\alpha = \frac{t_b - t_o}{1 - e^{-k(t_b - t_o)}}$$

Όπου t_b : θερμοκρασία σημείου ισορροπίας

t_o : μέση μηνιαία θερμοκρασία (υπολογισμένη από τη μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες)

k : σταθερά

Πολλαπλασιάζοντας τους ημεροβαθμούς ανά ημέρα με τον αριθμό ημερών του κάθε μήνα προκύπτουν οι ημεροβαθμοί του μήνα.

Η σταθερά k διαφέρει ελάχιστα από τοποθεσία σε τοποθεσία και στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται για πέντε τοποθεσίες στην Αγγλία.

Ακρίβεια μεθόδου ημεροβαθμών

Υπάρχουν τρεις παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν σχετικά με την ακρίβεια της μεθόδου των ημεροβαθμών.

- Η χρήση της μέγιστης και της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας για τον υπολογισμό των ημεροβαθμών
- Μη κατάλληλη επιλογή της θερμοκρασίας του σημείου ισορροπίας
- Πόσο αντιπροσωπευτικός είναι ο μεταωρολογικός σταθμός σε σχέση με την περιοχή που γίνεται η μελέτη

Από εκτεταμένη έρευνα που έχει γίνει στο παρελθόν έχει διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στους ημεροβαθμούς που υπολογίζονται ωριαία και τους ημεροβαθμούς που υπολογίζονται με τη χρήση της μέγιστης και της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.

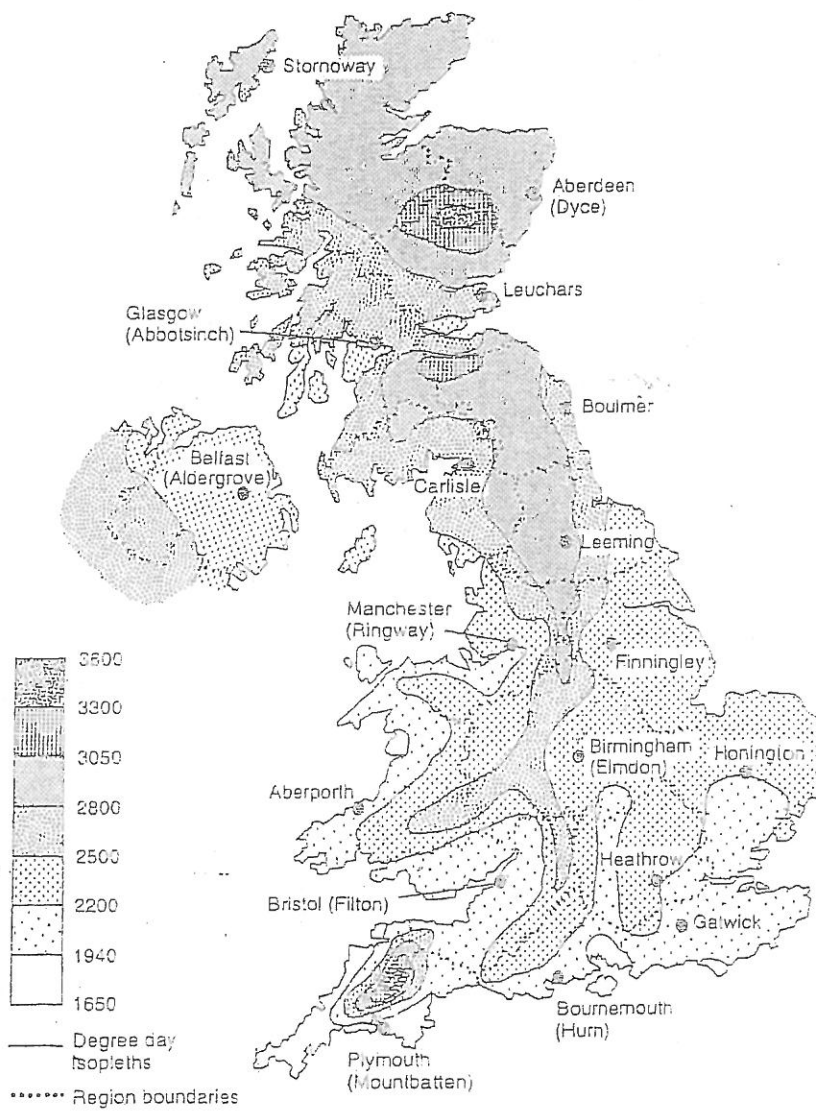
Η ακρίβεια των ημεροβαθμών είναι σημαντική κυρίως σε εφαρμογές όπου οι ημεροβαθμοί θα χρησιμοποιηθούν π.χ. για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών

ενός κτιρίου. Άρα εξίσου σημαντική είναι και η επιλογή της θερμοκρασίας του σημείου ισορροπίας. Αν για παράδειγμα μειώναμε την θερμοκρασία από τους 18,5οC στους 15,5 οC ο συνολικός αριθμός των ημεροβαθμών θα αυξανόταν κατά 45 % για μια περιοχή στην Αγγλία. Άρα σίγουρα η επιλογή της κατάλληλης θερμοκρασίας είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για ένα σωστό ενεργειακό υπολογισμό.

Η επιλογή της σωστής θερμοκρασίας επηρεάζει επίσης την γραφική παράσταση της μεθόδου CUSUM όπως παρατηρείται στο παρακάτω σχήμα για το νοσοκομείο που περιγράψαμε παραπάνω.

Είναι γνωστό ότι οι καιρικές συνθήκες μπορεί να διαφέρουν αρκετά από περιοχή σε περιοχή ή ακόμη και όταν μιλάμε για την ίδια περιοχή από τοποθεσία σε τοποθεσία. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή των ημεροβαθμών για διάφορες τοποθεσίες στην Αγγλία. Όπως φαίνεται για διπλανές τοποθεσίες υπάρχει μια διαφορά των 300 ημεροβαθμών, δηλαδή 10% μεταβολή ανά χρόνο. Η επιλογή λοιπόν του κατάλληλου σταθμού αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για μια σωστή ενεργειακή μελέτη.

Table 3 Best fit values of k in Hitchin's Formula (1952 -1971)	
Site	k
Heathrow	0.66
Manchester	0.70
Birmingham	0.66
Glasgow	0.74
Cardiff	0.78
Mean	0.71



Συσχετισμοί καταναλώσεων – ημεροβαθμών

Έχοντας υπολογίσει τους ημεροβαθμούς της συγκεκριμένης χρονιάς θα διερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στην ενεργειακή κατανάλωση και τη μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας. Για την παρούσα περίπτωση σαν θερμοκρασία υπολογισμού των ημεροβαθμών έχει ληφθεί η θερμοκρασία των 15,5 οC. Ο παρακάτω πίνακας δίνει την ενεργειακή κατανάλωση και τους ημεροβαθμούς για τη συγκεκριμένη τοποθεσία.

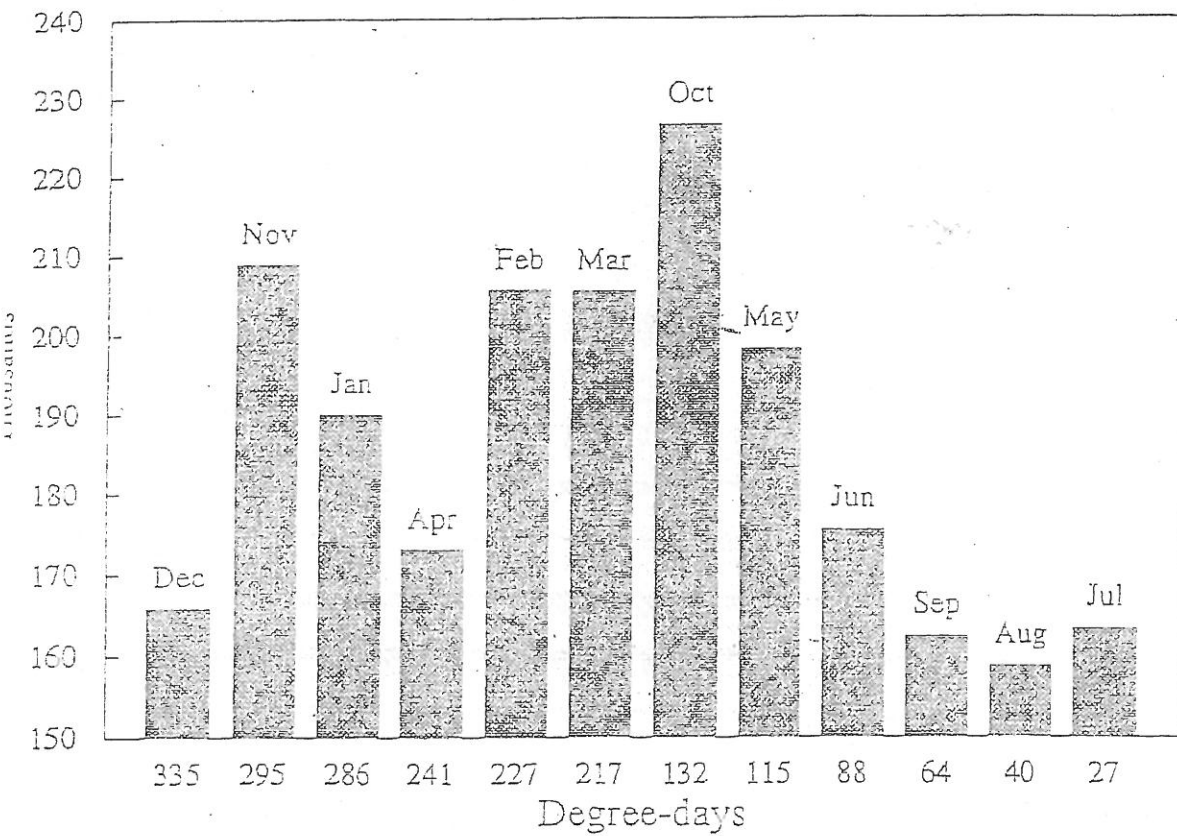
Μήνας	Ηλεκτρική Ενέργεια	Αέριο και Βενζίνη	Σύνολο	Ημεροβαθμοί
Δεκέμβριος	165843	419489,3	585332,3	335
Νοέμβριος	209017	580254,6	789271,6	295
Ιανουάριος	190061	877867,8	1067928,8	286
Απρίλιος	173121	621559,5	794680,5	241
Φεβρουάριος	205732	779330,7	985062,7	227
Μάρτιος	205576	796920	1002496	217
Οκτώβριος	226592	290626,7	517218,7	132
Μάιος	198264	312103,6	510367,6	115
Ιούνιος	175554	252390,2	427944,2	88
Σεπτέμβριος	162340	459361,6	621701,6	64
Αύγουστος	158684	158600,9	317284,9	40
Ιούλιος	163329	133695,9	297024,9	27
Σύνολο	2234113	5682201,0	7916314,0	2067

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα διαγράμματα ηλεκτρικής ενέργειας – ημεροβαθμών, μέγιστης ζήτησης – ημεροβαθμών, βενζίνης και αερίου – ημεροβαθμών, συνολικής ενέργειας – ημεροβαθμών.

