



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Διερεύνηση Μεθόδων και Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων

Κωνσταντίνος Σ. Γουδέλης

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : **Ιωάννης Ψαρράς**
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Νοέμβριο του 2011.

.....
Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Κωνσταντίνος Γουδέλης

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

Copyright © ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΟΥΔΕΛΗΣ.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

Αφιερωμένη στην οικογένεια μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Η κατανάλωση ενέργειας των κέντρων δεδομένων και η παραγωγή ρίπων που οφείλεται σε αυτά, έχει ραγδαία αύξηση τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξητικής τάσης των απαιτήσεων των συσκευών πληροφορικής και της ολοένα και αυξανόμενης ενασχόλησης των ανθρώπων με την πληροφορική και το διαδίκτυο. Η αύξηση της κατανάλωσης και της παραγωγής ρίπων καθιστούν επιτακτική την ανάγκη ενασχόλησης με το ανωτέρω θέμα σε διεθνές επίπεδο.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών που εφαρμόζονται για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων. Αναλύονται διαθέσιμες μέθοδοι και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, οι πρακτικές εφαρμογές τους και τα οικονομικά και περιβαλλοντικά τους οφέλη. Επιπλέον παρουσιάζονται καινοτόμες τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται μεμονωμένα ή πιλοτικά και είναι προπομπός περαιτέρω εξελίξεων.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και την δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Διδάκτορα κ. Χάρη Δούκα για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη συγγραφή της εργασίας, τους συναδέλφους μου και κυρίως στον κ. Α. Πέππα για τις πολύτιμες γνώσεις σε θέματα κλιματισμού κέντρων δεδομένων που μου παρείχε και στην σύντροφο στη ζωή μου Κίττυ για την υπομονή, την αμέριστη βοήθεια και την ηθική της συμπαράσταση κατά την εκτέλεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κωνσταντίνος Σ. Γουδέλης
Οκτώβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ραγδαία αύξηση του πλήθους των κέντρων δεδομένων σε παγκόσμιο επίπεδο το οποίο είναι απόρροια των αναγκών των επιχειρήσεων για αυτοματοποίηση των λειτουργιών τους. Παράλληλα γίνεται προσπάθεια από τις επιχειρήσεις για μείωση των λειτουργικών τους εξόδων στα πλαίσια μιας οικονομικότερης και αποδοτικότερης λειτουργίας. Άλλωστε η χρήση τεχνολογιών πληροφορικής παρέχει ταχύτερη διαχείριση της πληροφορίας, ολοκλήρωση των συναλλαγών χωρίς απαιτήσεις μετακίνησης με αντίστοιχη εξοικονόμηση καυσίμων και μείωση τεράστιων όγκων χαρτιού. Η κίνηση προς αυτή την κατεύθυνση επιτυγχάνεται και από τον περιορισμό του κόστους λειτουργίας των κέντρων δεδομένων των επιχειρήσεων καθότι αυτά συμβάλουν σε μεγάλο ποσοστό στις συνολικές δαπάνες λειτουργίας. Η κατάσταση που διαμορφώνεται οδηγεί ανεξάρτητους φορείς σε διαδικασίες εξεύρεσης μεθόδων που η εφαρμογή τους αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ενεργειακής ζήτησης των κέντρων δεδομένων και κατά συνέπεια μειώνει το ενεργειακό τους αποτύπωμα. Αντίστοιχα οι κατασκευαστές του εξοπλισμού που εγκαθίσταται στα κέντρα δεδομένων αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό με την ανάπτυξη νέων αποδοτικότερων τεχνολογιών.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών που η εφαρμογή τους αντιμετωπίζει το πρόβλημα της αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων. Μέσα από την ανάλυση των διαθέσιμων μεθόδων και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και της πρακτικής εφαρμογής τους αναζητούνται τα οικονομικά και περιβαλλοντικά τους οφέλη. Επιπλέον παρουσιάζονται καινοτόμες τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται μεμονωμένα ή πιλοτικά και είναι προπομπός περαιτέρω εξελίξεων.

Αρχικά γίνεται επισκόπηση των βασικών τμημάτων στα οποία καταναλώνεται η ενέργεια σε ένα κέντρο δεδομένων, η σημαντικότητα του εξοπλισμού πληροφορικής και των ηλεκτρομηχανολογικών υποδομών και οι προοπτικές για εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται η εύρυθμη λειτουργία του κέντρου δεδομένων. Στην συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται οι ενεργειακοί και οικονομικοί δείκτες οι οποίοι είναι τα εργαλεία αξιολόγησης των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή των βελτιωτικών ενεργειών.

Ακολουθούν πρακτικές εφαρμογές των εξεταζόμενων μεθόδων και τεχνολογιών με υπολογισμούς για την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν σε υποθετικά κέντρα δεδομένων. Συγκρίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών της ενεργειακής κατανάλωσης πριν και μετά από κάθε βελτιωτική ενέργεια ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα προς αξιολόγηση.

Λέξεις Κλειδιά

Κέντρο δεδομένων, εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακοί δείκτες, βαθμός απόδοσης, βελτιωτικές ενέργειες.

ABSTRACT

Last decades a rapid increase is observed in the number of data centers in Global level as a result of the need of Organizations to automate their functions. At the same time an effort from companies is underway to decrease their functioning expenses, part of a frame for a more economical and efficient function. Moreover the use of information technology can provide faster flow of information, completion of transaction without transportation needs and at the same time save fuel and vast quantities of paper. Movement towards this goal is succeeded by reducing functioning costs of data centers of the organizations due to the contribution of these systems in total functioning expenses. This situation formulates independent sectors during the process to identify methods of which the integration deals with the problem of energy demand of data centers and furthermore it reduces their energy fingerprint. On the other hand the manufacturers of equipment, which is installed in data centers handle this problem with the development new efficient technologies.

The aim of this thesis is to identify methods and technologies, which their integration deals with the increasing energy demand in data centers. Available methods and energy saving technologies are analyzed so as practical uses and economical and environmental benefits. Moreover innovative technologies are presented which are applied in pilot or single uses and are precursors of further developments.

Initially there is a review of basic segments in which the energy is consumed in a data center, the importance of information technology equipment, the electrical engineering of structures and the prospective of saving energy without affecting the normal function of the data center. Furthermore, the energy and economical indicators are presented, which are tools for evaluating results from the application of improved actions.

Practical uses of under study methods and technologies with calculations for saving energy, which lead in hypothetical data centers follow. The results of the calculations of energy consumption are compared, before and after every improving effort in order to extract conclusions for evaluation.

Key Words

Data Center, energy saving, energy indicators, efficiency, best practices.

ΕΥΡΕΙΑ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων. Γίνεται μελέτη της εφαρμογής τους ώστε να επιτευχθεί οικονομικότερη λειτουργία των επιχειρήσεων. Άμεσο αποτέλεσμα των βελτιωτικών ενεργειών είναι η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και ο σεβασμός στο περιβάλλον. Παρουσιάζονται και αναλύονται οι ενεργειακοί και οικονομικοί δείκτες, ως εργαλεία αξιολόγησης των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή των βελτιωτικών ενεργειών. Τέλος γίνεται εφαρμογή των εξεταζόμενων μεθόδων και τεχνολογιών σε υποθετικά κέντρα δεδομένων και υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν.

2 Ιστορική Αναδρομή και Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1. Ιστορική αναδρομή

Παρουσιάζεται η εξέλιξη των κέντρων δεδομένων στο πέρασμα του χρόνου με σταθμούς αναφοράς τα σημαντικότερα συστήματα τα οποία ενσωμάτωναν καινοτόμες λύσεις για την εποχή που παρουσιάστηκαν.

2.2. Ορισμοί – Χρήσιμες μονάδες μέτρησης

Αναφέρονται οι σημαντικότεροι ορισμοί και οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται από ανεξάρτητους φορείς και διαχειριστές στην βιομηχανία των κέντρων δεδομένων.

2.3. Δομή Κέντρου Δεδομένων

Περιγράφεται η δομή των κέντρων δεδομένων και το είδος του εξοπλισμού που φιλοξενούν ο οποίος χωρίζεται σε εξοπλισμό πληροφορικής και εξοπλισμό υποδομών.

2.4 Τάσεις στον χώρο των Κέντρων Δεδομένων

Παρουσιάζεται η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων με στοιχεία από το έτος 1992 έως σήμερα. Καταγράφονται οι τάσεις για επιπλέον αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας με πρόβλεψη έως το έτος 2014 με ανάλυση στοιχείων για κάθε ομάδα του εξοπλισμού πληροφορικής. Επίσης αναλύονται οι λόγοι στους οποίους οφείλεται αυτή η αύξηση.

2.5 Ανεξάρτητοι Φορείς

Αναφέρονται οι σημαντικότεροι ανεξάρτητοι φορείς οι οποίοι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της βιομηχανίας των κέντρων δεδομένων, ερευνούν νέες μεθόδους, συμβουλεύουν, εκδίδουν οδηγίες και υποστηρίζουν τους ενδιαφερόμενους.

3 Συνθήκες Λειτουργίας στα Κέντρα Δεδομένων

3.1 Ροή Ισχύος στο Κέντρο Δεδομένων

Περιγράφονται τα τμήματα του κέντρου δεδομένων στα οποία καταναλώνεται η ενέργεια και η ροή ισχύος από το δημόσιο δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος έως τον εξοπλισμό πληροφορικής.

3.2 Σημαντικότητα του ελέγχου του αέρα στο Κέντρο Δεδομένων

Το σύστημα ψύξης είναι η καρδιά του κέντρου δεδομένων. Η καλύτερη διαχείριση της ροής του αέρα μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και να συμβάλει στην μείωση του κόστους λειτουργίας.

3.3 Τρόποι Κλιματισμού Κέντρων Δεδομένων

Περιγράφονται οι κύριες μέθοδοι τρόπου κλιματισμού κέντρων δεδομένων και αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ανά κάθε εξεταζόμενη λύση.

3.4 Οικονομικοί Δείκτες

Αναφέρονται οι σημαντικότεροι οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση της απόδοσης κάθε επένδυσης ή βελτιωτικής ενέργειας στα κέντρα δεδομένων.

3.5 Ενεργειακοί Δείκτες

Αναφέρονται οι σημαντικότεροι ενεργειακοί δείκτες για την αξιολόγηση της απόδοσης λειτουργίας και την σύγκριση μεταξύ κέντρων δεδομένων.

3.6 Cloud Computing

Περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας και τα οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν οι χρήστες από αυτόν τον νέο τρόπο διαχείρισης των πληροφοριακών υποδομών.

3.7 Μείωση εκλυόμενων ρύπων CO₂

Αναφέρεται η κρισιμότητα του ενεργειακά αποδοτικού κέντρου δεδομένων λόγω της μειωμένης έμμεσης έκλυσης ρύπων CO₂.

3.8 Αντιστοιχία της ενέργειας σε άνθρακα

Αναλύεται η μέθοδος αντιστοίχισης της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στο κέντρο δεδομένων και των εκτιμώμενων εκπομπών άνθρακα που δημιουργούνται από την κατανάλωση αυτής της ενέργειας.

4 Θεωρητική Προσέγγιση Τρόπων Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων

4.1 Εισαγωγή

Πραγματοποιείται το πρώτο βήμα για την αναζήτηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων με επιμερισμό της κατανάλωσης ενέργειας ανά ομάδα εξοπλισμού.

4.2 Θεωρητική Προσέγγιση του Προβλήματος της διαχείρισης της ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων

Καταδεικνύονται τα σημαντικότερα προβλήματα στα οποία οφείλεται η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων. Προτείνονται μέθοδοι και τεχνολογίες που η εφαρμογή τους επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας.

5. Πρακτικές Εφαρμογές – Δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας

5.1 Εισαγωγή

Παρουσιάζεται ο σκοπός του κεφαλαίου.

5.2 Αποτελέσματα βελτιωτικών ενεργειών

Περιγράφεται η εφαρμογή των μεθόδων και των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και των βέλτιστων πρακτικών που υποδείχθηκαν στο κεφάλαιο 4 και προσεγγίζεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

5.3 Πιλοτικές εφαρμογές άλλων καινοτόμων λύσεων

Παρουσιάζονται καινοτόμες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμόζοντας τεχνολογίες μονάδων συμπαραγωγής και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

6 Συμπεράσματα-Προοπτικές

Παρουσιάζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Στην συνέχεια αναφέρονται οι προοπτικές για μελλοντικές εργασίες.

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός.....	17
1.2 Φάσεις.....	17
1.3 Δομή	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Ιστορική αναδρομή.....	21
2.1.1 Γενικά.....	21
2.1.2 Ιστορική πορεία.....	21
2.1.2.1 1951: Univac 1.....	21
2.1.2.2 1966: Univac 1005.....	22
2.1.2.3 IBM.....	23
2.1.2.4 Mainframes.....	23
2.1.2.5 Client-server computing.....	24
2.1.2.6 Η ανάγκη για λογισμικό διαχείρισης.....	25
2.1.2.7 Blade servers.....	26
2.1.2.8 Virtualization- Εικονικοποίηση.....	27
2.1.2.9 Google.....	27
2.1.2.10 Container Κέντρα Δεδομένων.....	28
2.1.2.10.1 Microsoft.....	28
2.1.2.10.2 Hewlett-Packard “Datacenter out-of-the-box”	28
2.1.2.11 Green IT.....	29
2.2 Ορισμοί – Χρήσιμες μονάδες μέτρησης.....	29
2.2.1 Ορισμοί.....	29
2.2.2. Χρήσιμες μονάδες μέτρησης.....	33
2.3 Δομή Κέντρου Δεδομένων.....	34
2.4 Τάσεις στον χώρο των Κέντρων Δεδομένων.....	37

2.5 Ανεξάρτητοι Φορείς.....	39
2.5.1 Εισαγωγή.....	39
2.5.2 The Uptime Institute.....	40
2.5.3 TIA - Telecommunications Industry Association.....	40
2.5.4 The Green Grid.....	42
2.5.5 Code of Conduct on Data Centers Energy Efficiency.....	43
2.5.6 ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.....	45
2.5.7 BICSI - Building Industry Consulting Service International	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Ροή Ισχύος στο Κέντρο Δεδομένων.....	48
3.2 Σημαντικότητα του ελέγχου του αέρα στο Κέντρο Δεδομένων	49
3.3 Τρόποι Κλιματισμού Κέντρων Δεδομένων.....	49
3.3.1 Κατηγοριοποιήσεις λύσεων κλιματισμού.....	49
3.3.2 Εφαρμογές Ανοικτής Αρχιτεκτονικής.....	50
3.3.3 Εφαρμογές Κλειστής Αρχιτεκτονικής.....	55
3.4 Οικονομικοί Δείκτες.....	58
3.4.1 TCO – Total Cost of Ownership.....	58
3.5 Ενεργειακοί Δείκτες.....	61
3.5.1 PUE - Power Usage Effectiveness & DCE - Data Center Efficiency.....	61
3.5.2 Περαιτέρω εξελίξεις της Μονάδας Υπολογισμού Αποτελεσματικότητας (Power Usage Effectiveness - PUE)	65
3.5.3 Υπολογισμός PUE σε μεμονωμένα και μικτά κέντρα δεδομένων.....	65
3.5.4 Στάθμιση των τύπων ενέργειας σχετικά με την συνολική πηγή ενέργειας.....	68
3.5.4.1 Παράδειγμα υπολογισμού PUE χρησιμοποιώντας τον παράγοντα στάθμισης για κάθε τύπο ενέργειας.....	69
3.5.4.2 PUE και Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	71
3.5.4.3 PUE και συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.....	72
3.5.5 PUE και επαναχρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας στο Κέντρο Δεδομένων.....	74

3.5.6 CUE - Carbon Usage Effectiveness.....	74
3.5.7 DCPE - Data Center Performance Efficiency.....	76
3.6 Cloud Computing.....	76
3.7 Μείωση εκλυόμενων ρύπων CO ₂	77
3.8 Αντιστοιχία της ενέργειας σε άνθρακα.....	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΡΟΠΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Εισαγωγή.....	81
4.2 Θεωρητική Προσέγγιση του Προβλήματος της διαχείρισης της ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων.....	82
4.2.1 Υψηλή κατανάλωση ενέργειας επεξεργαστών.....	82
4.2.2 Υψηλή κατανάλωση ενέργειας τροφοδοτικών διακομιστών.....	83
4.2.3 Υπερδιαστασιολόγηση διακομιστών.....	84
4.2.3.1 Αλλαγή νοοτροπίας στην χρήση των διακομιστών.....	84
4.2.3.2 Αναγνώριση του Προβλήματος.....	85
4.2.3.3 Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση Διακομιστή & Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	88
4.2.4 Τυπικοί διακομιστές παλαιάς τεχνολογίας.....	90
4.2.5 Υπερδιαστασιολόγηση συστήματος ψύξης.....	90
4.2.5.1 Βέλτιστες πρακτικές.....	90
4.2.5.2 Συστήματα Κλιματισμού με Βηματικό Συμπιεστή.....	91
4.2.5.3 Θερμικό βραχυκυκλώμα.....	91
4.2.6 Απώλειες στην διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας και στα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας.....	94
4.2.7 Μερικώς χρησιμοποιούμενες υποδομές Κέντρων Δεδομένων με αποτέλεσμα υψηλό TCO.....	95
4.2.8 Υψηλό κόστος λειτουργίας λόγω μερικής εκμετάλλευσης των ικριωμάτων.....	96
4.2.8.1 Αρχιτεκτονική υψηλού θερμικού φορτίου.....	96
4.2.8.2 Εικονικοποίηση (Server Virtualization)	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.1 Εισαγωγή.....	109
5.2 Αποτελέσματα βελτιωτικών ενεργειών.....	109
5.2.1 Οφέλη από την επιλογή επεξεργαστών με χαμηλότερη κατανάλωση.....	109
5.2.2 Εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας τροφοδοτικά με υψηλότερο βαθμό απόδοσης.....	111
5.2.3 Λογισμικό διαχείρισης λειτουργίας διακομιστών και θέση σε εφεδρική λειτουργία ομάδας διακομιστών.....	112
5.2.4 Προοπτικές περαιτέρω εξοικονόμησης με Blade servers.....	113
5.2.5 Βέλτιστες πρακτικές ψύξης – Μέθοδοι και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.....	114
5.2.6 Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης.....	116
5.2.7 Μείωση του TCO με χρήση αρθρωτών συστημάτων (modular) στις υποδομές των Κέντρων Δεδομένων.....	119
5.2.8 Μέγιστη αξιοποίηση των ικριωμάτων.....	124
5.2.8.1 Αρχιτεκτονική υψηλού θερμικού φορτίου (high density)	124
5.2.8.2 Εικονικοποίηση (server virtualization)	128
5.3 Πιλοτικές εφαρμογές άλλων καινοτόμων λύσεων	129
5.3.1 Γενικά.....	129
5.3.2 Συμπαγωγή για κάλυψη αναγκών Κέντρου Δεδομένων για ηλεκτρισμό, θέρμανση και ψύξη.....	129
5.3.3 Google - Ψύξη Κέντρου Δεδομένων με θαλασσινό νερό.....	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 Συμπεράσματα.....	135
6.2 Προοπτικές.....	136

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	139
---------------------------	------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων. Γίνεται μελέτη της εφαρμογής τους ώστε να επιτευχθεί οικονομικότερη λειτουργία των επιχειρήσεων. Αναλύονται διαθέσιμες μέθοδοι και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, οι πρακτικές εφαρμογής τους και τα οικονομικά και περιβαλλοντικά τους οφέλη. Επιπλέον παρουσιάζονται καινοτόμες τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται μεμονωμένα ή πιλοτικά και είναι προπομπός περαιτέρω εξέλιξων.

Πιο συγκεκριμένα θα αναζητηθούν οι μέθοδοι, οι τεχνολογίες και οι βέλτιστες πρακτικές των οποίων η εφαρμογή, επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας στα κέντρα δεδομένων. Επιπλέον μειώνει το κόστος λειτουργίας των επιχειρήσεων με ταυτόχρονα θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον λόγω μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα. Παρουσιάζονται και αναλύονται οι ενεργειακοί και οικονομικοί δείκτες, ως εργαλεία αξιολόγησης των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή των βελτιωτικών ενεργειών. Τέλος γίνεται εφαρμογή των εξεταζόμενων μεθόδων και τεχνολογιών σε υποθετικά κέντρα δεδομένων και υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν.

1.2. Φάσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο Απρίλιος 2011 – Οκτώβρης 2011 σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία η οποία αποτελείται από έξι φάσεις.

Φάση 1:

Κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης έγινε η καταγραφή των σημαντικότερων προβλημάτων διαχείρισης της ενέργειας στα κέντρα δεδομένων και των τάσεων που επικρατούν διεθνώς αναφορικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα δεδομένων.

Φάση 2:

Κατά την διάρκεια της δεύτερης φάσης έγινε αναζήτηση και συλλογή στοιχείων μέσω διεθνούς βιβλιογραφίας αναφορικά με τις σύγχρονες μεθόδους και τεχνολογίες που επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας.

Φάση 3:

Κατά την διάρκεια της τρίτης φάσης πραγματοποιήθηκε καταγραφή του συνόλου των μεθόδων και των τεχνολογιών που ευρέθησαν. Επιλέχθηκαν εκείνες που επιφέρουν την μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας, περιγράφηκαν μεθοδικά και ταξινομήθηκαν σε αντιστοιχία με τα προβλήματα.

Φάση 4:

Κατά την διάρκεια της τέταρτης φάσης έγινε ποσοτικοποίηση του κέρδους που επιφέρει κάθε μέθοδος και τεχνολογία σε συνάρτηση με την εξοικονόμηση της ενέργειας.

Φάση 5:

Κατά την διάρκεια της πέμπτης φάσης έγιναν πρακτικές εφαρμογές των μεθόδων και των τεχνολογιών σε υποθετικά κέντρα δεδομένων και μελετήθηκαν τα αποτελέσματα των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Φάση 6:

Κατά την διάρκεια της έκτης φάσης εξήχθησαν τα βασικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν κατά την διάρκεια της μελέτης και καταδεικνύονται οι προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.

1.3. Δομή

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει την παρακάτω δομή:

Αρχικά, υπάρχει μια σύντομη περίληψη της διπλωματικής εργασίας, στην οποία παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια σημεία της. Η περίληψη αυτή υπάρχει και στην Αγγλική γλώσσα. Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας περιεχομένων και η ευρεία περίληψη της εργασίας. Τέλος, ακολουθεί η διπλωματική εργασία, που αποτελείται από 6 κεφάλαια. Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά το περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά το θέμα της εργασίας και οι φάσεις εκπόνησης της.

Κεφάλαιο 2: Ιστορική Αναδρομή και Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή των κέντρων δεδομένων, οι σημαντικότεροι ορισμοί και οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία των κέντρων δεδομένων, η δομή των κέντρων δεδομένων και οι τάσεις για την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης αναφέρονται οι σημαντικότεροι ανεξάρτητοι φορείς που ασχολούνται με το εν λόγω θέμα.

Κεφάλαιο 3: Συνθήκες Λειτουργίας στα Κέντρα Δεδομένων

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η λογική της κατανάλωσης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων, οι κυριότεροι οικονομικοί και ενεργειακοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των κέντρων δεδομένων και η κρισιμότητα της ενεργειακά αποδοτικής υποδομής.

Κεφάλαιο 4: Θεωρητική Προσέγγιση Τρόπων Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων

Στο τέταρτο κεφάλαιο καταδεικνύονται τα σημαντικότερα προβλήματα στα οποία οφείλεται η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων και αναλύονται οι μέθοδοι και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.

Κεφάλαιο 5: Πρακτικές Εφαρμογές – Δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται πρακτική εφαρμογή των μεθόδων και των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και των βέλτιστων πρακτικών που υποδείχθηκαν στο κεφάλαιο 4 και προσεγγίζεται η μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα-Προοπτικές

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο εξάγονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια της μελέτης και καταδεικνύονται οι προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Ιστορική αναδρομή

2.1.1 Γενικά

Τα σύγχρονα κέντρα δεδομένων διαθέτουν πανίσχυρες δυνατότητες και μπορούν να υπερκαλύψουν τις ανάγκες ακόμα και των πιο απαιτητικών οργανισμών. Τα σημερινά κέντρα δεδομένων έχουν τις ρίζες τους στη «λίθινη εποχή» των υπολογιστών, όταν τα αυτόνομα συστήματα ήταν ολόκληρα δωμάτια (Εικόνα 1).

Τα δωμάτια ήταν τότε απαραίτητα για να διαχειριστούν τις απαιτήσεις ασφάλειας, ψύξης και ενέργειας των πραγματικά τεράστιων αυτών συστημάτων. [1]



Εικόνα 1. Αυτόνομο σύστημα σε μέγεθος δωματίου

2.1.2 Ιστορική πορεία

Ακολουθεί η ιστορική πορεία των κέντρων δεδομένων μέσα από μερικά «θρυλικά» συστήματα που άφησαν εποχή.

2.1.2.1 1951: Univac 1

Ένα από τα πρώτα μεγάλα υπολογιστικά συστήματα ήταν ο Universal Automatic Computer 1, γνωστότερος ως Univac 1, που στην αρχή κατασκευάστηκε από την Eckert-Mauchly Computer Corporation και στη συνέχεια από τη Remington Rand, που εξαγόρασε την πρώτη. Ο πρώτος Univac χρησιμοποιήθηκε από το Γραφείο Απογραφής των ΗΠΑ το Μάρτιο του 1951.

Ο πέμπτος Univac 1 – που αρχικά είχε κατασκευαστεί για την Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας των ΗΠΑ – χρησιμοποιήθηκε από το γνωστό αμερικανικό δίκτυο CBS για την πρόβλεψη των εκλογικών αποτελεσμάτων των ΗΠΑ το 1952 (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Univac 1

2.1.2.2 1966: Univac 1005

Ο Univac 1005 παρουσιάστηκε το 1966 και χρησιμοποιούσε για πρώτη φορά ένα εσωτερικό σύστημα επεξεργασίας προγραμματιζόμενων διάτρητων καρτών (punched cards). Παράλληλα ήταν το πρώτο σύστημα που χαρακτηρίστηκε «φορητό» υπό την έννοια ότι το δωμάτιο μπορούσε να μεταφερθεί και αποτέλεσε τον προπομπό των σύγχρονων «κινητών» κέντρων δεδομένων στα οποία μπορούν εύκολα να προστεθούν και να αφαιρεθούν διακομιστές (servers), με τη μορφή κοντέινερ.

Ο Univac 1005 χρησιμοποιήθηκε από τον αμερικανικό στρατό και ήταν σε υπηρεσία στον πόλεμο του Βιετνάμ (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Univac 1005

2.1.2.3 IBM

Οι πρώτοι υπολογιστές είχαν κατασκευαστεί για την εκτέλεση πολύ συγκεκριμένων εργασιών. Από τη δεκαετία του 60, εταιρίες όπως η IBM ξεκίνησαν να παρέχουν στους πελάτες γενική πρόσβαση στα συστήματά τους σε ωριαία βάση για την εκτέλεση επεξεργαστικών εργασιών. Μια τέτοια εγκατάσταση ήταν το κέντρο επεξεργασίας δεδομένων της IBM στη Νέα Υόρκη (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Κέντρο επεξεργασίας δεδομένων της IBM

Η ιδέα της απόκτησης επεξεργαστικής ισχύος για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο εξακολουθεί να είναι δημοφιλής σήμερα, με τις επιχειρήσεις να μπορούν να αγοράζουν υποδομή από εξωτερικά κέντρα δεδομένων μέσω των υπηρεσιών Hosting και cloud.

2.1.2.4 Mainframes

Η ανάπτυξη των mainframes ήταν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των υπολογιστών προς τα κέντρα δεδομένων. Ο όρος «mainframe» αρχικά αναφέρονταν στα «ερμάρια» (cabinets) που χρησιμοποιούνταν για τη στέγαση των επεξεργαστών (CPUs) των πρώτων υπολογιστών, αλλά στη συνέχεια περιέγραφε τα ίδια τα συστήματα.

Κατά τη διάρκεια του 1970 και του 1980, τα mainframes αποτέλεσαν τα βασικά συστήματα μέσω των οποίων οι επιχειρήσεις απέκτησαν πρόσβαση στην υπολογιστική ισχύ στις δικές τους εγκαταστάσεις, προτού προκύψει η έννοια του client-server.

Λόγω της ισχύος τους αλλά και των αναγκών ψύξης, τα mainframes ώθησαν την ανάπτυξη ορισμένων από τις έννοιες (τεχνικές ψύξης, εξαερισμός, ανεξάρτητη παροχή ρεύματος, κ.λπ.) που εμφανίζονται στα σημερινά κέντρα δεδομένων.

Όταν παρουσιάστηκε, τον Ιούνιο του 1970, το IBM Model 195 mainframe (Εικόνα 5), ήταν το πιο ισχυρό υπολογιστικό σύστημα που κατασκευάστηκε ποτέ από την εταιρεία. Χρησιμοποιούσε μονολιθικά κυκλώματα (μικροσίπ) που μπορούσαν να επεξεργάζονται εντολές σε αναλογία, μίας κάθε 54 εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου.



Εικόνα 5. IBM Model 195 mainframe

2.1.2.5 Client-server computing

Η άφιξη του client-server computing και η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των υποδομών οδήγησαν σε μια στροφή από τους μεμονωμένους υπολογιστές με τη μορφή των mainframes σε μια μορφή κοντινή με τα σημερινά κέντρα δεδομένων, κατά την οποία ένας αριθμός συνδεδεμένων υπολογιστών χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη επιχειρηματικών λειτουργιών.

Μέχρι τη δεκαετία του 1980, τα κέντρα δεδομένων γίνονταν, μια όλο και πιο κοινή πραγματικότητα στις εγκαταστάσεις των επιχειρήσεων και βοηθούσαν σημαντικά στη λειτουργία τους. Εταιρείες όπως η Hewlett-Packard πωλούσαν τυποποιημένα συστήματα όπως το HP 3000 (Εικόνα 6) από το 1986, τα οποία οι εταιρείες μπορούσαν να συνδέσουν μεταξύ τους για να αυξήσουν την υπολογιστική ισχύ.



Εικόνα 6. HP 3000

Καθώς το μέγεθος, αλλά και η υπολογιστική ισχύς των κέντρων δεδομένων αυξάνονταν με τα χρόνια, διαφάνηκε η ανάγκη για καλύτερη διαχείριση της ενέργειας.

Το 1990, η Hewlett-Packard παρουσίασε τον HP 9000 server (Εικόνα 7) ένα από τα πρώτα συστήματα που έδινε έμφαση στην αύξηση της απόδοσης της ισχύος, καταναλώνοντας σημαντική ενέργεια μόνο κατά την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των τρανζίστορ.



Εικόνα 7. HP 9000 server

2.1.2.6 Η ανάγκη για λογισμικό διαχείρισης

Καθώς η πολυπλοκότητα των κέντρων δεδομένων αυξήθηκε σημαντικά, εξίσου σημαντική έγινε και η ανάγκη για λογισμικό διαχείρισής τους.

Η εταιρεία Hewlett-Packard έκανε ένα σημαντικό βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση με το OpenView (Εικόνα 8), ένα από τα πρώτα ολοκληρωμένα συστήματα λογισμικού διαχείρισης κέντρων δεδομένων που έκανε την εμφάνισή του το 1994. Είχε σχεδιαστεί για να επιτρέπει στους διαχειριστές των κέντρων δεδομένων να παρακολουθούν και να ελέγχουν τα δίκτυα, τα συστήματα, καθώς και τη λειτουργία των κέντρων δεδομένων από μια κεντρική κονσόλα. Το OpenView χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα.



Εικόνα 8. OpenView

2.1.2.7 Blade servers

Η έννοια των Blade servers εμφανίστηκε την πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα. Οι συγκεκριμένοι λεπτοί υπολογιστές μπορούν να εισαχθούν μέσα και έξω από τα κριώματα, ακόμα και εν θερμώ (hot-swapped), χωρίς δηλαδή να απαιτείται ο τερματισμός της λειτουργίας του συστήματος και να υπάρξει «αναστάτωση» στην λειτουργία του κέντρου δεδομένων (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Υπολογιστής της Dell υψηλής απόδοσης με τους Blade servers, που χρησιμοποιείται από την εταιρεία επεξεργασίας σεισμικών δονήσεων και απεικόνισης Geotrace.

2.1.2.8 Virtualization- Εικονικοποίηση

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προέκυψαν με τη λειτουργία των σύγχρονων κέντρων δεδομένων αφορά στην περικοπή δαπανών λειτουργίας και τη μείωση της χρήσης ενέργειας. Έτσι, τη δεκαετία του 2000 εμφανίστηκε η έννοια του virtualization.

Η έννοια του Server virtualization, σύμφωνα με την οποία το λογισμικό χρησιμοποιείται για την κατάτμηση των φυσικών διακομιστών σε διάφορες εικονικές μηχανές, είναι μία από τις τεχνολογίες που επηρεάζουν σημαντικά τη χρήση ενέργειας, καθώς και το χώρο που απαιτείται για τη στέγαση των κέντρων δεδομένων. Η δυνατότητα μείωσης του αριθμού των φυσικών διακομιστών σε ένα κέντρο δεδομένων μέσω του virtualization μειώνει δραστικά τόσο την κατανάλωση ρεύματος όσο και την ανάγκη για ψύξη των συστημάτων.

Το virtualization επιτρέπει επίσης στα κέντρα δεδομένων να είναι πιο ευέλικτα, καθώς επιτρέπει σε εικονικές μηχανές να προστίθενται ή να αφαιρούνται και στο φόρτο εργασίας να «μετατοπίζεται» χωρίς την ανάγκη μετατόπισης των διακομιστών.

2.1.2.9 Google

Η εκρηκτική άνοδος της Google κατά την πρώτη δεκαετία του νέου αιώνα έχει κάνει τα κέντρα δεδομένων της να συγκαταλέγονται στα μεγαλύτερα στον κόσμο.

Το πρώτο κέντρο δεδομένων της Google υλοποιήθηκε το 2005 και ήταν τοποθετημένο σε container (Εικόνα 10). Ουσιαστικά πρόκειται για 45 containers σε δύο ορόφους, συνολικής χωρητικότητας άνω των 45.000 διακομιστών που απαιτούν 10MW ισχύος για να λειτουργήσουν.



Εικόνα 10. Πρώτο datacenter της Google

2.1.2.10 Container Κέντρα Δεδομένων

2.1.2.10.1 Microsoft

Το κέντρο δεδομένων της Microsoft έχει κατασκευαστεί με την ένωση 56 containers, κάθε ένα εκ των οποίων φιλοξενεί μεταξύ 1.800 και 2.500 διακομιστές.

2.1.2.10.2 Hewlett-Packard “Datacenter out-of-the-box”

Πρόκειται για το POD (Performance Optimized Datacenter) της Hewlett-Packard, το πρώτο ουσιαστικά “Datacenter out-of-the-box” (Εικόνα 11) που δίνει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να εγκαταστήσουν ή να επεκτείνουν ένα κέντρο δεδομένων σε ελάχιστο πρακτικά χρόνο, που μπορεί να ξεκινήσει από τις 6 εβδομάδες.

Η μεγαλύτερη γραμμή παραγωγής του POD βρίσκεται στο Χιούστον, λέγεται POD-Works και αποτελεί «κληρονομιά» της Hewlett-Packard από την Compaq (το μεγαλύτερο εργοστάσιο της εταιρείας που αγοράστηκε από την Hewlett-Packard). Έχει δυνατότητα παραγωγής ενός διακομιστή κάθε 12 δευτερόλεπτα και παράλληλης παραγωγής 15.000 διακομιστών. Μονάδες παραγωγής χαμηλότερης δυνατότητας υπάρχουν στην Ευρώπη (στο Erskine της Σκωτίας) και την Ασία.



Εικόνα 11. Datacenter out-of-the-box

Ουσιαστικά το Hewlett-Packard POD απευθύνεται σε μεγάλες επιχειρήσεις που είτε θέλουν να προσθέσουν έξτρα δυνατότητες στο υπάρχον κέντρο δεδομένων τους, είτε να υλοποιήσουν ένα νέο κέντρο δεδομένων, σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με την Hewlett-Packard, τα PODs εξοικονομούν 37% περισσότερη ενέργεια και κοστίζουν 45% φθηνότερα, από ένα «εκ βάθρων» κέντρο δεδομένων.

2.1.2.11 Green IT

Τα τελευταία χρόνια, τα τμήματα πληροφορικής των επιχειρήσεων «πιέζονται» ολοένα και περισσότερο για την προμήθεια «πράσινων» προϊόντων και υπηρεσιών και τα κέντρα δεδομένων εντάσσονται και αυτά στην ατζέντα της αειφορίας.

Πρωτεργάτισσα σ' αυτή την κίνηση η IBM (Εικόνα 12), που απεικονίζει το κέντρο δεδομένων Πράσινων Καινοτομιών της εταιρείας στο Κονέκτικατ. Η IBM χρησιμοποιεί αυτή την εγκατάσταση για να ερευνήσει πώς τα κέντρα δεδομένων της μπορούν να γίνουν περισσότερο «πράσινα».

Μία από τις τεχνικές που ερευνώνται είναι το σύστημα Cool Blue, το οποίο κυκλοφορεί κρύο νερό μέσω μιας «πόρτας» server για τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα που φεύγει από την έξοδο των servers.



Εικόνα 12. Κέντρο δεδομένων Πράσινων Καινοτομιών της IBM

2.2 Ορισμοί – Χρήσιμες μονάδες μέτρησης

2.2.1 Ορισμοί [2]

Ψευδοπάτωμα (access floor): σύστημα το οποίο αποτελείται από αφαιρούμενα φύλλα δαπέδου τοποθετημένα σε ρυθμιζόμενες βάσεις ώστε με την αφαίρεσή τους να είναι δυνατή η επισκεψιμότητα την περιοχή που καλύπτουν.

Υπηρεσία παροχής πρόσβασης (access provider): χρησιμοποιούμενος φορέας εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται για να διανεμηθούν σήματα τηλεπικοινωνιών από και προς την εγκατάσταση ενός πελάτη.

Διαχείριση (administration): η μέθοδος για την σήμανση, αναγνώριση, τεκμηρίωση και χρήση, που απαιτείται για την υλοποίηση μετακινήσεων, προσθηκών και τροποποιήσεων των τηλεπικοινωνιακών υποδομών.

Κατακόρυφο δίκτυο (backbone): 1) Οι υποδομές εγκαταστάσεων (π.χ. οδεύσεις, καλώδια ή σύνδεσμοι) μεταξύ οποιωνδήποτε των εξής χώρων: δωμάτια τηλεπικοινωνιών, κοινόι χώροι τηλεπικοινωνιών, τερματικοί σταθμοί εξυπηρέτησης,

είσοδο εγκαταστάσεων, αιθουσών εξοπλισμού και κοινών αιθουσών. 2) σε ένα Κέντρο Δεδομένων, οι υποδομές εγκατάστασης (π.χ. οδεύσεις, καλώδια ή σύνδεσμοι) μεταξύ οποιωνδήποτε των εξής χώρων: αιθουσών εισόδου, τομεών κύριας διανομής, τομεών οριζόντιας διανομής, δωματίων τηλεπικοινωνιών.

Καλώδιο κατακόρυφου δικτύου (backbone cable): βλ. Κατακόρυφο δίκτυο.

Σύνδεση (bonding): μόνιμη σύνδεση μεταλλικών μερών ώστε να σχηματίσουν μια ηλεκτρικά αγωγίμη διαδρομή που θα εξασφαλίζει ηλεκτρική συνέχεια και θα έχει την ικανότητα να διεξάγει με ασφάλεια την αγωγή οιαδήποτε ηλεκτρικού ρεύματος επιβληθεί.

Ερμάριο (Cabinet): Μεταλλική κατασκευή σε μορφή ντουλάπας η οποία έχει την δυνατότητα να περιέχει συσκευές σύνδεσης, απολήξεις, καλωδιώσεις και εξοπλισμό ή χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό καλωδίων, καλωδιώσεις και σύνδεσης συσκευών τηλεπικοινωνίας.

Καλώδιο (cable): σύνολο που αποτελείται από έναν ή περισσότερους αγωγούς μονωμένους ή οπτικές ίνες εντός μονωτικού περιβλήματος.

Καλωδίωση (cabling): συνδυασμός όλων των ειδών καλωδίωσης και υλικών διασυνδέσεων.

Κεντρική καλωδίωση (centralized cabling): καλωδίωση από τον χώρο εργασίας σε ένα κεντρικό καταναμητή με χρήση καλωδίων προσαρμογής με έλξη, μία διασύνδεση ή μόνιμη σύνδεση στην αίθουσα τηλεπικοινωνιών.

Κανάλι (channel): η διαδρομή από το ένα άκρο στο άλλο για την μετάδοση μεταξύ δυο σημείων στα οποία συγκεκριμένη εφαρμογή ή εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος.

Κοινός χώρος εξοπλισμού (telecommunications): ένας κλειστός χώρος που χρησιμοποιείται για εξοπλισμό και διασύνδεση Backbone για περισσότερα από ένα μισθωτή σε κτίριο ή Πανεπιστημιούπολη.

Αίθουσα πληροφορικής (Computer Room): ένας χώρος η βασική λειτουργία του οποίου είναι να φιλοξενεί εξοπλισμό επεξεργασίας δεδομένων.

Σωλήνας αγωγών (conduit): 1) ένας οδηγός διαφυγής κυκλικής διατομής, 2) μία δομή που περιέχει έναν ή περισσότερους αγωγούς.

Σύνδεση υλικού (connecting hardware): μια συσκευή η οποία παρέχει μηχανική απολήξεις καλωδιώσεων.

Σημείο ενοποίησης (consolidation point): μια θέση για τη διασύνδεση μεταξύ οριζόντιας καλωδίωσης από τις κεντρικές οδεύσεις του κτιρίου και την οριζόντια καλωδίωση επέκτασης στις ικρивоσειρές.

Καταναμητής (cross-connect): μία συσκευή η οποία επιτρέπει τον τερματισμό των στοιχείων των καλωδίων και τη διασύνδεση τους.

Διασύνδεση (cross-connection): σύστημα σύνδεσης μεταξύ καλωδίων, υποσυστημάτων και εξοπλισμού, με χρήση εύκαμπτων καλωδίων διασύνδεσης ή γεφυρών βραχυκύκλωσης που προσαρτώνται σε υλικά σύνδεσης σε κάθε άκρο.

Κέντρο Δεδομένων (Data Center): κτίριο ή τμήμα κτιρίου του οποίου η βασική λειτουργία είναι η φιλοξενία υπολογιστικών εξοπλισμού και υποστηρικτικών υποδομών λειτουργίας.

Ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή (electromagnetic interference): ακτινοβολούμενη ή αγώγιμη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που έχει ανεπιθύμητες επιπτώσεις στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό ή στο σήμα μετάδοσης.

Τομέας κύριας κατανομής (Main Distribution Area): ο χώρος στο δωμάτιο υπολογιστών που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής.

Αίθουσα εξοπλισμού (Equipment Area): χώρος στον οποίο βρίσκονται τα ερμάρια με τον εξοπλισμό.

Αίθουσα τηλεπικοινωνιών (Telecommunications Room): χώρος με τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό, τερματισμό καλωδίων και καλωδιώσεις κατανεμητών.

Γείωση (ground): μία αγώγιμη σύνδεση, μεταξύ ηλεκτρικού κυκλώματος και γης.

Αγωγός γείωσης (grounding conductor): αγωγός σύνδεσης του ηλεκτροδίου γείωσης και του κύριου αγωγού γείωσης του κτιρίου.

Διακλαδωτήρας (jumper): συνεστραμμένο ζεύγος χωρίς συνδετήρες για την ένωση κυκλωμάτων/ζεύξεων με τον κατανεμητή.

Ζεύξη (link): διαδρομή μετάδοσης μεταξύ δυο σημείων, χωρίς τερματικό εξοπλισμό, καλώδια χώρων εργασίας και καλώδια εξοπλισμού.

Κύριος κατανεμητής (main cross-connect): κατανεμητής για καλώδια κατακόρυφου δικτύου και καλώδια εξοπλισμού.

Αίθουσα μηχανολογικού εξοπλισμού (mechanical room): χώρος που εξυπηρετεί τις ανάγκες των μηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου.

Πολύτροπη οπτική ίνα (multimode optical fiber): οπτική ίνα η οποία φέρει πολλές διαδρομές φωτός.

Καλώδιο πολλαπλού ζεύγους (multipair cable): καλώδιο το οποίο έχει περισσότερα από 4 ζεύγη.

Οπτική ίνα (optical fiber): νήμα από διηλεκτρικά υλικά το οποίο κατευθύνει το φως.

Καλώδιο οπτικών ινών (optical fiber cable): ομάδα αποτελούμενη από μια ή περισσότερες οπτικές ίνες.

Καλώδιο διασύνδεσης (patch cord): μικρού μήκους καλώδιο το οποίο έχει βύσμα στο ένα ή και στα δυο άκρα του.

Κατανεμητής (patch panel): σύστημα σύνδεσης το οποίο εξυπηρετεί την απόληξη των καλωδίων και την διαχείριση καλωδιώσεων με χρήση καλωδίων διασύνδεσης.

Όδευση (pathway): εγκατάσταση για την τοποθέτηση καλωδίων ασθενών ή ισχυρών ρευμάτων.

Κανάλι (Plenum): κλειστός χώρος ή θάλαμος στον οποίο είναι συνδεδεμένοι ένας ή περισσότεροι αγωγοί αέρα και αποτελεί μέρος του συστήματος διανομής αέρα.

Θωράκιση (shield): ένα φύλλο μετάλλου γύρω από ένα αγωγό ή ομάδα αγωγών.

Μονοτροπική οπτική ίνα (singlemode optical fiber): οπτική ίνα η οποία φέρει μια μόνο διαδρομή φωτός.

Τοπολογία αστέρα (star topology): τοπολογία κατά την οποία τα καλώδια τηλεπικοινωνιών κατανέμονται από ένα κεντρικό σημείο.

Τηλεπικοινωνίες (telecommunications): οποιαδήποτε μετάδοση, εκπομπή, και λήψη ενδείξεων, σημάτων, κειμένων, εικόνων και ήχων, τα οποία είναι πληροφορίες μέσω καλώδιου, ραδιοκυμάτων, οπτική, ή άλλο ηλεκτρομαγνητικό σύστημα.

Αδιάλειπτη παροχή ισχύος (Uninterruptible Power Supply): Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μεταξύ δικτύου διανομής ή άλλης πηγής ισχύος και ενός φορτίου το οποίο χρειάζεται συνεχή παροχή ισχύος.

Ασύρματος επικοινωνία (wireless): η χρήση ακτινοβολούμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (π.χ. ραδιοσυχνότητα, μικροκυμάτων, φως) η οποία ταξιδεύει στον ελεύθερο χώρο για να διαβιβάσει πληροφορίες.

Κυψέλες εργασίας (Work cells): Οι κυψέλες εργασίας (Work cells) στους χώρους των κέντρων δεδομένων είναι οι επαναλαμβανόμενες ικρυσειρές σε διάταξη θερμών και ψυχρών διαδρόμων. Το ποσό αυτό αντιπροσωπεύει το εμβαδόν που μπορεί να αποδοθεί σε ένα συγκεκριμένο ικρίωμα.

2.2.2. Χρήσιμες μονάδες μέτρησης

Ακρωνύμιο	Περιγραφή
DCiE	Data center Efficiency = (IT equipment / Total facility power) * 100
DCPE	Data center Performance Efficiency = Effective IT workload / total facility power
PUE	Power usage effectiveness = Total facility power / IT equipment power
Kilowatts (kw)	Watts / 1,000
Ετήσιες kWh	kWh x 24 x 365
Megawatts (mw)	kW / 1,000
BTU/hour	watts x 3.413
kWh	1,000 watt hours
Watts	Amps x Volts (e.g. 12 amps * 12 volts = 144 watts)
Watts	BTU/hour x 0.293
Volts	Watts / Amps (e.g. 144 watts / 12 amps = 12 volts)
Amps	Watts / Volts (e.g. 144 watts / 12 volts = 12 amps)
Volt-Amperes (VA)	Volts x Amps
kVA	Volts x Amp / 1000
kW	kVA x power-factor
kVA	kW / power-factor
U	1U = 1.75"
Activity / Watt	Amount of work accomplished per unit of energy consumed. This could be IOPS, Transactions or Bandwidth per watt.
IOPS / Watt	Number of I/O operations (or transactions) / energy (watts)
Bandwidth / Watt	GBPS or TBPS or PBPS / Watt Amount of data transferred or moved per second and energy used. Often confused with Capacity per watt
Capacity / Watt	GB or TB or PB (storage capacity space / watt)
Mhz / Watt	Processor performance / energy (watts)
Carbon Credit	Carbon offset credit

CO2 Emission	Average 1.341 lbs per kWh of electricity generated
Watts/m ² της κυψέλης εργασίας	Είναι το προτιμώμενο μέγεθος για συγκριτική αξιολόγηση ενός κέντρου δεδομένων. Αυτή η μονάδα μέτρησης εξυπηρετεί για την αξιολόγηση της ψύξης των φορτίων, καθώς και της δυνατότητας μετακίνησης του απαιτούμενου αέρα ψύξης στο υπερυψωμένο δάπεδο και του θερμού αέρα μέσω καναλιών από τον θερμού διάδρομο.
Watts/rack	Είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των συστημάτων διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ικρίωμα και στον καθορισμό του φορτίου που μπορεί να εγκατασταθεί στο ικρίωμα.
Watts/m ² του υπερυψωμένου δάπεδου	Μία χρήση αυτού του μεγέθους είναι για την διαστασιολόγηση των υποδομών του κέντρου δεδομένων (π.χ. μπορεί να παράσχει την συνολική απαίτηση σε ψύξη).

Πίνακας 1. Χρήσιμες μονάδες μέτρησης

2.3 Δομή Κέντρου Δεδομένων

Τα κέντρα δεδομένων είναι κεντρικές εγκαταστάσεις για την επεξεργασία και την διαχείριση των ψηφιακών δεδομένων / πληροφοριών και θα γίνουν τα «μηχανοστάσια» του μέλλοντος.

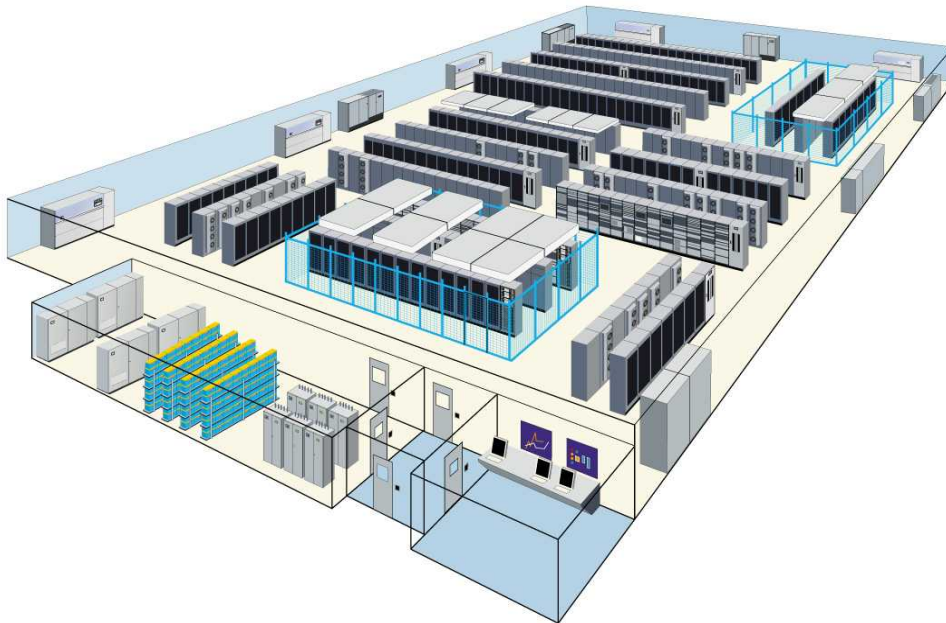
Επειδή όλο και περισσότερα συστήματα ελέγχου κτιρίων ελέγχονται από υπολογιστές και διακομιστές, κρίνεται πλέον αναγκαίος ο σωστός σχεδιασμός των κέντρων δεδομένων με γνώμονα την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Φιλοξενούν συσκευές, που συνήθως αναφέρονται ως εξοπλισμοί επεξεργασίας δεδομένων, οι οποίοι περιλαμβάνουν διακομιστές, τηλεπικοινωνιακές συσκευές και μέσα αποθήκευσης.

Ο παραπάνω εξοπλισμός ανήκει στην ομάδα εξοπλισμών πληροφορικής, υπάρχει όμως ακόμα ένα σύνολο εξοπλισμού, που συνήθως αναφέρεται ως εξοπλισμός υποδομών και είναι υπεύθυνος για την υποστήριξη της εγκατάστασης και της εξασφάλισης της εύρυθμης λειτουργία της πληροφοριακής υποδομής.

Ο κύκλος ζωής του ενεργού εξοπλισμού είναι 3 με 5 έτη και των εγκαταστάσεων υποδομών είναι περίπου 15 έτη.

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται μια τυπική εγκατάσταση ενός κέντρου δεδομένων.

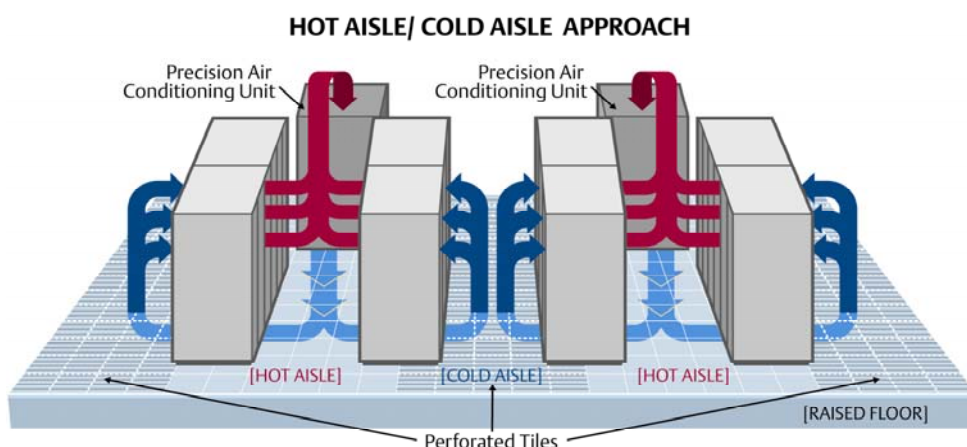


Εικόνα 13. Τυπική εγκατάσταση ενός κέντρου δεδομένων

Οι διακομιστές και τα μέσα αποθήκευσης τοποθετούνται σε κριώματα τα οποία είναι διατεταγμένα σε σειρές.

Η διάταξη που φαίνεται στην Εικόνα 14 είναι μία τυπική διάταξη με θερμούς και ψυχρούς διάδρομους και υπερυψωμένο δάπεδο, η οποία θεωρείται ως μία από τις βέλτιστες πρακτικές.

Η αναμενόμενη ροή του αέρα απεικονίζεται στην Εικόνα 14. Ο ψυχρός διάδρομος παρέχει αέρα στον ενεργό εξοπλισμό, ο οποίος στη συνέχεια εξέρχεται στον θερμό διάδρομο.



Εικόνα 14. Αναμενόμενη ροή του αέρα

Ο αέρας παρέχεται στον χώρο από τις Κλιματιστικές Μονάδες οι οποίες συνήθως βρίσκονται κοντά στους τοίχους του δωματίου. Ψύχουν τον αέρα ενώ στη συνέχεια τον παρέχουν κάτω από το υπερυψωμένο δάπεδο σε όλο το ψευδοπάτωμα. Αυτό βοηθά στη

μεταφορά του αέρα από τις Κλιματιστικές Μονάδες έως την έξοδό του από τις διάτρητες πλάκες οι οποίες τοποθετούνται στο ψυχρό διάδρομο, όπου και ο ψυχρός αέρας απελευθερώνεται μέσα στον χώρο.

Ενώ, αυτός είναι ένα από τους συνήθεις τρόπους ψύξης χώρων κέντρων δεδομένων, υπάρχουν πολλές άλλες παραλλαγές οι οποίες αναλύονται στο κεφάλαιο 3.

Οι συσκευές δικτύωσης μερικές φορές τοποθετούνται σε διαφορετικό κριώμα, ή τοποθετούνται σε επίτοιχα κριώματα ή ακόμα και σε διαφορετικούς χώρους.

Ένα κέντρο δεδομένων μπορεί να καταναλώσει 25 έως 50 φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ένα τυπικό χώρο γραφείων με τις ίδιες διαστάσεις [3].

Οι διακομιστές και τα κέντρα δεδομένων για παράδειγμα στις ΗΠΑ καταναλώναν το 2006, 61 δισεκατομμύρια kWh (1,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των ΗΠΑ) [4], η οποία είναι ισοδύναμη με την κατανάλωση ενέργειας κατά μέσο όρο 5,8 εκατομμύριων νοικοκυριών στις ΗΠΑ κάθε χρόνο.

Με την έλευση του διαδικτύου, των υψηλότερων απαιτήσεων των υπολογιστικών μονάδων και τις απαιτήσεις σε ενέργεια των βάσεων δεδομένων κατά την τελευταία δεκαετία, ο αριθμός και το μέγεθος των εγκαταστάσεων αυτών έχει αυξηθεί δραματικά.

Οι κορυφαίοι κατασκευαστές επεξεργαστών ερευνούν τρόπους για κατασκευή διακομιστών με καλύτερη και ταχύτερη λειτουργία ενώ παράλληλα προσπαθούν να κάνουν τα ολοκληρωμένα μικρότερα σε μέγεθος ή ισοδύναμα σε μέγεθος αλλά με μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύς.

Αυτό όμως μεταφράζεται σε υψηλότερη πυκνότητα της υπολογιστικής ισχύος σε ένα κέντρο δεδομένων και αναλογική αύξηση των αναγκών τροφοδοσίας.

Ενώ πια απαιτούνται υψηλές ανάγκες ενέργειας, παράγεται υψηλή θερμότητα στον χώρο με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγαλύτερης ισχύος συστήματα κλιματισμού έτσι ώστε να απάγουν το αυξημένο θερμικό φορτίο και να διατηρούν την θερμοκρασία στον χώρο και στον ενεργό εξοπλισμό κάτω από ένα ορισμένο όριο θερμοκρασίας για την εξασφάλιση αξιόπιστων και ασφαλών συνθηκών λειτουργίας.

Έχει υπολογιστεί ότι με τα συστήματα ψύξης τα οποία λειτουργούν σήμερα για κάθε 1kW που καταναλώνεται για την λειτουργία του ενεργού εξοπλισμού απαιτούνται επιπλέον 0,5kW για την ψύξη του [5].

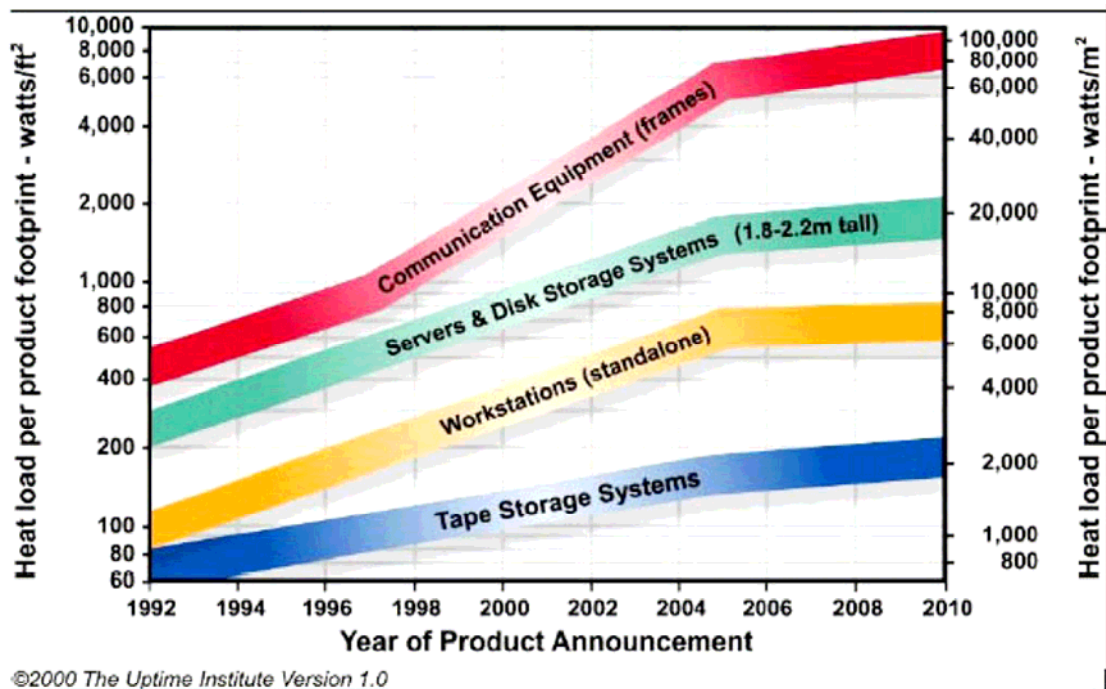
Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται με την κατανόηση των βασικών στοιχείων αυτού του θέματος. Αρχικά καθορίζονται οι τάσεις στην κατανάλωση ενέργειας στα κέντρα δεδομένων ακολουθούμενες από τη σημασία της ψύξης σε αυτά. Στην συνέχεια, στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ροή ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων και ορίζεται το πεδίο εφαρμογής αυτής της μελέτης.

2.4 Τάσεις στον χώρο των Κέντρων Δεδομένων

Τα κέντρα δεδομένων έχουν αλλάξει σημαντικά, αφού η εξέλιξη της τεχνολογίας των πληροφοριών ήταν η αιτία να γίνουν τα κρίσιμα και νευραλγικά κέντρα των σημερινών επιχειρήσεων. Δεδομένου ότι οι απαιτήσεις των επιχειρήσεων μεγαλώνουν, πληθαίνουν και τα κέντρα δεδομένων φιλοξενούν έναν αυξανόμενο αριθμό ισχυρών εξοπλισμών πληροφορικής.

Οι διαχειριστές των κέντρων δεδομένων σε όλο τον κόσμο λειτουργούν τις εγκαταστάσεις τους σε οριακές συνθήκες αναφορικά με τους διαθέσιμους πόρους όπως η ισχύς, η ψύξη, ο χώρος, κάνοντας την αποδοτική χρήση των πόρων των κέντρων δεδομένων να αποτελεί σημαντικό θέμα συζήτησης.

Μια ολοκληρωμένη μελέτη από την Αμερικάνικη Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) αναλύει τον εξοπλισμό πληροφορικής σε ομάδες και μελετά τις τάσεις για κάθε ομάδα χωριστά [6].



Εικόνα 15. Τάσεις στις θερμικές εκπομπές του εξοπλισμού πληροφορικής [7]

Στην ακόλουθη εικόνα 16 φαίνεται η πρόβλεψη της ASHRAE για έως το έτος 2014.

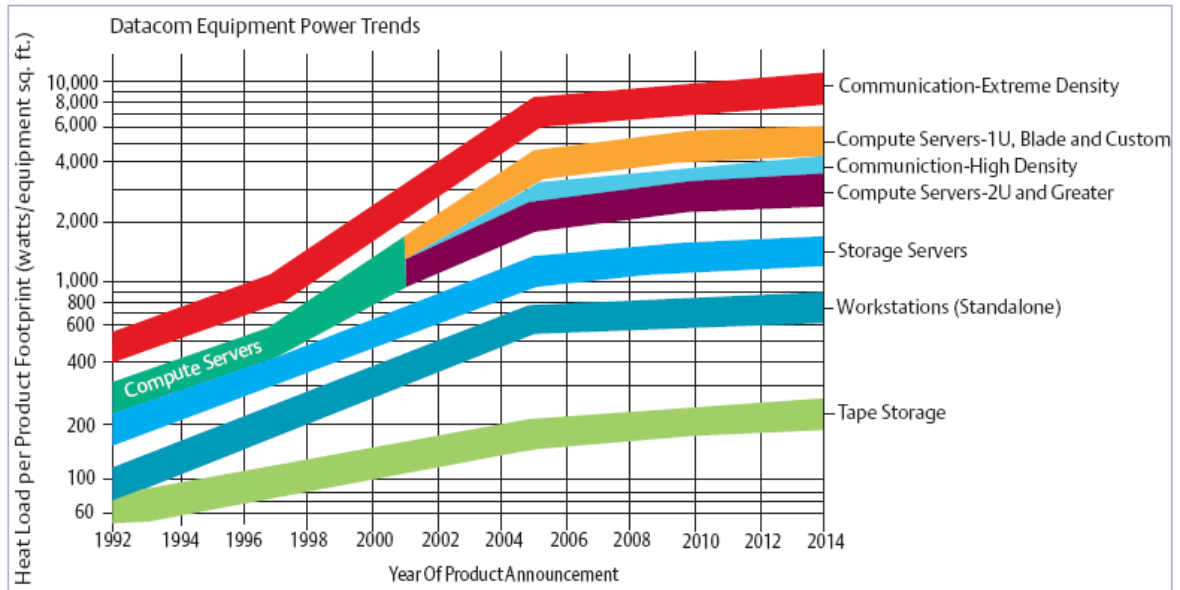


Figure 1. Equipment densities are rising even faster than once predicted.

© 2005 ASHRAE TC 9.9 Datacom Equipment Power Trends & Cooling Applications

Εικόνα 16. Πρόβλεψη της ASHRAE για τις θερμικές εκπομπές του εξοπλισμού πληροφορικής για έως το έτος 2014 [30]

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους κατασκευαστές του εξοπλισμού παρέχουν συνήθως την ονομαστική ισχύ, δηλαδή τη μέγιστη ισχύ του εξοπλισμού που μπορεί να απορροφήσει, συμπεριλαμβανομένου του συντελεστή μείωσης (derating factor) ο οποίος εκφράζει τη μείωση της ικανότητας μεταφοράς λόγω της ύπαρξης των αρμονικών [6].

Αυτή η προσέγγιση είναι εκ του ασφαλούς, δεδομένου ότι οι περισσότερες συσκευές απορροφούν μόνο το 40-50% της ονομαστικής τους ισχύος, τουλάχιστον κατά το πρώτο έτος λειτουργίας τους αφού δεν είναι πλήρως αναβαθμισμένες.

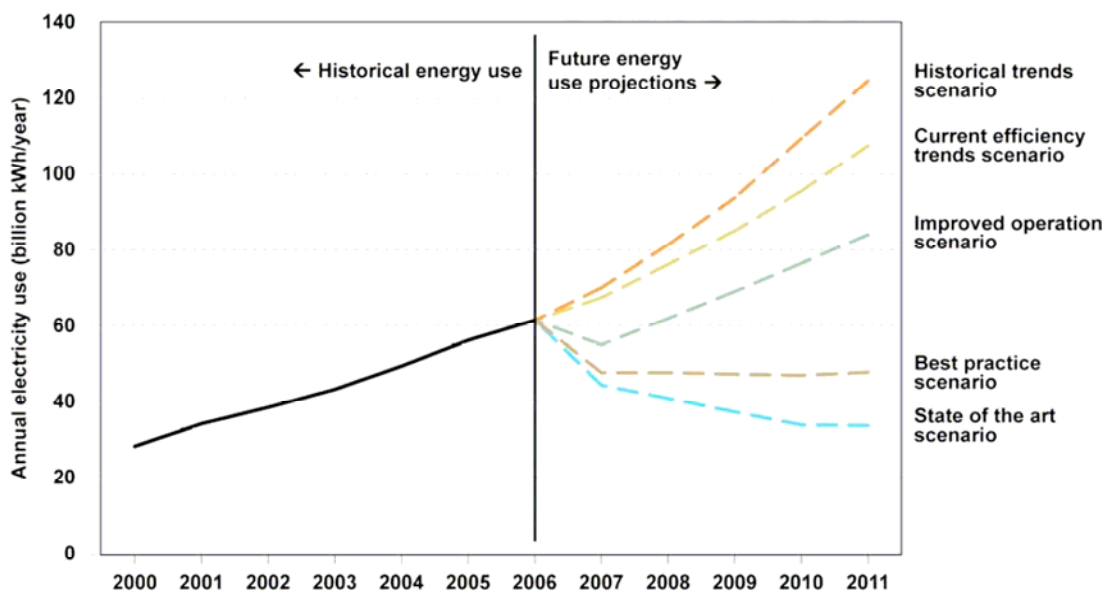
Ωστόσο, οι Εικόνες 15 και 16 βασίζονται σε στοιχεία μετρήσεων για πλήρως αναβαθμισμένα συστήματα από το πρώτο έτος λειτουργία τους τα οποία απορροφούν την ονομαστική τους ισχύ.

Στην Εικόνα 16 παρατηρούμε την πρόβλεψη μέχρι το έτος 2014 που έχει κάνει η Αμερικάνικη Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) για την κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία εξοπλισμού.

Από το γράφημα παρατηρούμε ότι η κατανάλωση ενέργειας έχει υπερδιπλασιαστεί από το 2000 μέχρι σήμερα και εκτιμάται ότι θα μπορούσε να φθάσει πάνω από 100 δισ. kWh σε ετήσια βάση μέχρι το 2014 το οποίο για λόγους σύγκρισης αντιστοιχεί στο 2,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των ΗΠΑ [8].

Η αύξηση της απαίτησης του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κέντρο δεδομένων οφείλεται στους ακόλουθους λόγους:

1. Κατασκευάζονται ολοένα και περισσότερα ολοκληρωμένα με μικρότερες διαστάσεις με αποτέλεσμα να αυξάνεται έτσι η πυκνότητα του φορτίου.
2. Η αύξηση χρήσης του διαδικτύου αυξάνει με την σειρά της τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας για την υποστήριξη των υποδομών λειτουργίας των κέντρων δεδομένων.
3. Ξεπέρασε κάθε πρόβλεψη η αύξηση της πυκνότητας φορτίου και της απαιτούμενης ενέργειας για τα κέντρα δεδομένων. Οι διακυμάνσεις στην πρόβλεψη της αύξησης της ενέργειας μπορεί να παρατηρηθεί στην εικόνα 17 η οποία δίνει μία πληθώρα σεναρίων προβλέψεων αύξησης της ενέργειας από 0,5 - 2 φορές. Έτσι, έχοντας υπόψη τους σημερινούς τρόπους σχεδιασμού και τις συντηρητικές εκτιμήσεις για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας ενός κέντρου δεδομένων, οδηγούμαστε σε ένα υπερβολικό μέγεθος κέντρων δεδομένων, το οποίο οδηγεί με την σειρά του σε πιο αναποτελεσματική λειτουργία των επιχειρήσεων.



Εικόνα 17. Κατανάλωση ενέργειας στα κέντρα δεδομένων [4]

2.5 Ανεξάρτητοι Φορείς

2.5.1 Εισαγωγή

Σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξη της βιομηχανίας των κέντρων δεδομένων διαδραμάτισαν ανεξάρτητοι φορείς οι οποίοι ερευνούν νέες μεθόδους, συμβουλεύουν, εκδίδουν οδηγίες και υποστηρίζουν τους κάθε ενδιαφερόμενους.

Παράλληλα συνεργάζονται με τους κατασκευαστές του εξοπλισμού που εγκαθίσταται στα κέντρα δεδομένων ώστε να εξελίσσουν τεχνολογικά τα προϊόντα τους με γνώμονα την κάλυψη όλων και αυξανόμενων αναγκών και ταυτόχρονα να λειτουργούν αποδοτικότερα. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι ανεξάρτητοι φορείς διεθνούς εμβέλειας των οποίων οι οδηγίες και οι συμβουλές τους εφαρμόζονται σε όλα τα σύγχρονα κέντρα δεδομένων.

2.5.2 The Uptime Institute

Το Uptime Institute παρέχει εκπαίδευση, δημοσιεύσεις, συμβουλές, πιστοποιήσεις, συνέδρια, σεμινάρια, ανεξάρτητες έρευνες και γνωμοδοτεί σε επιχειρήσεις για θέματα της βιομηχανίας των κέντρων δεδομένων [9].



Το Ινστιτούτο ιδρύθηκε το 1993 διευκολύνοντας τους τελικούς χρήστες κέντρων δεδομένων για τη βελτίωση της αξιοπιστίας τους και της αδιάλειπτης διαθεσιμότητας τους.

Σήμερα, τα 100 και πλέον μέλη του Ινστιτούτου είναι ως επί το πλείστον επιχειρήσεις του Fortune 100 οι οποίες έχουν διάφορα κέντρα δεδομένων διαστάσεων κατά μέσο όρο 17.000 m² με κατανάλωση ρεύματος 6MW. Τα μέλη μαθαίνουν ο ένας από τον άλλο και από το Ινστιτούτο μέσω κλειστών μόνο για μέλη διασκέψεων, με περιηγήσεις σε χώρους κέντρων δεδομένων, με προγράμματα συγκριτικής αξιολόγησης, με βέλτιστες πρακτικές, με συγκέντρωση και καταγραφή μη φυσιολογικών περιστατικών και με έκτακτες εκθέσεις.

Η έρευνα του Ινστιτούτου επικεντρώνεται στις εγκαταστάσεις των κέντρων δεδομένων, στις διασυνδέσεις του εξοπλισμού πληροφορικής και των υποδομών, και πως αυτά επιβαρύνουν το κόστος, την αξιοπιστία και την κατανάλωση ενέργειας των κέντρων δεδομένων. Οι Βέλτιστες Πρακτικές του Ινστιτούτου προκύπτουν από συνεργασίες με εξειδικευμένους επαγγελματίες που λειτουργούν τα κέντρα δεδομένων, από συγκριτικά στατιστικά στοιχεία του κόστους και του χρόνου λειτουργίας, από τις συμβουλευτικές εργασίες και τις έρευνες. Το Ινστιτούτο κάνει αυτή τη λεπτομερή γνώση διαθέσιμη στις εταιρείες μέσω του διαδικτύου, και παρέχει υψηλού επιπέδου αναφορές στα μέλη του, καθώς και πληροφορίες για την ευρύτερη βιομηχανία των κέντρων δεδομένων, με τη μορφή ερευνητικών εργασιών, διαδικτυακών σεμιναρίων και συμπόσιων.

Το Ινστιτούτο έχει πρωτοπορήσει αναπτύσσοντας πολυάριθμες καινοτομίες που στη συνέχεια έχουν γίνει πρότυπα της βιομηχανίας των κέντρων δεδομένων όπως αναφορικά:

- Αρχιτεκτονική κλιματισμού με θερμούς και ψυχρούς διαδρόμους
- Θέσπιση μονάδων μέτρησης και τρόπου μετρήσεων της ενέργειας των υποδομών
- Μοντελοποίηση κόστους
- Προδιαγραφή διπλής παροχής τροφοδοσίας ενεργού εξοπλισμού για αύξηση του επιπέδου διαθεσιμότητας
- Θέσπιση συστήματος κατάταξης κατά Tier για την εκτίμηση της δυνατότητας ταυτόχρονης συντήρησης και ανοχής σε βλάβες των εγκαταστάσεων των κέντρων δεδομένων

2.5.3 TIA - Telecommunications Industry Association

Η Telecommunications Industry Association (TIA) είναι η πρωτοπόρος ένωση που εκπροσωπεί τις διεθνούς εμβέλειας βιομηχανίες πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων (ICT)



με την ανάπτυξη προτύπων, συμμετοχή σε κυβερνητικές αποφάσεις, δημιουργία επιχειρηματικών ευκαιριών, παρέχοντας πληροφορίες για την αγορά, πιστοποιώντας και συμμορφώνοντας με τους παγκόσμιους αποδοχής περιβαλλοντικούς κανονισμούς [10].

Με την υποστήριξη από τα 600 μέλη της, η ΤΙΑ ενισχύει το επιχειρηματικό περιβάλλον των εταιρειών που εμπλέκονται στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, των ευρυζωνικών δικτύων, των κινητών τηλεπικοινωνιών, της πληροφορικής, των δικτύων, της δομημένης καλωδίωσης, των δορυφορικών επικοινωνιών, των επικοινωνιών έκτακτης ανάγκης και αναπτύσσει πιο πράσινη τεχνολογία.