ANALYT

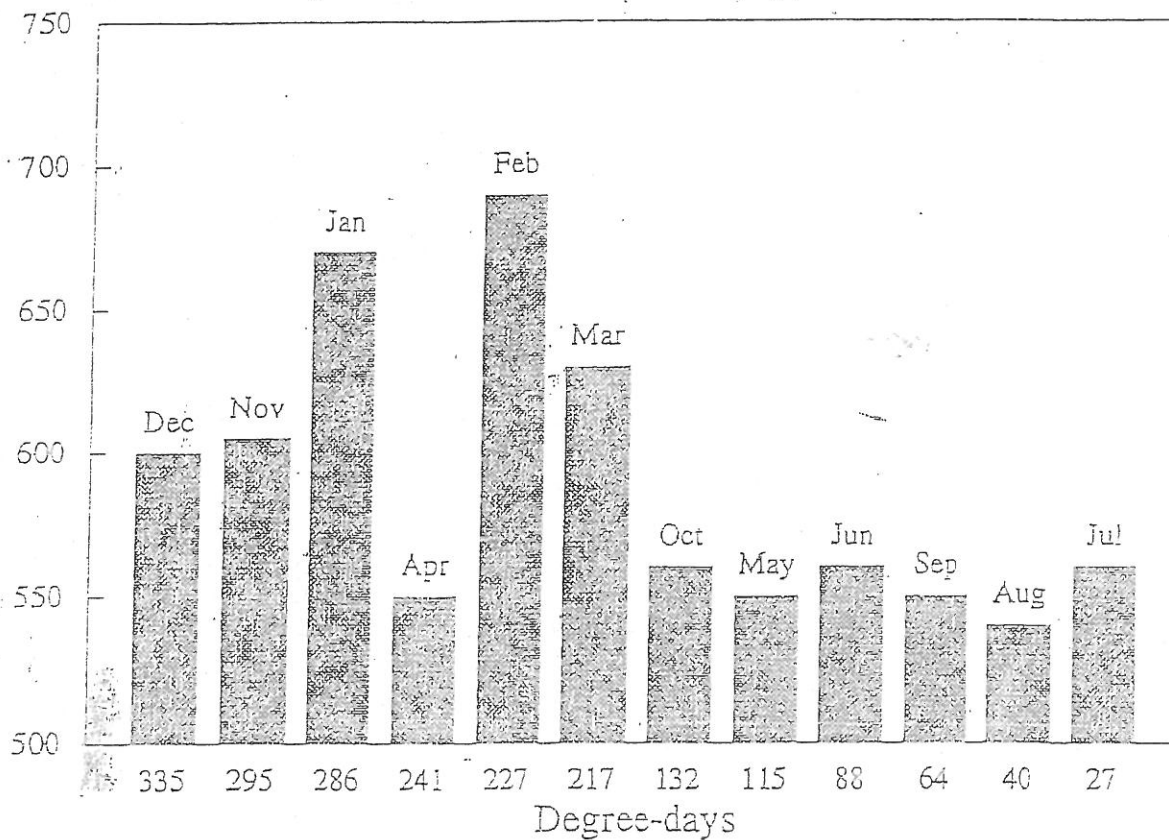
3-11-92

Electricity Use (kWh) with Degree-days March 1991 - February 1992

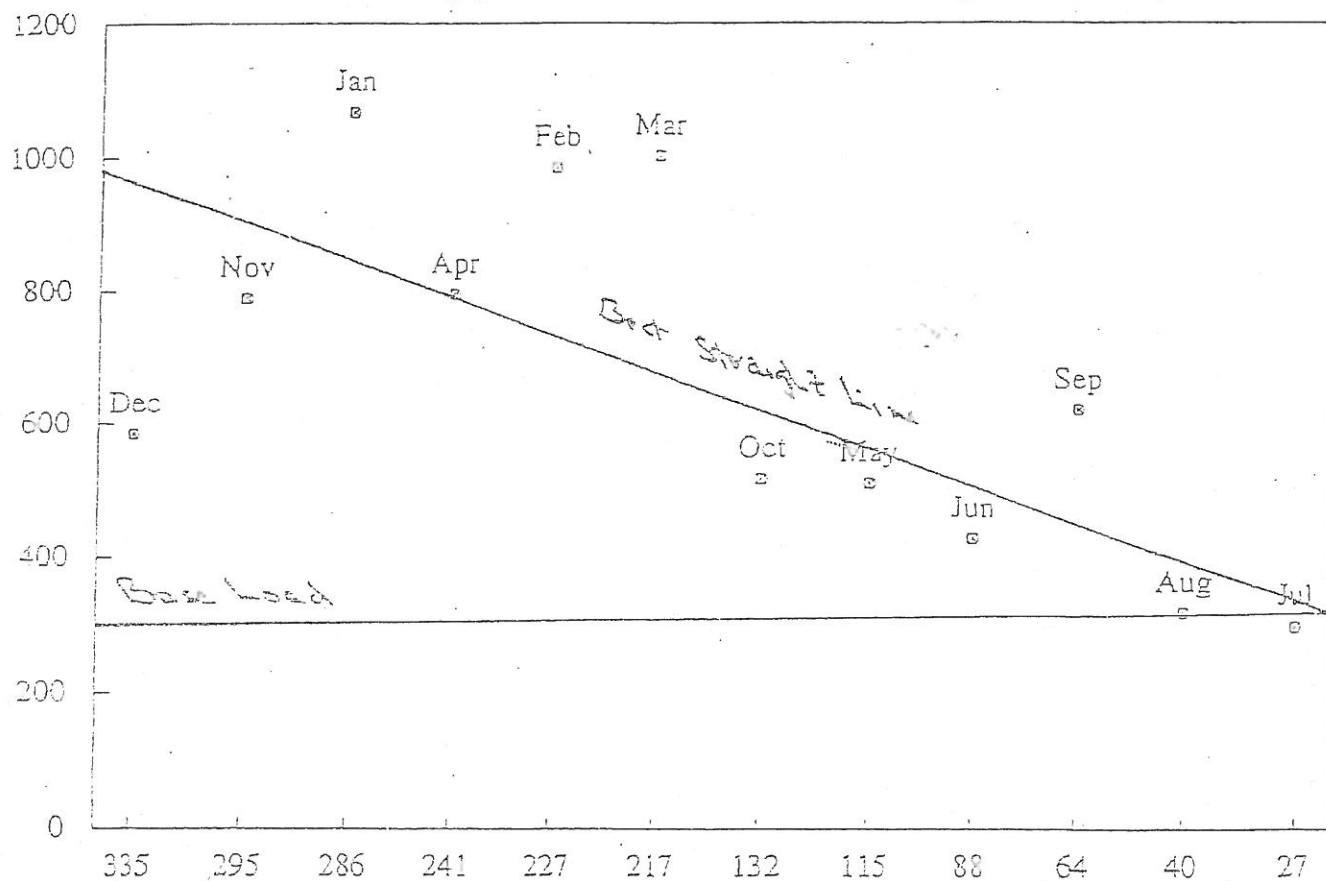


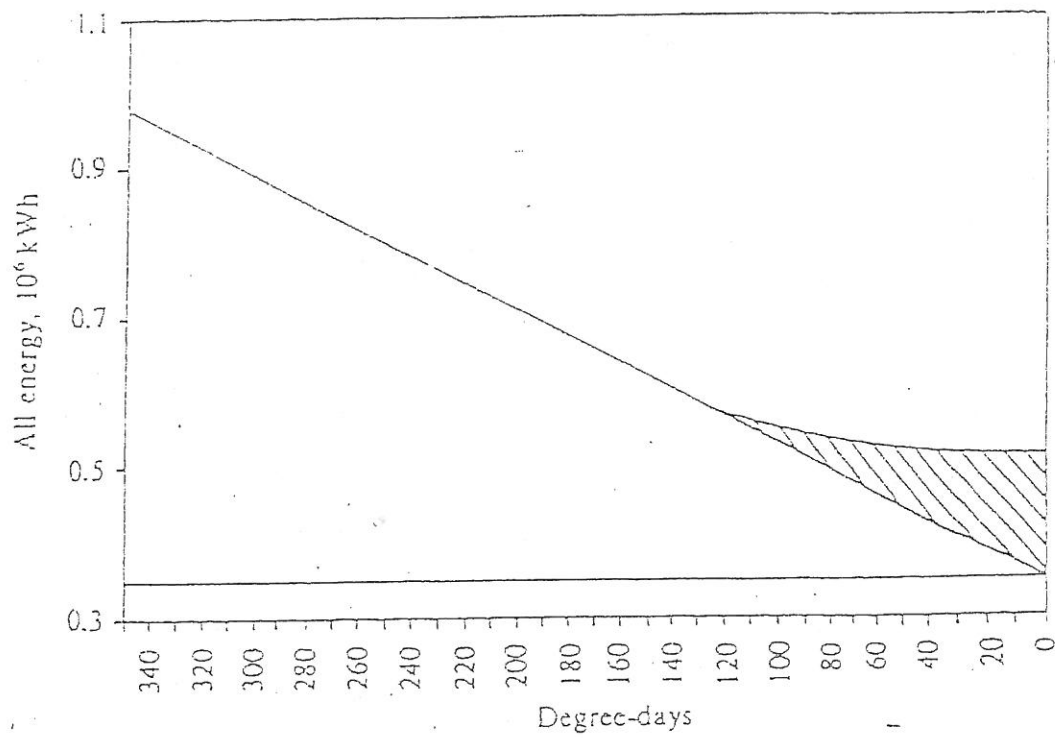
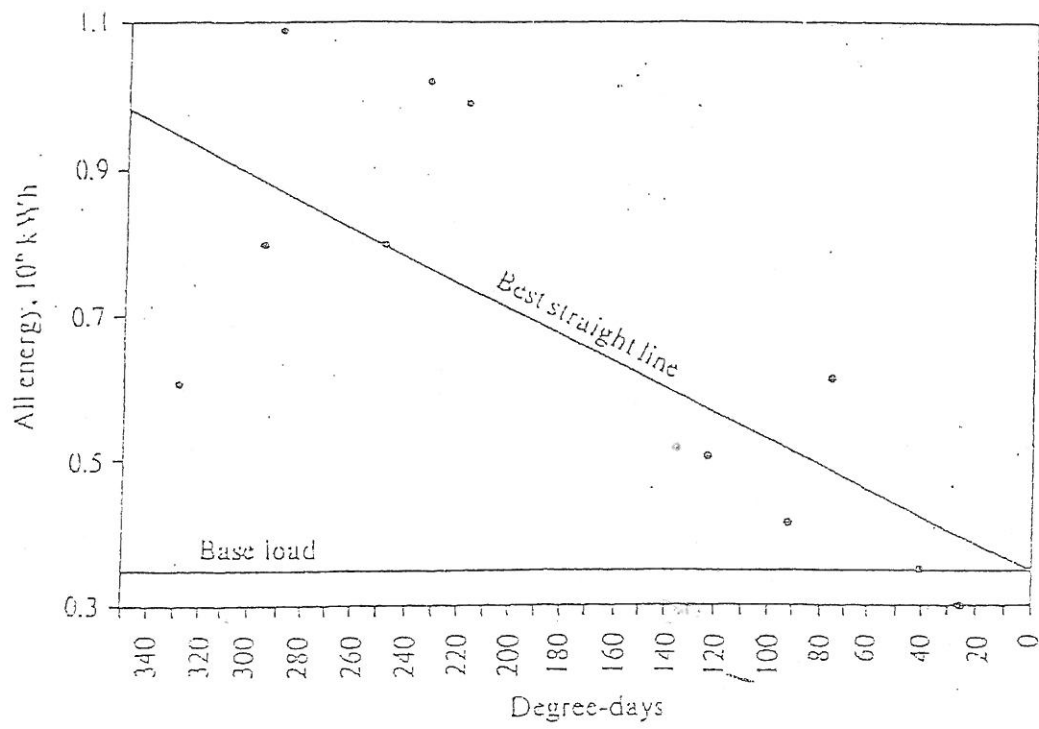
Maximum Demand Variation with Degree-day