Η Ιστορία της ΤΙΑ με την σημερινή μορφή ξεκινά το 1924, όπου μια μικρή ομάδα προμηθευτών της ανεξάρτητης βιομηχανίας προϊόντων τηλεφωνίας διοργάνωσε μία εμπορική έκθεση.

Αργότερα, η ομάδα έγινε η επιτροπή του Ανεξάρτητου Συνδέσμου Τηλεφώνων των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Independent Telephone Association).

Το 1979, η ομάδα αποσπάστηκε δημιουργώντας την Ένωση Προμηθευτών Τηλεπικοινωνιών των Ηνωμένων Πολιτειών, και έγινε ένας πρωτοποριακός διοργανωτής εκθέσεων και σεμιναρίων τηλεπικοινωνιακού ενδιαφέροντος διεθνούς αποδοχής. Ως ΤΙΑ ιδρύθηκε τον Απρίλιο του 1988 μετά από συγχώνευση των USTSA και της Ομάδα Τεχνολογιών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ΕΙΑ).

Η ΤΙΑ Από το 1988, έχει υποστηρίξει πολυάριθμα ζητήματα πολιτικής προς όφελος των μελών της, έχει υποστηρίξει επιτροπές μηχανικών που θέτουν τα πρότυπα και καθορίζουν το ρυθμό της ανάπτυξης στον κλάδο και έχει υπηρετήσει ως φόρουμ για την εξέταση διαφόρων θεμάτων και πληροφοριών της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής.

Το ΤΙΑ-942 είναι ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από την (ΤΙΑ) με στόχο να καθορίσει τις κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό και την κατασκευή των κέντρων δεδομένων, ιδίως όσον αφορά την καλωδίωση των συστημάτων και του σχεδιασμού του δικτύου. Το πρότυπο ασχολείται με τα δίκτυα χαλκού και οπτικών ινών.

Το πρότυπο ΤΙΑ-942 αναφέρει τις απαιτούμενες προδιαγραφές για ιδιωτικά και δημόσια κέντρα δεδομένων για εφαρμογές και διαδικασίες όπως:

- Αρχιτεκτονική του δικτύου
- Σχεδίαση Ηλεκτρολογικών υποδομών
- Αποθήκευση αρχείων, backup και αρχειοθέτησης
- Σύστημα εφεδρείας
- Έλεγχος πρόσβασης στα δίκτυα και συστήματα ασφάλειας
- Διαχείριση της βάσης δεδομένων
- Φιλοξενία δεδομένων ιστού
- Εφαρμογές φιλοξενίας δεδομένων
- Διανομή περιεχομένου
- Περιβαλλοντικός έλεγχος
- Προστασία από φυσικούς κινδύνους (πυρκαγιά, πλημμύρα, ανεμοθύελλα)
- Η διαχείριση ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα του σχεδιασμού κέντρων δεδομένων, σύμφωνα με το TIA-942 περιλαμβάνουν τον καθορισμό πρότυπης ονοματολογίας, την ασφαλή λειτουργία, την προστασία από φυσικές καταστροφές ή κακόβουλες πράξεις, την μακροπρόθεσμη αξιοπιστία και την βαθμωτή επεκτασιμότητα.

2.5.4 The Green Grid

Το Green Grid ως διεθνής κοινοπραξία που αποτελείται από τελικούς χρήστες, κρατικούς φορείς, παρόχους τεχνολογίας, σχεδιαστές εγκαταστάσεων, και εταιρείες κοινής ωφέλειας, έχει στόχο να αντιμετωπίσει αυτό το σημαντικό θέμα της κατανάλωσης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων [11].



Το Green Grid συνεργάζεται στενά με τους τελικούς χρήστες, τους παρόχους τεχνολογίας και τις κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο για τη δημιουργία προτύπων για την αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων στα κέντρα δεδομένων. Μέσω της συλλογής και της ανάλυσης των δεδομένων, της αξιολόγησης των νέων τεχνολογιών καθώς και τη διαμόρφωση των βέλτιστων πρακτικών για τους χειριστές των κέντρων δεδομένων, δημιουργούνται μονάδες μέτρησης και τρόποι μέτρησης για ειδικευμένους αλλά και απλούς τελικούς χρήστες οπουδήποτε στον κόσμο για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των κέντρων δεδομένων τους.

Πολλές βιομηχανίες και κυβερνήσεις θέλουν να βοηθήσουν τα μέλη τους με οδηγίες για καλύτερη αποδοτικότητα των πόρων. Το Green Grid είναι η μόνη οργάνωση που εργάζεται παράλληλα με αυτές τις οργανώσεις με μοναδικό σκοπό τη δημιουργία προτύπων για να βοηθήσει τους τελικούς χρήστες για καλύτερη μέτρηση και διαχείριση της ενεργειακής απόδοσης των κέντρων δεδομένων. Αυτές οι συνεργασίες έχουν ως αποτέλεσμα την ευρεία υιοθέτηση των μεθόδων μέτρησης που δημιουργεί το Green Grid όπως:

- το Power Usage Effectiveness (PUE™)
- το Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE™)
- το Carbon Usage Effectiveness (CUE™)

καθώς και την ανάπτυξη άλλων όπως, το Water Usage Effectiveness (WUE™), και το Data Center Productivity (DCP).

Το «Green Grid» δημιουργήθηκε από τις κυρίαρχες εταιρίες πληροφορικής, συμπεριλαμβανομένων των AMD, Dell, HP, IBM, Intel, Microsoft και Sun, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τα κέντρα δεδομένων. Η κοινοπραξία προτείνει καταρχήν 3 τεχνολογικές προτάσεις που οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας.

Αυτές είναι:

1. Η νέα σειρά επεξεργαστών με την τεχνολογία «multi-core» με τους οποίους βελτιώνεται αισθητά η απόδοση των επεξεργαστών ανά Watt έως και 4,5 φορές, άρα γίνεται και αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας.

2. Η καλύτερη αξιοποίηση των παροχών ενέργειας (τροφοδοτικά) μειώνοντας τις απαιτούμενες μετατροπές ρεύματος μεταξύ εναλλασσόμενου (AC) και συνεχούς (DC). Οι εναλλαγές αυτές απαιτούν μεγαλύτερη ψυκτική ισχύς με αποτέλεσμα να καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια. Υπάρχουν πλέον ειδικές παροχές συνεχούς ρεύματος στα κέντρα δεδομένων μειώνοντας έτσι το αναγκαίο ψυκτικό φορτίο που απαιτείται τουλάχιστον κατά 20%.
3. Η αξιοποίηση νέων μεθόδων στην τεχνολογία ψύξης, όπως η τεχνολογία «Dynamic Smart Cooling» της HP, η οποία χρησιμοποιεί ειδικούς αισθητήρες θερμοκρασίας οι οποίοι συνεργάζονται με τις μονάδες κλιματισμού των κέντρων δεδομένων, δρομολογώντας μεγαλύτερη ψύξη μόνο στους εξυπηρετητές που το χρειάζονται.

Αντίστοιχες τεχνολογικές προτάσεις αναμένονται να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας από 25% μέχρι και 40%.

Η πλήρης εφαρμογή των προτάσεων αυτών και άλλων αντίστοιχων θα πάρει χρόνο και δεν αναμένεται να έχει ουσιαστική επίδραση στη συνολική κατανάλωση ενέργειας άμεσα.

2.5.5 Code of Conduct on Data Centers Energy Efficiency

Ο Κώδικας Δεοντολογίας έχει δημιουργηθεί ως απάντηση στην αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στα κέντρα δεδομένων και στην ανάγκη να μειωθούν οι σχετικές περιβαλλοντικές, οικονομικές και ενεργειακές επιπτώσεις. Ο στόχος είναι να ενημερωθούν και να παρακινηθούν οι χειριστές και οι ιδιοκτήτες του κέντρου δεδομένων ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, χωρίς να εμποδίζεται η κρίσιμη λειτουργία του κέντρου δεδομένων [12].

Ο Κώδικας έχει στόχο την επίτευξη των παραπάνω με τη βελτίωση της ενεργειακής ζήτησης των κέντρων δεδομένων, συστήνοντας ενεργειακά αποδοτικότερες πρακτικές και στόχους. Πρόκειται για μια εθελοντική πρωτοβουλία που στοχεύει να φέρει τους ενδιαφερόμενους φορείς μαζί, συμπεριλαμβανομένου και του συντονισμού άλλων παρόμοιων δραστηριοτήτων από τους προμηθευτές τους κατασκευαστές, τους συμβούλους και τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στα κέντρα δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των διακομιστών των επιχειρήσεων, του εξοπλισμού ICT, των συστημάτων κλιματισμού και ενεργού εξοπλισμού, αναμένεται να συμβάλει ουσιαστικά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στο προσεχές μέλλον. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της τάξεως των 56 TWh ανά έτος στη Δυτική Ευρώπη για το έτος 2007 προβλέπεται να αυξηθεί σε 104 TWh ετησίως μέχρι το 2020.

Η προβλεπόμενη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί πρόβλημα για την ΕΕ καθιστώντας σημαντική τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κέντρων δεδομένων.

Ο Κώδικας Δεοντολογίας καλύπτει δύο βασικούς τομείς:

1. Το φορτίο εξοπλισμού πληροφορικής (IT Load) – το οποίο σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα της κατανάλωσης του εξοπλισμού πληροφορικής στα κέντρα δεδομένων και μπορεί να περιγραφεί ως η διαθέσιμη χωρητικότητα για εργασίες πληροφορικής για συγκεκριμένη ενεργειακή κατανάλωση εξοπλισμού πληροφορικής. Είναι επίσης σημαντικό να έχουμε υπόψη μας την χωρητικότητα ως μέρος της αποτελεσματικότητας / ικανότητας του κέντρου δεδομένων.
2. Το φορτίο των εγκαταστάσεων (Facilities Load) – αυτό σχετίζεται με τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά συστήματα τα οποία υποστηρίζουν τον εξοπλισμό πληροφορικής όπως τα συστήματα ψύξης (εγκαταστάσεις ψύξης, ανεμιστήρες, αντλίες), μονάδες κλιματισμού, Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας κ.α.

Σκοπός του Κώδικα Δεοντολογίας είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα δεδομένων.

Ο Κώδικας Δεοντολογίας στοχεύει στην:

- Ανάπτυξη και προώθηση μιας σειράς εύκολα κατανοητών μετρήσεων για τη μέτρηση της τρέχουσας απόδοσης των κέντρων δεδομένων και τη βελτίωση τους
- Δυνατότητα ανοικτής συζήτησης και δημιουργίας φόρουμ μεταξύ αντιπροσώπων φορέων της ευρωπαϊκής κοινότητας.
- Δημιουργία κοινού σύνολο αρχών σε συνδυασμό με άλλους διεθνείς οργανισμούς
- Ευαισθητοποίηση των διαχειριστών, των ιδιοκτητών και των επενδυτών, με στοχευμένες πληροφορίες και υλικό για την βελτίωση της απόδοσης των κέντρων δεδομένων. Προμηθευτές αποδοτικών υπηρεσιών και εξοπλισμού, καθώς και άλλοι οργανισμοί μπορούν να γίνουν σύμμαχοι και συν υπογράφωντες αυτής της εκστρατείας
- Δημιουργία και παροχή ενός αποτελεσματικού εργαλείου για τη βιομηχανία με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους από την κατανάλωση ενέργειας
- Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας (TCO)
- Εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών
- Ενθάρρυνση στην ανάπτυξη εργαλείων τα οποία προωθούν διαδικασίες προμηθειών με κριτήριο την ενεργειακή απόδοση
- Υποστήριξη των τμημάτων προμηθειών παρέχοντας κριτήρια για τον εξοπλισμό (με βάση τις προδιαγραφές του προγράμματος Energy Star, εφόσον υπάρχουν, και άλλων κωδικών δεοντολογίας) καθώς και συστάσεις βέλτιστων πρακτικών
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση δράσεων που καθορίζουν σωστά τόσο την πρόοδο όσο και τους τομείς βελτίωσης
- Καθορισμός στόχων της ενεργειακής απόδοσης, για δημόσια και ιδιόκτητα κέντρα δεδομένων για ιδιοκτήτες και διαχειριστές (οι στόχοι διαφοροποιούνται ανάλογα με το μέγεθος και το καθεστώς των υπάρχοντων δεδομένων κέντρων, τη γεωγραφική θέση, την απόδοση των επενδύσεων, κλπ.).

2.5.6 ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

Η Αμερικάνικη Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE), ιδρύθηκε το 1898 και είναι μια διεθνής οργάνωση με 51,000 μέλη. Η αποστολή της ASHRAE είναι η προώθηση της θέρμανσης, του εξαερισμού και του κλιματισμού για την εξυπηρέτηση των αναγκών των ανθρώπων καθώς επίσης και η προώθηση βιώσιμων παγκόσμιων ερευνών, η συγγραφή προτύπων, οι δημοσιεύσεις και συνεχής εκπαίδευση.



Η ASHRAE έχει ηγετική θέση παγκοσμίως και είναι η σημαντικότερη πηγή πληροφοριών σε τεχνικά θέματα με κύρια υπηρεσία την παροχή ευκαιριών για επαγγελματική ανάπτυξη στην τέχνη και την επιστήμη της θέρμανσης, του εξαερισμού, του κλιματισμού και της ψύξης [13].

2.5.7 BICSI - Building Industry Consulting Service International

Το BICSI αποτελεί ένα διεθνή μη κερδοσκοπικό τηλεπικοινωνιακό οργανισμό. Στόχος του είναι η θεσμοθέτηση και διασφάλιση των Διεθνών, Ευρωπαϊκών-Εθνικών τηλεπικοινωνιακών αρχών, συστάσεων και προτύπων, τόσο σε επίπεδο σχεδίασης, όσο και σε επίπεδο εγκατάστασης, μέσω της συνεχούς και έγκυρης εκπαίδευσης των μελών του. Τα μέλη του BICSI διαθέτουν την τεχνογνωσία και την εμπειρία να μελετήσουν, να σχεδιάσουν και να εγκαταστήσουν τηλεπικοινωνιακές υποδομές, καθώς επίσης και υποδομές συστημάτων αυτοματισμού και ασφάλειας σε τοπικό ή ευρύτερο επίπεδο ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή των εκάστοτε προϊόντων [14].



Το BICSI ιδρύθηκε το 1974 στις Η.Π.Α. με σκοπό την τηλεπικοινωνιακή κατάρτιση, αναφορικά με την τηλεφωνία, των συμβούλων της Αμερικάνικης τηλεφωνικής εταιρείας για την σχεδίαση και ανάπτυξη της τηλεφωνικής καλωδιακής υποδομής των κτιρίων και των κατοικιών. Το BICSI ανταποκρινόμενο στις συνεχείς αλλαγές της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών, καθώς και στην εξέλιξη της τεχνολογίας, εξελίσσεται και δημιουργεί συνεχώς νέα προγράμματα κατάρτισης και εκπαίδευσης ακόμα και για τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες. Το BICSI σήμερα διαθέτει σχεδόν 25.000 μέλη παγκοσμίως σε περισσότερες από 100 χώρες. Τα κεντρικά γραφεία του είναι στις Η.Π.Α., ενώ πρόσφατα απέκτησε παρουσία στη Ευρώπη εγκαινιάζοντας το νέο του γραφείο στις Βρυξέλες.

Το BICSI διαθέτει ένα σύγχρονο και ευέλικτο πρόγραμμα πιστοποιήσεων, παρέχοντας έτσι σε κάθε μέλος του την απαραίτητη εκπαίδευση και τεχνογνωσία για κάθε τομέα / αντικείμενο των τηλεπικοινωνιών. Μέσα από μια σειρά εκπαιδευτικών σεμιναρίων, ακόμα και μέσω του διαδικτύου, το BICSI προσφέρει τις απαιτούμενες πιστοποιήσεις.

Επιπλέον, το BICSI προσφέρει την δυνατότητα απόκτησης μιας σύγχρονης και πλήρους τηλεπικοινωνιακής βιβλιογραφίας. Η βιβλιογραφία αυτή είναι βασισμένη στα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα και συστάσεις, είναι ανεξάρτητη κατασκευαστών,

γραμμένη με απλό και κατανοητό τρόπο και εμπλουτισμένη με λεπτομερή σχέδια και πίνακες. Για την διατήρηση της εξελισσόμενης τηλεπικοινωνιακής τεχνολογίας όλη η βιβλιογραφία του BICSI ενημερώνεται σε συνεχή βάση.

Το BICSI Ελλάδος ξεκίνησε για πρώτη φορά το 2000. Παρόλο που η Ελληνική αγορά δεν ήταν έτοιμη για τις απαιτήσεις ενός τέτοιου οργανισμού, διατηρήθηκε στο πέρασμα του χρόνου και σήμερα ύστερα από μεγάλες προσπάθειες κατάφερε να γίνει θεσμός με μεγάλη απήχηση.

Στόχος του BICSI Ελλάδος αποτελεί η παγιοποίηση του στην Ελληνική αγορά τηλεπικοινωνιών, καθώς και την βιομηχανία τηλεπικοινωνιών, μέσω των επαγγελματικά καταξιωμένων μελών του, τα οποία παρέχουν υψηλή ποιότητα υπηρεσιών με εγγυημένη τεχνογνωσία.

Το BICSI απευθύνεται τόσο σε ηλεκτρολόγους, ηλεκτρονικούς και τηλεπικοινωνιακούς μηχανικούς, όσο και σε μηχανικούς ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς επίσης και στους αντίστοιχους τεχνικούς. Τα μέλη του BICSI χαίρουν ειδικών προνομίων, εκπτώσεων και τιμών, πρόσβασης σε εξειδικευμένη πληροφορία, βιβλιογραφία, σεμινάρια και διαλέξεις, φόρουμ και διεθνής διοργανώσεις, καθώς και πολλά άλλα.

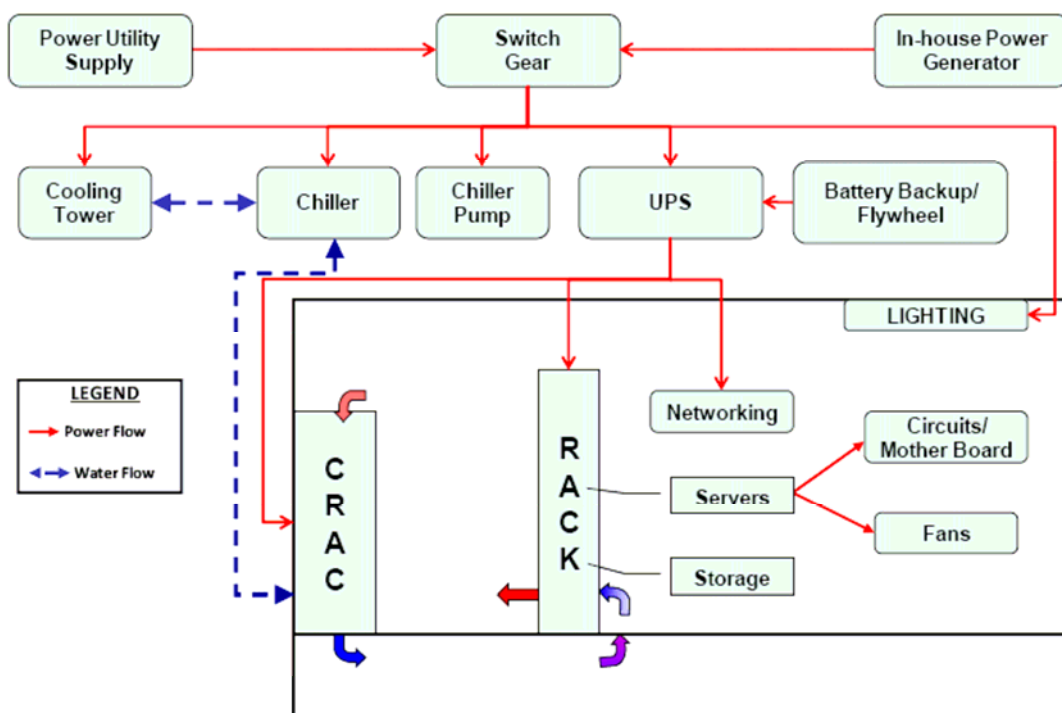
Το BICSI σήμερα διασφαλίζει την σίγουρη και επιτυχή πορεία των μελών του στον κόσμο των τηλεπικοινωνιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Ροή Ισχύος στο Κέντρο Δεδομένων

Στην Εικόνα 18 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής ισχύος σε ένα κέντρο δεδομένων. Η κύρια παροχή ενέργειας προέρχεται από το εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ή από Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη μέσω πεδίου μεταγωγής. Αυτό είναι το σημείο όπου η ηλεκτρική ενέργεια διαιρείται μεταξύ του εξοπλισμού πληροφορικής, τις λοιπές εγκαταστάσεις και τα συστήματα υποστήριξης. Στο τμήμα το οποίο τροφοδοτεί τον εξοπλισμό πληροφορικής η ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στον ενεργό εξοπλισμό μέσω Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας (UPS). Το Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στον συνδεδεμένο σε αυτό εξοπλισμό από την αποθηκευμένη ενέργεια του στους συσσωρευτές, σε περίπτωση διακοπής της παροχής από την κύρια πηγή ενέργειας. Η συσκευή UPS παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στον ενεργό εξοπλισμό των ικριωμάτων και στον δικτυακό εξοπλισμό. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, οι ανεμιστήρες των εσωτερικών μονάδων του συστήματος ψύξης, τροφοδοτούνται μέσω του Συστήματος Αδιαλείπτου Λειτουργίας για την αδιάκοπη κυκλοφορία του αέρα στον χώρο του κέντρου δεδομένων σε περίπτωση διακοπής της κύριας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και μέχρι την ανάληψη των φορτίων από τα εφεδρικά Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη. Ο διακόπτης μεταγωγής παρέχει επίσης ηλεκτρική ενέργεια και στα συστήματα φωτισμού μέσα στο κέντρο δεδομένων και στους ψύκτες νερού.



Εικόνα 18. Ροή ισχύος σε ένα κέντρο δεδομένων

3.2 Σημαντικότητα του ελέγχου του αέρα στο Κέντρο Δεδομένων

Το σύστημα ψύξης είναι η καρδιά του κέντρου δεδομένων. Ένα καλοσχεδιασμένο σύστημα διαχείρισης αέρα μπορεί να ελαττώσει το λειτουργικό κόστος και το αρχικό κόστος του εξοπλισμού [15]. Επιπλέον μπορεί να αυξήσει την θερμική πυκνότητα του κέντρου δεδομένων (W/m^2). Επίσης η υψηλή θερμοκρασία επιστροφής του αέρα στις ψυκτικές μονάδες μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητά τους. Η κατανάλωση ενέργειας του ανεμιστήρα των κλιματιστικών μονάδων σε ένα κέντρο δεδομένων με πυκνότητα φορτίου $1000 W/m^2$ μπορεί να ποικίλλει από $110 W/m^2$ έως πάνω από $220 W/m^2$ (αναλογία της συνολικής κατανάλωσης των ανεμιστήρων στην συνολική επιφάνεια της εγκατάστασης). Επίσης, η μείωση του ρυθμού ροής αέρα τροφοδότησης οδηγεί σε μεγάλη, μη γραμμική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του ανεμιστήρα. Για παράδειγμα, μια μείωση 20% του όγκου του αέρα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από 45-50%. Επίσης είναι εφικτό να μειωθούν και οι στροφές του ανεμιστήρα, εάν δεν υπάρχει καμία ανάμειξη του ψυχρού αέρα με το θερμό αέρα. Έτσι μια καλύτερη διαχείριση της ροής του αέρα μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη υψηλότερης θερμοκρασίας επιστροφής αέρα στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ψύξης, με χαμηλότερες ταχύτητες ανεμιστήρα και χαμηλότερη συνολική ανώτατη θερμοκρασία στην είσοδο των ικριωμάτων.

3.3 Τρόποι Κλιματισμού Κέντρων Δεδομένων

3.3.1 Κατηγοριοποιήσεις λύσεων κλιματισμού

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγοριοποιήσεις λύσεων κλιματισμού οι οποίες είναι οι εξής:

- **Ανοικτής αρχιτεκτονικής** – Στην οποία η κυκλοφορία του αέρα γίνεται ελεύθερα στον χώρο από τις Κλιματιστικές Μονάδες.

Οι κλιματιστικές Μονάδες σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να είναι:

1. Κλιματιστικές Μονάδες δαπέδου απευθείας εκτόνωσης και ικριωσειρές σε διάταξη κρύων και θερμών διαδρόμων.
2. Κλιματιστικές Μονάδες δαπέδου ψυχρού νερού με τεχνολογία **freecooling** και ικριωσειρές σε διάταξη κρύων και θερμών διαδρόμων.
3. Κλιματιστικές Μονάδες υψηλής θερμικής πυκνότητας (high heat density) έως 30kW ανά ικρίωμα και σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας δρόσου.
4. Κλιματιστικές Μονάδες τύπου σειράς (in row) απευθείας εκτόνωσης ή ψυχρού νερού με τεχνολογία **freecooling** για ψύξη έως 20kW ανά ικρίωμα και σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας προσαγωγής.

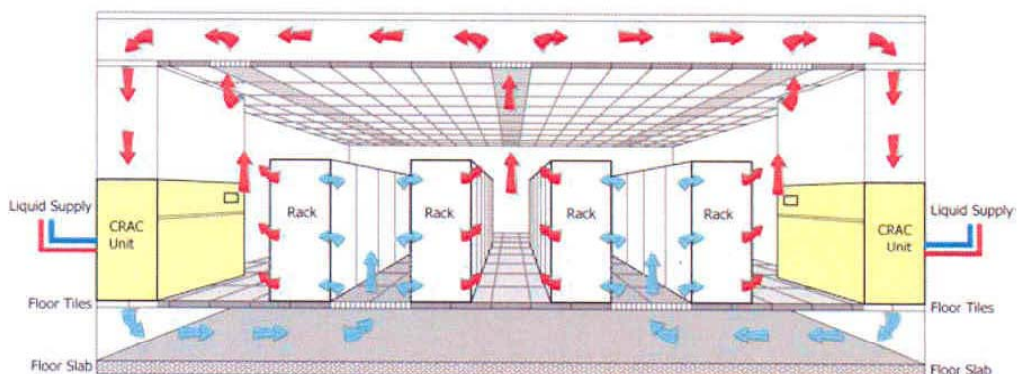
- **Κλειστής αρχιτεκτονικής** – Η κυκλοφορία του αέρα οδηγείται διαχωρίζοντας με δομικά στοιχεία τον ψυχρό από τον θερμό αέρα.

Οι κλιματιστικές Μονάδες σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να είναι:

1. Κλιματιστικές Μονάδες δαπέδου τύπου απευθείας εκτόνωσης και ικρυσειρές σε διάταξη κρύων και θερμών διαδρόμων με κλείσιμο των ψυχρών ή θερμών διαδρόμων.
2. Κλιματιστικές Μονάδες δαπέδου τύπου απευθείας εκτόνωσης ή νερού με τεχνολογία **freecooling** και ικρυσειρές σε διάταξη κρύων και θερμών διαδρόμων με κλείσιμο των θερμών διαδρόμων ή των ψυχρών διαδρόμων σε συνδυασμό με έξυπνο σύστημα όπως το SMART AISLE® του κατασκευαστικού οίκου Emerson Network Power τόπου μέσω ενός πολύ εξελιγμένου λογισμικού προγράμματος εγκατεστημένο στους μικροεπεξεργαστές των Κλιματιστικών Μονάδων ελέγχει ακριβώς την ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στον ψυχρό διάδρομο αλλά και την θερμοκρασία του εισερχομένου αέρα.
3. Κλιματιστικές Μονάδες τύπου σειράς απευθείας εκτόνωσης ή νερού με τεχνολογία **freecooling** για ψύξη έως 30kW ανά ικρίωμα και σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας προσαγωγής καθώς και κλείσιμο θερμών διαδρόμων ή των ψυχρών διαδρόμων και έξυπνο σύστημα όπως το SMART AISLE® του κατασκευαστικού οίκου Emerson Network Power.

3.3.2 Εφαρμογές Ανοικτής Αρχιτεκτονικής

1. Η πιο απλή μορφή ψύξης ενός χώρου με ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό είναι η χρησιμοποίηση επιδαπέδων Κλιματιστικών Μονάδων τύπου Downflow και τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού σε ψυχρούς και θερμούς διαδρόμους σύμφωνα με τις οδηγίες της **ASHRAE**. Οι Κλιματιστικές Μονάδες μπορούν να τοποθετηθούν εντός ή εκτός του χώρου.



Εικόνα 19. Ψύξη κέντρου δεδομένων με χρήση κλιματιστικών μονάδων τύπου Downflow

Οι κλιματιστικές Μονάδες σε αυτή την περίπτωση μπορεί να λειτουργούν με ψυκτικό μέσο φρέον και για κάθε εσωτερική Μονάδα αντιστοιχεί μία ή δύο εξωτερικές Μονάδες.

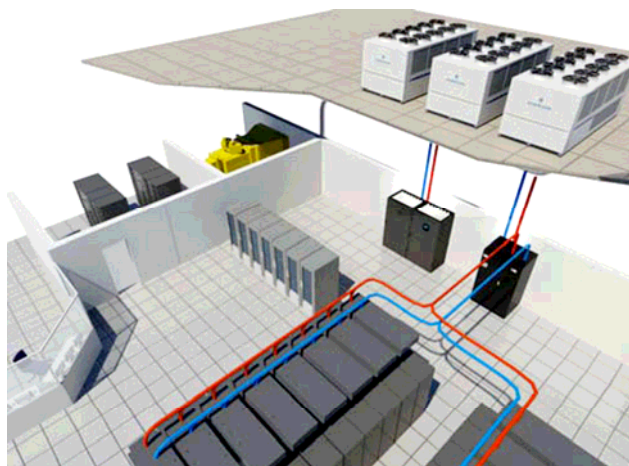
Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1).
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Τοποθέτηση των Μονάδων εντός ή εκτός του χώρου ή σε όποιο σημείο του χώρου είναι εφικτό χωρίς επίπτωση στην ποιότητα της ψύξης.
- Ευκολία εγκατάστασης.
- Χαμηλό κόστος κτίσης και εγκατάστασης.
- Υψηλός βαθμός απόδοσης.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με σύγχρονες τεχνολογίες όπως χρήση συμπιεστών τύπου **Digital Scroll®** του κατασκευαστικού οίκου Emerson Network Power. Με τον συμπιεστή εξοικονόμησης ενέργειας τύπου DIGITAL SCROLL επιτρέπεται η αυτόματη ρύθμιση της φόρτισης του συμπιεστή ανάλογα με το θερμικό φορτίο του χώρου από 15% έως 100% χωρίς βήματα. Έτσι επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας **έως και 47%**, μειωμένοι κύκλοι λειτουργίας, αύξηση της ωφέλιμης ζωής του συμπιεστή και αξιοπιστία στην λειτουργία του.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 35kW.
- Έως 50 μέτρα απόσταση των εσωτερικών και εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων.

2. Εναλλακτικά στην ανοικτή αρχιτεκτονική μπορούν να τοποθετηθούν συστήματα ψύξης νερού ήτοι εσωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες νερού και εξωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες – Αερόψυκτοι Ψύκτες Νερού. Σε αυτήν την περίπτωση το ψυκτικό μέσο το οποίο είναι νερό θα εισέλθει εντός του χώρου με τον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό για να τροφοδοτήσει τις εσωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες.



Εικόνα 20. Ψύκτες νερού τοποθετημένοι στο δώμα του κτιρίου

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

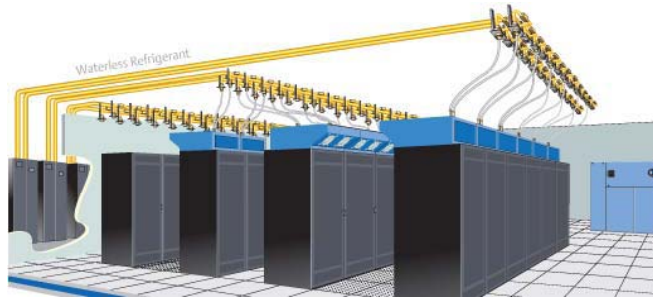
- Μέγιστο επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1 για τις εσωτερικές και εξωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες και εφόσον οι υδραυλικές σωληνώσεις γίνουν διπλές).
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Τοποθέτηση των Μονάδων εντός ή εκτός του χώρου ή σε όποιο σημείο του χώρου είναι εφικτό χωρίς επίπτωση στην ποιότητα της ψύξης.
- Εξοικονόμηση ενέργειας (εφόσον επιλεγεί ο σχεδιασμός τύπου freecooling).
- Απεριόριστα μέτρα μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών Μονάδων.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Χαμηλός βαθμός απόδοσης εφόσον δεν χρησιμοποιηθεί τεχνολογία freecooling.
 - Δυνατότητα ψύξης κριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 5kW.
 - Βάρος και μέγεθος εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων.
 - Πολύ υψηλό κόστος κτίσης και εγκατάστασης.
 - Μειωμένα επίπεδα διαθεσιμότητας (εφόσον οι υδραυλικές σωληνώσεις γίνουν μονές).
 - Νερό εντός του χώρου με τον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό πλησίον των σωληνώσεων.
 - Αξίζει για εφαρμογές από 200kW και πάνω συνολικό ψυκτικό φορτίο.
3. Σύστημα ψύξης υψηλής θερμικής πυκνότητας όπου οι εφαρμογές απαιτούν ψύξη άνω των 5kW ανά κριώμα. Η διαφορετικότητα του συστήματος εστιάζεται στο γεγονός ότι η ψύξη μεταφέρεται στην πηγή της, ακριβώς εκεί που υπάρχει η ανάγκη με τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες οροφής. Επίσης εξασφαλίζεται η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας καθώς δεν γίνεται περιττή αφύγρανση μέσω ενός εξελιγμένου λογισμικού συστήματος και hardware που ελέγχει συνεχώς την **θερμοκρασία δρόσου** του χώρου.



Εικόνα 21. Ψύξη κέντρου δεδομένων με χρήση κλιματιστικών μονάδων τύπου Overhead τοποθετημένες στον ψυχρό διάδρομο



Εικόνα 22. Ψύξη κέντρου δεδομένων με χρήση κλιματιστικών μονάδων τύπου Overhead τοποθετημένες στην οροφή των ικριωμάτων

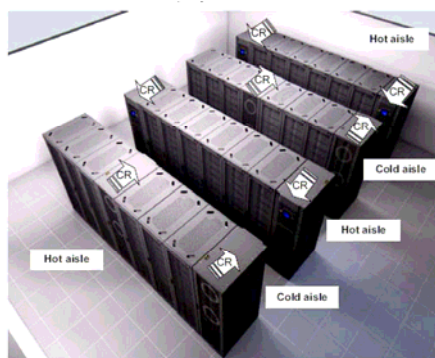
Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 30kW.
- Υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+N).
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Δεν «πιάνουν» χώρο στο πάτωμα εξασφαλίζοντας αύξηση του αριθμού των ικριωμάτων στον χώρο.
- Μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.
- Εύκολη τοποθέτηση.
- Δυνατότητα επέκτασης.
- Όχι περιττή αφύγρανση με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Πολύ υψηλό κόστος κτίσης.
- Έχει οικονομικό όφελος για εφαρμογές από 7kW ανά ικρίωμα και πάνω και για περιορισμένους χώρους.

4. Η τέταρτη λύση ανοικτής αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει Κλιματιστικές Μονάδες σειράς (In-Row) οι οποίες τοποθετούνται στην ικριωσειρά και ψύχουν τοπικά.



Εικόνα 23. Ψύξη κέντρου δεδομένων με χρήση κλιματιστικών μονάδων τύπου σειράς (Inrow)

Επίσης επιτρέπεται η εξυπηρέτηση θερμικών φορτίων έως 25kW ανά ικρίωμα σε περιπτώσεις υψηλής θερμικής πυκνότητας.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 25kW.
- Μέγιστο επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1) σε περίπτωση που οι μονάδες είναι νερού.
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.
- Εύκολη τοποθέτηση.
- Όχι περιττή αφύγρανση με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Όχι πολύ υψηλό κόστος κτίσης.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Έως 50m απόσταση των εσωτερικών και εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων σε περίπτωση που λειτουργούν με ψυκτικό μέσο φρέον.
- Καταλαμβάνουν χώρο στο πάτωμα εντός της ικρивоσειρας.

5. Η πέμπτη λύση ανοικτής αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει Κλιματιζόμενες Πόρτες Νερού τοποθετημένες στην πίσω πλευρά των ικριωμάτων, δηλαδή στην περιοχή απαγωγής της θερμότητας απευθείας από την πηγή. Οι μονάδες αυτές ψύχουν τοπικά.



Εικόνα 24. Ψύξη κέντρου δεδομένων με χρήση κλιματιζόμενων πορτών νερού

Επίσης επιτρέπεται η εξυπηρέτηση θερμικών φορτίων έως 35kW ανά ικρίωμα σε περιπτώσεις υψηλής θερμικής πυκνότητας.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

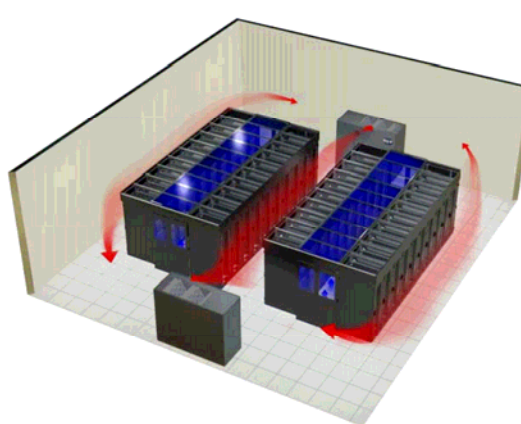
- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 35kW.
- Υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας σε συνεργασία με άλλες μεθόδους ψύξης.
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού.
- Πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.
- Δεν υπάρχουν κινούμενα μηχανικά μέρη (ανεμιστήρες) με αποτέλεσμα την μέγιστη εξοικονόμησης ενέργειας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας (εφόσον επιλεγεί ο σχεδιασμός τύπου freecooling).
- Απεριόριστα μέτρα μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών Μονάδων.
- Όχι περιττή αφύγρανση με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Πολύ υψηλό κόστος κτίσης.
- Έχει οικονομικό όφελος για εφαρμογές από 25kW ανά ικρίωμα και πάνω και για περιορισμένους χώρους.

3.3.3 Εφαρμογές Κλειστής Αρχιτεκτονικής

1. Στις εφαρμογές Κλειστής Αρχιτεκτονικής η διαδρομή του ανακυκλούμενου αέρα εντός του χώρου του κέντρου δεδομένων είναι διακριτή και διαχωρίζεται με φυσικά εμπόδια ο θερμός από τον ψυχρό αέρα. Έτσι αποφεύγεται η ανάμειξη του και μειώνεται κατακόρυφα η κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με αυτή την ανάμειξη. Ο ψυχρός αέρας οδηγείται απευθείας στον ενεργό εξοπλισμό και στην αναρρόφηση του και ο θερμός επιστρέφει χωρίς να αναμειχθεί με τον κρύο κατευθείαν στην Κλιματιστική Μονάδα. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται χρησιμοποίηση επιδαπέδιων Κλιματιστικών Μονάδων τύπου Downflow με ψυκτικό μέσο φρέον.



Εικόνα 25. Ψύξη κέντρου δεδομένων με κλείσιμο του ψυχρού διαδρόμου

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 20kW.
- Υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1 Κλιματιστικών Μονάδων με ψυκτικό μέσο φρέον).
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Δεν απαιτείται η τοποθέτηση επιπλέον Κλιματιστικών Μονάδων για την εξυπηρέτηση των αυξημένων θερμικών φορτίων ανά ικρίωμα.
- Εξοικονόμηση ενέργειας από μειωμένη λειτουργία των ανεμιστήρων.
- Χαμηλό κόστος κτίσης και εγκατάστασης.
- Υψηλός βαθμός απόδοσης.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Όχι εύκολη μετακίνηση ικριωμάτων.
- Έως 50m απόσταση των εσωτερικών και εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων.

2. Η επόμενη λύση κλειστής αρχιτεκτονικής είναι σαν την προηγούμενη αλλά αντί για Κλιματιστικές Μονάδες με ψυκτικό μέσο φρέον το σύστημα συνδέεται με Κλιματιστικές Μονάδες νερού συνδυάζει δηλαδή την 2η λύση της ανοικτής αρχιτεκτονικής με την 1η λύση της κλειστής αρχιτεκτονικής αλλά και τα πλεονεκτήματα και των δύο. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν λύσεις όπως το SMART AISLE® του κατασκευαστικού οίκου Emerson Network Power που περιγράφηκε προηγούμενος. Σε συνδυασμό με τον απομακρυσμένο Αερόψυκτο Ψύκτη Νερού επιτυγχάνεται επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας με την τεχνολογία freecooling.



Εικόνα 26. Ψύξη κέντρου δεδομένων χρησιμοποιώντας ψύκτες νερού και κλείσιμο του ψυχρού διαδρόμου

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

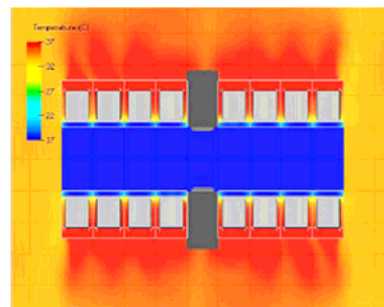
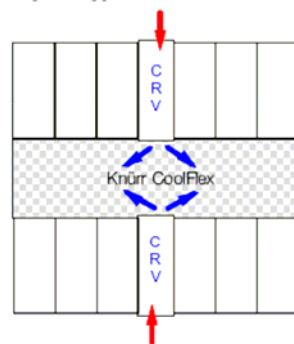
- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 20kW.

- Μέγιστο επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1 για τις εσωτερικές και εξωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες και εφόσον οι υδραυλικές σωληνώσεις γίνουν διπλές).
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Δεν απαιτείται η τοποθέτηση επιπλέον Κλιματιστικών Μονάδων για την εξυπηρέτηση των αυξημένων θερμικών φορτίων ανά ικρίωμα.
- Επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας με την τεχνολογία **SMART AISLE®** και freecooling.
- Χαμηλό κόστος κτίσης και εγκατάστασης.
- Υψηλός βαθμός απόδοσης.
- Απεριόριστη απόσταση μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών Μονάδων.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Όχι εύκολη μετακίνηση ικριωμάτων.
 - Βάρος και μέγεθος εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων.
 - Πολύ υψηλό κόστος κτίσης και εγκατάστασης.
 - Μειωμένα επίπεδα διαθεσιμότητας (εφόσον οι υδραυλικές σωληνώσεις γίνουν μονές).
 - Νερό εντός του χώρου με τον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό πλησίον των σωληνώσεων.
 - Έχει οικονομικό όφελος για εφαρμογές από 200kW και πάνω συνολικό ψυκτικό φορτίο.
3. Η τρίτη λύση Κλειστής αρχιτεκτονικής είναι συνδυασμός της 4ης λύσης ανοικτής αρχιτεκτονικής και της 1ης της κλειστής αρχιτεκτονικής. Έτσι χρησιμοποιούνται οι Κλιματιστικές Μονάδες τύπου σειράς και σύστημα κλεισίματος του θερμού ή του ψυχρού διαδρόμου. Συνδυάζονται έτσι τα υπέρ και των δύο λύσεων.

6. Example of applications with CoolFlex



Example of an application with two rows and Knür CoolFlex (cold air containment). Cold and hot aisles are well divided and no air recirculation is present with such application. N+1 Redundancy may be provided

Εικόνα 27. Κάτοψη ικρwiseirών με κλιματιστικές μονάδες τύπου σειράς (Inrow) και κλείσιμο του ψυχρού διαδρόμου



Εικόνα 28. Εξωτερική όψη του κλειστού ψυχρού διαδρόμου

Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Δυνατότητα ψύξης ικριωμάτων με θερμικό φορτίο έως 30kW.
- Μέγιστο επίπεδο διαθεσιμότητας (σε διάταξη N+1) σε περίπτωση που οι μονάδες είναι νερού.
- Ευελιξία και χωρίς περιορισμούς τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού (με την προϋπόθεση ότι ψύχονται από το ψυχρό διάδρομο).
- Πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Λειτουργία μέχρι και τους +50°C εξωτερική θερμοκρασία.
- Όχι περιττή αφύγρανση με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Όχι πολύ υψηλό κόστος κτίσης.

Τα μειονεκτήματα αυτής της λύσης:

- Όχι εύκολη μετακίνηση ικριωμάτων.
- Έως 50m απόσταση των εσωτερικών και εξωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων σε περίπτωση που λειτουργούν με ψυκτικό μέσο φρέον.
- Καταλαμβάνουν χώρο στο πάτωμα εντός της ικριωσειρας.

3.4 Οικονομικοί Δείκτες

3.4.1 TCO – Total Cost of Ownership

Το **Συνολικό κόστος της ιδιοκτησίας (TCO)** είναι μια οικονομική εκτίμηση με σκοπό να βοηθήσει τους καταναλωτές και τους υπευθύνους των οργανισμών να αξιολογήσουν τις άμεσες και έμμεσες δαπάνες καθώς επίσης και τα οφέλη σχετικά με την απόφαση να προβούν σε οποιαδήποτε κύρια επένδυση, όπως (αλλά μην περιοριστικά) αγορά υπολογιστών, λογισμικού ή άλλου εξοπλισμού. Το TCO προσφέρει ιδανικά μια τελική δήλωση που απεικονίζει όχι μόνο το κόστος της αγοράς αλλά όλων των πτυχών στην περαιτέρω χρήση και συντήρηση του εξοπλισμού, συσκευής, ή εξεταζόμενου συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει τις δαπάνες του προσωπικού υποστήριξης, το κόστος των χρηστών του συστήματος, τις δαπάνες που συνδέονται με την αστοχία ή τις διακοπές λειτουργίας (προγραμμαμένες και μη), τις δαπάνες των παραβιάσεων ασφάλειας (δαπάνες απώλειας φήμης και αποκατάστασης), δαπάνες της αποκατάστασης από καταστροφή, της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τις δαπάνες ανάπτυξης καθώς και άλλες δαπάνες. Επομένως το TCO αναφέρεται μερικές φορές ως το συνολικό κόστος λειτουργίας [16].

Η πρόβλεψη και η μέτρηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας (TCO) για την υλική υποδομή των χώρων που θα εγκατασταθεί εξοπλισμός στο κέντρο δεδομένων, είναι πολύτιμη πληροφορία για να πραγματοποιηθεί ανάλυση της απόδοσης της επένδυσης (ROI) όπως επίσης και για άλλες επιχειρηματικές αποφάσεις. Επιπλέον, η κατανόηση του κόστους που οδηγεί στο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας παρέχει πληροφορίες για τον έλεγχο των δαπανών [18].

Παραδείγματος χάριν, η απόφαση να αγοραστεί ένας υπολογιστής μπορεί να οδηγήσει στην ακόλουθη ανάλυση TCO:

Η υψηλότερη αρχική τιμή ενός υπολογιστή τελευταίας τεχνολογίας πρόκειται να ισορροπηθεί με την προσθήκη των πιθανών δαπανών επισκευής και πρόωρης αντικατάστασης στο κόστος αγοράς ενός φτηνότερου υπολογιστή, μεταξύ άλλων παραγόντων. Η αρχική τιμή γίνεται ακριβώς η αρχή του κύκλου ζωής των δαπανών.

Η ανάλυση TCO δημιουργήθηκε από την Ομάδα Gartner το 1987 και έχει αναπτυχθεί από τότε με διαφορετικές μεθοδολογίες και εργαλεία λογισμικού. Η αγορά του εξοπλισμού μπορεί να περιλάβει την αρχική τιμή αγοράς, τις επισκευές, την συντήρηση, τις βελτιώσεις, την υπηρεσία και υποστήριξη, την δικτύωση, την ασφάλεια, την κατάρτιση των χρηστών, και την χορήγηση αδειών λογισμικού, μεταξύ άλλων δαπανών.

Η έννοια του TCO χρησιμοποιείται ευρέως την βιομηχανία των κέντρων δεδομένων. Σε αυτό το πλαίσιο, το TCO αντιπροσωπεύει το κόστος της κατασκευής, καθώς και το κόστος λειτουργίας και διατήρησης του κέντρου δεδομένων.

Πολλοί καταναλωτές, επιχειρήσεις, και κυβερνήσεις αποτυγχάνουν να καταλάβουν και να υπολογίσουν TCO και στηρίζονται αντ' αυτού στο TCA (συνολικό κόστος απόκτησης) για να λάβουν τις αποφάσεις αγορών.

Το TCO μπορεί συχνά ποικίλλει εντυπωσιακά ενάντια του TCA, αν και το TCO είναι πολύ πιο σχετικό στον καθορισμό της βιωσιμότητας οποιασδήποτε κύριας επένδυσης, ειδικά με στις σύγχρονες πιστωτικές αγορές και τη χρηματοδότηση. Το TCO επίσης αφορά άμεσα τις συνολικές δαπάνες μιας επιχείρησης σε όλα τα προγράμματα και κατά συνέπεια, στην αποδοτικότητά της.

Το θετικό μεταξύ όλων αυτών αναφορικά με τα κέντρα δεδομένων είναι ότι η απόδοση και οι δυνατότητες του εξοπλισμού πληροφορικής στα κέντρα δεδομένων αυξάνεται με πολύ υψηλότερο ρυθμό από την αύξηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας. Αυτό σημαίνει ότι το πραγματικό κόστος ανά μονάδα υπολογιστικής απόδοσης μειώνεται στα Κέντρα Δεδομένων [16].

Χρήσιμοι Συντελεστές σχετικοί με το TCO [17]

Συντελεστής Ανάκτησης Κεφαλαίου

$$\text{ΣΑΚ} = \frac{\varepsilon \cdot (1 + \varepsilon)^V}{(1 + \varepsilon)^V - 1}$$

Συντελεστής Συσσώρευσης Κεφαλαίου

$$\Sigma\Sigma K = \frac{\epsilon}{(1+\epsilon)^v - 1}$$

Κόστος εξοπλισμού

Στο κόστος αυτό του εξοπλισμού περιλαμβάνεται:

(α) το κόστος ιδιοκτησίας του εξοπλισμού (ownership cost)

(β) το λειτουργικό κόστος (operating cost)

Η διάκριση αυτή είναι απαραίτητη δεδομένων των εναλλακτικών επιλογών που μπορούν να εξεταστούν κατά την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου (π.χ. αγορά νέου ή μεταχειρισμένου εξοπλισμού, μίσθωση του μηχανήματος, ανάθεση σε εταιρεία παροχής υπηρεσιών hosting, κ.λπ.).

Κόστος ιδιοκτησίας εξοπλισμού

Μέθοδος Ισοδύναμου Κόστους Δανεισμού

Το κόστος του ιδιόκτητου εξοπλισμού μπορεί να υπολογιστεί με την παραδοχή ότι εκμισθώνεται. Στην περίπτωση αυτή με τη βοήθεια του συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου (ΣΑΚ) υπολογίζεται το κόστος σε ετήσια βάση ως αποπληρωμή ενός δανείου ίσου προς το κόστος αγοράς.

Ένας διακομιστής αγοράστηκε 50.000 €, λειτουργεί 8760 ώρες λειτουργίας ανά έτος και έχει αναμενόμενη διάρκεια ζωής 45.000 ώρες.

Θα εξετάσουμε ποιο είναι το ωριαίο κόστος ιδιοκτησίας, εάν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 8%

Ο διακομιστής έχει διάρκεια ζωής:

45.000 ώρες / 8760 ώρες ανά έτος = 5 έτη περίπου.

Με τη βοήθεια της εξίσωσης υπολογισμού ανάκτησης κεφαλαίου για επιτόκιο 8% και $n = 5$ έτη, υπολογίζεται ο ΣΑΚ ως εξής:

$$\Sigma\Sigma K = [0,08 * (1+0,08)^5] / [(1+0,08)^5 - 1] = 0,2505.$$

Επομένως, η ετήσια δόση αποπληρωμής του «δανείου» είναι:

$$\text{Ετήσια δόση} = 0,2505 * 50.000 = 12.525 \text{ €}$$

Άρα, το ωριαίο κόστος ιδιοκτησίας είναι:

$$\text{Ωριαίο κόστος} = 12.525 / 45.000 = 0,28 \text{ €}$$

Μέθοδος Μέσης Απόσβεσης

Το κόστος απόσβεσης υπολογίζεται από το άθροισμα δύο διακριτών παραγόντων:

- ο πρώτος αφορά στην παλαίωση του μηχανήματος
- ο δεύτερος αφορά στο κόστος του κεφαλαίου που επένδυσε η εταιρεία για τον εξοπλισμό.

Το κόστος που σχετίζεται με την παλαίωση του εξοπλισμού υπολογίζεται με γραμμική απόσβεση:

Κόστος απόσβεσης = Κόστος αγοράς / διάρκεια ζωής του μηχανήματος (σε ώρες)

Το κόστος που σχετίζεται με τη δέσμευση του κεφαλαίου υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

Κόστος επένδυσης = Μέση ετήσια απόσβεση x ε / ετήσιες ώρες λειτουργίας

όπου: μέση ετήσια απόσβεση = Κόστος αγοράς x [(n+1)/2n]

n = διάρκεια ζωής του διακομιστή σε έτη

ε = επιτόκιο προεξόφλησης

Κόστος απόσβεσης = 50.000/45.000 = 1,11 €/ώρα

Κόστος επένδυσης = 50.000 * [(5+1)/2*5] * 0,08 / 8760 = 0,27 €/ώρα

Επομένως, το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας είναι:

1,11 + 0,27 = 1,38 €/ώρα

3.5 Ενεργειακοί Δείκτες

3.5.1 PUE - Power Usage Effectiveness & DCE - Data Center Efficiency

Το Green Grid θεσπίζει δείκτες μέτρησης της απόδοσης για τα κέντρα δεδομένων και προσφέρει καθοδήγηση στις τεχνολογίες που ισχυρίζονται την βελτίωση της απόδοσης ανά watt. Ιδανικά αυτές οι μετρήσεις και οι διαδικασίες βοηθήσουν στον καθορισμό εάν μπορούν να βελτιστοποιηθούν τα υφιστάμενα κέντρα δεδομένων πριν είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί ένα νέο κέντρο δεδομένων [19].

Υποστηρίζει δύο σχετικές μετρήσεις που έχουν εισαχθεί πρόσφατα στη βιομηχανία των κέντρων δεδομένων. Αυτές είναι η Μονάδα Υπολογισμού Αποτελεσματικότητας (Power Usage Effectiveness - PUE) και η Απόδοση του Κέντρου Δεδομένων (Data Center Efficiency - DCE).

Μονάδα Υπολογισμού Αποτελεσματικότητας (Power Usage Effectiveness - PUE)

Το PUE ορίζεται ως εξής:

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}} \quad \text{ή} \quad \frac{\text{Σύνολο καταναλώσεων Κέντρου Δεδομένων}}{\text{Καταναλώσεις εξοπλισμού πληροφορικής}}$$

Απόδοση του Κέντρου Δεδομένων (Data Center Efficiency - DCE)

Το DCE ορίζεται ως εξής:

$$DCE = \frac{\text{IT Equipment Power}}{\text{Total Facility Power}} \quad \text{ή} \quad \frac{\text{Καταναλώσεις εξοπλισμού πληροφορικής}}{\text{Σύνολο καταναλώσεων Κέντρου Δεδομένων}}$$

Για τις ανωτέρω εξισώσεις, το σύνολο των καταναλώσεων του κέντρου δεδομένων ορίζεται ως η ενέργεια που μετράται από τον μετρητή του δημόσιου δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ή η ισχύς που καταναλώνεται αποκλειστικά στο κέντρο δεδομένων (αυτό είναι σημαντικό για τα κτίρια τα οποία φιλοξενούν κέντρα δεδομένων ως μία από πολλές λειτουργίες τους). Ως καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής ορίζεται η κατανάλωση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση, επεξεργασία, αποθήκευση ή δρομολόγηση δεδομένων. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η κατανόηση των στοιχείων του εξοπλισμού πληροφορικής για τις μετρήσεις, όπως μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

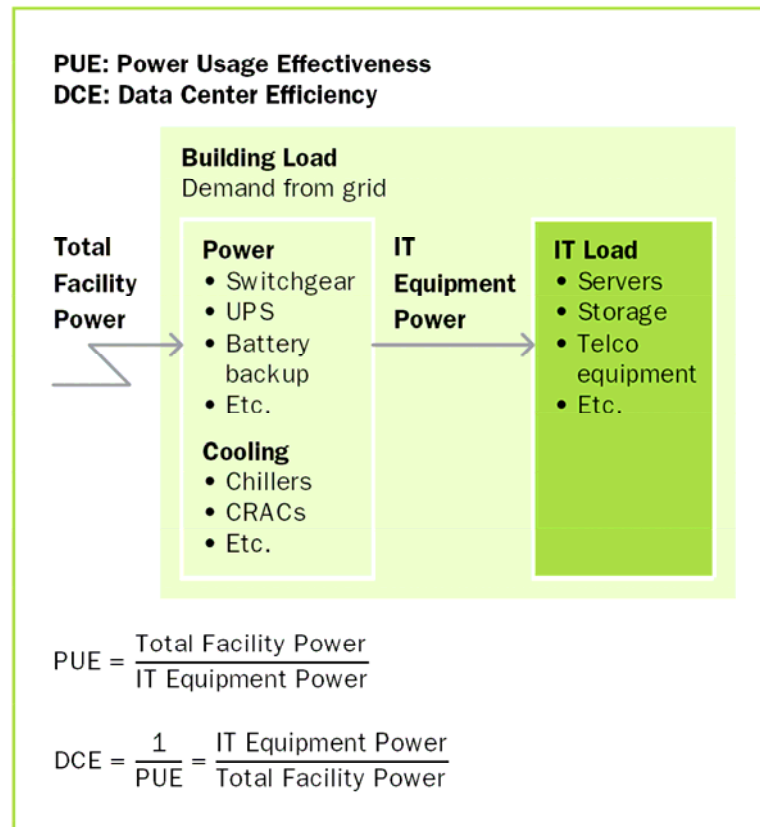
1. **Καταναλώσεις εξοπλισμού πληροφορικής.** Αυτό περιλαμβάνει το φορτίο που σχετίζεται με όλες οι συσκευές Πληροφορικής, όπως υπολογιστές, συσκευές αποθήκευσης δεδομένων και εξοπλισμό δικτύου, μαζί με τον συμπληρωματικό εξοπλισμό όπως – KVM switch, οθόνες, και σταθμοί εργασίας/φορητοί υπολογιστές που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση ή τον έλεγχο του κέντρου δεδομένων.
2. **Σύνολο καταναλώσεων Κέντρου Δεδομένων.** Αυτό περιλαμβάνει όλον τον υποστηρικτικό εξοπλισμό που υποστηρίζει τις Καταναλώσεις του Εξοπλισμού Πληροφορικής όπως:
 - Εξοπλισμός διανομής ενέργειας όπως τα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας, διακόπτες, γεννήτριες, συσκευές διανομής ισχύος (PDU), συσσωρευτές και απώλειες κατά την διανομή της ισχύος στον εξοπλισμό πληροφορικής.
 - Εξοπλισμός ψυκτικού συστήματος όπως ψύκτες νερού, εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες (CRACs), κλιματιστικές μονάδες απάθειας εκτόνωσης (DX), αντλίες και πύργοι ψύξης.
 - Υπολογιστές, εξοπλισμός δικτύου και αποθήκευσης.
 - Την μείωση της απόδοσης του Συστήματος Αδιαλείπτου Λειτουργίας UPS όταν λειτουργεί σε χαμηλό ποσοστό φορτίου.
 - Διάφορα άλλα φορτία όπως ο φωτισμός του κέντρου δεδομένων.

Το PUE και το DCE παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τον προσδιορισμό:

- Των δυνατοτήτων βελτίωσης της απόδοσης της λειτουργίας των κέντρων δεδομένων
- Της σύγκρισης μεταξύ κέντρων δεδομένων
- Εάν οι διαχειριστές ενός κέντρου δεδομένων βελτιώνουν τον σχεδιασμό και τις διαδικασίες λειτουργίας με το πέρασμα του χρόνου.
- Τις δυνατότητες αξιοποίησης της ενέργειας για πρόσθετο εξοπλισμό πληροφορικής.

Ενώ και οι δύο αυτές μετρήσεις είναι ουσιαστικά ίδιες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να απεικονίσουν την κατανομή ενέργειας στο κέντρο δεδομένων διαφορετικά. Για παράδειγμα, εάν το PUE είναι 3.0, αυτό υποδηλώνει ότι η ζήτηση για ενέργεια του κέντρου δεδομένων είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται για την τροφοδοσία του εξοπλισμού πληροφορικής. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως

παράγοντας πολλαπλασιασμού, για τον υπολογισμό του πραγματικού αντικτύπου των ενεργειακών απαιτήσεων του συστήματος. Για παράδειγμα, εάν ένας διακομιστής απαιτεί 500W και το PUE για το κέντρο δεδομένων είναι 3.0, τότε η ισχύς που απαιτείται από το δημόσιο δίκτυο για την τροφοδοσία του διακομιστή είναι 1500W. Η μέτρηση του DCE είναι επίσης πολύ χρήσιμη. Για παράδειγμα μία τιμή DCE 0,33 (ισοδύναμη με ένα PUE 3.0) και σημαίνει ότι οι συσκευές πληροφορικής καταναλώνουν το 33% της ισχύος στο κέντρο δεδομένων.



Εικόνα 29. Απεικόνιση υπολογισμού του PUE και του DCE σε ένα κέντρο δεδομένων.

Στην Εικόνα 29, το **Σύνολο Καταναλώσεων Κέντρου Δεδομένων** μετράται κοντά ή απευθείας στον μετρητή ρεύματος, ώστε να αντικατοπτρίζεται με ακρίβεια η ισχύς που εισέρχεται στο κέντρο δεδομένων. Αυτό θα έπρεπε να αντιπροσωπεύει τη συνολική ισχύ που καταναλώνεται στο κέντρο δεδομένων. Μεμονωμένος μετρητής θα πρέπει να εγκατασταθεί στο κέντρο δεδομένων εφόσον αυτό είναι τμήμα κτιρίου και καταναλώνει ενέργεια μεταξύ και άλλων καταναλώσεων για άλλες λειτουργίες του κτιρίου. Διαφορετικά θα προέκυπτε λανθασμένος υπολογισμός του PUE και του DCE. Για παράδειγμα, εάν ένα κέντρο δεδομένων βρίσκεται σε ένα κτίριο γραφείων, η συνολική απορροφώμενη ισχύς από το δίκτυο παροχής ενέργειας είναι το άθροισμα του Συνόλου Καταναλώσεων του κέντρου δεδομένων συν τις καταναλώσεις για την λειτουργία του υπόλοιπου κτιρίου.

Οι Καταναλώσεις εξοπλισμού πληροφορικής μετρώνται μετά από όλες τις μετατροπές ενέργειας, την μεταγωγή, τον κλιματισμό και πριν τον εξοπλισμό πληροφορικής.

Το πιο σωστό σημείο μέτρησης είναι στην έξοδο των συστημάτων διανομής ισχύος (PDUs) στο κέντρο δεδομένων. Η μέτρηση αυτή πρέπει να αντιπροσωπεύει τη συνολική ισχύ η οποία διανεμήθηκε στα κριώματα με τον εξοπλισμό πληροφορικής στο κέντρο δεδομένων. Το PUE μπορεί να κυμαίνεται από 1.0 έως άπειρο. Στην ιδανική περίπτωση, μια τιμή PUE που πλησιάζει το 1.0 είναι ένδειξη αποτελεσματικότητας 100% (δηλαδή όλη η ισχύς χρησιμοποιείται μόνο από τον εξοπλισμό πληροφορικής. Προς το παρόν, δεν υπάρχουν πλήρη δεδομένα που να δείχνουν την τάση του PUE στα κέντρα δεδομένων. Αποτέλεσμα μερικών προκαταρκτικών εργασιών δηλώνουν ότι πολλά κέντρα δεδομένων μπορεί να έχουν PUE 3,0 ή και μεγαλύτερο, αλλά με σωστό σχεδιασμό μια τιμή PUE 1.6 μπορεί να είναι εφικτή. Η θεωρία αυτή υποστηρίζεται από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τα Lawrence Berkley National Labs που δείχνει ότι σε 22 κέντρα δεδομένων που μετρήθηκε το PUE είχε τιμές μεταξύ 1.3 έως 3.0. Άλλες έρευνες δείχνουν ότι τιμές PUE της τάξης του 2.0 είναι εφικτές με σωστό σχεδιασμό. Ωστόσο, αυτή τη στιγμή δεν έχει οριστεί κάποιος φορέας ο οποίος να συλλέγει και να διατηρεί δεδομένα που να εμφανίζουν συνολικά ακριβείς στατιστικές του PUE για τα κέντρα δεδομένων. Επιπλέον, δεν υπάρχει γενική συμφωνία για το τι συνιστά ένα αποδοτικό ή μη αποδοτικό κέντρο δεδομένων.

Ένα κτίριο μπορεί να φιλοξενεί πλήθος λειτουργιών ταυτόχρονα, όπως κέντρα δεδομένων, εργαστήρια, γραφεία, κλπ. Για αυτούς τους τύπους κτιρίων, ο καθορισμός της χρήσης ενέργειας μόνο για το κέντρο δεδομένων είναι δύσκολος.

Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν η κεντρική παροχή ισχύος εισέρχεται στο κτίριο από ένα σημείο (π.χ., μέσω Γενικού Πεδίου Χαμηλής Τάσης το οποίο βρίσκεται σε ένα δωμάτιο) και διανέμεται στη συνέχεια σε διάφορες θέσεις του κτιρίου. Αυτού του τύπου εγκαταστάσεις κτιρίων δυσκολεύουν τον καθορισμό των απωλειών ενέργειας μεταξύ του σημείου εισόδου της παροχής ισχύος στο κτίριο έως την διανομή της στο χώρο του κέντρου δεδομένων.

Ο υπολογισμός των PUE και DCE περιπλέκεται περαιτέρω με τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες ψύξης όπως στην περίπτωση ενσωμάτωσης συστημάτων ψύξης όπως αντλίες, φυσητήρες και εναλλάκτες θερμότητας στο εσωτερικό του εξοπλισμού πληροφορικής.

Η χρήση τέτοιων τεχνολογιών ψύξης δυσκολεύουν στον καθορισμό διαχωριστικών γραμμών για το τι είναι εξοπλισμός πληροφορικής και τι εξοπλισμός υποστηρικτικών υποδομών.

Ωστόσο, υπάρχουν μέθοδοι που μπορεί να γίνει προσέγγιση του PUE ακόμα και υπό αυτές τις συνθήκες.

3.5.2 Περαιτέρω εξελίξεις της Μονάδας Υπολογισμού Αποτελεσματικότητας (Power Usage Effectiveness - PUE)

Το Green Grid εξετάζει επίσης την ανάπτυξη μετρήσεων που παρέχουν καλύτερο επιμερισμό για τη μέτρηση του PUE καθορίζοντας τις εξής συνιστώσες:

$$PUE = \text{Cooling Load Factor (CLF)} + \text{Power Load Factor (PLF)} + 1.0$$

Όπου όλοι οι παράγοντες είναι αναλογίες που χωρίζονται από το φορτίο του εξοπλισμού πληροφορικής και:

- 1.0 αντιπροσωπεύει το κανονικοποιημένο φορτίο του εξοπλισμού πληροφορικής. Αποτελεσματικά αυτός είναι ο συντελεστής φορτίου του εξοπλισμού πληροφορικής, αλλά είναι πάντα 1.0.
- Το Cooling Load Factor (CLF) είναι η συνολική ενέργεια που καταναλώνουν οι ψύκτες νερού, οι πύργοι ψύξης, οι εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες (CRACs), οι αντλίες, κ.λπ. κανονικοποιημένο στο φορτίο του εξοπλισμού πληροφορικής.
- Το Power Load Factor (PLF) είναι η συνολική ισχύς που διοχετεύεται από τον γενικό διακόπτη παροχής ισχύος, από τα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας (UPS), τα συστήματα διανομής ισχύος (PDU) κ.λπ., κανονικοποιημένο στο φορτίο του εξοπλισμού πληροφορικής.

Αυτές οι μετρήσεις αντιμετωπίζουν το πρόβλημα μη ευκρινών διαχωριστικών γραμμών μεταξύ εξοπλισμού πληροφορικής και εξοπλισμού υποστηρικτικών υποδομών όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.

3.5.3 Υπολογισμός PUE σε μεμονωμένα και μικτά Κέντρα Δεδομένων

Παρακάτω αναλύονται οι μέθοδοι μέτρησης του PUE για μεμονωμένα κέντρα δεδομένων αλλά και για μικτά κέντρα δεδομένων σε κτίρια που φιλοξενούν και άλλες υπηρεσίες.

Προτείνονται τέσσερις κατηγορίες PUE και περιγράφονται οι τρόποι αντιμετώπισης και οι λεπτομέρειες υπολογισμού που σχετίζονται με το είδος των πρωτογενών πόρων και τον τύπο των εγκατεστημένων συστημάτων στα κέντρα δεδομένων [20].

Για τον καθορισμό των κατευθύνσεων υπολογισμού του PUE πρέπει πρώτα να οριστούν τα όρια τα περικλείουν το κέντρο δεδομένων.

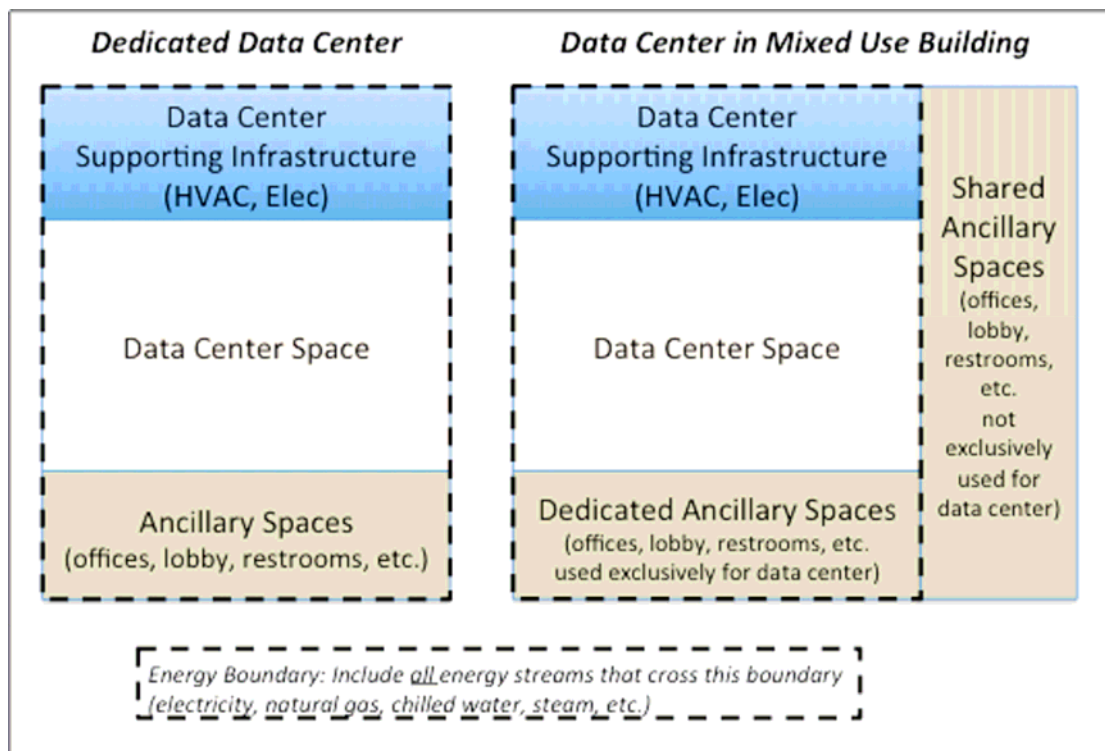
Παρακάτω ορίζονται οι δύο τύποι κέντρων δεδομένων που εμπίπτουν στην μελέτη:

- Μεμονωμένα κέντρα δεδομένων όπου ένα ολόκληρο κτίριο είναι μόνο κέντρο δεδομένων
- Μικτά κέντρα δεδομένων τα οποία είναι τμήματα ενός μεγαλύτερου κτιρίου που υποστηρίζει και άλλες λειτουργίες όπως γραφειακούς χώρους.

Η προσέγγιση υπολογισμού του PUE που παρουσιάζεται παρακάτω είναι ίδια για τους δύο τύπους κέντρων δεδομένων.

Ωστόσο, υπάρχουν μερικές μικρές διαφορές στο πώς ορίζεται το όριο της συνολικής ενεργειακής χρήσης για κάθε τύπο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 30:

- Στα μεμονωμένα κέντρα δεδομένων, τα όρια περιλαμβάνουν όλο κτίριο, δηλαδή τις ενεργειακές απαιτήσεις όλου του κτιρίου.
- Στα μικτά κέντρα δεδομένων, οι κοινόχρηστες βοηθητικές υπηρεσίες όπως προθάλαμοι, τουαλέτες, ανελκυστήρες, μπορούν να αποκλείονται από τα όρια χρήσης της ενέργειας για τα κέντρα δεδομένων. Ωστόσο, οι βοηθητικές υπηρεσίες που είναι αφιερωμένες στο κέντρο δεδομένων πρέπει να περιλαμβάνονται στα όρια χρήσης της ενέργειας (π.χ. προθάλαμος, τουαλέτες, χώροι γραφείου που είναι αφιερωμένες στη λειτουργία του κέντρου δεδομένων).



Εικόνα 30. Όρια χρήσης ενέργειας για μεμονωμένα και μικτά κέντρα δεδομένων.

Για την προσέγγιση του PUE συνιστανται τέσσερις (4) υποκατηγορίες για τη μέτρηση του, εντός του κέντρου δεδομένων:

PUE κατηγορία 0

Πρόκειται για έναν υπολογισμό βάσει της ζήτησης και αντιπροσωπεύεται από το φορτίο αιχμής κατά τη διάρκεια μιας περιόδου μετρήσεων δώδεκα μηνών.

Οι καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής αντιπροσωπεύονται από την ζήτηση σε kW και προκύπτουν από τα στοιχεία εξόδου των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας όπως αυτά μετρώνται κατά τη διάρκεια της μέγιστης ζήτησης ισχύος από τον

εξοπλισμό πληροφορικής. Η συνολική ισχύς του κέντρου δεδομένων μετράται στα όρια του κέντρου δεδομένων (π.χ. στο σημείο εισόδου της ηλεκτρικής παροχής στο κτίριο για τα μεμονωμένα κέντρα δεδομένων ή στους βοηθητικούς μετρητές για τα μικτά κέντρα δεδομένων) και συνήθως αναφέρεται ως απαίτηση σε kW. Καθώς πρόκειται για στιγμιαία μέτρηση, το πραγματικό αντίκτυπο της διακύμανσης της ζήτησης ισχύος από τον εξοπλισμό πληροφορικής ή της απαίτησης σε ενέργεια των υποστηρικτικών συστημάτων ενδέχεται να λείπουν. Εν κατακλείδι, μία συνεπής μέτρηση μπορεί να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες που μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση της ενεργειακής απόδοσης. Το PUE κατηγορία 0 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για κέντρα δεδομένων τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδοσία του ενεργού και υποστηρικτικού εξοπλισμού. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κέντρα δεδομένων που χρησιμοποιούν άλλους τύπους ενέργειας (π.χ. φυσικό αέριο, υδροηλεκτρική ενέργεια, γεωθερμία, κ.λπ.).