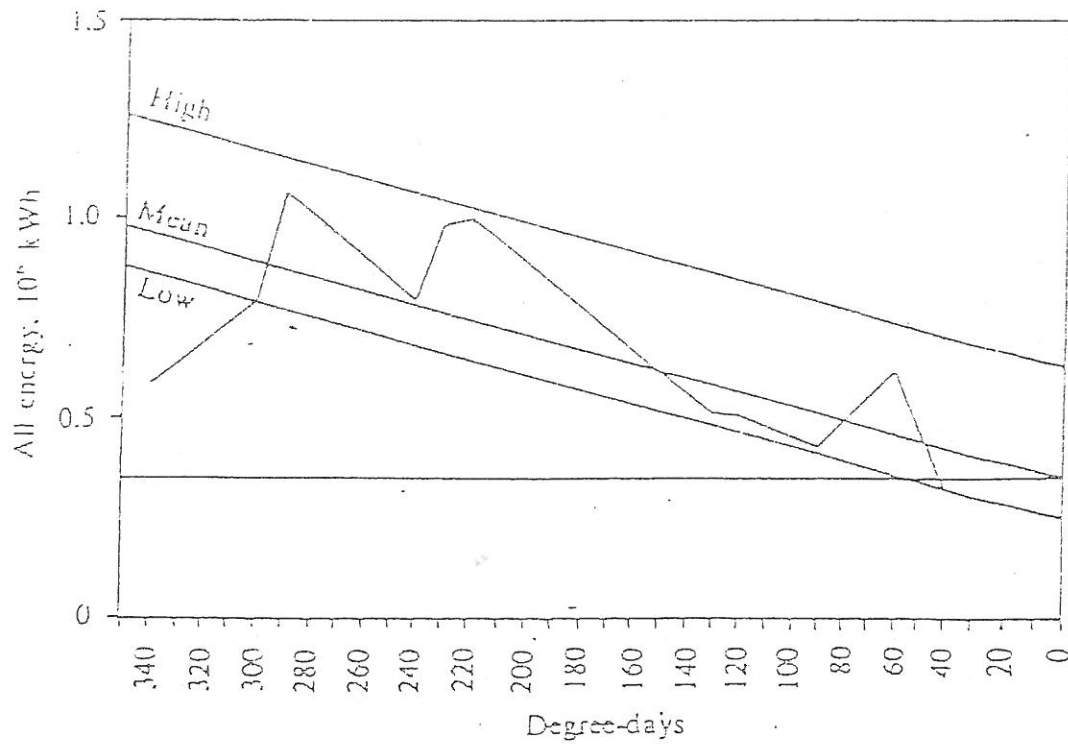
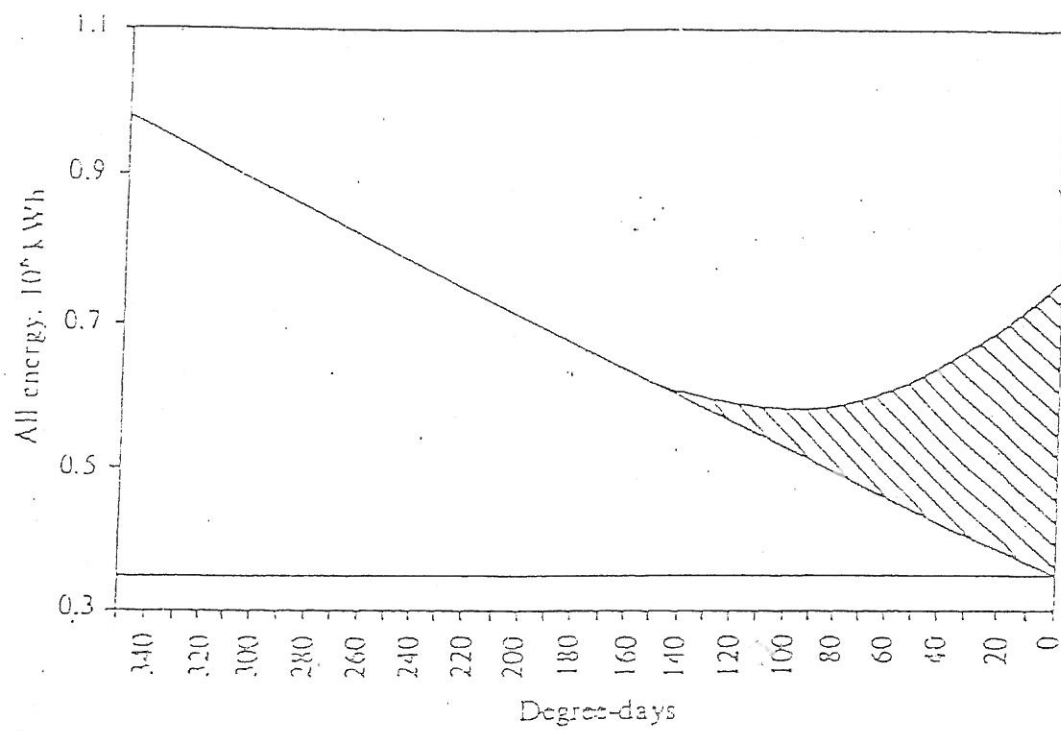
March 1991 - February 1992

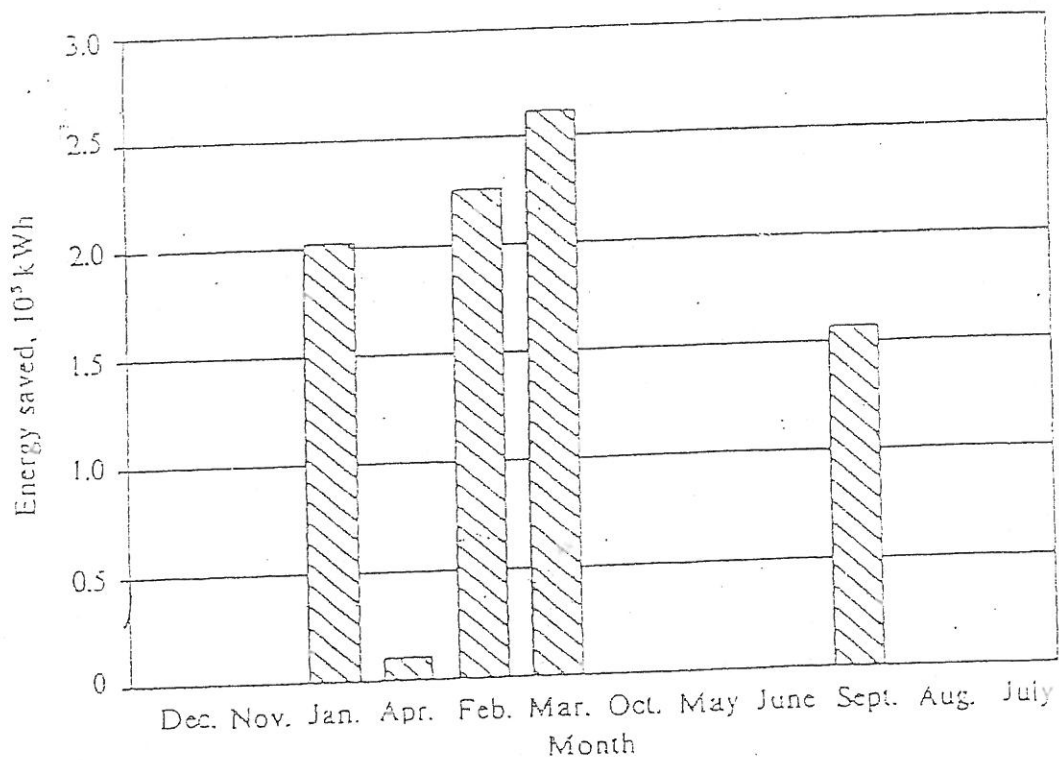
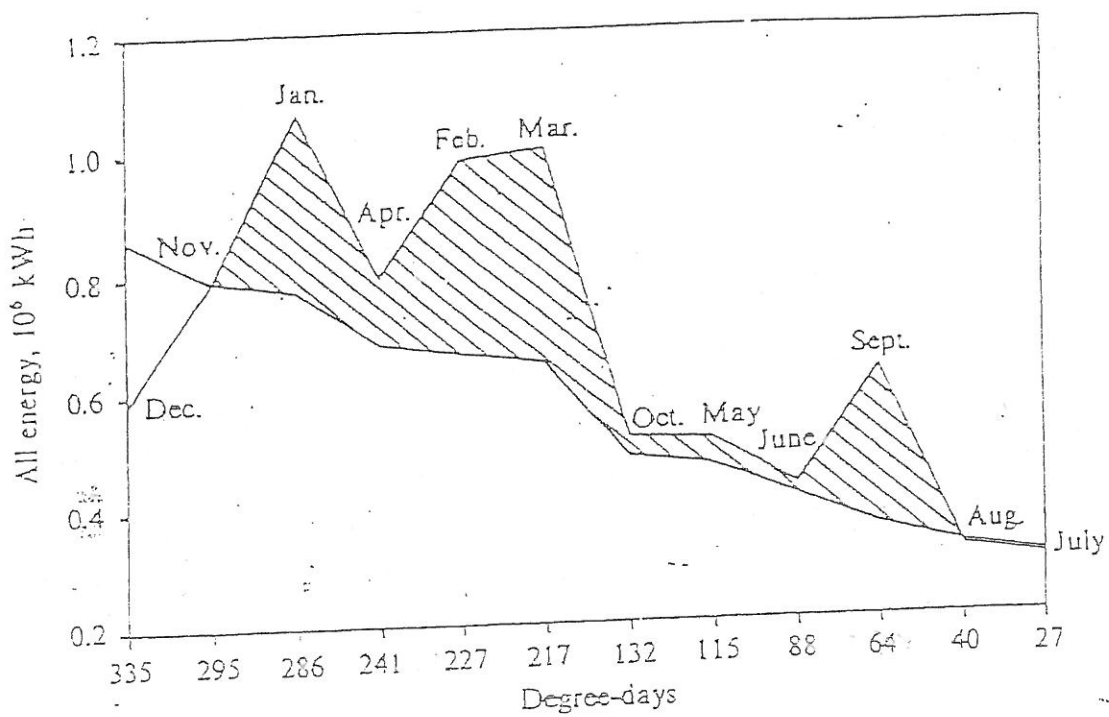


All Energy (kWh) versus Degree-days









Παρατηρείται από τον πίνακα ότι η συγκεκριμένη εταιρεία καταναλώνει κατά μέσο όρο (7916314/2067) 3830 kWh/ημεροβαθμό. Από το διάγραμμα συνολικής ενέργειας – ημεροβαθμών προκύπτει η ευθεία που υποδηλώνει τη γραμμική εξάρτηση (προσεγγιστικά) της ενεργειακής κατανάλωσης με τους ημεροβαθμούς. Σαν φορτίο βάσης προκύπτει από το διάγραμμα η τιμή 348530 kWh. Αυτό το φορτίο είναι ανεξάρτητο από το φορτίο θέρμανσης του κτιρίου και δεν συσχετίζεται με τους ημεροβαθμούς.