PUE κατηγορία 0

Πρόκειται για έναν υπολογισμό βάσει της κατανάλωσης. Οι καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής αντιπροσωπεύονται από την μέτρηση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δώδεκα μηνών των συνολικών kWh στην έξοδο των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας. Αυτή η μέτρηση είναι αθροιστική και απαιτεί τη χρήση μετρητών κατανάλωσης kWh σε όλα τα σημεία από τα οποία λαμβάνονται μετρήσεις. Το σύνολο της ενέργειας περιλαμβάνει όλους τους τύπους καυσίμων που καταναλώνονται για να παραχθεί η ενέργεια που εισαγάγετε στα όρια του κέντρου δεδομένων (ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο, κ.λπ.). Αυτή η μέθοδος μέτρησης καταγράφει τις επιπτώσεις των διακυμάνσεων της ζήτησης ισχύος από τον εξοπλισμό πληροφορικής και των απαιτήσεων σε ενέργεια των υποστηρικτικών συστημάτων όπως των συστημάτων ψύξης και ως εκ τούτου, παρέχει μια ακριβέστερη γενική εικόνα του PUE.

PUE κατηγορία 2

Πρόκειται για υπολογισμό, με βάση την κατανάλωση. Οι καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής αντιπροσωπεύονται από την μέτρηση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δώδεκα μηνών των συνολικών kWh στην έξοδο των τοπικών διανομών ηλεκτρικής ισχύος (PDU) για την υποστήριξη του εξοπλισμού πληροφορικής. Αυτή η μέτρηση είναι αθροιστική και απαιτεί τη χρήση μετρητών κατανάλωσης kWh σε όλα τα σημεία από τα οποία λαμβάνονται μετρήσεις. Η συνολική ενέργεια καθορίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως στην κατηγορία 1. Αυτή η μέθοδος μέτρησης παρέχει πρόσθετη ακρίβεια στην μέτρηση του φορτίου πληροφορικής, καταργώντας τις επιπτώσεις των απωλειών που προέρχονται από τους διανομείς ηλεκτρικής ισχύος (PDU), τους μετασχηματιστές και τους διακόπτες.

PUE κατηγορία 3

Πρόκειται για υπολογισμό, με βάση την κατανάλωση. Οι καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής αντιπροσωπεύονται από την μέτρηση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δώδεκα μηνών των συνολικών kWh, με μετρήσεις που λαμβάνονται στο σημείο σύνδεσης τροφοδοσίας του εξοπλισμού πληροφορικής. Αυτή η μέτρηση είναι

αθροιστική και απαιτεί τη χρήση μετρητών κατανάλωσης kWh σε όλα τα σημεία από τα οποία λαμβάνονται μετρήσεις. Η συνολική ενέργεια καθορίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως στην κατηγορία 1. Αυτή η μέθοδος μέτρησης παρέχει το υψηλότερο επίπεδο ακρίβειας για μέτρηση των φορτίων πληροφορικής, καταργώντας όλες επιπτώσεις των απωλειών που προέρχονται από τους τοπικούς διανομείς ηλεκτρικής ισχύος (PDU) και τις συσκευές που δεν είναι εξοπλισμός πληροφορικής όπως οι ανεμιστήρες των ικριωμάτων, κ.λπ.

3.5.4 Στάθμιση των τύπων ενέργειας σχετικά με την συνολική πηγή ενέργειας

Για τα κέντρα δεδομένων που διαθέτουν παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ και άλλων τύπων ενέργειας, οι διάφοροι τύποι ενέργειας πρέπει να σταθμίζονται ανάλογα με την προέλευση τους. Η συνολική πηγή ενέργειας αντιπροσωπεύει το συνολικό ποσό των ακατέργαστων καυσίμων που είναι αναγκαία για τη λειτουργία του κτιρίου. Ενσωματώνει την μεταφορά, την παράδοση και τις απώλειες της παραγωγής, επιτρέποντας την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τους συντελεστές στάθμισης για κάθε τύπο ενέργειας, οι οποίοι ανάγονται στην ηλεκτρική ενέργεια. Αυτοί οι συντελεστές στάθμισης βασίζονται στον μέσο όρο των παραγόντων που χρησιμοποιούνται από την EPA (Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) στις συγκριτικές αξιολογήσεις που έχει διενεργήσει για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων.

Η σταθμισμένη ενέργεια για κάθε τύπο ενέργεια προκύπτει από τον παρακάτω τύπο:

Σταθμισμένη ενέργεια για κάθε τύπο ενέργειας = (ετήσια ενεργειακή χρήση x συντελεστής στάθμισης της πηγής ενέργειας).

Για τον ορθό υπολογισμό της συνολικής ενέργειας πρέπει όλα τα είδη ενέργειας να μετατραπούν στις ίδιες μονάδες πριν αθροιστούν. Για παράδειγμα, εάν η ηλεκτρική ενέργεια είναι σε kWh και του φυσικού αερίου είναι kBtu, πρέπει να μετατραπούν σε κοινή μονάδα.

Είδος Ενέργειας	Παράγοντας Στάθμισης
Ηλεκτρική ενέργεια (Electricity)	1,0
Φυσικό Αέριο (Natural gas)	0,31
Πετρέλαιο (Fuel Oil)	0,30
Άλλα καύσιμα (Other fuels)	0,30
Εκμετάλλευση κρύου νερού (District chilled water)	0,31
Εκμετάλλευση ζεστού νερού (District hot water)	0,40

Εκμετάλλευση ατμού (District steam)	0,43
Νερό συμπύκνωσης (Condenser water)	0,03

Πίνακας 2. Παράγοντες Στάθμισης για κάθε τύπο ενέργειας

Ο υπολογισμός του PUE πρέπει να γίνεται βάσει του τύπου ενέργειας που χρησιμοποιεί ένα κέντρο δεδομένων για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του όπως αυτές αναλύθηκαν ανωτέρω.

3.5.4.1 Παράδειγμα υπολογισμού PUE χρησιμοποιώντας τον παράγοντα στάθμισης για κάθε τύπο ενέργειας

Ο υπολογισμός του PUE θα γίνει βάσει των παραγόντων στάθμισης του πίνακα 2.

Κάθε στοιχείο του υπολογισμού του PUE πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τον κατάλληλο παράγοντα στάθμισης.

Όπως έχουμε αναφέρει ο τύπος υπολογισμού του PUE είναι ο παρακάτω:

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Το σύνολο καταναλώσεων του κέντρου δεδομένων θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις πηγές καυσίμων.

Για παράδειγμα για ένα κέντρο δεδομένων το οποίο αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο και κρύο νερό από μία τοπική εταιρεία η εξίσωση μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$PUE = \frac{\text{Electricity} + \text{District Chilled Water}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Για τον υπολογισμό του PUE, σύμφωνα με αυτές τις συστάσεις είναι σημαντικό να συμπεριληφθούν όλα τα είδη καυσίμων.

Για να απλοποιήσουμε το παράδειγμά μας, θεωρούμε δύο κέντρα δεδομένων:

- A: ένα κέντρο δεδομένων το οποίο προμηθεύεται μόνο ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο.
- B: ένα κέντρο δεδομένων το οποίο προμηθεύεται ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο και κρύο νερό από μία τοπική εταιρεία.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν το είδος καύσιμου που χρησιμοποιείται, την ομάδα εξοπλισμού που καταναλώνεται και την κατά προσέγγιση ενέργεια που χρησιμοποιείται για κάθε ομάδα εξοπλισμού.

Για τον υπολογισμό του PUE δεν είναι απαραίτητο να έχουμε χωριστά την ενέργεια που χρησιμοποιείται για κάθε ομάδα εξοπλισμού. Απλώς αθροίζεται το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεται στα όρια του κέντρου δεδομένων.

Οι καταναλώσεις του εξοπλισμού πληροφορικής που καταναλώνονται στα όρια του κέντρου δεδομένων μόνο πρέπει να υπολογίζονται ξεχωριστά.

Κέντρο δεδομένων A

Εισερχόμενη Ενέργεια στο Κέντρο Δεδομένων	Ομάδα εξοπλισμού χρησιμοποίησης της ενέργειας	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για κάθε ομάδα εξοπλισμού
Electricity (1.705.000 kWh σύνολο)	Εξοπλισμός Πληροφορικής	1.000.000 kWh
	Απώλειες ισχύος από μεταφορά, διανομή, κλπ	250.000 kWh
	Φωτισμός	50.000 kWh
	Ψύξη	400.000 kWh
	Άλλα φορτία	5.000 kWh

Πίνακας 3. Καταναλώσεις ενέργειας κέντρου δεδομένων A

Το PUE για το κέντρο δεδομένων A είναι:

$$PUE = \frac{1.705.000 * (1,0)}{1.000.000 * (1,0)} = 1,70$$

Κέντρο δεδομένων B

Εισερχόμενη Ενέργεια στο Κέντρο Δεδομένων	Ομάδα εξοπλισμού χρησιμοποίησης της ενέργειας	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για κάθε ομάδα εξοπλισμού
Electricity (1.305.000 kWh σύνολο)	Εξοπλισμός Πληροφορικής	1.000.000 kWh
	Απώλειες ισχύος από μεταφορά, διανομή, κλπ	250.000 kWh
	Φωτισμός	50.000 kWh
	Άλλα φορτία	5.000 kWh
District Chilled water (1,300,000 kWh σύνολο)	Ψύξη	1,300,000 kWh (4.44 M BTUs)

Πίνακας 4. Καταναλώσεις ενέργειας κέντρου δεδομένων A

Το PUE για το κέντρο δεδομένων Β είναι:

$$PUE = \frac{1.305.000 * (1,0) + 1.300.000 * (0,31)}{1.000.000 * (1,0)} = 1,70$$

Είναι χρήσιμο το ότι προκύπτει το PUE και στις δύο περιπτώσεις 1.70.

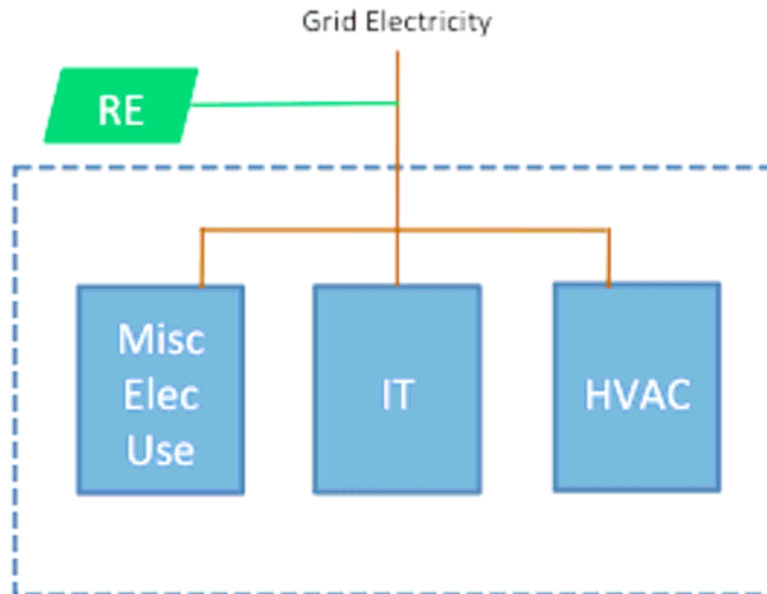
Η επίπτωση αυτού είναι ότι η αποτελεσματικότητα του συστήματος ψύξης στο κέντρο δεδομένων το οποίο χρησιμοποιεί μόνο ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο είναι ίδια με την αποτελεσματικότητα στο κέντρο δεδομένων το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο και κρύο νερό από μία τοπική εταιρεία. Μας υποδεικνύει ότι και με τις δύο περιπτώσεις πετυχαίνουμε ίδια αποδοτικότητα στα συστήματά. Η διαφορά μεταξύ των δύο λύσεων είναι ότι στην δεύτερη λύση έχουμε μικρότερο κόστος κτήσης και συντήρησης συστημάτων ψύξης νερού και συνεπώς χαμηλότερο συνολικό κόστος κτήσης.

Εάν στην περίπτωση Α το σύστημα ψύξης ήταν πιο αποτελεσματικό, τότε θα απαιτούνταν λιγότερες από 400.000 kWh και στο παράδειγμα θα προέκυπτε χαμηλότερο PUE.

Εάν το σύστημα ψύξης στην περίπτωση του Α ήταν λιγότερο αποτελεσματικό, τότε θα απαιτούσε περισσότερες από 400.000 kWh για να ψυχθεί το κέντρο δεδομένων (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών διανομής και φωτισμού) και το PUE θα ήταν υψηλότερο.

3.5.4.2 PUE και Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

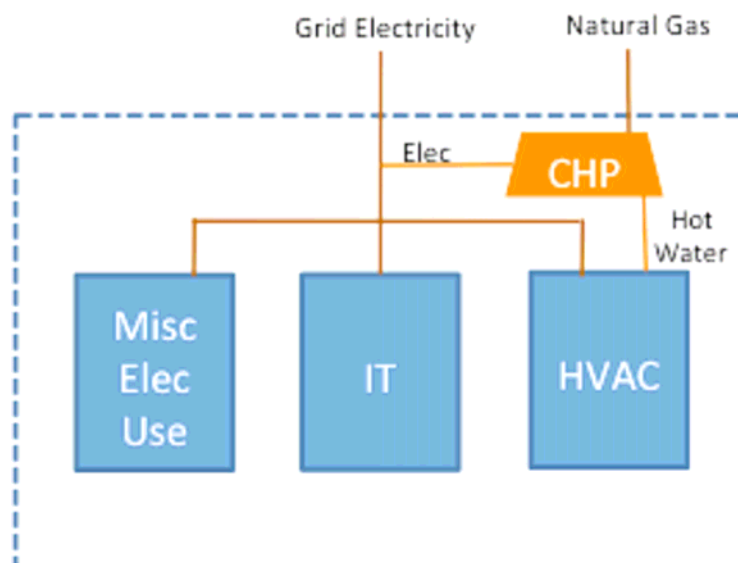
Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη συνολική ενέργεια και να αντιστοιχίζεται με τον ίδιο παράγοντα στάθμισης όπως η ηλεκτρική ενέργεια. Με άλλα λόγια, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι εκτός των ορίων υπολογισμού του PUE (εικόνα 31). Ως εκ τούτου, η εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν μεταβάλλει το PUE. Το σκεπτικό για αυτό, είναι ότι ο σκοπός του PUE είναι να αξιολογήσει πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιείται η ενέργεια στο κέντρο δεδομένων, ανεξάρτητα της πηγής της. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο πλαίσιο αυτό περιλαμβάνουν την ηλιακή και αιολική ενέργεια.



Εικόνα 31. Όρια κέντρου δεδομένων με ΑΠΕ για τον υπολογισμό του PUE.

3.5.4.3 PUE και συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού

Εάν το κέντρο δεδομένων έχει ως αποκλειστική παροχή ενέργειας συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (combined heat and power CHP), οι πρωτογενείς πόροι για την παραγωγή της ενέργειας CHP πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στη συνολική ενέργεια (εικόνα 32) και να τους εφαρμοσθεί ο παράγοντας στάθμισης όπως αναφέρεται στον πίνακα 1. Η παρεχόμενη ενέργεια από τη CHP δεν πρέπει να συμπεριληφθεί στην συνολική ενέργεια. Η χρήση της CHP (όπως και η χρήση πιο αποτελεσματικών μεθόδων ψύξης) μειώνουν το PUE. Το σκεπτικό είναι ότι η χρήση CHP δεν πρέπει να θεωρείται ως εναλλακτική πηγή ενέργειας.

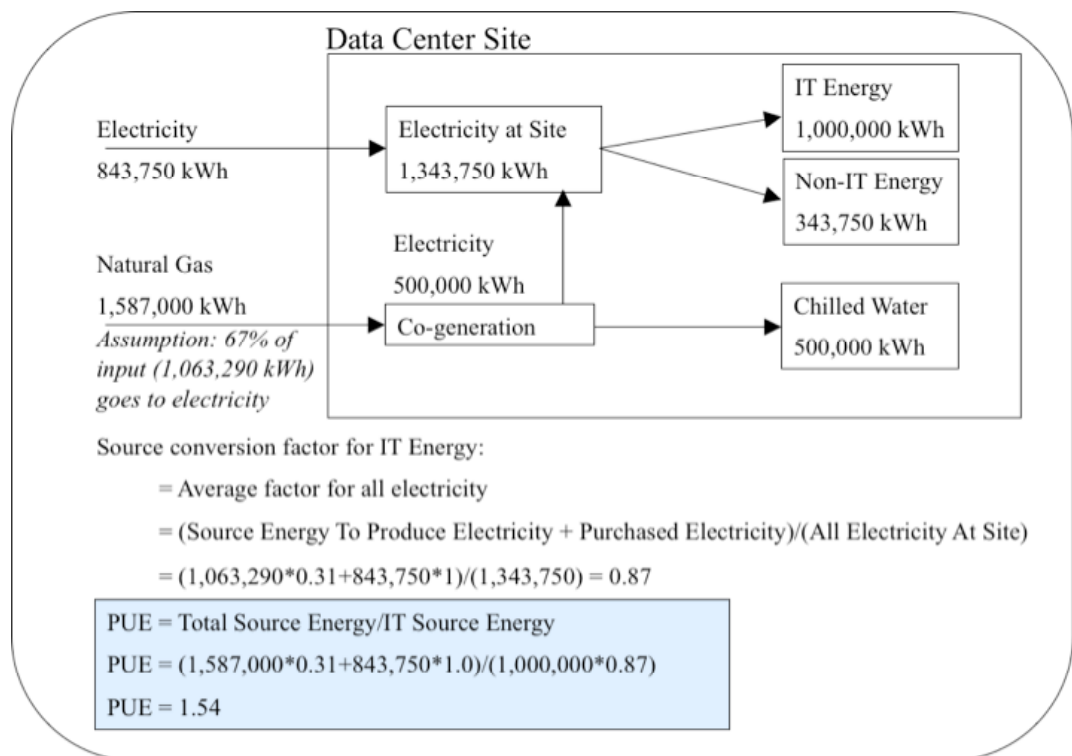


Εικόνα 32. Όρια κέντρου δεδομένων με CHP για τον υπολογισμό του PUE.

Για να πραγματοποιηθεί σωστός υπολογισμός του PUE σε κέντρα δεδομένων τα οποία τροφοδοτούνται από δύο τύπους ενέργειας πρέπει να αναλυθούν πρώτα δύο θέματα:

- **Ο συντελεστής μετατροπής ενέργειας**

Για να εξασφαλιστεί ο σωστός υπολογισμός του PUE για εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και εγκαταστάσεις που δεν περιλαμβάνουν τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιείται ο συντελεστής μετατροπής ενέργειας (εικόνα 33). Ο συντελεστής επιτρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό οι μέθοδοι βελτίωσης της ψύξης με παραγωγή κρύου νερού (όπως σε όλους τους υπολογισμούς του PUE), αλλά αποκλείει το να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως σε όλους τους υπολογισμούς του PUE). Το PUE δεν είναι μια μέτρηση η οποία ανταμείβει τις βελτιώσεις της αποτελεσματικότητας του πώς η ηλεκτρική ενέργεια εισέρχεται στο κέντρο δεδομένων, αλλά είναι ένα μέγεθος για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται εντός των ορίων του κέντρου δεδομένων για τον εξοπλισμό πληροφορικής.



Εικόνα 33. Κέντρο δεδομένων με ηλεκτρική ενέργεια και συμπαραγωγή με φυσικό αέριο.

- **Η υπόθεση των πρωτογενών καυσίμων συμπαραγωγής**

Εδώ γίνεται η παραδοχή ότι το 67% των πρωτογενών καυσίμων σε έναν σταθμό συμπαραγωγής καταναλώνεται για την παραγωγή ενέργειας η οποία θα τροφοδοτήσει τον πρωταρχικό σκοπό παραγωγής (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο παράδειγμα μας) και αντίστοιχα το 33% των πρωτογενών

καυσίμων καταναλώνεται για δευτερεύον σκοπό (για την ψύξη του νερού στο παράδειγμα μας). Η παραδοχή αυτή βασίζεται σε μια παρόμοια μελέτη από την αμερικανική υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος του προγράμματος Energy Star η οποία βασίζεται σε συμπαραγωγή με ατμό.

3.5.5 PUE και επαναχρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας στο Κέντρο Δεδομένων

Η έννοια της επαναχρησιμοποίησης των 'αποβλήτων' ενέργειας (συνήθως με τη μορφή της θερμότητας) λαμβάνει πολλή μελέτη στις μέρες μας ως μέρος μιας συνολικής προσπάθειας για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η τιμή αυτής της ενέργειας επηρεάζει το PUE, ανάλογα με το πού θα επαναχρησιμοποιηθεί.

- Εάν η ενέργεια επαναχρησιμοποιείται από το κέντρο δεδομένων, το ποσό της ενέργειας που θα επαναχρησιμοποιηθεί θα περιεχόταν ήδη στον υπολογισμό του PUE. Έτσι για παράδειγμα εάν η επαναχρησιμοποίηση της θερμότητας που παράγεται από το κέντρο δεδομένων εκμεταλλευτεί στην θέρμανση του χώρου συσσωρευτών όταν αυτό απαιτείται σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες το PUE θα μειωθεί, επειδή το σύστημα θέρμανσης δεν χρειάζεται να λειτουργήσει και να καταναλώσει ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου των συσσωρευτών.
- Εάν η ενέργεια επαναχρησιμοποιείται έξω από το κέντρο δεδομένων (π.χ. θέρμανση ενός χώρου εργαστηρίου που δεν αποτελεί μέρος του κέντρου δεδομένων), το PUE του κέντρου δεδομένων δεν επηρεάζεται. Ενώ η προσπάθεια για επαναχρησιμοποίηση της ενέργειας είναι αξιόπαινη, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του PUE του κέντρου δεδομένων λόγω με του αυστηρού ορισμού του PUE.

3.5.6 CUE - Carbon Usage Effectiveness

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης άνθρακα (Carbon Usage Effectiveness - CUE), δημιουργήθηκε για την αντιμετώπιση των εκπομπών άνθρακα που συνδέονται με τα κέντρα δεδομένων.

Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον δείκτη αποτελεσματικότητα χρήση ενέργειας (PUE), οι διαχειριστές των κέντρων δεδομένων μπορούν να αξιολογήσουν γρήγορα τη βιωσιμότητα των κέντρων δεδομένων τους, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα, και να καθορίσουν εάν πρέπει να γίνουν οποιαδήποτε βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης.

Όπως και στο PUE, το CUE χρησιμοποιεί το σύνολο καταναλώσεων των κέντρων δεδομένων στον παρονομαστή. Μόλις καθοριστεί για το PUE, χρησιμοποιείται ως παρονομαστής και για το CUE.

Σε αντίθεση με το PUE, το CUE έχει διαστάσεις και μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα εύρος τιμών σε αντίθεση με το PUE το οποίο ιδανικά έχει τιμή 1,0 που σημαίνει ότι όλη η ενέργεια που χρησιμοποιείται στη καταναλώνεται στον εξοπλισμό πληροφορικής.

Το CUE έχει ιδανική τιμή 0.0, που δείχνει ότι δεν γίνεται χρήση άνθρακα που σχετίζεται με τις λειτουργίες του κέντρου δεδομένων.

Όπως το PUE, έτσι και το CUE δεν έχει θεωρητικά ανώτατο όριο.

Το CUE δεν καλύπτει την πλήρη περιβαλλοντική επιβάρυνση ολόκληρου του κύκλου ζωής του κέντρου δεδομένων και του εξοπλισμού πληροφορικής. Για παράδειγμα, η προσπάθεια καθορισμού των άνθρακα που παράγεται κατά την κατασκευή του εξοπλισμού και την μεταφορά του στο κέντρο δεδομένων θα κάνει την προσέγγιση του δείκτη πάρα πολύ δύσκολη.

Για τα κέντρα δεδομένων, τα οποία λαμβάνουν ολόκληρη την ενέργεια τροφοδοσίας τους από το δημόσιο δίκτυο και δεν παράγουν τοπικά CO₂, το CUE ορίζεται ως εξής:

$$\text{CUE} = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ emissions caused by the Total Data Center Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

ή

Συνολικές εκπομπές CO₂ προερχόμενες από την κατανάλωση ενέργειας του Κέντρου Δεδομένων
Καταναλώσεις εξοπλισμού πληροφορικής

Ο αριθμητής στο CUE είναι οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από τη χρήση της ενέργειας του δείκτη PUE. Οι μονάδες του δείκτη CUE είναι σε κιλά διοξειδίου του άνθρακα (kgCO₂eq) ανά κιλοβατώρα (kWh).

Μια εναλλακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό του CUE είναι ο πολλαπλασιασμός του συντελεστή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CEF) με το ετήσιο PUE του κέντρου δεδομένων:

$$\text{CUE} = \text{CEF} \times \text{PUE}$$

Αυτό θα μπορούσε επίσης να εκφραστεί ως:

$$\text{CUE} = \frac{\text{CO}_2 \text{ emitted (kgCO}_2\text{eq)}}{\text{Unit of energy (kWh)}} \times \frac{\text{Total Data Center Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

Για τα κέντρα δεδομένων που παράγουν τοπικά ηλεκτρική ενέργεια ή διαθέτουν συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τοπικά ή παράγουν CO₂ με άλλους τρόπους (π.χ., λειτουργία συντήρηση Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους ντίζελ), ο τύπος παραμένει ίδιος, αλλά η πηγή δεδομένων CO₂ θα προέλθει από τον παρακάτω συνδυασμό:

- Το ποσοστό από την ενέργεια που προέρχεται από τις εκάστοτε πηγές ενέργειας
- Τα πραγματικά δεδομένα για τις εκπομπές CO₂ από την τοπικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή τις πηγές παραγωγής

3.5.7 DCPE - Data Center Performance Efficiency

Η μέτρηση της αποδοτικότητας του κέντρου δεδομένων (Data Center Performance Efficiency – DCPE) είναι η φυσική εξέλιξη από το PUE και του DCE και περιγράφεται ως εξής:

$$\text{DCPE} = \frac{\text{Useful Work}}{\text{Total Facility Power}} \quad \text{ή} \quad \frac{\text{Χρήσιμο έργο}}{\text{Σύνολο καταναλώσεων Κέντρου Δεδομένων}}$$

Ενώ το DCPE είναι πολύ πιο δύσκολο να προσδιοριστεί, μέλη του Green Grid υποστηρίζουν ότι αυτό είναι ένα στρατηγικό σημείο εστίασης για τη βιομηχανία των κέντρων δεδομένων. Στην πραγματικότητα, αυτός ο υπολογισμός θεωρεί το κέντρο δεδομένων ως ένα κουτί. Η ισχύς εισέρχεται στο κουτί, από το οποίο παράγεται θερμότητα, δεδομένα πηγαίνουν από και προς και το κουτί και ένα καθαρό ποσό αυτής της ισχύος χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου από το κουτί.

3.6 Cloud Computing

Αυτή η φαινομενικά «νεφελώδης» έννοια αναφέρεται στη χρήση υπολογιστικής ισχύος που χωροταξικά βρίσκεται σε ένα «σύννεφο» απόμακρων δικτύων. Αυτή η πρακτική είναι γνώριμη σε οποιονδήποτε χρησιμοποιεί διαδικτυακές υπηρεσίες για τη διαχείριση και αποθήκευση δεδομένων, όπως το Hotmail ή το Gmail για ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή το Flickr για φωτογραφίες.

Εντούτοις, επιχειρήσεις και κυβερνήσεις επιμένουν να κρατούν και να ελέγχουν τα δεδομένα σε δικά τους συστήματα πληροφορικής.

Το Cloud computing σημαίνει μεγάλα κέντρα δεδομένων, τα οποία προσφέρουν οικονομίες κλίμακας, φθηνότερη υπολογιστική ισχύ και κυρίως, την ευελιξία να πληρώνει κανείς μόνο για ό,τι χρησιμοποιεί. Όπως για το ηλεκτρικό ρεύμα, δεν χρειάζεται να σου ανήκει η γεννήτρια -χρησιμοποιείς την πρίζα και πληρώνεις μόνο όσο χρειάζεσαι.

Μια διαδεδομένη άποψη είναι ότι τόσο χρήστες όσο και προγραμματιστές έχουν έτσι τη δυνατότητα να κάνουν περισσότερα με λιγότερα: έχουν πρόσβαση σε μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ χωρίς να χρειάζεται να επενδύσουν μεγάλα ποσά σε εξοπλισμό.

Το Cloud Computing πιστεύεται επίσης ότι μπορεί να συμβάλλει στην μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Υπηρεσίες πληροφορικής για ιδιώτες και οργανισμούς φιλοξενούνται στο Διαδίκτυο και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για τοπικούς server στο χώρο τους. Οι υπολογιστές βρίσκονται σε κέντρα δεδομένων σχεδιασμένα για βέλτιστη ενεργειακή αποδοτικότητα (για παράδειγμα, όσο το δυνατόν πιο κοντά σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας). Επιπλέον, επιχειρήσεις και οργανισμοί αποφεύγουν την επένδυση και τη χρήση επιπλέον εξοπλισμού για να καλύψουν εποχιακές ανάγκες.

Εντούτοις, η μεταφορά εφαρμογών και δεδομένων στο cloud και ιδιαίτερα αυτών για την παροχή δημόσιων υπηρεσιών, όπως το TAXISnet με τα απόρρητα φορολογικά

στοιχεία όλων των πολιτών είναι αμφιλεγόμενη καθώς οι μεν υποστηρίζουν ότι το περιβάλλον είναι επισφαλές, οι δε αντίθετα ότι συμβαίνει το αντίθετο, καθώς τα εμπιστευόμαστε σε επαγγελματίες. Σίγουρα, έχουμε πολλά ακόμα να συζητήσουμε για το cloud computing, αρκεί να αρχίσουμε να κατανοούμε την έννοια [21].

3.7 Μείωση εκλυόμενων ρύπων CO₂

Οι όροι εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος είναι αλληλένδετοι και αποτελούν βασικό στόχο για τους διαχειριστές των κέντρων δεδομένων αλλά για τις επιχειρήσεις. Το ζήτημα της μείωσης του ενεργειακού αποτυπώματος έχει απασχολήσει ακόμα και την Πληροφοριακή στρατηγική της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κλάδου τεχνολογιών Πληροφορικής και επικοινωνιών.

Παγκοσμίως η χρήση της ενέργειας στα κέντρα δεδομένων υπολογίζεται σε μέγεθος των 500 δισεκατομμυρίων KWhr το έτος. Η πλειονότητα των μελετών που αναφέρονται στο περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂, προτείνουν συνδυασμένη μείωση τόσο για την ενέργεια που αντιστοιχεί στον εξοπλισμό πληροφορικής υποδομή πληροφορικής όσο και σε εκείνη που καταναλώνεται από τις υποδομές ενός κέντρου δεδομένων. Μείωση κατά 50% της ενεργειακής κατανάλωσης στα κέντρα δεδομένων ισούται με μείωση των ρύπων κατά 150 εκατομμύρια τόνους CO₂ ανά έτος ή απομάκρυνση 30 εκατομμυρίων αυτοκινήτων από τους δρόμους [24].

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την μετατροπή της σε μια ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακή άποψη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα [35].

Οι απαιτήσεις που υιοθετήθηκαν από τους αρχηγούς κρατών και κυβερνήσεων αφορούσαν:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990
- 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές
- Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω τη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι γνωστές ως στόχοι 20-20-20.

Εφαρμόζοντας τις σύγχρονες μεθόδους και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων είναι εφικτό να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης με αντίστοιχη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος αυξάνοντας παράλληλα και το επιχειρησιακό κέρδος.

3.8 Αντιστοιχία της ενέργειας σε άνθρακα

Δεδομένης της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στο κέντρο δεδομένων, είναι εφικτή η εκτίμηση των εκπομπών άνθρακα που δημιουργούνται από την κατανάλωση αυτής της ενέργειας.

Ένας οργανισμός κοινής ωφελείας μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικές με τις εκπομπές άνθρακα για κάθε κιλοβατώρα ενέργειας που δημιουργείται, βάσει του συνδυασμού (μίγματος) πηγών ενέργειας.

Αν όμως οι εκπομπές άνθρακα που αποτράπηκαν αναλυθούν με βάση την τελευταία πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε, συνήθως θα προκύψουν υψηλότερες επιπτώσεις άνθρακα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε επιπλέον μονάδα ενέργειας που εξοικονομείται σε έναν υπάρχοντα οργανισμό κοινής ωφελείας δεν μειώνει ισότιμα το φορτίο σε όλες τις γεννήτριες – αντίθετα οι μειώσεις δρομολογούνται προς τη δημιουργία ενέργειας υψηλότερου κόστους όπως φυσικό αέριο.

Αν αυτές οι πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες από τον οργανισμό κοινής ωφελείας, τότε υπάρχουν ευρέως διαθέσιμα δεδομένα σε επίπεδο γεωγραφικών περιφερειών.

Αυτά τα δεδομένα είναι μετρημένα σε τόνους CO₂ ανά κιλοβατώρα και συνήθως ανήκουν στο εύρος τιμών 0,1 έως 1 τόνο ανά κιλοβατώρα στην γεννήτρια.

Για τον προσδιορισμό του φορτίου που δημιουργεί το κέντρο δεδομένων στην γεννήτρια, στην κατανάλωση ενέργειας του κέντρου δεδομένων προστίθενται και οι απώλειες διανομής (συνήθως γύρω στο 100%) μεταξύ της γεννήτριας και του κέντρου δεδομένων.

Ο παρακάτω μαθηματικός τύπος δίνει τις ετήσιες εκπομπές άνθρακα που οφείλονται στο φορτίο μίας εγκατάστασης:

$$\text{Ετήσιο CO}_2 \text{ (τόνοι)} = \text{Φορτίο (kW)} \times \frac{\text{Άνθρακας}}{\text{Κιλοβατώρα}} \times \frac{8.760 \text{ ώρες}}{\text{έτος}} \times \frac{1}{1 - \text{Απώλειες Διανομής}}$$

Για να μπορέσει ένας χρήστης πληροφορικής να ενσωματώσει τα κριτήρια που σχετίζονται με την ενέργεια στις αποφάσεις σχεδιασμού και εφαρμογών πληροφορικής, δεν χρειάζεται να καταλάβει τις αρχές και τις τεχνικές που περιγράφονται. Το μόνο που χρειάζεται ο χρήστης πληροφορικής είναι μία απλή σύνοψη της κατανάλωσης ενέργειας και των επιπτώσεων άνθρακα κάθε πόρου πληροφορικής που χρησιμοποιεί. Στον παρακάτω πίνακα 5 παρέχεται μία τέτοια αναφορά για τους χρήστες πληροφορικής [25].

Κατηγορία διακομιστή	Σύνολο εγκατεστημένων	Ενέργεια ανά μονάδα	Άνθρακας ανά μονάδα
Διακομ. εφαρμ. 1U	50	6.000	2,7
Εικονικός διακομιστής	30	2.650	1,2
Web blade	15	5.200	2,3
ERP blade	10	5.500	2,5
Mainframe	2	117.000	53,0
Διακομιστής 3-10U	15	44.000	20,0
Συνολική ενέργεια και άνθρακας (ετησίως)		1.409.000 κιλοβατώρες	634 τόνοι
Ενεργειακό κόστος (ετησίως)		\$169,000	

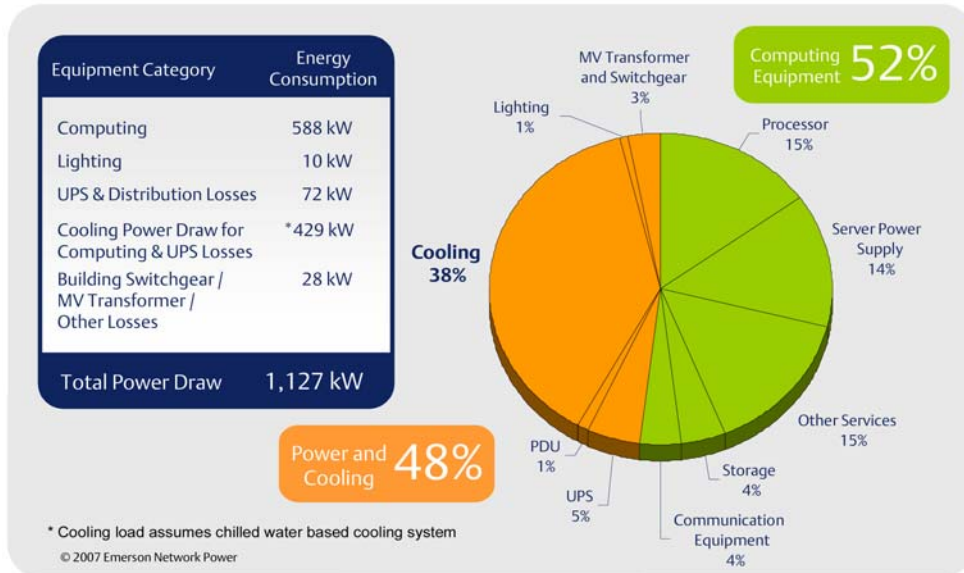
Πίνακας 5. Σύνοψη της κατανάλωσης ενέργειας και των επιπτώσεων άνθρακα κάθε πόρου πληροφορικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΡΟΠΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Το πρώτο βήμα για την αναζήτηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων είναι η κατανόηση των τμημάτων που καταναλώνεται η ενέργεια.



Εικόνα 34. Ανάλυση επιμερισμού κατανάλωσης στα κέντρα δεδομένων

Στην ανωτέρω εικόνα 34 η ζήτηση ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων των επεξεργαστών, των τροφοδοτικών των διακομιστών, των μέσων αποθήκευσης, του δικτυακού εξοπλισμού αντιστοιχεί στο 52% της συνολικής κατανάλωσης του κέντρου δεδομένων. Τα συστήματα τροφοδοσίας που περιλαμβάνουν τα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας (UPS), τα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, τα συστήματα ψύξης, τον φωτισμό και το διακοπτικό υλικό της εγκατάστασης αντιστοιχούν στο 48% της συνολικής κατανάλωσης του κέντρου δεδομένων.

4.2 Θεωρητική Προσέγγιση του Προβλήματος της διαχείρισης της ενέργειας στα Κέντρα Δεδομένων

Στον πίνακα 6 που ακολουθεί γίνεται προσέγγιση των κυριότερων προβλημάτων που συναντώνται στα κέντρα δεδομένων και των πιθανών λύσεων αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας.