Αν το σύστημα θέρμανσης είναι σχεδιασμένο για πλήρες φορτίο, τότε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οι συχνές εκκινήσεις – σταματήματα του καυστήρα και του κυκλοφορητή οδηγούν σε σπατάλη ενέργειας που ενδεδεικτικά σχεδιάζεται σαν σκιασμένη περιογή στο διάγραμμα και θα μπορούσε να αποφευχθεί με την κατάλληλη διαστασιολόγηση ή την επιτόπια παροχή θέρμανσης στα σημεία που αυτή απαιτείται.

Αν πάλι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες γίνεται χρήση κλιματισμού θα παρατηρηθεί μια αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης ενώ οι ημεροβαθμοί μειώνονται. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στο επόμενο διάγραμμα στη σκιασμένη περιογή.

Ο μεγάλος διασκορπισμός των σημείων φανερώνει την έλλειψη αυτοματισμών και σωστής λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης. Η διαφορά ανάμεσα στη γραμμή υψηλής κατανάλωσης και τη γραμμή χαμηλής κατανάλωσης υποδεικνύει το ποσό χαμένης ενέργειας.

Αν η ενέργεια περιοριζόταν στη γραμμή χαμηλής κατανάλωσης, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα σαν σκιασμένη περιογή) θα έφτανε το ποσό των 860000 kWh/έτος ή 11500 E/έτος με καύσιμο το φυσικό αέριο.

Από το διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας – ημεροβαθμών προκύπτει ότι υπάρχει συσχέτιση αυτών των δύο μεγεθών. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει ότι η μέγιστη ζήτηση κατά τον μήνα Αύγουστο είναι 540 kVA ενώ φτάνει τα 690 kVA το Φεβρουάριο. Η διαφορά αυτή υποδεικνύει ότι κατά τους χειμερινούς μήνες γίνεται χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση. Η πιθανή μέγιστη ζήτηση για τη συγκεκριμένη εταιρεία χωρίς χρήση ηλεκτρικής θερμάνσεως είναι 560 kVA. Μειώνοντας τη χρήση ηλεκτρικής θερμάνσεως ή σβήνοντας τα ηλεκτρικά καλοριφέρ κατά τις περιόδους μέγιστης ζήτησης εξοικονομούνται 2783 E.

Πίνακας: Κόστος μέγιστης ζήτησης λόγω ηλεκτρικής θέρμανσης

Μήνας	Μέγιστη Ζήτηση kVA	Φορτίο Βάσης	Διαφορά	Στάδιο 2 Κόστος/kVA	Συνολικό κόστος
Δεκέμβριος	600	560	40	8,5	340
Νοέμβριος	605	560	45	3,5	157,5
Ιανουάριος	670	560	110	8,5	935
Απρίλιος	550	560	0	0,5	0
Φεβρουάριος	690	560	130	8,5	1105
Μάρτιος	630	560	70	3,5	245
Οκτώβριος	560	560	0	0,26	0
Μάιος	550	560	0	0,5	0
Ιούνιος	560	560	0	0,26	0
Σεπτέμβριος	550	560	0	0,26	0
Αύγουστος	540	560	0	0,26	0
Ιούλιος	560	560	0	0,26	0
Σύνολο					2782,5

Από προηγούμενους πίνακες προκύπτει ότι το ηλεκτρικό φορτίο βάσης είναι 164000 kWh και σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν 273760 kWh/έτος ή 1685% Ε/έτος. Το συνολικό κέρδος από τη διακοπή της ηλεκτρικής θέρμανσης θα ανερχόταν σε 19641 Ε/έτος.

Μέθοδος θερμοκρασία βάσης

Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα κέρδη θερμότητας από ανθρώπους, μηχανές, φώτα κ.λ.π. δεν είναι ίδια για όλες τις περιπτώσεις μελέτης η μέθοδος θερμοκρασίας βάσης έχει αναπτυχθεί σαν μια βελτιωμένη τεχνική ανάλυσης. Σ' αυτή τη μέθοδο η κατανάλωση ενέργειας συσχετίζεται με τη μέση εξωτερική θερμοκρασία αέρα.

Στον επόμενο πίνακα γίνεται μετατροπή των ημεροβαθμών/μήνα σε μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Πίνακας: Μετατροπή ημεροβαθμών σε μέση μηνιαία θερμοκρασία

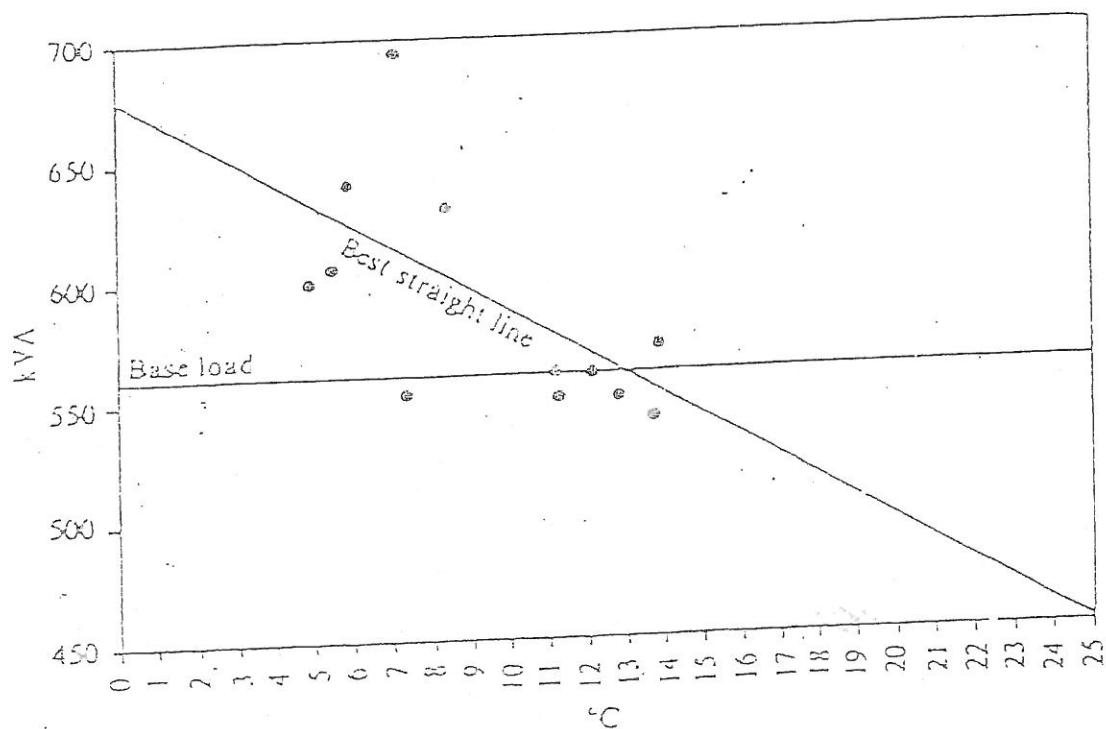
Μήνας	Ημεροβαθμοί ανά μήνα	Αριθμός ημερών	Ημεροβαθμοί ανά ημέρα	Μέση μηνιαία Θερμοκρασία (15,5 - DD/D)
Ιανουάριος	286	31	9,23	6,27
Φεβρουάριος	227	29	7,83	7,67
Μάρτιος	217	31	7,00	8,50
Απρίλιος	241	30	8,03	7,47
Μάιος	115	31	3,71	11,79
Ιούνιος	88	30	2,93	12,57
Ιούλιος	27	31	0,87	14,63
Αύγουστος	40	31	1,29	14,21
Σεπτέμβριος	64	30	2,13	13,37
Οκτώβριος	132	31	4,26	11,24
Νοέμβριος	295	30	9,83	5,67
Δεκέμβριος	335	31	10,81	4,69

Με βάση αυτόν τον πίνακα κατασκευάζονται οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις:

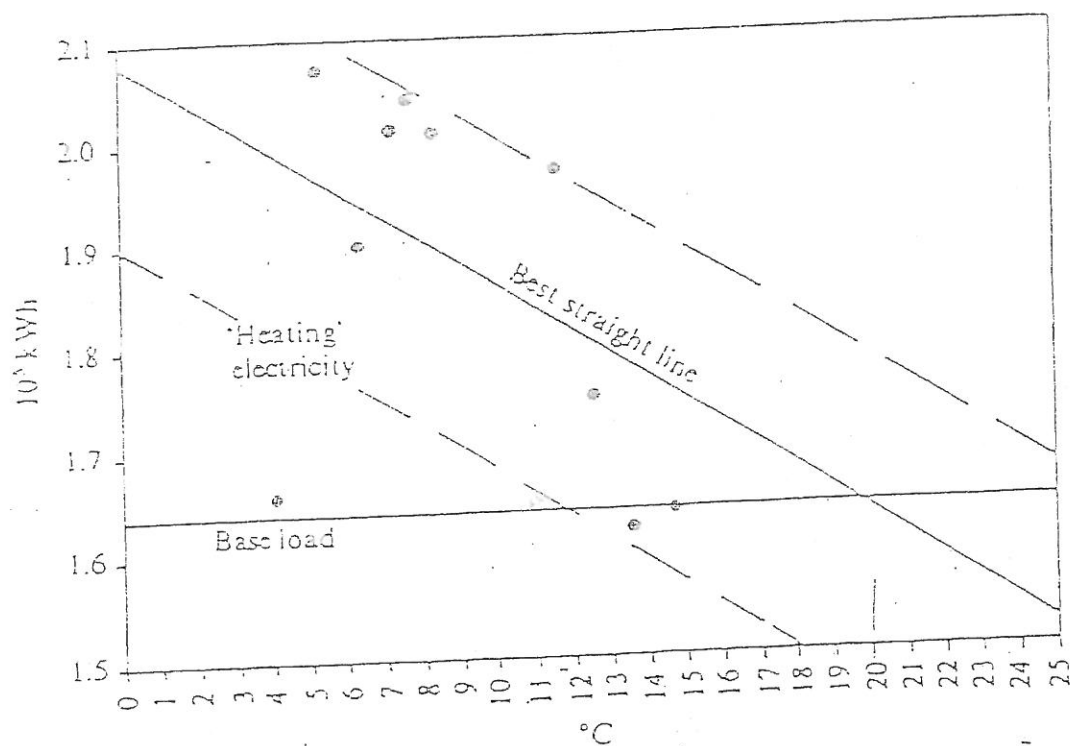
- Ηλεκτρική μέγιστη ζήτηση - Εξωτερική θερμοκρασία αέρα
- Ηλεκτρική ενέργεια - Εξωτερική θερμοκρασία αέρα
- Ενέργεια θέρμανσης - Εξωτερική θερμοκρασία αέρα

Πίνακας: Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούμενη για θέρμανση

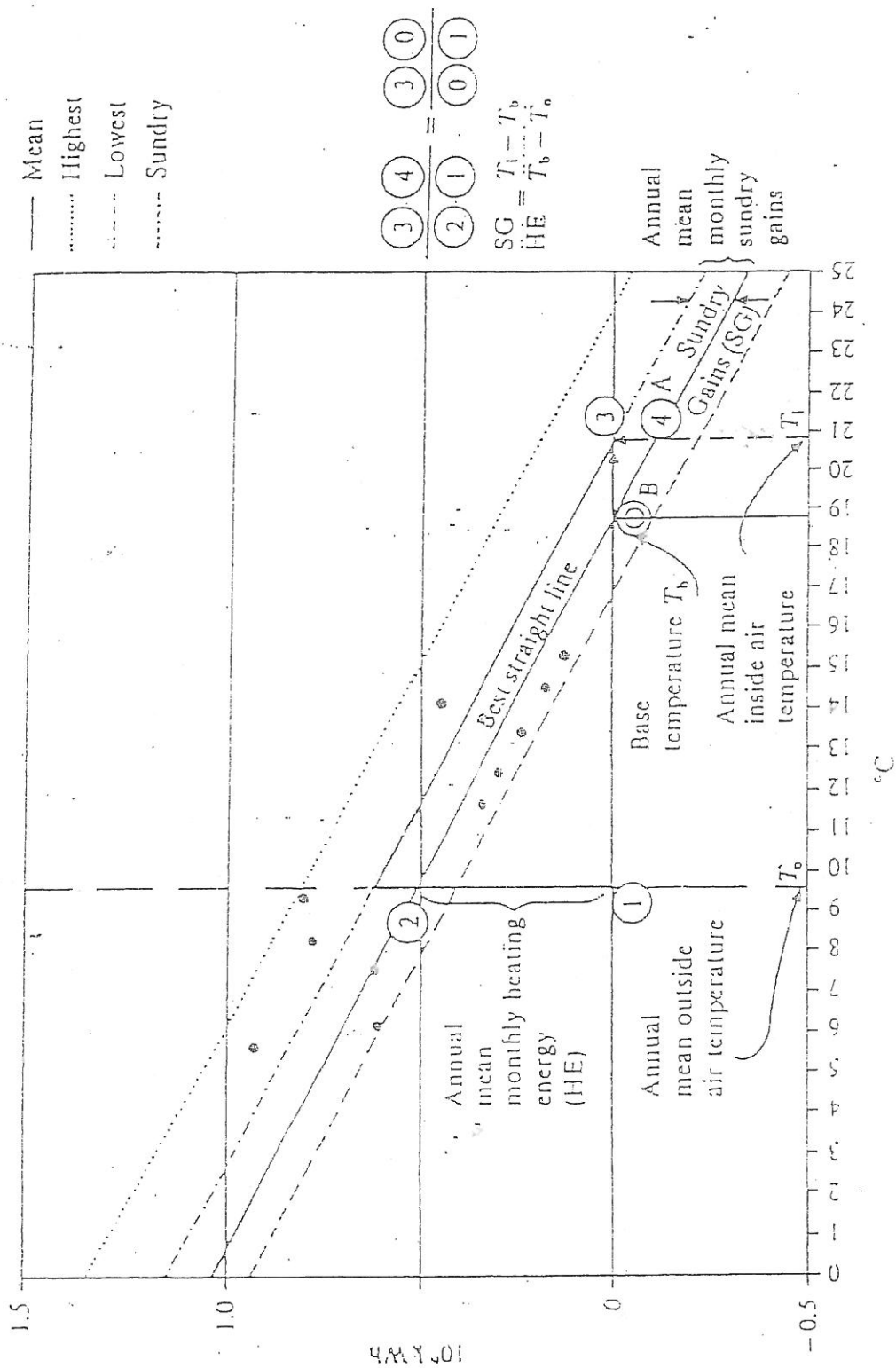
Μήνας	Φορτίο βάσης	Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούμενη για θέρμανση
Δεκέμβριος	164000	1843
Νοέμβριος	164000	45017
Ιανουάριος	164000	26061
Απρίλιος	164000	9121
Φεβρουάριος	164000	41732
Μάρτιος	164000	41576
Οκτώβριος	164000	62592
Μάιος	164000	34264
Ιούνιος	164000	11554
Σεπτέμβριος	164000	0
Αύγουστος	164000	0
Ιούλιος	164000	0
Σύνολο		273760



Maximum demand versus mean monthly outside air temperatures—best fit.



Electrical kWh versus mean monthly outside air temperatures—best fit.



The energy signature—heating energy versus mean outside air temperature.

Με τη βοήθεια των γραφικών παραστάσεων και του Excell προκύπτει η σχέση ανάμεσα στη Μέγιστη ζήτηση και τη Μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία T_o .

$$KVA = 667,3 - 9T_o$$

Η μεγάλη διασπορά των σημείων με διαφορά πάνω από 150 kVA υποδηλώνει πως δεν υπάρχει έλεγχος της Μέγιστης ζήτησης. Για εξωτερική θερμοκρασία $7^{\circ}C$ η μέγιστη ζήτηση μεταβάλλεται από 550 έως 690 kVA. Το επόμενο βήμα είναι να γίνει σχολαστικός έλεγχος των χρήσεων και των "καταχρήσεων" της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μεγάλη διασπορά σημείων παρουσιάζεται και στο διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας – εξωτερικής θερμοκρασίας. Από τη γραφική παράσταση προκύπτει:

$$KWh = 208124 - 2230 T_o$$

Αν η ηλεκτρική θέρμανση αντικατασταθεί με φυσικό αέριο, ο διασκορπισμός των σημείων ως προς τη γραμμή βάσης θα ήταν πολύ μικρότερος

Για να γίνει συσχετισμός της ενέργειας θέρμανσης με την εξωτερική θερμοκρασία πρέπει η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για θέρμανση να προστεθεί στην ενέργεια από αέριο και βενζίνη. Για τη συγκεκριμένη εταιρεία προκύπτει ο πίνακας της επόμενης σελίδας.

Η σχέση που συνδέει την ενέργεια θέρμανσης με την εξωτερική θερμοκρασία είναι:

$$KWh = 1041244 - 55377 T_o$$

Και σε αυτό το διάγραμμα παρατηρείται διασπορά σημείων. Τον Νοέμβριο και τον Ιανουάριο για παράδειγμα η μέση εξωτερική θερμοκρασία ήταν περίπου ίδια παρά το γεγονός ότι τον Ιανουάριο η κατανάλωση ενέργειας είναι το 150% αυτής του Νοεμβρίου. Ο διασκορπισμός των σημείων αντιστοιχεί σε 400000 kWh ενέργειας θέρμανσης από τις οποίες οι 100000 kWh θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν αν υπήρχε έλεγχος και σωστή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης.

Αν n ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα και $m = \rho V n / 3600$ όπου $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ και $c_p = 1000 \text{ J/kgK}$ σε θερμοκρασία δωματίου προκύπτει:

$$\text{Διάφορα κέρδη (kWh/έτος)} = (K A + n V/3) (T_i - T_b) \text{ h/έτος} / 1000$$

Οι επιφάνειες και ο όγκος του κτιρίου είναι γνωστά. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίζεται με βάση την κατασκευή του.

Με ανάλογο τρόπο προκύπτει και η εξίσωση της ενέργειας θέρμανσης:

$$\text{Ενέργεια θέρμανσης (kWh/έτος)} = (K A + n V/3) (T_b - T_o) \text{ h/έτος} / 1000$$

Όπου T_o η μέση ετήσια εξωτερική θερμοκρασία.

Διαιρώντας τις δύο παραπάνω εξισώσεις κατά μέλη προκύπτει:

$$\text{Διάφορα κέρδη} / \text{Ενέργεια θέρμανσης} = (T_i - T_b) / (T_b - T_o)$$

Για την παρούσα περίπτωση $T_i = 21^\circ\text{C}$, $T_b = 19^\circ\text{C}$ και $T_o = 9,84^\circ\text{C}$

$$\text{Διάφορα κέρδη} / \text{Ενέργεια θέρμανσης} = 0,22$$

Η ετήσια καταναλωθείσα ενέργεια θέρμανσης για την παρούσα εταιρεία είναι 5955961 kWh/έτος. Από αυτή 273760 kWh αντιστοιχούν σε ηλεκτρική θέρμανση και 5682201 kWh σε φυσικό αέριο και βενζίνη.

Αν υποθέσουμε ότι το σύστημα θέρμανσης έχει βαθμό απόδοσης 75% τότε στο κτίριο παραδόθηκαν

$$273760 + 0,75 \times 5682201 = 4535411 \text{ kWh ενέργειας θέρμανσης}$$

και η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε για άλλες ανάγκες είναι

$$164000 \times 12 = 1968000 \text{ kWh/έτος}$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι τα διάφορα κέρδη είναι

$$(0,22 \times 4535411) = 997790 \text{ kWh}$$

ή 45% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε.

Πίνακας: Ενέργεια θέρμανσης και εξωτερική θερμοκρασία

Μήνας	Ενέργεια Θέρμανσης kWh	Μέση μηνιαία Εξωτερική θερμοκρασία (°C)
Δεκέμβριος	421332,3	4,69
Νοέμβριος	625271,6	5,67
Ιανουάριος	903928,8	6,27
Απρίλιος	630680,5	7,47
Φεβρουάριος	821062,7	7,67
Μάρτιος	838496,0	8,5
Οκτώβριος	353218,7	11,24
Μάιος	346367,6	11,79
Ιούνιος	263944,2	12,57
Σεπτέμβριος	459361,6	13,37
Αύγουστος	158600,9	14,21
Ιούλιος	133695,9	14,63
Σύνολο	5955961,0	

Μέση ετήσια εξωτερική θερμοκρασία: $T_o = 9,84^{\circ}\text{C}$

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι $T_b=19^{\circ}\text{C}$, ή μεγαλύτερη δεν παρουσιάζεται ανάγκη θέρμανσης. Όπως παρατηρείται, τα διάφορα κέρδη (άνθρωποι, μηχανές, φώτα κ.λ.π.) είναι πολύ μικρότερα από ότι αρχικά είχε υποτεθεί χρησιμοποιώντας σαν θερμοκρασία βάσης τη θερμοκρασία των $15,5^{\circ}\text{C}$.