A/A	Πρόβλημα	Λύση
1	Υψηλή κατανάλωση ενέργειας επεξεργαστών	Επεξεργαστές χαμηλότερης κατανάλωσης
2	Υψηλή κατανάλωση ενέργειας τροφοδοτικών διακομιστών	Τροφοδοτικά με υψηλότερο βαθμό απόδοσης
3	Υπερδιαστασιολόγηση διακομιστών	Λογισμικό διαχείρισης λειτουργίας διακομιστών και θέση σε εφεδρική λειτουργία ομάδας διακομιστών
4	Τυπικοί διακομιστών παλαιάς τεχνολογίας	Διακομιστές τύπου Blade
5	Υπερδιαστασιολόγηση συστήματος ψύξης	Βέλτιστες πρακτικές Ψύξης & Ψύξη με συστήματα κλιματισμού βηματικού συμπιεστή
6	Απώλειες στην διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας και στα συστήματα αδιαλείπτου λειτουργίας	Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης
7	Υπό-χρησιμοποιούμενες υποδομές κέντρων δεδομένων με αποτέλεσμα υψηλό TCO	Επιλογή αρθρωτών συστημάτων (modular) στις ηλεκτρομηχανολογικές υποδομές μείωση του TCO
8	Υψηλό κόστος λειτουργίας λόγω μερικής εκμετάλλευσης των ικριωμάτων	Αρχιτεκτονική υψηλού θερμικού φορτίου (high density) & Εικονικοποίηση (server virtualization)

Πίνακας 6. Κυριότερα προβλήματα που συναντώνται στα κέντρα δεδομένων και πιθανές λύσεις αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας

4.2.1 Υψηλή κατανάλωση ενέργειας επεξεργαστών

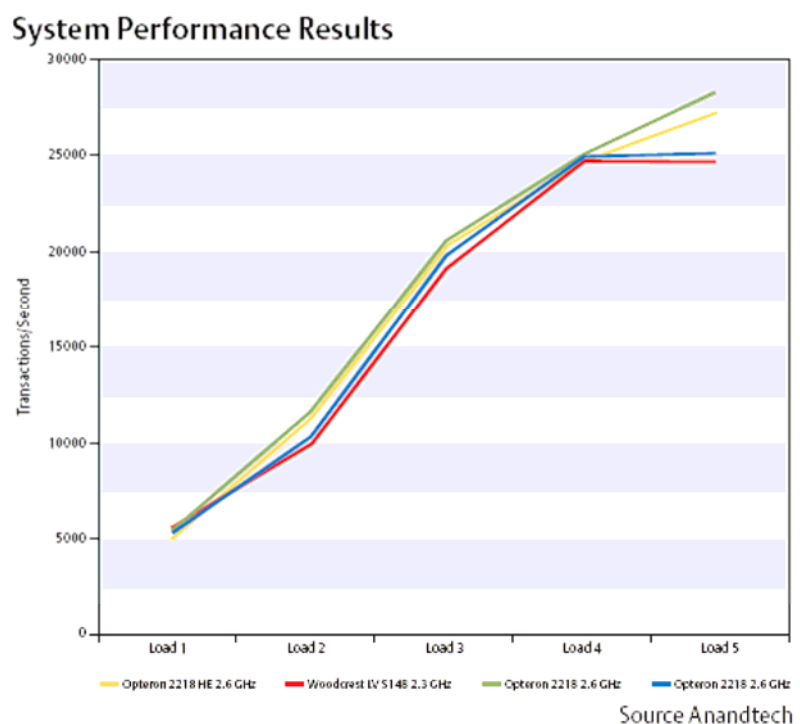
Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αρχίζει από την πηγή θερμότητας στα κέντρα δεδομένων που δεν είναι άλλη από την θερμότητα που εκλύουν οι επεξεργαστές που εξοπλίζουν τους διακομιστές. Η κατανάλωση ενός τυπικού επεξεργαστή και συνεπώς οι θερμικές του απώλειες κατά την λειτουργία του είναι μεταξύ 80 και 103 W (μέσος όρος 91W). Οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικά επεξεργαστές υψηλού κόστους καταναλώνουν κατά μέσο όρο 30 W λιγότερο. Στον πίνακα 7

αναφέρονται οι καταναλώσεις τυπικών και εξελιγμένων επεξεργαστών των δύο εκ των μεγαλύτερων κατασκευαστών παγκοσμίως [26].

	Sockets	Speed (GHz)	Standard	Low power	Saving
AMD	1	1.8-2.6	103 W	65 W	38 W
	2	1.8-2.6	95 W	68 W	27 W
Intel	2	1.8-2.6	80 W	50 W	30 W

Πίνακας 7. Καταναλώσεις τυπικών και εξελιγμένων επεξεργαστών AMD και Intel

Σύμφωνα με ανεξάρτητη έρευνα παρόλο την χαμηλότερη κατανάλωση αυτών των επεξεργαστών παρέχουν τις ίδιες επιδόσεις όπως αυτές των πιο ενεργοβόρων (Εικόνα 35).



Εικόνα 35. Αποτελέσματα ανεξάρτητης έρευνας αναφορικά με τις επιδόσεις των επεξεργαστών με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας

Συνεπώς η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κέντρο δεδομένων ξεκινά από την σωστή επιλογή του εξοπλισμού πληροφορικής με κριτήρια επιλογής την κατανάλωση της ενέργειας σε επίπεδο στοιχείου.

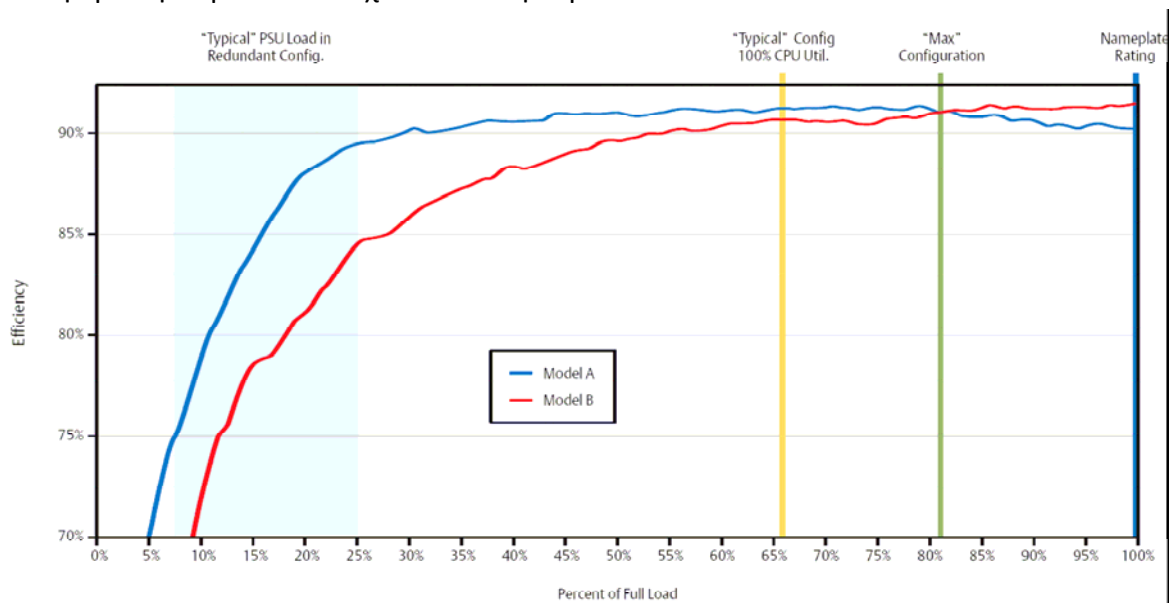
4.2.2 Υψηλή κατανάλωση ενέργειας τροφοδοτικών διακομιστών

Όπως και με τους επεξεργαστές, πολλά από τα τροφοδοτικά των διακομιστών που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν μεγάλο περιθώριο βελτίωσης της απόδοσής τους [26].

Σε έκθεση της U.S. Environmental Protection Agency γίνεται η εκτίμηση ότι η μέση τιμή της απόδοσης των τροφοδοτικών που χρησιμοποιούνταν στους διακομιστές το 2005 ήταν 72% από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος τους χρησιμοποιείται και σήμερα.

Τα πιο σύγχρονα τροφοδοτικά τα οποία είναι διαθέσιμα σήμερα έχουν απόδοση της τάξης του 90%.

Όπως και με άλλα συστήματα στα κέντρα δεδομένων, η απόδοση των τροφοδοτικών των διακομιστών μεταβάλλεται αναλόγως του φορτίου. Κάποια τροφοδοτικά αποδίδουν καλύτερα σε μερική φόρτιση σε σχέση με άλλα. Το χαρακτηριστικό αυτό πολύ σημαντικό για τις περιπτώσεις που εφαρμόζεται η διπλή τροφοδοσία των συσκευών και το τροφοδοτικό μπορεί να φορτιστεί σε επίπεδα χαμηλότερα του 30%. Η εικόνα 36 δείχνει την απόδοση δύο τροφοδοτικών σε διαφορετικά επίπεδα φόρτισης. Παρατηρείται ότι σε 20% φόρτιση το μοντέλο A έχει απόδοση περίπου 88% ενώ το B 82%.



Εικόνα 36. Απόδοση τροφοδοτικών σε διαφορετικά επίπεδα φόρτισης

Στην εικόνα 36 επίσης παρατηρείται ακόμα μία δυνατότητα αύξησης της απόδοσης. Η σωστή διαστασιολόγηση του τροφοδοτικού η οποία πρέπει να είναι κοντά στην πραγματική ισχύ του φορτίου.

4.2.3 Υπερδιαστασιολόγηση διακομιστών

4.2.3.1 Αλλαγή νοοτροπίας στην χρήση των διακομιστών

Σήμερα υπάρχει η νοοτροπία ότι όλοι οι διακομιστές πρέπει να είναι ενεργοποιημένοι ανά πάσα στιγμή, ανεξάρτητα από τη χρήση τους. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την σπατάλη ενέργειας στις περιπτώσεις που αποδεδειγμένα δεν είναι απαραίτητο να είναι όλοι οι διακομιστές ενός κέντρου δεδομένων σε λειτουργία. Αν γίνει μετάβαση από αυτή νοοτροπία, στη νοοτροπία όπου η υπηρεσία είναι πάντα διαθέσιμη ανεξάρτητα από την κατάσταση του διακομιστή επιτυγχάνουμε σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Με τη χρήση κοινών εργαλείων, η κατανάλωση ενέργειας του

διακομιστή μπορεί να μειωθεί χωρίς να επηρεαστούν οι λειτουργίες του και η αξιοπιστία του συστήματος.

Μειώνοντας την χρήση ενέργειας στο σημείο της κατανάλωσης δηλαδή στον διακομιστή παρέχονται οφέλη σε όλα τα άλλα επίπεδα. Μειώνεται η κατανάλωση της ενέργειας τους, αλλά και το εκλυόμενο θερμικό φορτίο και συνεπώς η κατανάλωση των εγκαταστάσεων ψύξης. Το μεγαλύτερο μέρος των εγκατεστημένων διακομιστών στα κέντρα δεδομένων αποτελείται από διακομιστές τύπου x86. Αυτοί οι διακομιστές καταναλώνουν μεγάλο μέρος της ενέργειάς που αναλογεί στον εξοπλισμό πληροφορικής του διακομιστή. Ως εκ τούτου, οι διακομιστές x86 παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ευκαιρία για εξοικονόμηση ενέργειας στο κέντρο δεδομένων.

Η κλασική θεωρία είναι ότι οι διακομιστές πρέπει να λειτουργούν σε βάση 24x7x52 επειδή η επανεκκίνηση τους εγκυμονεί δυνητικό κίνδυνο διακοπής λειτουργίας. Ωστόσο, νέα έρευνα δείχνει ότι η αντίληψη αυτή είναι λανθασμένη. Στατιστικά στοιχεία για τον Μέσο Χρόνο Μεταξύ Αποτυχίας (Mean Time Between Failure – MTBF) για τα στοιχεία τώρα μετρώνται σε εκατοντάδες χιλιάδες έως εκατομμύρια ώρες.

Σε μια σειρά τριών εργαστηριακών μελετών σε χρονικό διάστημα 5 μηνών, συνολικά 123 διακομιστών, καθημερινά πραγματοποιούσαν επανεκκινήσεις αρκετές φορές με την αποσύνδεση και επανασύνδεση του ρεύματος. Από τις 18.826 επανεκκινήσεις, δεν συνέβη ούτε μία αποτυχία σε κάποιο στοιχείο.

Με τη χρησιμοποίηση εργαλείων διαχείρισης, όπως το Wake-on-LAN οι περισσότεροι οργανισμοί μπορούν να υλοποιήσουν βασικές διαδικασίες εξοικονόμησης ενέργειας, χωρίς να επηρεαστούν οι λειτουργίες και η αξιοπιστία του συστήματος.

Παρακάτω αναφέρονται βασικές προτάσεις που θα επιτρέπουν σε χρήστες κέντρων δεδομένων να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας από την πραγματοποίηση αλλαγών σε επίπεδο διακομιστή.

4.2.3.2 Αναγνώριση του Προβλήματος

Για να κατανοήσουμε τον αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας από την εφαρμογή νέων πρακτικών, είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν και να καταγραφούν όλοι οι διακομιστές εντός των κέντρων δεδομένων, να καθοριστεί ο σκοπός τους και να μετρηθεί η κατανάλωση ισχύος τους. Οι οργανισμοί συνήθως δεν μετρούν την κατανάλωση ενέργειας για κάθε διακομιστή. Ωστόσο, είναι δυνατόν να γίνουν εκτιμήσεις χωρίς πολλές δυσκολίες.

Η τελευταία γενιά των διακομιστών διαθέτει ενσωματωμένο έλεγχο ισχύος, μέσω (out-of-band) λογισμικού διαχείρισης. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία των ήδη εγκατεστημένων διακομιστών δεν έχει αυτή την δυνατότητα. Ως εκ τούτου, αυτή δεν μπορεί να είναι η μόνη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ισχύος.

Με τη χρήση συστημάτων τοπικής διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στα ικριώματα (π.χ. με «έξυπνα» πολύμπριζα PDUs), είναι εφικτή η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε ενεργό εξοπλισμό ανεξάρτητα και τον απόμακρο έλεγχο τους σε πραγματικό χρόνο. Επίσης έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ακριβή στατιστικά στοιχεία της χρήσης της ενέργειας και πλήρη καταγραφή των χαρακτηριστικών τροφοδοσίας. Μειονέκτημα ωστόσο είναι το αρχικό κόστος επένδυσης εφόσον γίνει χρήση τέτοιου εξοπλισμού και η απαραίτητη διακοπή της λειτουργίας του εξοπλισμού σε υφιστάμενες υποδομές κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης των πολύπριζων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

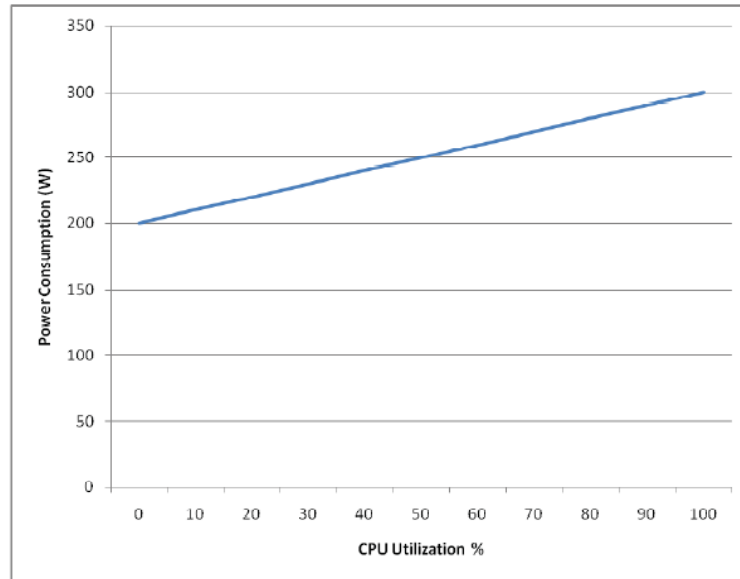
Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας των διακομιστών είναι οι μετρήσεις οι οποίες παρέχονται από τον διακομιστή αναφορικά με την αξιοποίηση του επεξεργαστή. Μια μελέτη η οποία περιελάμβανε την σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας διαφόρων διακομιστών με διαφορετικό φορτίο ο κάθε ένας, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ενέργειας του διακομιστή έχει άμεση σχέση με την χρήση του επεξεργαστή. Αυτός ο τρόπος υπολογισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια σχετικά ακριβής εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς ιδιαίτερο κόστος επένδυσης.

Η περιστροφή των εσωτερικών δίσκων καταναλώνει ενέργεια συνεχώς και η μόνη επιπλέον ισχύ που αντλούν ανά περιόδους, είναι όταν γίνεται πρόσβαση και μετακινείται η κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής. Η διαφορά μεταξύ αδρανούς κατάστασης και πλήρους λειτουργίας είναι περίπου 30%, ποσοστό αμελητέο σχετικά με την συνολική ισχύ του συστήματος.

Η χρήση των δίσκων και της μνήμης συνοδεύεται επίσης από κάποια δραστηριότητα του επεξεργαστή, δεδομένου ότι ο επεξεργαστής χρησιμοποιείται για τη διαχείριση και την παρακολούθηση της προόδου των εργασιών, συνεπώς η χρήση των δίσκων και της μνήμης συσχετίζεται με τη χρήση του επεξεργαστή.

Η συνολική όμως απαίτηση σε ενέργεια του επεξεργαστή μεταβάλλεται, διότι η σημερινή τεχνολογία κατασκευής έχει βελτιωθεί και επιτρέπει σε τμήματα του επεξεργαστή να τερματίζεται η λειτουργία τους σε χρονικά διαστήματα αδράνειας. Άλλωστε είναι το μοναδικό στοιχείο του όλου συστήματος που έχει σημαντικές επιπτώσεις στην συνολική κατανάλωση ενέργειας του βάσει την αξιοποίησής του.

Η παρακάτω εικόνα 37 δείχνει ένα μοντέλο όπου η κατανάλωση ενέργειας του διακομιστή κλιμακώνεται γραμμικά με την χρήση του επεξεργαστή.



Εικόνα 37. Αξιοποίηση επεξεργαστή σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας.

Όπως έχει αναφερθεί μέσω λογισμικού διαχείρισης οι περισσότεροι διακομιστές τελευταίας τεχνολογίας συλλέγουν πληροφορίες για τη χρήση του επεξεργαστή, ωστόσο μερικοί μόνο οργανισμοί αξιοποιούν πλήρως αυτή την πληροφορία, εκτός από την χρήση της για τον προγραμματισμό των δυνατοτήτων του συστήματος.

Λαμβάνοντας τον μέσο όρο της χρήσης του επεξεργαστή για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, είναι δυνατόν να υπολογιστεί μια εκτίμηση της ενέργειας που καταναλώνει για τη συγκεκριμένη περίοδο.

Δεδομένου ότι το μοντέλο μας είναι γραμμικό ξεκινώντας από μία κατάσταση αδράνειας έως την μέγιστη αξιοποίηση, γνωρίζουμε μόνο την ενέργεια που απαιτεί ο διακομιστής κατά την μέγιστη ζήτηση και κατά την κατάσταση αδράνειας, στην συνέχεια προκύπτει με απλή αριθμητική πράξη μία εκτίμηση της χρήσης ενέργειας σε κάθε ενδιάμεσο ποσοστό αξιοποίησης.

Μέχρι πρόσφατα το μόνο ποσοστό ενέργειας που δημοσιευόταν για τους διακομιστές ήταν ο χαρακτηρισμός του τροφοδοτικού, που συνήθως η ισχύς του είναι πολύ υψηλότερη από την πραγματική ενέργεια που καταναλώνει ο διακομιστής. Ωστόσο, είναι όλο και περισσότεροι οι κατασκευαστές διακομιστών που δημοσιεύουν πλέον την πραγματική ισχύ που χρησιμοποιούν, με αριθμητικά στοιχεία για τα τρέχοντα μοντέλα τους σε κατάσταση αδράνειας και κατά την μέγιστη αξιοποίηση τους.

Αυτό ωθείται από τη θέσπιση του Thermal Guideline5 της ASHRAE ή παρόμοιων εκθέσεων των κατασκευαστών οι οποίοι παρέχουν την ονομαστική ισχύ για ελάχιστη, τυπική και πλήρη λειτουργία. Η κατευθυντήρια γραμμή της ASHRAE δημοσιεύτηκε από την μελέτη TC 9.9 και αναπτύχθηκε από την πλειοψηφία των κατασκευαστών διακομιστών και από άλλα μέλη της ASHRAE.

Στις περισσότερες εγκαταστάσεις υπάρχει τυποποίηση αναφορικά με τις προδιαγραφές των διακομιστών.

Ως εκ τούτου, είναι πιθανό να είναι περιορισμένος ο αριθμός διαφορετικών μοντέλων διακομιστών που υπάρχουν σε ένα κέντρο δεδομένων. Η μέτρηση ως εκ τούτου, της κατανάλωσης ενέργειας ενός ενιαίου τύπου διακομιστή υπό πλήρες φορτίο και σε κατάσταση αδράνειας δεν είναι περίπλοκη ή χρονοβόρος διαδικασία και παρέχει επαρκής πληροφορίες για την λήψη εμπειριστατωμένων αποφάσεων.

Από τη στιγμή που τα στοιχεία αυτά είναι διαθέσιμα, μπορεί να υπολογιστεί η εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας (P) σε κάθε επεξεργαστή ανάλογα με την αξιοποίησή του (n%) από τον ακόλουθο τύπο:

$$P_n = (P_{max} - P_{idle}) * n/100 + P_{idle}$$

Παράδειγμα:

Εάν ένας διακομιστής έχει μέγιστη ισχύ 300W και σε κατάσταση αδράνειας καταναλώνει 200W, τότε σε 5% αξιοποίηση η κατανάλωσή του θα είναι περίπου:

Κατανάλωση σε αξιοποίηση 5%

$$= (300 - 200) * 5/100 + 200 = 100 * 0.05 + 200 = 205W$$

Εάν ο διακομιστής λειτουργεί στον εν λόγω μέσο βαθμό αξιοποίησης για μια περίοδο 24 ωρών, τότε η χρήση ενέργειας ισούνται ως ακολούθως:

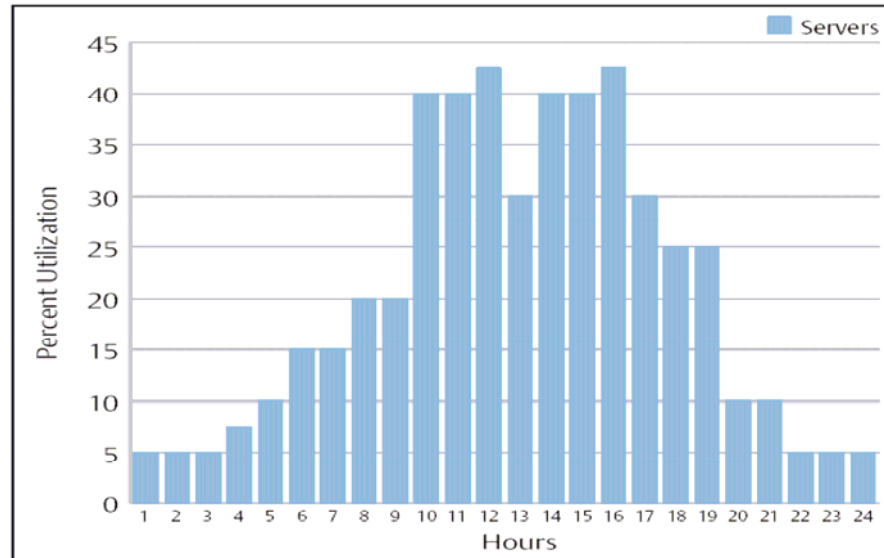
$$205W * 24 = 4920 \text{ Watt hour (Wh)} = 4.92 \text{ kilowatt hour (kWh)}$$

Μέσω εμπειρικής μέτρησης διαφόρων διακομιστών χρησιμοποιώντας αναλυτή ισχύος αποδείχθηκε ότι η προσέγγιση αυτή είναι ακριβής κατά $\pm 5\%$ σε όλα τα ποσοστά αξιοποίησης του επεξεργαστή.

Σε γενικές γραμμές η τρέχουσα χρήση ενέργειας σε όλο το κέντρο δεδομένων μπορεί να προσεγγιστεί με την προσθήκη της χρήσης ενέργειας για όλους τους διακομιστές στο κέντρο δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια μπορούν να συμβάλουν σε μεταγενέστερες αποφάσεις σχετικά με τις αλλαγές τις οποίες θα έχουν το θετικότερο αντίκτυπο στη συνολική χρήση ενέργειας των διακομιστών.

4.2.3.3 Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση Διακομιστή & Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας

Τα κέντρα δεδομένων διαστασιολογούνται για συνθήκες μέγιστης φόρτισης που σπάνια συμβαίνει. Σε ένα τυπικό κέντρο δεδομένων η καθημερινή απαίτηση σταδιακά αυξάνεται από τις 5 π.μ. μέχρι τις 11 π.μ. και μειώνεται ξανά μετά τις 5 μ.μ. όπως φαίνεται στην εικόνα 38 [26].

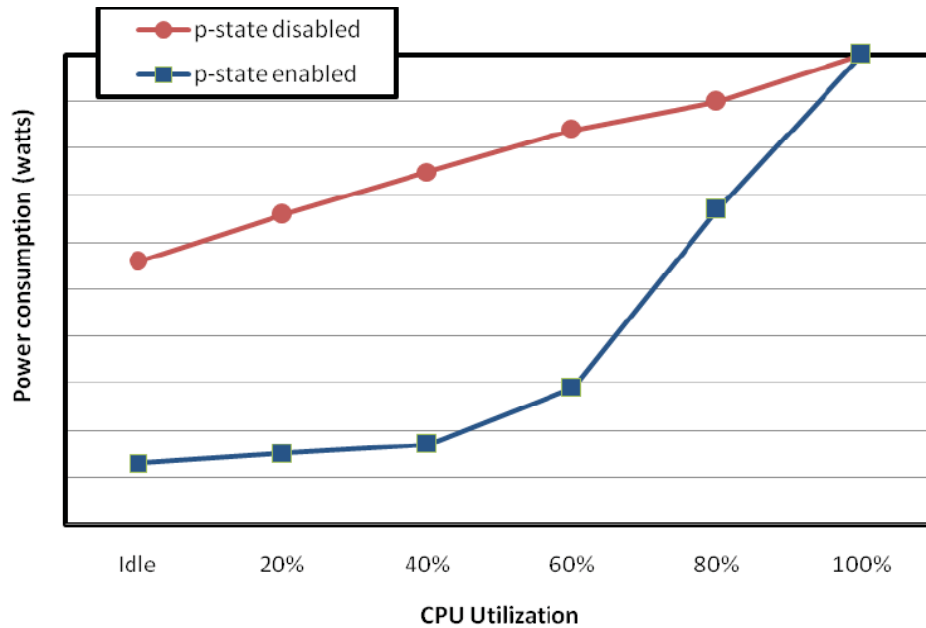


Εικόνα 38. Ποσοστά αξιοποίησης ενός τυπικού διακομιστή στο διάστημα μιας ημέρας

Τα τελευταία χρόνια, οι επεξεργαστές των διακομιστών τύπου x86 έχουν αρχίσει να ενσωματώνουν την αρχιτεκτονική εξοικονόμησης ενέργειας που ήταν κοινή τόσο στους επιτραπέζιους όσο και στους φορητούς υπολογιστές. Η ενεργοποίηση αυτής της δυνατότητας μπορεί να οδηγήσει σε συνολική εξοικονόμηση ενέργειας του συστήματος μέχρι 20%.

Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται, μειώνοντας τη συχνότητα του πολλαπλασιαστή (FID) και της τάσης (VID) του επεξεργαστή. Η έκδοση της Intel, σε αυτή η τεχνολογία είναι γνωστή ως Enhanced Intel SpeedStep Technology (EIST) ή Demand Based Switching (DBS) και της AMD ως Cool'n'Quiet ή PowerNOW! Ο συνδυασμός της ρύθμισης της συχνότητας του επεξεργαστή (CPU) και της τάσης είναι γνωστός ως performance state (p-state).

Τροποποιώντας το p-state μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας του διακομιστή όταν δεν αξιοποιείται πλήρως αλλά εξακολουθεί να έχει την δυνατότητα να παρέχει το ίδιο μέγιστο επίπεδο επιδόσεων όταν απαιτηθεί. Η εναλλαγή μεταξύ p-state ελέγχεται δυναμικά από το λειτουργικό σύστημα και μεταβαίνει σε κατάσταση πλήρους ισχύος σε μικρο-δευτερόλεπτα, χωρίς να προκαλεί καμία αισθητή υποβάθμιση στις επιδόσεις του.



Εικόνα 39. Επιπτώσεις του p-state στην κατανάλωση ισχύος (AMD Data7).

Παρόλο που ένας επεξεργαστής μπορεί να διαθέτει την δυνατότητα p-state, τόσο το βασικό σύστημα εισόδου-εξόδου (BIOS) όσο και το λειτουργικό σύστημα πρέπει να είναι ικανό να προσφέρει τη δυνατότητα να κάνει τη χρήση αυτού [21].

4.2.4 Τυπικοί διακομιστές παλαιάς τεχνολογίας

Πολλοί οργανισμοί χρησιμοποιούν blade servers για να καλύψουν τις απαιτήσεις τους και για να βελτιώσουν την διαχείριση των διακομιστών. Ενώ η μετάβαση σε blade servers τυπικά δεν συμφωνεί με τις οδηγίες εξοικονόμησης ενέργειας, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας.

Καταναλώνουν περίπου 10% λιγότερη ενέργεια από ένα αντίστοιχο ικρίωμα που φιλοξενεί τυπικούς διακομιστές διότι υπάρχουν κοινά τροφοδοτικά, ανεμιστήρες και άλλα στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν ταυτόχρονα πολλούς blade servers [26].

4.2.5 Υπερδιαστασιολόγηση συστήματος ψύξης

4.2.5.1 Βέλτιστες πρακτικές

Τα συστήματα ψύξης στα κέντρα δεδομένων είναι διαστησιολογημένα ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται τα μέγιστα φορτία τα οποία σπάνια υπάρχουν. Κατά συνέπεια η απόδοση λειτουργίας σε πλήρες φορτίο συχνά δεν είναι καλή ένδειξη και διαφοροποιείται από την απόδοση για λειτουργία με τα πραγματικά εγκατεστημένα φορτία. Νέες τεχνολογίες, όπως αυτές των συμπιεστών μεταβλητού βήματος επιτρέπει στις εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες που λειτουργούν με ψυκτικό μέσο φρέον να επιτυγχάνουν υψηλά ποσοστά απόδοσης ακόμα και με μερικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται η μεταβολή της ισχύος των συστημάτων ψύξης έτσι ώστε να

προσαρμόζεται συνεχώς με το θερμικό φορτίο το οποίο εκλύεται στον χώρο του κέντρου δεδομένων από τον ενεργό εξοπλισμό χωρίς να ξεκινά και να σταματά ο συμπιεστής.

Οι ανεμιστήρες σε μία τυπική εσωτερική κλιματιστική μονάδα λειτουργούν παρέχοντας σταθερή ποσότητα αέρα. Αντικαθιστώντας αυτούς τους ανεμιστήρες με νέας τεχνολογίας μεταβλητής συχνότητας και δυνατότητα μεταβολής των στροφών τους μειώνεται η κατανάλωση της ενέργειας τους κατά τις περιόδους που μειώνεται το θερμικό φορτίο στο κέντρο δεδομένων. Έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι με μείωση 20% στις στροφές του καταναλώνουν 50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια. Η διαφορά στην κατανάλωση μεταξύ νέας τεχνολογίας ανεμιστήρων και παλαιών είναι μεγάλη αλλά η κατανάλωση ενέργειας τους σε σχέση με την συνολική κατανάλωση του κέντρου δεδομένων είναι ελάχιστη [34].

Παρόλο που τα περισσότερα κέντρα δεδομένων έχουν υλοποιήσει κάποιες βέλτιστες πρακτικές, όπως την εφαρμογή της αρχιτεκτονικής των θερμών και ψυχρών διαδρόμων υπάρχουν επιπλέον δυνατότητες για βελτίωση. Όπως η σφράγιση των ανοιγμάτων στα υπερυψωμένα δάπεδα τα οποία εξυπηρετούν για την διέλευση των καλωδιώσεων ασθενών και ισχυρών ρευμάτων από και προς τα ικριώματα και των σωληνώσεων, η χρησιμοποίηση πάνελ κλεισίματος των κενών θέσεων στα ικριώματα στα οποία δεν υπάρχει εξοπλισμός και η αποφυγή ανάμιξης του θερμού και του ψυχρού αέρα.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και ειδικότερα ο κλιματισμός είναι μακράν η πιο πιθανή αιτία διακοπής της λειτουργίας του εξοπλισμού πληροφορικής στα κέντρα δεδομένων.

4.2.5.2 Συστήματα Κλιματισμού με Βηματικό Συμπιεστή

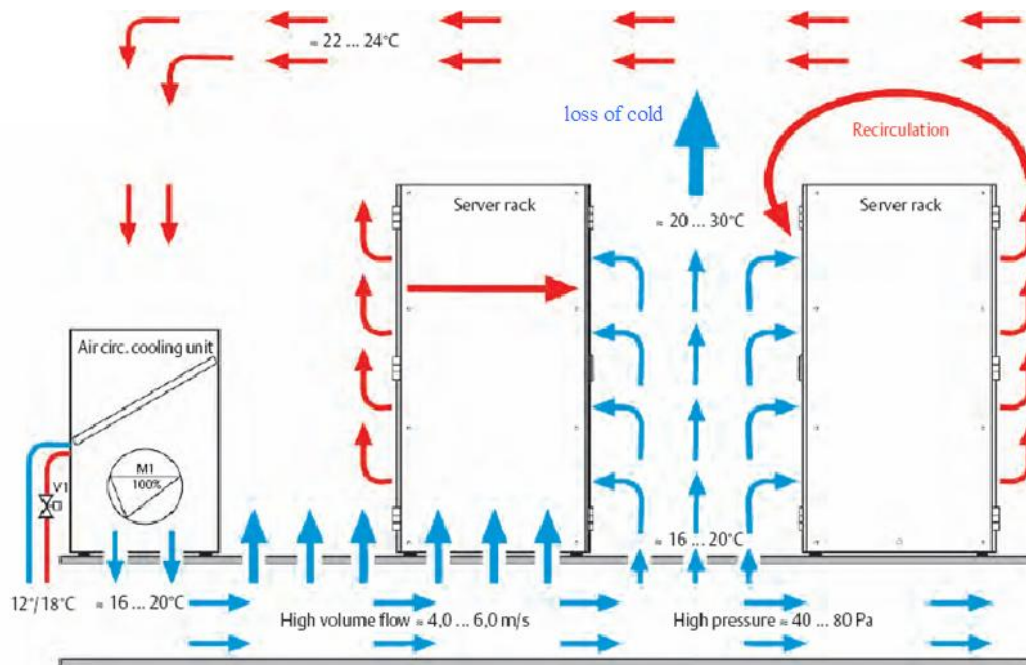
Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας σε μία κλιματιστική μονάδα καταναλώνεται στους συμπιεστές της. Σήμερα υπάρχουν κλιματιστικές μονάδες με συμπιεστές τεχνολογίας τύπου Scroll με τις οποίες επιτρέπεται η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία προέρχεται από την βέλτιστη αυτόματη ρύθμιση του βήματος των συμπιεστών ανάλογα με τις στιγμιαίες ανάγκες του χώρου καθώς και τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

Η λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας του Ψυκτικού Συστήματος εκμεταλλεύεται τις χαμηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια του χειμώνα και σε συνδυασμό με την τεχνολογία βηματικής λειτουργίας συμπιεστή επιτρέπεται ο έλεγχος και η μείωση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης. Η φόρτιση των συμπιεστών οδηγείται από τον αισθητήρα αέρα επιστροφής των Κλιματιστικών Μονάδων. Έτσι οι συμπιεστές καταναλώνουν χαμηλότερη ηλεκτρική ενέργεια.

4.2.5.3 Θερμικό βραχυκυκλώμα

Όταν τα φορτία του εξοπλισμού πληροφορικής είναι επ' αυξημένα και ξεπερνάνε το όριο των 7kW/ικρίωμα τότε ενώ η ονομαστική ψυκτική ισχύς των Κλιματιστικών

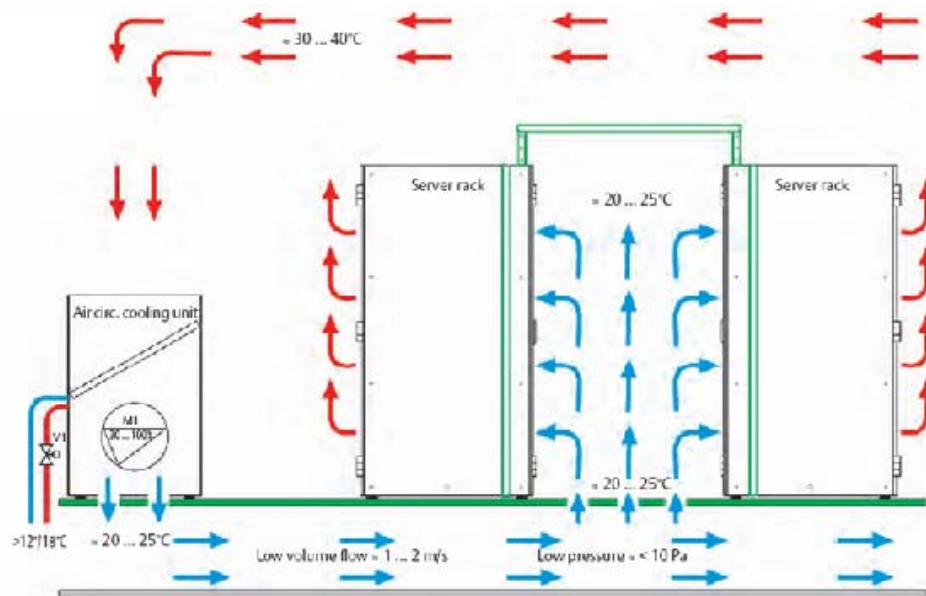
Μονάδων μπορεί να ικανοποιεί «σε απόλυτα νούμερα» την απαίτηση του θερμικού φορτίου, η παροχή αέρα (airflow) δεν θα επαρκεί για την κάλυψή του. Δηλαδή ο ενεργός εξοπλισμός απαιτεί τόσο μεγάλη ποσότητα αέρα όπου «βραχυκυκλώνει» τον ίδιο τον θερμό του αέρα που εκπέμπει. Αυτό απεικονίζεται στην εικόνα 40.