Η μέση εσωτερική θερμοκρασία είναι 21°C , κατά συνέπεια τα διάφορα κέρδη επαρκούν για να ανυψώσουν τη θερμοκρασία κατά 2°C . Αναζητώντας την εξίσωση ενέργειας μπορούμε να γράψουμε:

$$\begin{aligned} \text{Διάφορα κέρδη (kWh/έτος)} &= \text{Απώλειες δομικών στοιχείων} + \text{Απώλειες αερισμού} = \\ &= [K A (T_i - T_b) + m c_p (T_i - T_b)] \text{ h/έτος} / 1000 \end{aligned}$$

Για το παρόν κτίριο γνωρίζουμε ότι η συνολική επιφάνεια $A = 9820\text{m}^2$, ο όγκος του κτιρίου $V = 40000\text{m}^3$ και οι ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης είναι 8760/έτος.

$$\text{Διάφορα κέρδη (kWh/έτος)} = (K A + n V/3) (T_i - T_b) \text{ h/έτος}/1000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 997790 = (9820 K + 13333 n) \times 2 \times 8760/1000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 4,27 - 0,74 K$$

Αντίστοιχα, από την εξίσωση της ενέργειας θέρμανσης

$$\text{Ενέργεια θέρμανσης (kWh/έτος)} = (K A + n V/3) (T_b - T_o) \text{ h/έτος}/1000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4535411 = (9820 K + 13333 n) \times (19 - 9,84) \times 8760/1000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 4,27 - 0,74 K$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι πολύτιμη γιατί ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας K μπορεί να υπολογιστεί με επιτόπια έρευνα, ο αριθμός εναλλαγών αέρα είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί.

Για την παρούσα περίπτωση με τη βοήθεια της παραπάνω εξίσωσης μπορούμε να βρούμε τους πιθανούς συνδυασμούς K και n . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας K των κτιρίων μεταβάλλεται από $K=0,5\text{W/m}^2\text{K}$ (πολύ καλά μονωμένο) έως $K=6\text{W/m}^2\text{K}$ (γυάλινος τοίχος). Ο αριθμός εναλλαγών αέρα μπορεί να μεταβάλλεται από 0 έως και 40. Όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα ο συντελεστής θερμοπερατότητας K για το συγκεκριμένο κτίριο είναι από $K=2\text{W/m}^2\text{K}$ έως $K=3,5\text{W/m}^2\text{K}$ και ο αριθμός εναλλαγών αέρα από $n=1$ έως $n=3$.

Πίνακας: Συνδυασμός K και n

K	n
0	4,27
0,5	3,90
1	3,53
Μη πιθανές τιμές 1,5	3,16
2	2,79
2,5	2,42
3	2,05
3,5	1,68
4	1,31
4,5	0,94 Μη πιθανές τιμές
5	0,57
5,5	0,20

Η ενέργεια που αποδίδεται στο κτίριο για θέρμανση χάνεται μέσω των δομικών στοιχείων στο περιβάλλον. Από την έρευνα που έγινε στο κτίριο διαπιστώθηκε:

Όψη	A	B	Γ	Δ	Οροφή	Δάπεδο
Προσανατολισμός	N	Δ	Β	Α		
Περιγραφή	Απλό γυαλί	335mm τούβλο	335mm τούβλο	335mm τούβλο	Πάνελ	Τσιμέντο
Μήκος	114	70	114	70		
Ύψος	5	5	5	5		
Επιφάνεια	570	350	570	350	7980	7980
K	5,6	1,7	1,7	1,7	1,9	0,06
K A	3192	595	969	595	15162	478,8

Συνολικά ΚΑ (εκτός από το δάπεδο) = 20513

Συνολική επιφάνεια (εκτός από το δάπεδο) = 9820

Συνολικό Κ = 2,09 W/m²K

Συνολικός εσωτερικός όγκος = 39900 m³

Από την εξίσωση που συνδέει Κ και η προκύπτει η = 2,72 εναλλαγές/ώρα

Εξίσωση ενέργειας κτιρίου

$$\begin{aligned} \text{Παραδοθείσα ενέργεια (kWh/έτος)} &= \text{Ενέργεια καυσίμων} + \text{Ηλεκτρική ενέργεια} \\ &\text{θέρμανσης} + \text{Ηλεκτρική ενέργεια για άλλους σκοπούς} = \\ &= \text{Καταναλωθείσα ενέργεια (kWh/έτος)} = \text{Απώλειες καύσης, μετατροπής} \\ &\text{ενέργειας και διανομής} + \text{Ηλεκτρική ενέργεια απορριπτόμενη κατά τη χρήση} + \\ &\text{Απώλειες δομικών στοιχείων} + \text{Απώλειες αερισμού} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 5682201 + 273760 + (164000 \times 12) = \\ &= (0,25 \times 5682201) + (\eta_{\lambda} \text{ Ενεργ.} - \text{διαφ. κέρδη}) + [K \cdot A \cdot (T_i - T_o) \text{ h/έτος}/1000] + \\ &+ [0,33 \cdot n \cdot V \cdot (T_i - T_o) \text{ h/έτος}/1000] \Rightarrow \\ &\Rightarrow 5682201 + 273760 + 1968000 = 1420550 + 970210 + 2006439 + 3510033 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 7923961 = 7907332 \end{aligned}$$

Εξίσωση ενέργειας θέρμανσης κτιρίου

$$\begin{aligned} \text{Παραδοθείσα ενέργεια θέρμανσης (kWh/έτος)} &= \text{Ενέργεια καυσίμων} + \\ &\text{Ηλεκτρική ενέργεια θέρμανσης} + \text{Διάφορα κέρδη} = \\ &= \text{Καταναλωθείσα ενέργεια θέρμανσης (kWh/έτος)} = \text{Απώλειες καύσης,} \\ &\text{μετατροπής ενέργειας και διανομής} + \text{Απώλειες δομικών στοιχείων} + \text{Απώλειες} \\ &\text{αερισμού} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 5682201 + 273760 + 997790 = 1420550 + 2006439 + 3510033 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 6953751 = 6937022 \end{aligned}$$

Από εδώ και πέρα και έχοντας αποτυπώσει τόσο γραφικά όσο και σε εξισώσεις την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου πρέπει να διερευνηθούν διάφορες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας:

- Προσθήκη μονωτικού στα δομικά στοιχεία
- Μείωση του αριθμού εναλλαγών αέρα
- Αύξηση του βαθμού αποδόσεως του συστήματος θέρμανσης
- Αλλαγή εσωτερικής θερμοκρασίας
- Μείωση ή αύξηση των διαφορών κερδών

ΩΘΗΚΟΝΟΜΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Ο ηλεκτρισμός όπως έχει ήδη φανεί αποτελεί την πιο ακριβή μορφή ενέργειας αλλά και την πιο ευπροσάρμοστη. Βρίσκει εφαρμογή τόσο στον οικιακό τομέα (ενδεικτικά αναφέρονται φωτισμός, θέρμανση, ψύξη, ανελκυστήρας), όσο και στον βιομηχανικό (συμπιεστές, εργαλειομηχανές, συγκολλητικά μηχανήματα κ.α.)

Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι αποτελεί κοινή, διαθέσιμη πηγή ενέργειας για πολλές συσκευές που είναι και φορητές (λάμπες, μοτέρ, ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα), ενώ το μεγαλύτερο μειονέκτημα του είναι ότι αποτελεί την πιο ακριβή μορφή ενέργειας λόγω του γεγονότος ότι για να φτάσει στην κατανάλωση περνάει από πολλά στάδια.

Όπως και στις περισσότερες εφαρμογές όσο περισσότερο χρησιμοποιεί κάποιος την ηλεκτρική ενέργεια τόσο περισσότερο πληρώνει αλλά το κόστος ανά μονάδα μέτρησης μειώνεται. Το κόστος χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να υποδιαιρεθεί στα παρακάτω:

- χρέωση ανά kWh ανάλογα με τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας
- πάγια χρέωση ανάλογα με την ισχύ του κάθε καταναλωτή
- χρέωση μέγιστης ζήτησης ανάλογα με την συμφωνηθείσα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (υπέρβαση σημαίνει επιβολή προστίμου)
- χρέωση συντελεστή ισχύος (όσο πιο κοντά στο 1 τόσο χαμηλότερο το κόστος)

Το κόστος παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλεται τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια ενός έτους. Αντίθετα με τα καύσιμα, το ηλεκτρικό ρεύμα δεν μπορεί να αποθηκευτεί σε μεγάλες ποσότητες οικονομικά. Αναγκαστικά λοιπόν η χρέωση συμβαδίζει με τον χρόνο κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως διαπιστώνει κανείς πολύ εύκολα οι εταιρείες ωθούν τους πελάτες σε μια σταθερή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλο συντελεστή ισχύος αφού αυτός είναι και ο φθηνότερος τρόπος για να την παρέχουν.

Λόγω της ιδιωτικοποίησης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο τρόπος χρέωσης πλέον θα αποτελεί αντικείμενο συμφωνίας ανάμεσα στην εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικού

ρεύματος και στον πελάτη.

Μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τη μείωση του 'επιπλέον', η δεύτερη τη διατήρηση της επιθυμητής κατανάλωσης και η τρίτη νέες μεθοδολογίες ή συσκευές που μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση.

Μείωση του 'επιπλέον' σημαίνει ότι τα κτίρια δεν πρέπει να υπερθερμαίνονται, λάμπες και μηχανήματα δεν πρέπει να λειτουργούν χωρίς αιτία, πόρτες δεν πρέπει να μένουν ανοιχτές χωρίς λόγο. Παρόμοια παραδείγματα υπάρχουν πολλά και βρίσκουν εφαρμογή παντού. Το μόνο ίσως που απαιτείται από τον καθένα μας είναι 'ενεργειακή συνείδηση'.

Διατήρηση της ενεργειακής κατανάλωσης στα επιθυμητά επίπεδα μπορεί να γίνεται είτε με ανθρώπινη παρέμβαση είτε με χρήση ηλεκτρονικών συσκευών ελέγχου.

Για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι απαραίτητες οι τεχνικές γνώσεις και μια οικονομοτεχνική μελέτη που θα μας δείξει κατά πόσο είναι οικονομικά βιώσιμες οι αλλαγές που θα προταθούν.

Συντήρηση ηλεκτρικών συσκευών

Η συντήρηση μπορεί να υποδιαιρεθεί σε επείγουσα και σε τακτική. Η επείγουσα συντήρηση είναι λογικό ότι κοστίζει περισσότερο και πρέπει να αποφεύγεται. Η τακτική συντήρηση είναι η προγραμματισμένη συντήρηση και πρέπει να περιλαμβάνει κάθε ηλεκτρική συσκευή όπως επίσης και ολόκληρη τη γραμμή παραγωγής όταν μιλάμε για εργοστάσια.

Απαραίτητη προϋπόθεση για σωστή συντήρηση είναι η καταγραφή της λειτουργίας των μηχανημάτων, των βλαβών τους, όπως επίσης και του κοστολογίου συντήρησης. Η χρήση ενός Η/Υ θα ήταν πολύτιμη σε αυτή την κατεύθυνση.

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι ενώ όλες οι ηλεκτρικές συσκευές απαιτούν συντήρηση για λόγους ασφαλείας, αυτό δεν είναι απαραίτητο για οικονομικούς λόγους.

Συντελεστής ισχύος

Το ηλεκτρικό ρεύμα που διανέμεται από τις εταιρείες παραγωγής (π.χ. Δ.Ε.Η.)

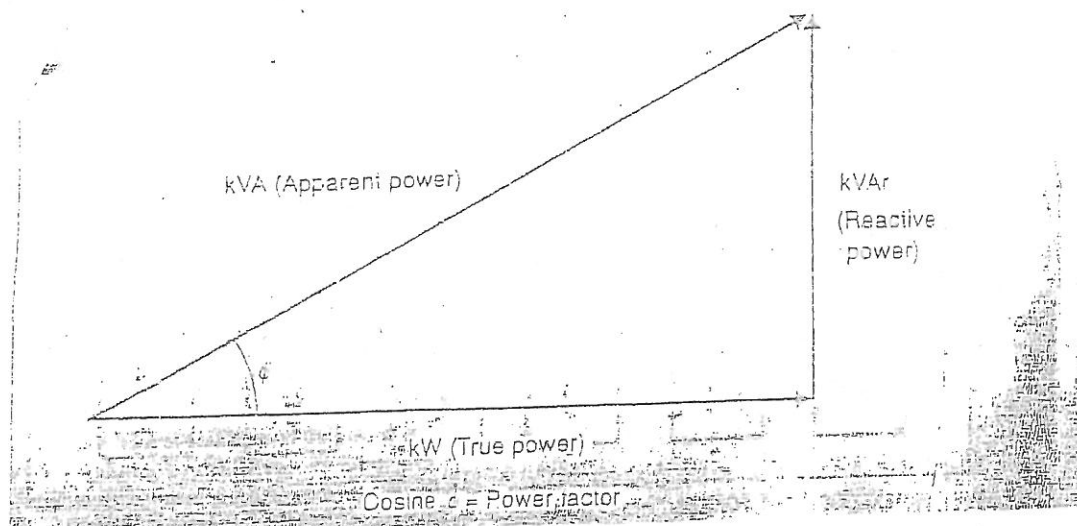
~~είναι ένα εναλλασσόμενο και έχει τη μορφή ενός κύματος που επαναλαμβάνεται 50 φορές~~

κάθε δευτερολέπτο. Έχει δηλαδή συχνότητα 50 Hz.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα και κατά συνέπεια η ισχύς αποτελούνται από ωμικό, επαγωγικό και χωρητικό ρεύμα. Στο ωμικό φορτίο το ρεύμα συμβαδίζει με την τάση οπότε λέμε ότι είναι σε φάση. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις και οι λάμπες πυρακτώσεως αποτελούν συσκευές με ωμικό φορτίο. Στο επαγωγικό φορτίο (πηνία) το ρεύμα υπολείπεται της τάσης και κατά συνέπεια δεν είναι σε φάση, όπως επίσης και στο χωρητικό φορτίο (πυκνωτές) όπου όμως το ρεύμα προηγείται της φάσης.

Στην πράξη τα περισσότερα φορτία που συναντώνται δεν μπορούν να χαρακτηριστούν με μια μόνο λέξη. Για παράδειγμα το φορτίο της περιτύλιξης ενός πηνίου είναι επαγωγικό ενώ το φορτίο του χαλκού που είναι κατασκευασμένο το πηνίο είναι ωμικό.

Η πραγματική ή χρήσιμη ισχύς καταναλώνεται μόνο στο ωμικό φορτίο, δηλαδή όταν το ρεύμα είναι σε φάση με την τάση. Τα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία καταναλώνουν μόνο φαινομενική ισχύ. Αν η πραγματική και η φαινομενική ισχύ αθροιστούν διανυσματικά όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα μας δίνουν τη συνολική ισχύ.



Η πραγματική ισχύ μετριέται σε kW, η συνολική ισχύ σε kVA και η φαινομενική σε kVA_f. Ο λόγος της πραγματικής ισχύος προς τη συνολική ονομάζεται συντελεστής ισχύος.

$$\text{Συντελεστής ισχύος} = \cos\phi = \text{Πραγματική ισχύ} / \text{Συνολική ισχύ}$$

Για μια περίπτωση όπου το φορτίο είναι καθαρά ωμικό ο συντελεστής ισχύος θα είναι ίσος με τη μονάδα. Για μια περίπτωση όπου το φορτίο είναι καθαρά επαγωγικό ή χωρητικό ο συντελεστής ισχύος θα είναι ίσος με το μηδέν. Η συνολική ισχύ μπορεί να υπολογισθεί πολλαπλασιάζοντας τα μετρούμενα V (volts) με τα μετρούμενα A (amps). Γνωρίζοντας το συντελεστή ισχύος είναι εύκολο από την προηγούμενη σχέση να υπολογίσουμε την πραγματική ισχύ. Αν ο συντελεστής ισχύος δεν είναι γνωστός ή μεταβάλλεται πρέπει να χρησιμοποιηθούν όργανα που μετρούν την πραγματική ισχύ απευθείας.

Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού υπάρχει επαγωγικό και χωρητικό φορτίο. Στην πράξη συναντώνται συντελεστές ισχύος της τάξης του 0,7 ή και χαμηλότεροι.

Παράδειγμα 1^ο

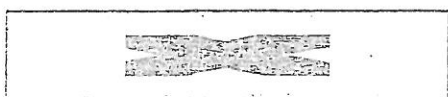
Μονοφασικός κινητήρας έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Τάση: 220 V

Ισχύ: 3 kW

Συντελεστή ισχύος: 0,7

Το ρεύμα που καταναλώνεται είναι:



$$I = \frac{P}{V \cos\phi} = \frac{3000}{220 \cdot 0,7} = 19,48 \text{ A}$$

Αν ο συντελεστής ισχύος ήταν ίσος με τη μονάδα θα καταναλωνόταν μόλις 13,63 A.

Είναι φανερό ότι όσο πιο πολύ απομακρύνεται ο συντελεστής ισχύος από τη μονάδα τόσο πιο πολύ ρεύμα χρειάζεται για να δώσει την απαιτούμενη ισχύ. Με περισσότερο ρεύμα απαιτούνται μεγαλύτερες ασφάλειες, καλώδια και μετασχηματιστές με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος της εγκατάστασης.

Παράδειγμα 2^ο

Τάση: 415 V, 3 φάσεις

Ισχύς: 260 kW

Συντελεστής ισχύος: 0,7

Συνολικό ρεύμα



$$I = \frac{260 \cdot 1000}{415 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{3}} = 517 \text{ A}$$

Συνολικά (kVA) = $260/0,7 = 372 \text{ kVA}$

Για αυτή την περίπτωση θα επιλεγόταν ασφάλεια 600 A, μετασχηματιστής 400 kVA, και καλώδια διατομής 300 mm². Αν ο συντελεστής ισχύος διορθωνόταν στη μονάδα, το ρεύμα θα έπεφτε στα 362 A, ο μετασχηματιστής 300 kVA, και το καλώδιο θα είχε διατομή 185 mm².

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι οι απώλειες θερμότητας $I^2 R$ είναι υψηλότερες για στενότερες διατομές καλωδίων και γι' αυτόν ακριβώς το λόγο η επιλογή ενός καλωδίου μεγαλύτερης διατομής μπορεί να συμφέρει οικονομικά.

Διόρθωση συντελεστή ισχύος

Διόρθωση του συντελεστή ισχύος μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πυκνωτών ή με τη χρήση ειδικών κινητήρων. Παρά το γεγονός ότι η χρήση πυκνωτών είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη λύση δεν είναι πάντοτε η πιο ικανοποιητική ή η πιο οικονομική. Η γνώμη ενός τεχνικού συμβούλου μερικές φορές είναι απαραίτητη.

Σε περιπτώσεις όπου το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου έχει συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα και μόνο σε κάποιες περιόδους μειώνεται μπορεί να μην κρίνεται οικονομικά βιώσιμη η διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

Επαγωγικοί κινητήρες

Στη βιομηχανία η χρήση των επαγωγικών κινητήρων είναι ο κυριότερος λόγος μικρών συντελεστών ισχύος. Ακόμη και σε πλήρες φορτίο οι επαγωγικοί κινητήρες έχουν συντελεστή ισχύος μικρότερο του 0,6 ενώ σε χαμηλό φορτίο ο συντελεστής ισχύος μπορεί να πλησιάσει την τιμή 0,1. Γενικά οι μικρότεροι σε ισχύ κινητήρες έχουν υψηλότερο συντελεστή ισχύος από έναν μεγαλύτερο που χρησιμοποιείται για

τον ίδιο λόγο. Επίσης, οι πολύτροφοι κινητήρες έχουν συνήθως μεγαλύτερο συντελεστή ισχύος από τους αργόστροφους.

Συνοψίζοντας:

- Καλοσχεδιασμένοι κινητήρες κοστίζουν περισσότερο αλλά έχουν καλύτερο συντελεστή ισχύος
- Πολύστροφα μοτέρ θα πρέπει να προτιμούνται από αργόστροφα
- Υπερδιαστασιολόγηση κινητήρων θα πρέπει να αποφεύγεται. Το μικρότερο μέγεθος σε συνδυασμό με ασφαλή και αποδοτική λειτουργία θα πρέπει να επιλέγεται.
- Οι κινητήρες θα πρέπει να εργάζονται στο μέγιστο φορτίο και γι' αυτό το λόγο ανεξάρτητοι κινητήρες θα πρέπει να επιλέγονται για κάθε εργασία και όχι ένας για όλες.

Γενικά, είναι καλύτερο να διορθώνεται ο συντελεστής ισχύος στον κάθε κινητήρα χωριστά όταν έχουμε επαγωγικά φορτία. Μια τέτοια διόρθωση ανακουφίζει ολόκληρη τη γραμμή από το σταθμό παραγωγής έως την κατανάλωση. Αν ο πυκνωτής ενσωματωθεί στον κινητήρα ξεκινά και σταματά τη λειτουργία του μαζί με τον κινητήρα οπότε δεν υπάρχει λόγος για χρήση αυτοματισμού που να ρυθμίζει τη λειτουργία του.

Πρέπει να τονιστεί ότι η χρήση πυκνωτών σε κάθε κινητήρα χωριστά είναι πιο αρμόζουσα στην περίπτωση σταθερών φορτίων. Υπέρ διόρθωση του συντελεστή ισχύος αποφεύγεται επιλέγοντας τον σωστό πυκνωτή και την αυτόματη λειτουργία του μαζί με τον κινητήρα.

Κεντρική διόρθωση του συντελεστή ισχύος κρίνεται οικονομική και εφικτή όταν στην γραμμή παραγωγής δεν λειτουργούν όλα τα μηχανήματα ταυτόχρονα. Επιπλέον διόρθωση επιτυγχάνεται χειροκίνητα, με την λειτουργία πυκνωτών για μικρότερα, μεμονωμένα φορτία.

Αυτόματη λειτουργία πυκνωτών με τη χρήση ρελέ που επιτρέπουν τη λειτουργία τους ανάλογα με το φορτίο δίνει αρκετά καλό αλλά μεταβλητό συντελεστή ισχύος.