Εικόνα 40. Θερμικό βραχυκυκλώμα

Επίσης στην εικόνα 40 παρατηρείται ότι συμβαίνουν δύο πράγματα. Πρώτον ο θερμός αέρας που εκπέμπεται από την μία κριwiseira δεν προλαβαίνει να γυρίσει στην Κλιματιστική Μονάδα και να ψυχθεί καθώς αναρροφάται από τον ενεργό εξοπλισμό. Ο ενεργός εξοπλισμός ο οποίος είναι μεγάλης θερμικής πυκνότητας φέρει πολύ ισχυρούς ανεμιστήρες που απαιτούνται φυσικά για την ψύξη του και έτσι αναρροφά αέρα από παντού. Όταν ο εξοπλισμός βρίσκεται στο πάνω μέρος των κριωμάτων τότε αναρροφά τον θερμό αέρα από την έξοδο του κριώματος καθώς ο θερμός αέρας ανεβαίνει υψηλότερα επειδή είναι πιο ελαφρύς. Το δεύτερο γεγονός που παρατηρείται είναι ότι ο ψυχρός αέρας που προσάγεται μέσα από τις διάτρητες πλάκες του υπερυψωμένου δαπέδου χάνεται κυρίως από τα πλαϊνά των διαδρόμων καθώς δεν υπάρχει κάποιο φυσικό εμπόδιο να τον περιορίσει. Ως αποτέλεσμα είναι ότι ο ψυχρός αέρας επιστρέφει απ' ευθείας στις Κλιματιστικές Μονάδες χωρίς να ψύξει τον ενεργό εξοπλισμό.

Η λύση στο πρόβλημα περιλαμβάνει το κλείσιμο των Ψυχρών Διαδρόμων και μέσα από την αναβάθμιση του λογισμικού μόνο των Κλιματιστικών Μονάδων και ένα σύστημα ελέγχου με αισθητήρες θερμοκρασίας προσαγωγής και ψυχρού διαδρόμου επιτυγχάνεται ο απόλυτος έλεγχος των θερμικών φορτίων του ενεργού εξοπλισμού. Στην εικόνα 41 απεικονίζεται το αποτέλεσμα.



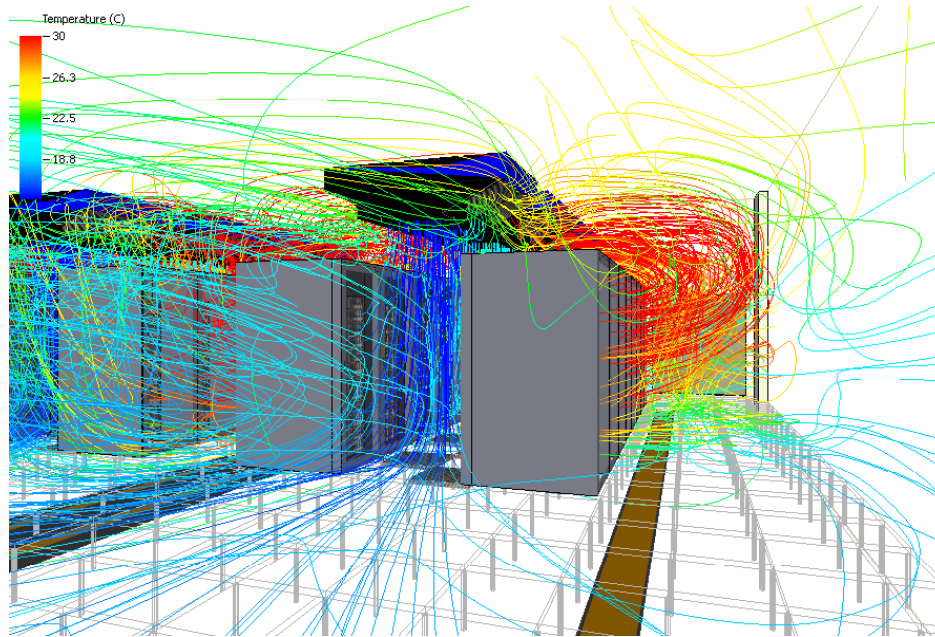
Εικόνα 41. Τομή κλεισίματος Ψυχρού διαδρόμου

Δεδομένου ότι η ροή του αέρα είναι περίπλοκη, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι πραγματικές διαδρομές του αέρα στον χώρο και ο τρόπος απαγωγής της θερμότητας ώστε να είναι εφικτή η διαχείριση των συνθηκών περιβάλλοντος αποτελεσματικά και να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι για απρόσμενο τερματισμό λειτουργίας.

Η προσομοίωση με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD επιτρέπει την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων κατά τον αρχικό σχεδιασμό ενός κέντρου δεδομένων και των βελτιωτικών ενεργειών σε υφιστάμενα κέντρα δεδομένων [33].

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της προσομοίωσης με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD είναι η δυνατότητα πρόβλεψης του αντίκτυπου οποιασδήποτε αλλαγής στην χωροθέτηση του εξοπλισμού ή άλλης επέμβασης.

Η ανάλυση με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD μπορεί επίσης να βοηθήσει στην αποκάλυψη αδυναμιών και τη βελτίωση της διαχείρισης του αέρα στα κέντρα δεδομένων όπως φαίνεται στην εικόνα 42.



Εικόνα 42. Στιγμιότυπο ανάλυσης με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD

Επιπλέον στον ψυχρό διάδρομο είναι πρακτικά εφικτό να αυξηθεί η θερμοκρασία χωρίς επίπτωση στην ασφαλή λειτουργία του ενεργού εξοπλισμού αν αυτή είναι μικρότερη των 20 C° . Οι τελευταίες οδηγίες της ASHRAE TC 9.9 υποδεικνύουν θερμοκρασίες έως και 27C° στο ψυχρό διάδρομο [26].

4.2.6 Απώλειες στην διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας και στα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα ακόμα τμήμα του κέντρου δεδομένων όπου με κατάλληλες επεμβάσεις είναι εφικτό να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας.

Ωστόσο, πρέπει να εξασφαλισθεί σε ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με άλλα συστήματα, ότι οι μειώσεις στον τομέα της κατανάλωσης της ενέργειας δεν θα επηρεάσουν την εύρυθμη λειτουργία του κρίσιμου εξοπλισμού.

Τα περισσότερα κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούν Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας τα οποία είναι τεχνολογίας διπλής μετατροπής. Τα συστήματα αυτά μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο λαμβάνουν στην είσοδό τους σε συνεχές για να το αποθηκεύσουν στις συνδεδεμένες συστοιχίες συσσωρευτών και στην συνέχεια το μετατρέπουν πάλι σε εναλλασσόμενο για να τροφοδοτήσουν τον ευαίσθητο ενεργό εξοπλισμό.

Αυτό επιτρέπει στο Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας να τροφοδοτεί τον συνδεδεμένο εξοπλισμό στην έξοδό του με αυστηρά προκαθορισμένα όρια τάσης και συχνότητας. Η μετατροπή της τάσης από AC σε DC και πάλι σε AC παρόλο που επιτρέπει την τροφοδότηση των φορτίων με καθαρή ενέργεια έχει απώλειες στις βαθμίδες μετατροπής της τάσης. Τα σύγχρονα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας επιτυγχάνουν

υψηλό βαθμό απόδοσης άνω του 96% με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση της ενέργειας [26].

4.2.7 Μερικώς χρησιμοποιούμενες υποδομές Κέντρων Δεδομένων με αποτέλεσμα υψηλό TCO

Έρευνα δείχνει ότι ένα τυπικό κέντρο δεδομένων αξιοποιείται μόνο στο 30% της συνολικής δυνατότητας του. Ενώ υπάρχουν κέντρα δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 90% ή περισσότερο της παραγωγικής ικανότητάς τους, υπάρχουν αντίστοιχα και άλλα με ποσοστά χρησιμοποίησης 10%. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση ενός κέντρου δεδομένων ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ζωής του [18].

Η μονάδα μέτρησης των υλικών υποδομών, η οποία είναι κοινώς κατανοητή τόσο από το προσωπικό το οποίο ασχολείται με τις εγκαταστάσεις υποδομών όσο και από τους χειριστές των κέντρων δεδομένων και βοηθά στην κατανόηση του προβλήματος είναι το ίδιο το ικρίωμα. Οι απαιτήσεις τροφοδοσίας, ψύξης και χώρου κατάληψης ενός ικρίωματος είναι αρκετά κατανοητή έννοια και καλά τυποποιημένα από άποψη εγκατάστασης. Το ποσό του εξοπλισμού που μπορεί να φιλοξενήσει ένα ικρίωμα και λειτουργία του είναι εξίσου κατανοητή.

Ενώ το κόστος λειτουργίας των πλήρως χρησιμοποιούμενων και μερικώς χρησιμοποιούμενων εγκαταστάσεων κατά τη διάρκεια ζωής τους είναι συγκρίσιμο, η απόδοση της επένδυσης τους είναι εντελώς διαφορετική. Στην περίπτωση του πλήρως χρησιμοποιούμενου κέντρου δεδομένων, το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας μοιράζεται σε περισσότερα ικρίωματα και συνεπώς σε μεγάλη ποσότητα εξοπλισμού πληροφορικής ο οποίος παρέχει τις χρήσιμες υπηρεσίες.

Στην περίπτωση του κέντρου δεδομένων στο οποίο έχουμε μερική χρησιμοποίηση, όλο βάρος των εξόδων υποδομής βαρύνουν μικρότερη ποσότητα ικριωμάτων. Κατά συνέπεια όταν το TCO των κέντρων δεδομένων υπολογίζεται βάσει του χρήσιμου έργου που εκτελείται, δηλαδή πόσος εξοπλισμός πληροφορικής υποστηρίζεται και η υπό-εκμετάλλευση μπορεί να οδηγήσει αύξηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας.

Η ιδανική αρχιτεκτονική ενός κέντρου δεδομένων σωστά διαστασιοποιημένου υπόκειται μόνο στο κόστος των υποδομών που είναι πραγματικά απαραίτητο σε κάθε δεδομένη στιγμή.

Για να επιτευχθεί η θεωρητικά διαθέσιμη εξοικονόμηση, το ιδανικό κέντρο δεδομένων θα είχε υποδομές μόνο για την ισχύ και την ψύξη που χρειάζεται κάθε στιγμή, θα καταλάμβανε μόνο το χώρο που απαιτείται κάθε στιγμή, και θα επιβαρυνόταν μόνο από το κόστος της παροχής υπηρεσιών σχετικά με την χωρητικότητα των υποδομών που στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται. Θα ήταν δε, απολύτως επεκτάσιμο. Παρόλο που μία τέτοια ιδανική αρχιτεκτονική δεν είναι σήμερα εφικτή, είναι πρακτική και οικονομικά αποδοτική για να εξεταστεί μία προσέγγιση όσον αφορά τα αρθρωτά κέντρα δεδομένων με δυνατότητα κλιμάκωσης και επέκτασης με το χρόνο και αναλόγως των

αναγκών, προκειμένου να αυξηθεί η βαρύτητα της σωστής διαστασιολόγησης στην συνολική εξοικονόμηση του κόστους.

Με την τεχνολογία που είναι σήμερα διαθέσιμη, πολλά στοιχεία των κέντρων δεδομένων, όπως τα Συστήματα Αδιάλειπτου Λειτουργίας (UPS), τα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τα συστήματα κλιματισμού, μπορούν να αναπτυχθούν αρθρωτά και με δυνατότητα κλιμάκωσης.

Τα αρθρωτά Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας (modular UPS), συνδυάζουν μεγάλη ισχύ και μικρό ίχνος, συνεπώς επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση χώρου ενώ παράλληλα παρέχουν ευελιξία στην μελλοντική επέκταση ισχύος. Το άμεσο αποτέλεσμα των πλεονεκτημάτων αυτών είναι η μείωση του συνολικού ενεργειακού αποτυπώματος, αλλά και η μακροπρόθεσμη οικονομική απόδοση. Ακόμα ένα σημαντικό πλεονέκτημα των αρθρωτών Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας είναι ο βαθμός απόδοσής τους ο οποίος είναι ιδιαίτερα υψηλός, άνω του 95% ακόμα και σε μερικό φορτίο σε αντίθεση με τα συστήματα παλαιότερης τεχνολογίας. Άλλωστε τα περισσότερα κέντρα δεδομένων λειτουργούν στο 30 έως 50% των δυνατοτήτων τους. Ακόμα ένα χαρακτηριστικό τους το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί είναι η δυνατότητα προσθαφαίρεσης των μονάδων ισχύος χωρίς την πρόκληση δυσλειτουργίας στον υποστηριζόμενο εξοπλισμό. Σε περιπτώσεις μείωσης του εξοπλισμού πληροφορικής από εφαρμογή άλλων βελτιωτικών ενεργειών (π.χ. εικονικοποίηση) μειώνεται και η συνολική ισχύς του Συστήματος Αδιάλειπτου Λειτουργίας δίνοντας την δυνατότητα επίτευξης επιπλέον εξοικονόμησης ενέργειας.

Όταν αυτά τα στοιχεία αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου ώστε να ταιριάζουν με την πραγματική απαίτηση, η εξοικονόμηση κόστους που πραγματοποιείται, όχι μόνο για τον ίδιο τον εξοπλισμό, αλλά και για τις συμβάσεις υπηρεσιών συντήρησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2.8 Υψηλό κόστος λειτουργίας λόγω μερικής εκμετάλλευσης των ικριωμάτων

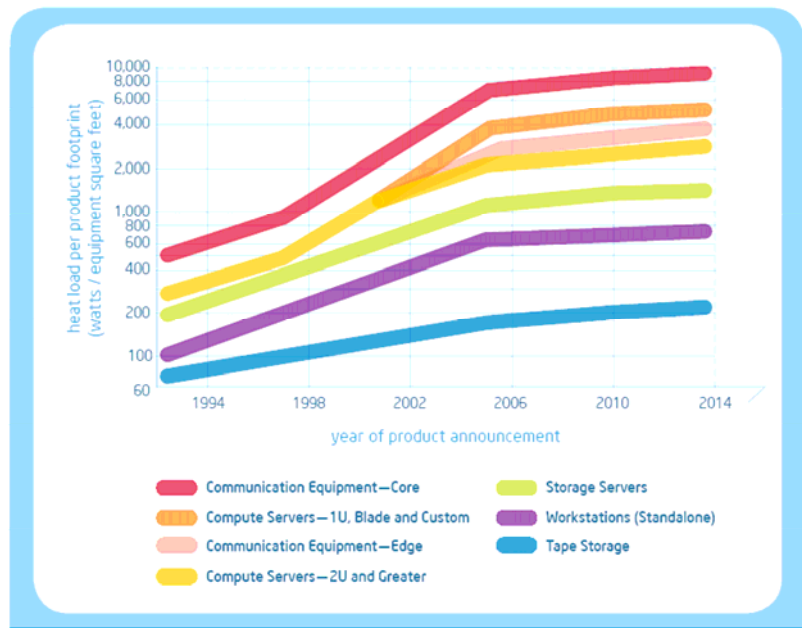
4.2.8.1 Αρχιτεκτονική υψηλού θερμικού φορτίου

Σύμφωνα με την ASHRAE (2005) και στην εικόνα 43 το οποίο προβάλλει την τάση της πυκνότητας φορτίου στους χώρους των κέντρων δεδομένων ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τάση για διακομιστές, διαστάσεων 1U, 2U & blade servers τα οποία και είναι τα πρωτεύοντα δομικά στοιχεία των κέντρων δεδομένων. Η τάση για εξοπλισμό διαστάσεων 1U το 2006 υποδεικνύει ένα θερμικό φορτίο περίπου 4000 watts/sq ft για χώρο δαπέδου με ενεργό εξοπλισμό. Ένα τυπικό ικρίωμα έχει ίχνος 1000x600 mm, το οποίο σημαίνει ότι το θερμικό φορτίο του ικριώματος είναι 26kW. Σήμερα υπάρχουν πολύ λίγα ικρίωματα με τόσο υψηλό θερμικό φορτίο.

Η οδηγία της ASHRAE καταδεικνύει την μέγιστη τιμή, που θα μπορούσε να εγκατασταθεί σε ένα πλήρως εξοπλισμένο ικρίωμα. Τα κέντρα δεδομένων όμως δεν κατασκευάζονται με αυτή την πυκνότητα θερμικού φορτίου.

Αντίθετα εξακολουθούν να κατασκευάζονται με τις τιμές της οδηγίας ASHRAE του 1999 αναφορικά με την πυκνότητα θερμικού φορτίου σε υπολογιστικό εξοπλισμό.

Ενώ υπάρχει η θεώρηση ότι ένα κέντρο δεδομένων με σχεδιασμό για 26KW ανά κριώμα θα ήταν υπερβολικά δαπανηρό και πιο ακριβό από ένα κέντρο δεδομένων με τυπική πυκνότητα θερμικού φορτίου υπάρχει και η τεχνολογία για την ψύξη των κριωμάτων αυτών και εάν ένα κέντρο δεδομένων κατασκευαστεί βάσει αυτού του πρότυπου είχε χαμηλότερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας (TCO).



Εικόνα 43. Πρόβλεψη της ASHRAE για έως το 2014.

Οι βέλτιστες πρακτικές διάταξης των σύγχρονων κέντρων δεδομένων υποδεικνύουν την τοποθέτηση των κριωμάτων σε κριωσειρές δημιουργώντας θερμούς και ψυχρούς διαδρόμους. Εντός του υπερυψωμένου δαπέδου διοχετεύεται ο ψυχρός αέρας από τις κλιματιστικές μονάδες ο οποίος κυκλοφορεί και παρέχεται στον ψυχρό διάδρομο από ανοίγματα τα οποία μπορεί να είναι είτε στόμια είτε διάτρητες πλάκες. Ο ψυχρός διάδρομος παρέχει κρύο αέρα στην είσοδο του ενεργού εξοπλισμού στην είσοδο των κριωμάτων. Στην συνέχεια ο αέρας αφού έχει ψύξει τον ενεργό εξοπλισμό εκλύεται θερμός στην πίσω πλευρά των κριωμάτων, στον θερμό διάδρομο.

Έπειτα επιστρέφει στο σύστημα κλιματισμού για να ψυχθεί και να διοχετευθεί πάλι κάτω από το υπερυψωμένο δάπεδο. Στην διάταξη θερμών / ψυχρών διαδρόμων η τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού εντός των κριωμάτων ποικίλλει και είναι εξαρτώμενη από πολλούς παράγοντες όπως η ικανότητα ψύξης, η διαθεσιμότητα ενέργειας, η διαθεσιμότητα δικτύου και η δυνατότητα στατικής φόρτισης των κριωμάτων.



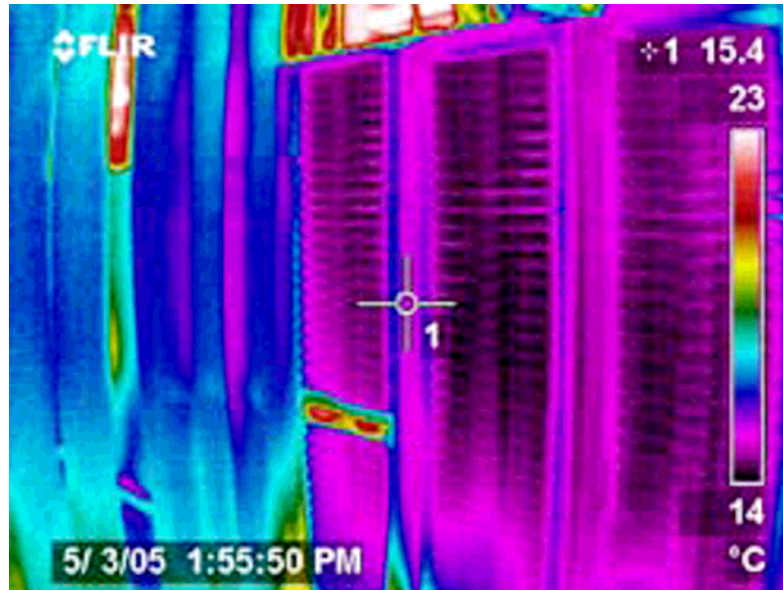
Εικόνα 44. Φωτογραφία ψυχρού διαδρόμου σε ένα κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας

Τα κέντρα δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας θεωρούνται αυτά στα οποία λειτουργούν ικρίωματα με θερμικό φορτίο 14kW και άνω.

Ένα ικρίωμα με υψηλό θερμικό φορτίο το οποίο τοποθετείται μόνο του σε μία περιοχή του κέντρου δεδομένων δεν θεωρείται ικρίωμα υψηλής πυκνότητας.

Έχει αναφερθεί, ότι για θερμικά φορτία 14 kW και άνω ανά ικρίωμα θα χρειαζόταν συμπληρωματική ψύξη ή ψύξη με νερό ώστε να είναι σε θέση να διαχειριστούν αυτά τα είδη φορτίων. Η υψηλή θερμική πυκνότητα μπορεί να ψύχεται με επιτυχία με την διάταξη θερμών και ψυχρών διαδρόμων όπως φαίνεται στην εικόνα 47.

Στην εικόνα 45 εμφανίζεται μια εικόνα υπέρυθρων του κέντρου δεδομένων της εικόνας 44. Αυτό το κέντρο δεδομένων με υψηλής απόδοσης υπολογιστικά συστήματα είναι εύκολο να διαχειριστεί τα υψηλής θερμικής πυκνότητας ικρίωματα με 30 kW θερμικό φορτίο ανά ικρίωμα χωρίς προβλήματα ανακυκλοφορίας του αέρα.



Εικόνα 45. Υπέρυθρη φωτογραφία ενός ικρίωματος 14 kW στο τέλος της ικρивоσειράς σε ένα υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων

Η μέτρηση που χρησιμοποιείται πιο συχνά για την πυκνότητα φορτίου σε ένα κέντρο δεδομένων είναι τα watts/m^2 . Ωστόσο, αυτό το μέγεθος είναι συχνά ελλιπές διότι στερείται ανάλυσης στον παρονομαστή. Συνήθως θεωρείται ότι η τιμή αναφέρεται στην περιοχή του κέντρου δεδομένων με υπερυψωμένο δάπεδο, αλλά θα μπορούσε να αναφέρεται και στους βοηθητικούς χώρους του κέντρου δεδομένων, ή ακόμη και σε ολόκληρες τις υποδομές.

Η σωστή μέτρηση για τον υπολογισμό του TCO είναι το κόστος/διακομιστή, όταν υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία και αριθμός διακομιστών. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κόστος/kW, ιδίως όταν δεν είναι γνωστά τα στοιχεία των διακομιστών που θα εγκατασταθούν [32].

Σε αυτό τον τρόπο μέτρησης, τα kW είναι η ισχύς που είναι διαθέσιμη στους διακομιστές, σχετικά με την ισχύ της εγκατάστασης και περιλαμβάνει τις απώλειες των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας (UPS) και την ισχύ για το σύστημα ψύξης. Η χρήση του κόστους/ m^2 δεν είναι αντικειμενική επειδή τα υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρα δεδομένων έχουν μεγαλύτερο κόστος/ m^2 . Δυστυχώς, τα χαμηλής πυκνότητας κέντρα δεδομένων επιλέγονται συχνά με βάση αυτή την λανθασμένη σύγκριση.

Μία από τις πιο συνηθισμένες παρερμηνείες κατά την περίοδο σχεδίασης και ανάπτυξης ενός κέντρου δεδομένων είναι ότι το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας ενός νέου κέντρου δεδομένων είναι χαμηλότερο με σχεδιασμό χαμηλής πυκνότητας φορτίου.

Η σχεδίαση υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρων δεδομένων απαιτεί μεγαλύτερη εστίαση στην διαχείριση του αέρα στον χώρο. Η πρόκληση δεν είναι η αύξηση του όγκου του αέρα ανά ικρίωμα, αλλά ο μεγαλύτερος έλεγχος της ροής του αέρα. Πρέπει να παρέχεται ο αέρας εκεί που χρειάζεται. Στους χώρους με χαμηλή θερμική πυκνότητα υπάρχει συχνά κακή διαχείριση της ροής του αέρα. Οι χώροι υψηλής

θερμικής πυκνότητας έχουν συχνά φορτία που απαιτούν υψηλότερη ικανότητα ψύξης από ότι μπορεί να παράσχει μία τυπική εσωτερική κλιματιστική μονάδα διαδεδομένη στα κέντρα δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η ανάλυση με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD σε χώρους με υψηλή θερμική πυκνότητα. Οι εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για κέντρα δεδομένων, παρέχουν οφέλη, όπως η παρακολούθηση, αξιοπιστία & εφεδρεία και ικανότητα προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις φορτίων με υψηλές θερμικές απαγωγές.

Μια ακόμα πρόκληση στο σχεδιασμό των χώρων υψηλής θερμικής πυκνότητας είναι η ομοιομορφία των διακομιστών. Ομοιόμορφη εγκατάσταση των διακομιστών στον χώρο έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ροή του αέρα και την διαχείριση του απλούστερη. Ο διαχωρισμός του κέντρου δεδομένων σε ομοιογενείς τύπους διακομιστών μπορεί να διευκολύνει την διαχείριση της ροής του αέρα.

Τα κέντρα δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας απαιτούν ειδική σχεδίαση. Οι διάτρητες πλάκες πρέπει να αντικαταστήσουν τις διάτρητες σχάρες, το υπερυψωμένο δάπεδο είναι απαραίτητο να είναι 75 εκατοστά για την εφαρμογή σχεδιασμού με θερμούς και ψυχρούς διαδρόμους. Αυτό θα μπορούσε να αποκλείει την περίπτωση μετατροπής ορισμένων παλαιών κέντρων δεδομένων σε υψηλής θερμικής πυκνότητας χωρίς τοπικές ενισχύσεις στην ψύξη, αλλά νέα κέντρα δεδομένων και εκείνα με επαρκές ύψος χώρου μπορούν να επωφεληθούν από την αύξηση της θερμικής πυκνότητας. Υπάρχουν κίνδυνοι και αρνητικά στοιχεία στη διαμόρφωση υψηλής θερμικής πυκνότητας, αλλά μπορούν να ξεπεραστούν από το σωστό σχεδιασμό και την αναγνώριση ότι τα σύγχρονα κέντρα δεδομένων δεν απαιτούν συνεχή παρουσία προσωπικού. Εάν το κέντρο δεδομένων μπορεί να σχεδιαστεί ή να γίνουν οι μετατροπές για την υποστήριξη υψηλής θερμικής πυκνότητας, το αποτέλεσμα είναι ένας μικρότερος χώρος με την ίδια απόδοση και με χαμηλότερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας.

4.2.8.2 Εικονικοποίηση (Server Virtualization)

Ιστορική Αναδρομή

Η εικονικοποίηση (Virtualization) ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι μία έννοια που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 για τον διαμερισμό των μεγάλων mainframe υπολογιστών. Σήμερα, οι υπολογιστές που βασίζονται σε αρχιτεκτονική x86 αντιμετωπίζουν τα ίδια προβλήματα «ακαμψίας» και περιορισμένης αξιοποίησης που αντιμετώπιζαν και τα mainframes στην δεκαετία του 1960.

Mainframe Virtualization

Το Virtualization υλοποιήθηκε πριν από 30 χρόνια αρχικά από την IBM σαν μία μέθοδος για τον λογικό διαμερισμό των mainframe υπολογιστών σε ξεχωριστούς εικονικούς υπολογιστές (virtual machines). Αυτά τα διαμερίσματα (partitions) επέτρεπαν στα mainframes το “multitask”: να εκτελούν πολλαπλές εφαρμογές και διεργασίες παράλληλα. Δεδομένου ότι τα mainframes ήταν ακριβοί πόροι εκείνη την εποχή,

σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να διαμερίζονται, προκειμένου να αντισταθμίζουν πλήρως (fully leverage) την οικονομική επένδυση.

Η ανάγκη για x86 Virtualization

Το Virtualization πρακτικά εγκαταλείφθηκε στη διάρκεια των δεκαετιών 1980 και 1990 όταν οι client-server εφαρμογές και οι χαμηλού κόστους x86 διακομιστές και σταθμοί εργασίας, καθιέρωσαν το μοντέλο της κατανεμημένης επεξεργασίας (distributed computing). Αντί της από κοινού χρήσης πόρων κεντρικά, σύμφωνα με το mainframe μοντέλο, οι οργανισμοί χρησιμοποίησαν το χαμηλό κόστος των κατανεμημένων συστημάτων για να δημιουργήσουν «νησίδες» επεξεργαστικής ισχύος. Η ευρεία υιοθέτηση των Microsoft Windows και η ανάδειξη του Linux σαν server operating systems στην δεκαετία του 1990, καθιέρωσαν τους x86 servers ως πρότυπο για την βιομηχανία (industry standard). Η ανάπτυξη στην γρήγορη και εύκολη διάθεση (deployment) των x86 servers και desktops έχει εισάγει νέες προκλήσεις στην υποδομή πληροφορικής και τις λειτουργίες. Σε αυτές τις προκλήσεις συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

- Περιορισμένη Αξιοποίηση Υποδομής
Η συνήθης ανάπτυξη των x86 servers επιτυγχάνει μέση χρήση της τάξης του μόνο 10 με 15 τοις εκατό επί της συνολικής χωρητικότητας, σύμφωνα με το International Data Corporation (IDC), μια εταιρεία έρευνας αγορών. Οι οργανισμοί συνήθως εκτελούν μία εφαρμογή ανά διακομιστή προκειμένου να αποφύγουν τον κίνδυνο τα ευπαθή σημεία μίας εφαρμογής να επηρεάσουν την διαθεσιμότητα μιας άλλης εφαρμογής στον ίδιο server.
- Αυξημένο Κόστος Φυσικής Υποδομής
Το λειτουργικό κόστος για την υποστήριξη της αυξανόμενης φυσικής υποδομής μεγαλώνει σταθερά. Το μεγαλύτερο μέρος της υποδομής υπολογιστών πρέπει να παραμένει σε λειτουργία συνεχώς, οδηγώντας σε κατανάλωση ισχύος, ανάγκες ψύξης και κόστος εγκαταστάσεων που δεν μεταβάλλονται σύμφωνα με το βαθμό χρήσης.
- Αυξανόμενο Κόστος Διαχείρισης του IT
Καθώς τα περιβάλλοντα των υπολογιστών γίνονται περισσότερο σύνθετα, έχει αυξηθεί το επίπεδο εξειδικευμένης εκπαίδευσης και εμπειρίας που απαιτείται από το προσωπικό διαχείρισης της υποδομής, καθώς επίσης και το σχετιζόμενο κόστος. Οι οργανισμοί δαπανούν δυσανάλογο χρόνο και πόρους σε χειρωνακτικές εργασίες που σχετίζονται με την συντήρηση των διακομιστών, και επομένως απαιτείται περισσότερο προσωπικό για να εκτελέσει αυτές τις εργασίες.
- Ανεπαρκής Μετάπτωση και Προστασία από Καταστροφές
Οι οργανισμοί επηρεάζονται αυξανόμενα από την διακοπή λειτουργίας (downtime) κρίσιμων εφαρμογών υπηρεσιών και την αδυναμία πρόσβασης κρίσιμων τελικών χρηστών σε σταθμούς εργασίας. Η απειλή των επιθέσεων στην ασφάλεια, η απειλή των φυσικών καταστροφών και της τρομοκρατίας έχει αυξήσει τη σημαντικότητα του σχεδιασμού για τη διατήρηση της ομαλής

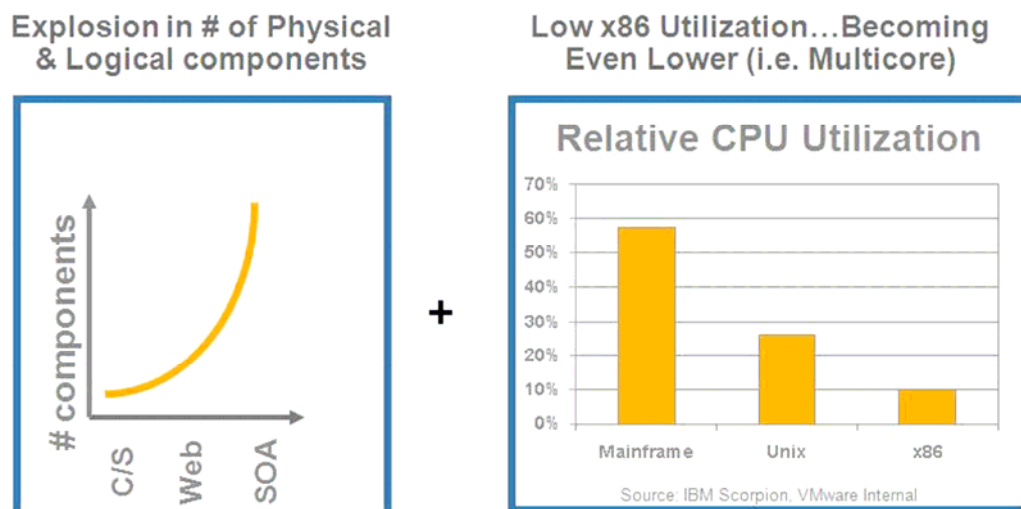
λειτουργίας των οργανισμών (business continuity planning) τόσο για τους σταθμούς εργασίας όσο και για τους διακομιστές.

- Έντονη Συντήρηση των Σταθμών Εργασίας τελικών χρηστών

Η διαχείριση και η ασφάλιση των σταθμών εργασίας των οργανισμών παρουσιάζει πολυάριθμες προκλήσεις. Ο έλεγχος ενός περιβάλλοντος με διεσπαρμένους σταθμούς εργασίας (desktops) και η επιβολή πολιτικής διαχείρισης, πρόσβασης και ασφάλειας χωρίς να εξασθενεί η δυνατότητα των χρηστών να δουλεύουν με αποδοτικό τρόπο είναι πολύπλοκη και δαπανηρή. Πολυάριθμες διορθώσεις (patches) και αναβαθμίσεις πρέπει να εφαρμόζονται συνεχώς στα περιβάλλοντα υπολογιστών γραφείου προκειμένου να εξαλείψουν τα ευπαθή σημεία στην ασφάλεια.

Η εικόνα 46 δείχνει την εκρηκτική αύξηση στον πληθυσμό των φυσικών συστημάτων x86 αρχιτεκτονικής τα τελευταία χρόνια, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερα περιορισμένη αξιοποίησή τους.

Evolution of Server Computing



- Dramatic increases in dedicated, under-utilized IT assets
- Management of servers is costly and complex
- Inflexibility makes it hard to meet business needs

Εικόνα 46. Συσχέτιση αύξησης αριθμού διακομιστών & βαθμού αξιοποίησής τους.

Ορισμός του Server Virtualization - Τι είναι το Server Virtualization;

Το Server Virtualization είναι ένα πλαίσιο, μεθοδολογία ή τεχνική που επιτυγχάνει τον διαμερισμό των φυσικών πόρων ενός υπολογιστή σε πολλαπλά περιβάλλοντα εκτέλεσης, εφαρμόζοντας μία ή περισσότερες τεχνολογίες όπως διαμερισμό σε επίπεδο υλικού ή σε επίπεδο λογισμικού, διαμερισμό σε επίπεδο χρόνου, μερική ή ολική προσομοίωση μηχανής, εξομοίωση, ποιότητα υπηρεσιών, και άλλες.

Είναι η μέθοδος εκτέλεσης πολλαπλών ανεξάρτητων εικονικών λειτουργικών συστημάτων σε έναν φυσικό υπολογιστή.

Είναι η απόκρυψη των φυσικών υπολογιστικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων του αριθμού και της ταυτότητας των μεμονωμένων φυσικών διακομιστών, επεξεργαστών και λειτουργικών συστημάτων από τους χρήστες του «ιδεατού» διακομιστή.

Το Virtualization, είναι ο διαμερισμός ενός φυσικού συστήματος σε πολλαπλά απομονωμένα μεταξύ τους εικονικά περιβάλλοντα. Τα εικονικά αυτά περιβάλλοντα συνήθως ονομάζονται virtual private servers, αλλά μπορεί κανείς να τα συναντήσει και με το όνομα partitions, guests, instances, containers ή emulations ή virtual machines.

Είναι ένα αφαιρετικό ενδιάμεσο στρώμα που επιτρέπει σε πολλαπλά ιδεατά μηχανήματα, με ετερογενή λειτουργικά συστήματα να λειτουργούν το καθένα ξεχωριστά μέσα σε ένα απομονωμένο περιβάλλον, το ένα δίπλα στο άλλο, πάνω στο ίδιο φυσικό μηχάνημα.

Το Virtualization είναι μια δοκιμασμένη τεχνολογία λογισμικού που μετατρέπει ραγδαία το τοπίο στο IT και αλλάζει θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές.

Οι σημερινοί πολύ ισχυροί x86 υπολογιστές σχεδιάστηκαν αρχικά για να «τρέχουν» ένα μόνο λειτουργικό σύστημα και μία μόνο εφαρμογή. Το Virtualization καταργεί αυτή τη σύμβαση, κάνοντας εφικτό να εκτελούνται πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και πολλαπλές εφαρμογές στον ίδιο υπολογιστή την ίδια χρονική στιγμή, αυξάνοντας έτσι την αξιοποίηση και την προσαρμοστικότητα των φυσικών πόρων.