Ο αερισμός των πυκνωτών κρίνεται απαραίτητος ώστε να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι γνωστό το εύρος θερμοκρασιών του πυκνωτή.

Η μονάδα μέτρησης των πυκνωτών είναι το Farad αλλά εδώ θα χρησιμοποιούμε το kVA. Για φορτίο 100 kW με συντελεστή ισχύος 0,7 έχουμε συνολική ισχύ 143 kVA και φαινομενική ισχύ 102 kVA. Αν ο συντελεστής ισχύος διορθωθεί στην τιμή 0,9 τότε για το ίδιο φορτίο έχουμε συνολική ισχύ 111 kVA και φαινομενική 48 kVA. Άρα για να αυξηθεί ο συντελεστής ισχύος από 0,7 σε 0,9 για φορτίο 100 kW απαιτούνται πυκνωτές 54 kVA (102 – 48).

Διαχείριση φορτίου

Όταν μιλάμε για διαχείριση φορτίου αναφερόμαστε τόσο στις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικού φορτίου όσο και στους επιμέρους καταναλωτές. Στο παρόν σύγγραμμα θα μας απασχολήσει η τοπική διαχείριση φορτίου, δηλαδή η διαχείριση φορτίου στους καταναλωτές.

Τα πλεονεκτήματα από μια ορθολογική διαχείριση φορτίου περιλαμβάνουν:

- την πιθανότητα χρησιμοποίησης νέων μεθόδων χωρίς υπερβολικά έξοδα
- την αύξηση του μέσου ηλεκτρικού φορτίου
- την αύξηση της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης χωρίς συνεπαγόμενη αύξηση της μέγιστης ζήτησης
- μείωση τιμολογίων ηλεκτρικού ρεύματος ή χρησιμοποίηση περισσότερου ρεύματος με την ίδια χρέωση

Μέγιστη ζήτηση και συντελεστής φορτίου

Η μέγιστη ζήτηση υπολογίζεται σαν το διπλάσιο του μέγιστου φορτίου ανά μισή ώρα κάθε μήνα. Αν για παράδειγμα καταναλωνόταν 100 kWh σε διάστημα μισής ώρας τότε η μέγιστη ζήτηση θα ήταν $100 \text{ kWh} / 0,5 \text{ h} = 200 \text{ kW}$. Είναι λογικό το φορτίο να μην ήταν πάντα 200 kW αλλά να υπήρχαν διακυμάνσεις.

Ορίζουμε σαν συντελεστή φορτίου (εκφράζεται σε ποσοστό %) τον λόγο της μέσης ζήτησης προς τη μέγιστη ζήτηση για κάποιο χρονικό διάστημα.

$$\text{Συντελεστής φορτίου} = \text{Μέση ζήτηση} / \text{Μέγιστη ζήτηση} (100\%)$$

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας κάποιας επιχείρησης είναι επιθυμητός υψηλός συντελεστής φορτίου που συνεπάγεται και καλή διαχείριση φορτίου.

~~Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η ηλεκτρική ζήτηση για χρονικό διάστημα~~

~~μισής ώρας. Αν η μέγιστη ζήτηση μπορούσε να μειωθεί, μετακινώντας το 'επιπλέον'~~

σε περιόδους μικρότερης ζήτησης όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, τότε ενώ η ενεργειακή κατανάλωση και κατά συνέπεια η μέση ζήτηση παραμένουν ίδιες ο συντελεστής ισχύος βελτιώνεται. Ο συντελεστής ισχύος για το πρώτο σχήμα ήταν 60%, ενώ για τη δεύτερη περίπτωση 80%. Για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι δυνατόν με βελτιωμένο το συντελεστή ισχύος να καταναλωθεί 6% περισσότερο ρεύμα με το ίδιο συνολικά κοστολόγιο και για τις δύο περιπτώσεις, αφού στη δεύτερη περίπτωση δεν έχουμε χρέωση για υπέρβαση της μέγιστης ζήτησης.

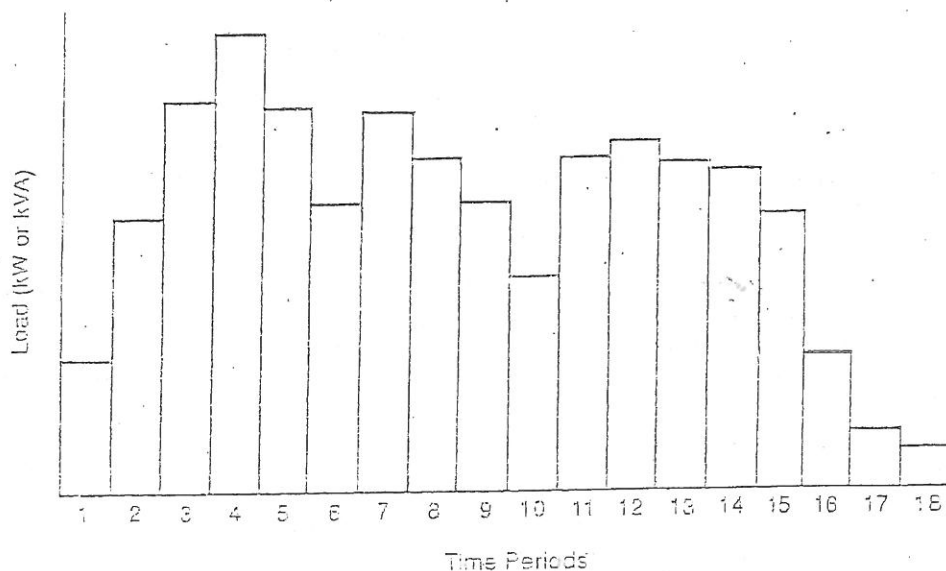


Fig 5 Load profile without load factor control - Load Factor 60%

12

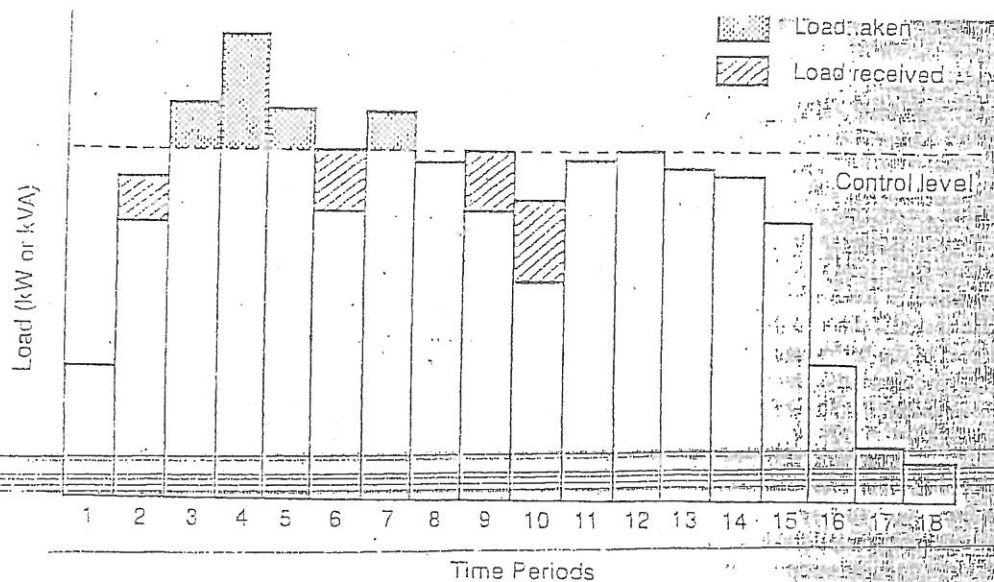


Fig 5 Load profile with load factor control - Load Factor 80%

Για τη διατήρηση του φορτίου σε προκαθορισμένα όρια έτσι ώστε να μην υπερβούμε τη μέγιστη ζήτηση είναι δυνατόν να τοποθετηθούν ρυθμιστές φορτίου.

Τύποι ρυθμιστών φορτίου

Το κόστος βελτίωσης του συντελεστή φορτίου είναι απαραίτητο να μην είναι υψηλό και μπορεί απλά να αποτελείται από χρήση σειρήνων και λύχνων (αλάρμ). Ωστόσο σε μεγάλες βιομηχανίες η προμήθεια αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου του φορτίου (ρυθμιστής φορτίου) μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να επιφέρει μεγάλα οικονομικά οφέλη. Όπως φαίνεται στα σχήματα της προηγούμενης σελίδας το φορτίο της περιόδου 3 που υπερέβαινε τη μέγιστη ζήτηση μεταφέρθηκε στην περίοδο 2. Παρόμοια αν τα υπερβολικά φορτία μπορούν να μεταφερθούν σε άλλες περιόδους μικρότερης ζήτησης (βράδια, Σαββατοκύριακα), τότε επιπλέον κέρδη θα μπορούσαν να επιτευχθούν.

Χειροκίνητο σβήσιμο κινητήρων που δεν επηρεάζουν άμεσα τη λειτουργία της βιομηχανίας με τη χρήση προειδοποιητικών σειρήνων ή αλάρμ επιφέρει βελτίωση του συντελεστή φορτίου χωρίς μεγάλα έξοδα. Η απόφαση για το ποιο μηχάνημα θα σταματήσει να λειτουργεί ανήκει στον υπεύθυνο του εργοστασίου.

Αυτοματοποιημένη λειτουργία μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ρυθμιστών φορτίου. Οι ρυθμιστές φορτίου αποτελούν συσκευές καταγραφής της κατανάλωσης (με χρήση αμπερομέτρων και βολτομέτρων) και ανάλογα με το φορτίο δίνουν εντολή με τη χρήση ρελαί για τη λειτουργία ή μη των διάφορων κινητήρων της παραγωγικής διαδικασίας.

Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του φορτίου (πόσο συχνά μεταβάλλεται) χρησιμοποιούνται και οι ανάλογοι ρυθμιστές ^{φορτίου} ~~ισχύος~~. Υπάρχουν ρυθμιστές που λειτουργούν με μετρήσεις ανά μισή ώρα, ρυθμιστές που προβλέπουν την κατανάλωση ανά μισή ώρα και ρυθμιστές που κάνουν τη σύγκριση ανάμεσα στο καταναλισκόμενο και στο προκαθορισμένο φορτίο κάθε χρονική στιγμή.

Η χρήση των ρυθμιστών ^{φορτίου} ~~ισχύος~~ δεν σημαίνει απαραίτητα ότι ο συντελεστής

~~φορτίου δεν μεταβάλλεται με αλλαγές της παραγωγικής διαδικασίας, απλά~~

περιπτώσεις μια μικρή αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία μπορεί να σημαίνει διασκορπισμό του φορτίου, άρα μείωση της μέγιστης ζήτησης.

Απαραίτητη προϋπόθεση για όλα τα προαναφερθέντα είναι η καταγραφή της ενεργειακής κατανάλωσης. Αν δεν υπάρχει μόνιμα εγκαταστημένο σύστημα μέτρησης της ενεργειακής κατανάλωσης, διατίθενται στο εμπόριο φορητές συσκευές ακρίβειας $\pm 10\%$ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια μιας ενεργειακής μελέτης.