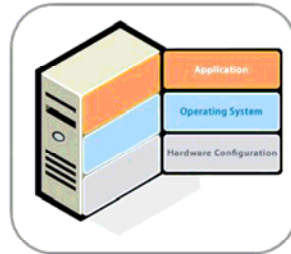
Το Virtualization είναι μια τεχνοτροπία από την οποία μπορούν να ωφεληθούν όλοι όσοι χρησιμοποιούν υπολογιστή, από τους επαγγελματίες της πληροφορικής και τους οπαδούς των Macintosh μέχρι τις εμπορικές επιχειρήσεις και τους κυβερνητικούς οργανισμούς. Χρησιμοποιώντας το Virtualization γίνεται εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων και ενέργειας ενώ παράλληλα δύναται να επιτευχθούν περισσότερα πράγματα με τους ήδη διαθέσιμους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Η εικόνα 47 παρουσιάζει μια γραφική απεικόνιση ενός λειτουργικού συστήματος και των εφαρμογών του μέσα σε ένα φυσικό μηχάνημα, σε αντιπαράβολή με το ίδιο λειτουργικό σύστημα και τις εφαρμογές του μέσα σε ένα ιδεατό μηχάνημα.

What is Server Virtualization

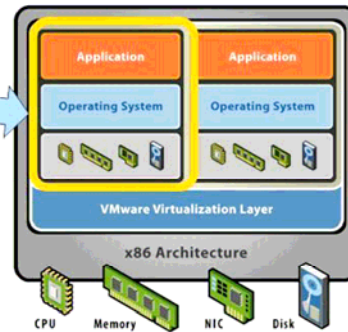
VMware server virtualization packages hardware, OS, and applications into a portable virtual machine package

Before Virtualization



- Software tied to hardware
- Single OS image per machine
- One application workload per OS

After Virtualization



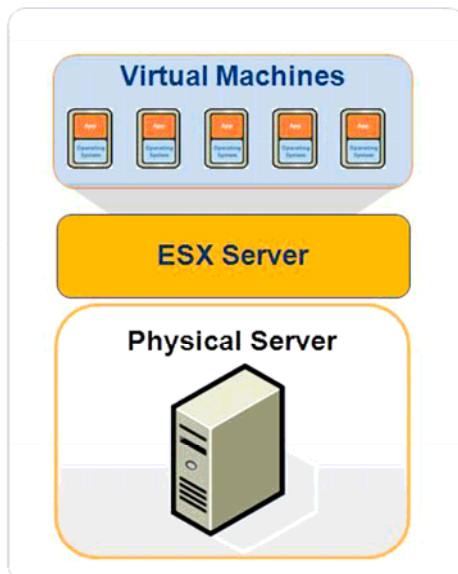
- Multiple workloads per machine
- Software independent of hardware
- System, data, apps are files

Εικόνα 47. Μορφή διακομιστή πριν και μετά το Virtualization.

Η εικόνα 48 απεικονίζει την παρουσία πολλαπλών εικονικών συστημάτων (virtual machines) μέσα σε ένα φυσικό σύστημα (physical server). Στο συγκεκριμένο σχήμα, το λογισμικό Virtualization που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα ιδεατά μηχανήματα και τον φυσικό διακομιστή είναι το «ESX Server» της εταιρείας VMware.

Server Virtualization

Deploy multiple virtual machines on a single physical server



Benefits

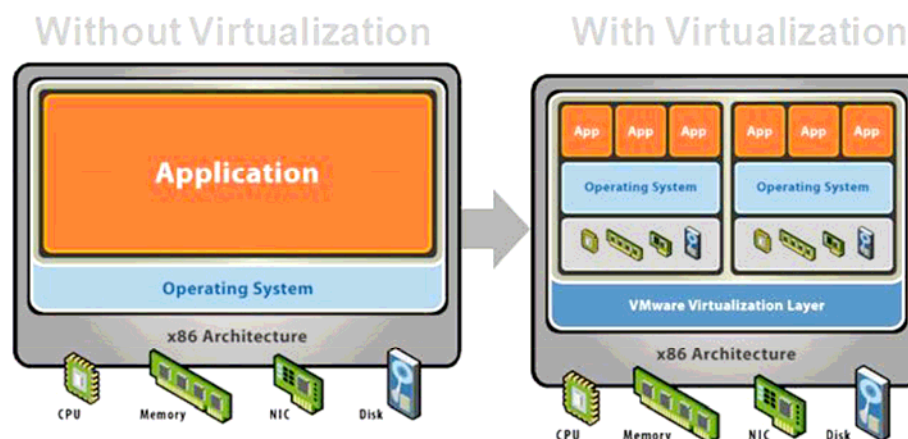
- Increase hardware utilization by sharing hardware resources across a large number of virtual machines.

Εικόνα 48. Απεικόνιση του Server Virtualization.

Πώς λειτουργεί το Server Virtualization;

Στην ουσία, το Virtualization μας επιτρέπει να μετατρέψουμε το hardware σε software. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λογισμικό, όπως το VMware ESX Server, για να μετατρέψουμε ή αλλιώς να κάνουμε «virtualize» τους φυσικούς πόρους ενός x86-based υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένων των ΚΜΕ (CPU), Μνήμη (RAM), σκληρό δίσκο (hard disk) και ελεγκτή δικτύου (network controller), προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα πλήρως λειτουργικό εικονικό μηχάνημα (virtual machine) που μπορεί να «τρέχει» το δικό του λειτουργικό σύστημα και τις δικές του εφαρμογές ακριβώς όπως ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Πολλαπλά virtual machines μπορούν να μοιράζονται τους φυσικούς πόρους χωρίς να επηρεάζουν το ένα το άλλο έτσι ώστε να μπορούμε με ασφάλεια να τρέξουμε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές παράλληλα σε έναν υπολογιστή, μοιράζοντάς τον ουσιαστικά σε πολλούς εικονικούς υπολογιστές (virtual machines), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 49.



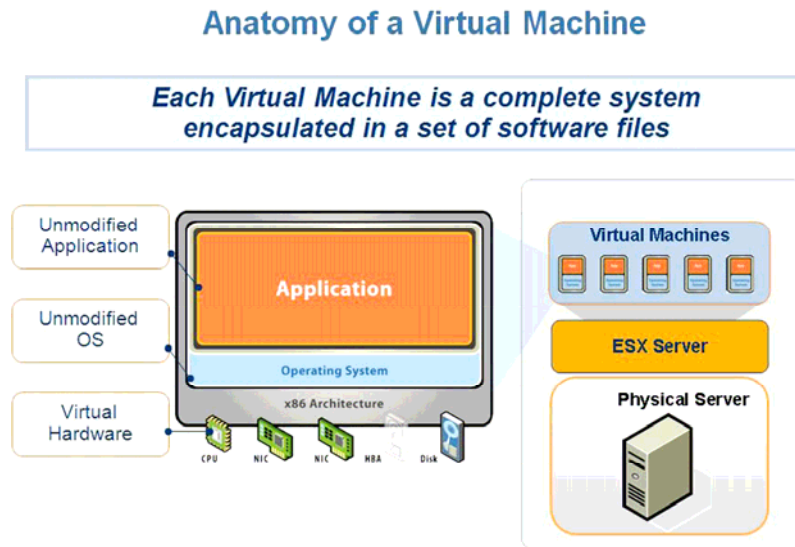
Εικόνα 49. Απεικόνιση λειτουργικού συστήματος μέσα σε φυσικό και μέσα σε ιδεατό διακομιστή.

Ορισμός του Virtual Machine Τι είναι ένα Virtual Machine;

Ένα Εικονικό Μηχάνημα (Virtual Machine) είναι όπως ένα Φυσικό Μηχάνημα (Physical Machine), αλλά αντί για ηλεκτρονικά στοιχεία, αποτελείται από ένα σύνολο αρχείων λογισμικού. Κάθε virtual machine αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο σύστημα με επεξεργαστές, μνήμη, υποδομή για δικτυακή επικοινωνία, αποθηκευτικό χώρο, και BIOS, όπως δείχνει και στην Εικόνα 50. Ένα εικονικό μηχάνημα τρέχει ένα ξεχωριστό λειτουργικό σύστημα και αντίστοιχες εφαρμογές, χωρίς καμία τροποποίηση, όπως ένα φυσικός διακομιστής (physical server).

Η διαδικασία διάθεσης/δημιουργίας ενός νέου διακομιστή (server provisioning) είναι παρόμοια με την αντιγραφή ενός αρχείου. Το server migration γίνεται παρόμοιο με το

data migration, δηλαδή οι τεχνικές διαχείρισης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση του διακομιστή.



Εικόνα 50. Ανατομία ιδεατού μηχανήματος.

Το «Εικονικό Μηχάνημα» («Virtual Machine» ή «VM») είναι ένα περιβάλλον ή λειτουργικό σύστημα, που δεν είναι φυσικά υπαρκτό αλλά δημιουργείται μέσα σε ένα άλλο περιβάλλον. Στα πλαίσια αυτά, ένα VM ονομάζεται «guest» ενώ το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελείται λέγεται «host». Τα virtual machines δημιουργούνται συνήθως για να εκτελέσουν ένα σύνολο εντολών (instruction set) διαφορετικό από αυτό του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο φιλοξενούνται (host). Ένα host περιβάλλον μπορεί συνήθως να εκτελεί πολλά virtual machines ταυτόχρονα. Καθώς τα VMs διαχωρίζονται από τους φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούν, το host περιβάλλον έχει συχνά τη δυνατότητα να αναθέτει δυναμικά αυτούς τους πόρους ανάμεσα στα VMs.

Η φράση «Virtual Machine» χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθούμε στο Java runtime περιβάλλον της Sun Microsystems, το Java virtual machine (JVM), μέσα στο οποίο μεταφράζονται Java εντολές. Το JVM είναι ένα virtual machine στα πλαίσια του ότι εκτελεί κώδικα που έχει συνταχθεί ειδικά για αυτό, γνωστός ως bytecode, και για την εκτέλεση αποσπώ μέρος των πόρων για αυτό τον κώδικα. Η γλώσσα προγραμματισμού Java δεν βασίζεται σε σύνολα οδηγιών εξειδικευμένα για κάθε πλατφόρμα (platform-specific instruction sets), όπως APIs εξειδικευμένα για κάποιο λειτουργικό σύστημα, για να παρουσιάσει κάποιο αποτέλεσμα ή για να έχει πρόσβαση σε πόρους όπως αρχεία. Αντίθετα, το JVM δημιουργεί εικονικούς πόρους με την bytecode πρόσβαση. Αυτές οι ενέργειες μεταφέρονται στη συνέχεια στους πραγματικούς πόρους του συστήματος, για περαιτέρω επεξεργασία.

Ένας χρήστης που αλληλεπιδρά με έναν εικονικό διακομιστή μπορεί να δει τον διακομιστή σαν ένα φυσικό μηχάνημα υπό την έννοια ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση στους πόρους του μηχανήματος όπως στον σκληρό δίσκο, την μνήμη, τον επεξεργαστή και τις δικτυακές συνδέσεις. Στην πραγματικότητα, όλοι αυτοί οι πόροι του διακομιστή είναι εικονικοί. Για παράδειγμα, αντί να προσπελαίνει έναν πραγματικό σκληρό δίσκο, ο

χρήστης προσπελαίνει μία δομή του host περιβάλλοντος. Αυτή η δομή προσπελαίνει στη συνέχεια το πραγματικό δίσκο για να καταγράψει τα δεδομένα.

Το Εικονικό Μηχάνημα (Virtual Machine) (εικόνα 51) είναι ένα ισχυρά απομονωμένο πακέτο λογισμικού που μπορεί να τρέχει το δικό του λειτουργικό σύστημα και τις δικές του εφαρμογές σαν να ήταν ένας φυσικός υπολογιστής. Ένα εικονικό μηχάνημα λειτουργεί ακριβώς όπως ένας φυσικός υπολογιστής και έχει τη δική του ιδεατή Κ.Μ.Ε (CPU), μνήμη (RAM), σκληρό δίσκο (hard disk) και κάρτα δικτύου (NIC) τα οποία είναι βασισμένα σε λογισμικό.

Ένα λειτουργικό σύστημα δεν μπορεί να αντιληφθεί τη διαφορά ανάμεσα σε ένα εικονικό και ένα φυσικό μηχάνημα, όπως επίσης δεν μπορούν να αντιληφθούν τη διαφορά ούτε οι εφαρμογές, ούτε οι άλλοι υπολογιστές σε ένα δίκτυο. Ακόμα και το εικονικό μηχάνημα νομίζει ότι είναι ένας «πραγματικός» υπολογιστής.

Παρόλα αυτά, ένα εικονικό μηχάνημα αποτελείται εξολοκλήρου από software και δεν περιέχει υλικά μέρη/τμήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα εικονικά μηχανήματα να προσφέρουν μία σειρά από χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα έναντι των φυσικών συστημάτων [23].



A VMware virtual machine

Εικόνα 51. Ιδεατό μηχάνημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.1 Εισαγωγή

Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με την μείωση της κατανάλωσης της, εφαρμόζοντας τις διαθέσιμες μεθόδους και τεχνολογίες που υποδείχθηκαν στο κεφάλαιο 4 και τις βέλτιστες πρακτικές [31].

5.2 Αποτελέσματα βελτιωτικών ενεργειών

5.2.1 Οφέλη από την επιλογή επεξεργαστών με χαμηλότερη κατανάλωση

Για την κατανόηση των ωφελειών από την προσεκτική επιλογή της κατανάλωσης σε επίπεδο επεξεργαστή και των αποτελεσμάτων που έχει στην συνολική κατανάλωση του κέντρου δεδομένων θα εξετάσουμε την κατανάλωσή ένας τυπικού κέντρου δεδομένων διαστάσεων 500 m² και θα αναλύσουμε πώς η ενέργεια καταναλώνεται στα μέρη της εγκατάστασης.

Το κέντρο δεδομένων του συγκεκριμένου παραδείγματος έχει εγκατεστημένο εξοπλισμό πληροφορικής συνολικής ισχύος 588kW και το σύνολο η φορτίο της εγκατάστασης είναι 1127kW.

Το πλήθος των εγκατεστημένων κριωμάτων είναι 210 με μέση ισχύ ανά κριώμα 2.8kW και είναι τοποθετημένα σύμφωνα με την αρχή των θερμών / ψυχρών διαδρόμων.

Οι εγκατεστημένοι διακομιστές είναι με διπλή τροφοδοσία και είναι σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 8:

	Μονού επεξεργαστή	Διπλού επεξεργαστή	Τεσσάρων επεξεργαστών	Πάνω από τέσσερις επεξεργαστές	Σύνολο
Πλήθος διακομιστών	157	812	84	11	1064
Ημερήσια κατανάλωση W/διακομιστή	277	446	893	4387	-
Νυχτερινή κατανάλωση W/διακομιστή	247	388	775	3605	-
Συνολική ημερήσια κατανάλωση (kW)	44	362	75	47	528
Συνολική νυχτερινή κατανάλωση (kW)	39	315	65	38	457
Μέση κατανάλωση (kW)	41	337	70	42	490

Πίνακας 8. Ποσοτικά στοιχεία διακομιστών κέντρου δεδομένων παραδείγματος

Η κατανάλωση κάθε επεξεργαστή είναι 91W. Η μέση τιμή της απόδοσης τροφοδοτικών είναι 79% και ο χρόνος λειτουργίας τους είναι 14 ώρες ημερησίως τις καθημερινές, 4 ώρες ημερησίως τα Σαββατοκύριακα και τις βραδινές ώρες καταναλώνουν το 80% τη αντίστοιχης ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας

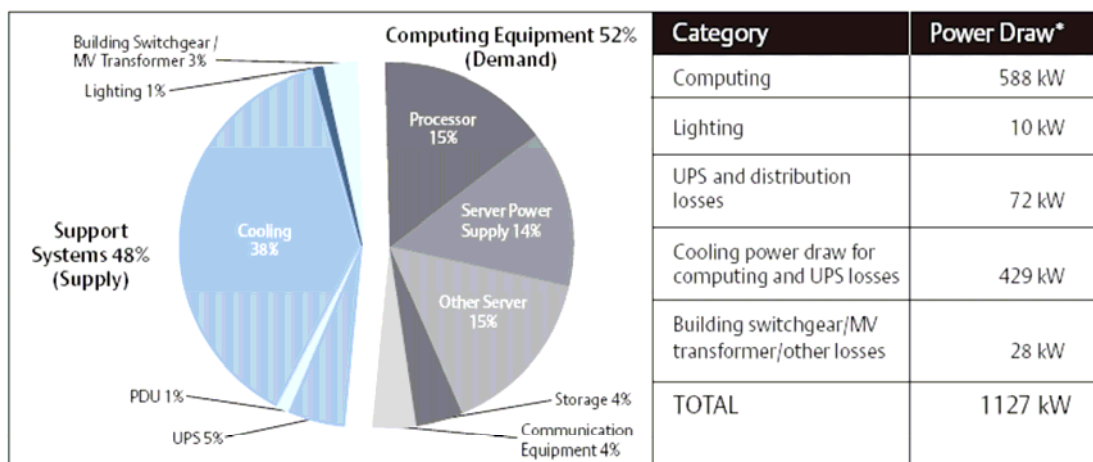
Τα μέσα αποθήκευσης τα οποία είναι εγκατεστημένα έχουν συνολική χωρητικότητα 120 Terabytes και μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος 49kW. Ο δικτυακός εξοπλισμός που είναι εγκατεστημένος έχει μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος 49kW.

Ο κρίσιμος εξοπλισμός πληροφορικής υποστηρίζεται από δύο (2) Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας σε τοπολογία 1+1 με συνολική ισχύ για κάθε σύστημα 600KW και βαθμό απόδοσης 92%.

Ο χώρος του κέντρου δεδομένων ψύχεται από οκτώ (8) εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες ολικής ψυκτικής ισχύος 128,5KW εκάστη, σε τοπολογία N+1 οι οποίες χρησιμοποιούν για ψυκτικό μέσο φρέον. Κάθε εσωτερική μονάδα έχει 2 εξωτερικές.

Η χρήση της ενέργειας στο κέντρο δεδομένων κατηγοριοποιείται σε κατανάλωση και τροφοδοσία.

Η ενέργεια καταναλώνεται στον στους διακομιστές, τα συστήματα αποθήκευσης (storage systems), τα συστήματα επικοινωνιών, και τον λοιπό εξοπλισμό πληροφορικής. Ο εξοπλισμός των συστημάτων τροφοδοσίας είναι για να εξυπηρετεί την ζήτηση.

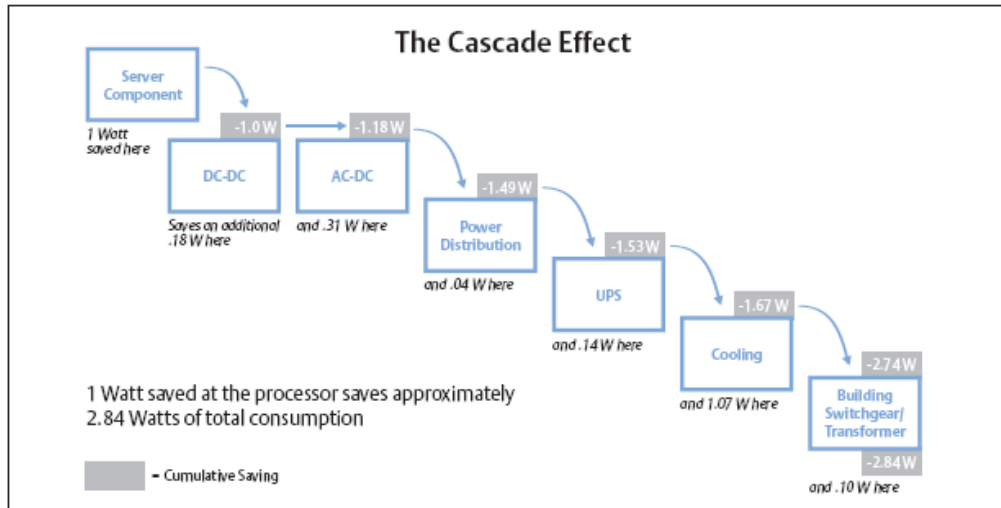


Εικόνα 52. Ανάλυση επιμερισμού κατανάλωσης στα κέντρα δεδομένων

Στο κέντρο δεδομένων του συγκεκριμένου παραδείγματος όπως φαίνεται και στην ανωτέρω εικόνα 52 η ζήτηση ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του εξοπλισμού πληροφορικής αντιστοιχεί στο 52% της συνολικής κατανάλωσης του κέντρου δεδομένων. Ο εξοπλισμός υποδομής της εγκατάστασης αντιστοιχεί στο 48% της συνολικής κατανάλωσης του κέντρου δεδομένων.

Η διάκριση μεταξύ κατανάλωσης και τροφοδοσίας ενέργειας είναι πολύτιμη επειδή η μείωση της ζήτησης ενέργειας έχει άμεσο αποτέλεσμα και στην πλευρά της τροφοδοσίας. Για παράδειγμα, στο κέντρο δεδομένων του συγκεκριμένου

παραδείγματός, ένα 1 Watt μείωση σε επίπεδο στοιχείου του διακομιστή (επεξεργαστή, μνήμης, σκληρό δίσκο, κ.λπ.) έχει αποτελέσματα μια περαιτέρω εξοικονόμηση 1.84 Watt από την τροφοδοσία ενέργειας, το σύστημα διανομής ενέργειας, το Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας, το σύστημα ψύξης, τους ηλεκτρολογικούς πίνακες και από τον μετασχηματιστή μέσης τάσης (Εικόνα 53).



Εικόνα 53. επίπτωση μείωσης 1W σε επίπεδο στοιχείου διακομιστή

Κατά συνέπεια, κάθε Watt που εξοικονομείται σε επίπεδο επεξεργαστή εξοικονομεί περίπου 2.84 Watts από την συνολική κατανάλωση της εγκατάστασης του κέντρου δεδομένων [26].

5.2.2 Εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας τροφοδοτικά με υψηλότερο βαθμό απόδοσης

Εξετάζουμε τις δυνατότητες βελτιστοποίησης της απόδοσης των τροφοδοτικών του κέντρου δεδομένων που εξετάσαμε στην παράγραφο 5.2. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου παραδείγματος, υποθέτουμε ότι το κέντρο δεδομένων πριν των πρακτικών βελτιστοποίησης χρησιμοποιεί τροφοδοτικά που ο μέσος όρος της απόδοσής τους είναι 79%. Αν αντί αυτών γίνει χρήση τροφοδοτικών τελευταίας τεχνολογίας των οποίων η απόδοσή τους είναι της τάξης του 90% η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται είναι μεγάλη. Για συγκριτικούς λόγους απλοποιούμε το συγκεκριμένο παράδειγμα θεωρώντας ότι οι αποδόσεις των δύο τροφοδοτικών παραμένουν σταθερές σε όλα τα επίπεδα φόρτισης.

Υπολογίζουμε τις απώλειες ισχύος των τροφοδοτικών τύπου A με βαθμό απόδοσης 79%

Η συνολική ισχύς που απορροφούν οι διακομιστές είναι $P_{1 \text{ διακομιστών}} = 588 \text{ kW}$. Με την υπόθεση ότι ο βαθμός απόδοσης των τροφοδοτικών τους είναι 79%, δηλαδή έχουν θερμικές απώλειες 21% οι απώλειες ενέργειας στα τροφοδοτικά τους είναι:

$$P_{1 \text{ απωλειών τροφοδοτικών A}} = 588 \text{ kW} * 21\% = \mathbf{123,48 \text{ kW}}$$

Δηλαδή η πραγματική ισχύς που καταναλώνεται από τα δομικά στοιχεία των διακομιστών είναι:

$$P_{\text{στοιχείων διακομιστών}} = 588 \text{ kW} - 123,48 \text{ kW} = \mathbf{464,52 \text{ kW}}$$

Υπολογίζουμε τις απώλειες ισχύος των τροφοδοτικών τύπου A με βαθμό απόδοσης 90%

Από τον προηγούμενο υπολογισμό προέκυψε ότι η ισχύς που καταναλώνεται στα δομικά στοιχεία των διακομιστών είναι 464,52 kW. Αν τροφοδοτούνταν από τροφοδοτικά τύπου B με βαθμό απόδοσης 90% η συνολική ισχύς που θα απορροφούσαν οι διακομιστές θα ήταν:

$$P_{2 \text{ διακομιστών}} = \frac{464,52 \text{ kW}}{\text{Βαθμός απόδοσης τροφοδοτικών τύπου B}} = \frac{464,52 \text{ kW}}{0,9} = \mathbf{516,13 \text{ kW}}$$

Η χρήση των εν λόγω τροφοδοτικών μειώνει την συνολική κατανάλωση στο κέντρο δεδομένων κατά **51,61kW**. Αν αυτό μεταφραστεί σε ετήσια κατανάλωση ενέργειας ισούται με:

$$E = 51,61 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 452.103,60 \text{ kWh}$$

Αν θεωρήσουμε ότι το κόστος ανά kWh είναι 0,10 € η παραπάνω βελτιωτική ενέργεια επιφέρει μείωση εξόδων από εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των:

$$452.103,60 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = \mathbf{45.210,36 \text{ € ετησίως}}$$

μόνο από την εξοικονόμηση ενέργειας στα τροφοδοτικά.

Σε αυτή αν προσθέσουμε και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από την λειτουργία των συστημάτων υποδομών λόγω λειτουργίας σε μικρότερο θερμικό φορτίο όπως θα εξεταστεί στα επόμενα κεφάλαια η εξοικονόμηση γίνεται ακόμα μεγαλύτερη.

5.2.3 Λογισμικό διαχείρισης λειτουργίας διακομιστών και θέση σε εφεδρική λειτουργία ομάδας διακομιστών

Τα τελευταία χρόνια, οι υπηρεσίες Web καθοδηγούν την ανάπτυξη των συμπλεγμάτων διακομιστών στα κέντρα δεδομένων. Σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα συμπλέγματα διακομιστών είναι εξαιρετικά υπερδιαστασιογημένα. Η ανάλυση των τρόπων χρήσης του συμπλέγματος διακομιστών αποκαλύπτει την αξία της σωστής διαστασιολόγησης. Η περιττή δυνατότητα υπολογιστικής ισχύος μπορεί να απενεργοποιηθεί, αλλά το σύμπλεγμα διακομιστών να εξακολουθεί να παρέχει επαρκή εφεδρεία καλύπτοντας τα απαιτούμενα επίπεδα υπηρεσιών.

Εάν υπάρχουν επαρκή δεδομένα χρήσης που να αποδεικνύουν τις τάσεις σε βάθος χρόνου και τις ανάγκες σε υπολογιστική ισχύ, τότε μπορεί να προκύψει μία τεκμηριωμένη απόφαση σχετικά με πόσους διακομιστές πραγματικά απαιτούνται ακόμα και κατά τις ώρες υπηρεσιών αιχμής. Είναι πιθανό ο αριθμός αυτός να είναι χαμηλότερος

από τον εγκατεστημένο αριθμό των διακομιστών του συμπλέγματος, σημαίνοντας ότι το πλεόνασμα μπορεί να μην τροφοδοτείται με ενέργεια πραγματοποιώντας εξοικονόμηση ενέργειας.

Για παράδειγμα θεωρούμε ότι ένα σύμπλεγμα διακομιστών αποτελείται από 10 διακομιστές και κάθε διακομιστής έχει μέγιστη αξιοποίηση 50%, αυτό σημαίνει συνολική αξιοποίηση της τάξης του 500% ($10 * 50\% = 500\%$), η οποία ισοδυναμεί με 5 διακομιστές που λειτουργούν στο 100%.

Για να παρέχονται επαρκή περιθώρια εφεδρείας και να εξακολουθεί το σύστημα να καλύπτει τις απαιτούμενες υπηρεσίες θα μπορούσε εύκολα το κέντρο δεδομένων να λειτουργεί με 7 διακομιστές (με μέγιστη αξιοποίηση $500/7 = 71\%$). Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, εάν ένας διακομιστής αποτύχει στην λειτουργία του θα εξακολουθούν να υπάρχουν 6 διακομιστές με μέγιστη χρησιμοποίηση 83% ($500/6 = 83\%$) ενώ παράλληλα θα υπάρχουν 3 επιπλέον διακομιστές σε εφεδρεία οι οποίοι εξακολουθούν να είναι διαθέσιμοι για άμεση ανάκτηση εφόσον επιπλέον ένας διακομιστής τεθεί απρόβλεπτα εκτός λειτουργίας.

Είναι δυνατόν να αυτοματοποιηθεί η επανεκκίνηση των διακομιστών, χρησιμοποιώντας είτε ενσωματωμένα συστήματα με δυνατότητες διαχείρισης της ενέργειας (out-of-band) ή εργαλεία Wake-on-LAN.

Οι δυνατότητες διαχείρισης out-of-band μπορούν να ελεγχθούν μέσω συγκεκριμένου λογισμικού του προμηθευτή του διακομιστή ή μέσω τυπικών μεθόδων SNMP.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας ισοδυναμεί με την κατανάλωση ενέργειας μέχρι 3 διακομιστών.

Επιπλέον κάποιοι διακομιστές μπορεί να είναι πλήρως απενεργοποιημένοι για ορισμένα χρονικά διαστήματα της ημέρας. Για παράδειγμα, οι διακομιστές εκτέλεσης λογισμικού δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας συνήθως απαιτούνται μόνο τη νύχτα.

Για παράδειγμα, θα μπορούσε να προγραμματιστεί ένας διακομιστής που εκτελεί δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας, να είναι σε λειτουργία μόνο από τις 10 μ.μ. μέχρι τις 6 π.μ. και να τίθεται εκτός λειτουργίας στις 8 π.μ. κάθε μέρα για τον έλεγχο εκ των προτέρων, και την εξασφάλιση ότι έχει ολοκληρωθεί η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας. Στην συνέχεια μπορεί να ενεργοποιείται πάλι για να εκτελέσει την ίδια εργασία στις 9 μ.μ. [21]

5.2.4 Προοπτικές περαιτέρω εξοικονόμησης με Blade servers

Εξετάζουμε τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από την αντικατάσταση των τυπικών διακομιστών με blade servers στο κέντρο δεδομένων που εξετάσαμε στην παράγραφο 5.2. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα αντικαθιστούμε το 20% των κριωμάτων που φιλοξενούν τυπικούς διακομιστές με blade servers. Η επεξεργαστική ισχύς μετά την αλλαγή παραμένει στα ίδια επίπεδα όπως επίσης και συνολική κατανάλωση ενέργειας των διακομιστών.

Το πιο σημαντικό στη μετάβαση αυτή είναι η εξοικονόμηση χώρου στο κέντρο δεδομένων και εφαρμογή της αρχιτεκτονικής υψηλής θερμικής πυκνότητας με άμεσο

αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που θα εξεταστεί στην παράγραφο 5.10.

5.2.5 Βέλτιστες πρακτικές ψύξης – Μέθοδοι και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας

Εξετάζοντας την Εικόνα 55 του παραδείγματος της παραγράφου 5.2 παρατηρούμε ότι το 38% της συνολική ενέργειας στο κέντρο δεδομένων καταναλώνεται για την λειτουργία του συστήματος ψύξης. Το τμήμα αυτό της εγκατάστασης επιδέχεται τις βελτιωτικές ενέργειες με τα μεγαλύτερα αποτελέσματα.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η συνολική κατανάλωση του κέντρου δεδομένων είναι 1127kW. Συνεπώς η ισχύς του συστήματος ψύξης είναι:

$$\text{Ισχύς συστήματος ψύξης} = 1127\text{kW} * 38\% = \mathbf{428,26 \text{ kW}}$$

ή

$$\text{Ετήσια κατανάλωση συστήματος ψύξης} = 428,26 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = \mathbf{3.751.557,6 \text{ kWh}}$$

Θα διαστασιολογήσουμε το σύστημα κλιματισμού εκ νέου ώστε να γίνει κατανοητό με ποια μέθοδο και με την χρήση ποιων τεχνολογιών μπορεί να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

Για την διαστασιολόγηση του κέντρου δεδομένων πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τα παρακάτω θερμικά φορτία:

- Τα θερμικά φορτία του εξοπλισμού πληροφορικής
- Τα θερμικά φορτία απωλειών του χώρου
- Τα θερμικά φορτία της προσαγωγής νωπού αέρα
- Τα θερμικά φορτία του φωτισμού
- Τις θερμικές απώλειες των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας και των συστημάτων διανομής

Για την διαστασιολόγηση του συστήματος ψύξης στο συγκεκριμένο παράδειγμα ελήφθησαν επιπλέον υπόψιν τα παρακάτω δεδομένα:

- 210 ικρίωματα → 2,8kW/ικρίωμα άρα χαμηλής θερμικής πυκνότητας (<6kW/ικρίωμα)
- Το ψυκτικό σύστημα να είναι απευθείας εκτόνωσης και να χρησιμοποιεί ψυκτικό μέσο φρέον.
- Εφεδρικότητα. Η προτεινόμενη λύση θα πρέπει να προσφέρει N+1 εφεδρεία.
- Εξοικονόμηση χώρου. Η προτεινόμενη λύση θα πρέπει να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν λιγότερο χώρο στο δάπεδο.
- Απρόσκοπτη Λειτουργία έως και +45°C κατά την διάρκεια των θερμών περιόδων.
- Εξοικονόμηση ενέργειας. Το σύστημα θα πρέπει να εξοικονομεί την μέγιστη δυνατή ενέργεια χωρίς μείωση της ποιότητας του Κλιματισμού.

Καθώς η μέση κατανάλωση ανά ικρίωμα είναι 2,8kW/ικρίωμα θα χρησιμοποιηθεί η λύση κλιματιστικές μονάδες τύπου Downflow και χρήση του υπερυψωμένου δάπεδου δηλαδή «ανοικτής αρχιτεκτονικής».

Για τον υπολογισμό του συνολικού φορτίου και όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπολογίστηκαν τα εξής:

- Θερμικά φορτία του εξοπλισμού πληροφορικής: 588kW
- Θερμικά φορτία απωλειών του χώρου: 28kW
- Θερμικά φορτία της προσαγωγής νωπού αέρα τα οποία τα θεωρούμε: 15kW
- Θερμικά φορτία φωτισμού: 10kW
- Θερμικές απώλειες των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας και των συστημάτων διανομής: 72kW

Το Σύνολο των ανωτέρω είναι **713kW** στα οποία πρέπει να συνυπολογίσουμε και την εφεδρεία N+1.

Το νέο Σύστημα Ψύξης του συγκεκριμένου παραδείγματος θα αποτελείται από δώδεκα (12) αυτόνομες Κλιματιστικές Μονάδες Απολύτου Ακριβείας κατακόρυφου τύπου με έξοδο του κλιματιζόμενου αέρα προς τα κάτω (Downflow) και επιστροφή του αέρα από το επάνω μέρος της ειδικές για χώρους κέντρων δεδομένων τεχνολογίας απευθείας εκτόνωσης με συμπιεστές βηματικής λειτουργίας τύπου Digital Scroll από 30%-100% για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας ικανές να παράγουν Ολική / Αισθητή Ψυκτική Ισχύ 67 kW (σε συνθήκες χώρου 25°C / 45%rH, θερμοκρασία περιβάλλοντος 45°C). Οι κλιματιστικές μονάδες που σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ειδικά για χώρους κέντρων δεδομένων έχουν την δυνατότητα να διατηρούν σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας ($\pm 1^\circ\text{C}$) και υγρασίας ($\pm 5\%rH$) εντός του χώρου σε όλη την διάρκεια του έτους.

Η διάταξη είναι τέτοια έτσι ώστε να εξασφαλίζεται εφεδρεία N+1 στο Σύστημα Ψύξης ήτοι έντεκα (11) Κλιματιστικές Μονάδες σε λειτουργία να υπερκαλύπτουν πλήρως το υπάρχον ψυκτικό φορτίο και μια (1) σε εφεδρεία. Έκαστη Κλιματιστική Μονάδα θα είναι συνδεδεμένη με δύο αερόψυκτους συμπυκνωτές διαστασιολογημένους για λειτουργία έως και 46°C. Η μία (1) Κλιματιστική Μονάδα θα λειτουργεί ως εφεδρική και θα μπορεί να ενεργοποιηθεί σε περίπτωση βλάβης κάποιας άλλης Κλιματιστικής Μονάδας εντός του ιδίου χώρου αυτόματα. Η εφεδρική Κλιματιστική Μονάδα θα εναλλάσσεται ημερησίως ή εβδομαδιαίως έτσι ώστε να μοιράζονται τις ώρες λειτουργίας όλες οι Κλιματιστικές Μονάδες. Το σύστημα θα λειτουργεί αυτόματα χωρίς να απαιτείται η επέμβαση των χειριστών του σε περίπτωση βλάβης.

Λογική Εξοικονόμησης Ενέργειας

Με τις Κλιματιστικές Μονάδες με συμπιεστές βηματικής λειτουργίας επιτρέπεται η εξοικονόμηση ενέργειας και εκάστη Κλιματιστική Μονάδα υπολογίστηκε ότι καταναλώνει **146.798 kWh** ετησίως σύμφωνα με το θερμοκρασιακό προφίλ των Αθηνών (Παράρτημα Α – Πίνακας 14 – Υπολογισμός Ετήσιας Κατανάλωσης).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι νέες Κλιματιστικές Μονάδες θα έχουν συνολική ετήσια κατανάλωση για έντεκα (11) Κλιματιστικές Μονάδες:

Ετήσια κατανάλωση νέου συστήματος ψύξης = 11 τεμ x 146.798 kWh = 1.614.778 kWh

Αν το συγκρίνουμε το ανωτέρω αποτέλεσμα με την ετήσια κατανάλωση του συστήματος ψύξης πριν τις βελτιωτικές ενέργειες (3.751.557,6 kWh) επιτυγχάνουμε μείωση στην κατανάλωση της ενέργειας κατά **57%** ή **2.136.779,6 kWh** ετησίως και αν θεωρήσουμε ότι το κόστος ανά kWh είναι 0,10 € η παραπάνω βελτιωτική ενέργεια επιφέρει μείωση εξόδων από εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των:

$2.136.779,6 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = 213.677,96 \text{ € ετησίως}$

Υπολογισμός ROI

Αν θεωρήσουμε ότι το μέσο κόστος υλοποίησης της ανωτέρω βελτιωτικής ενέργειας είναι περίπου 600.000,00 € υπολογίζουμε ότι η απόσβεση κεφαλαίων γίνεται σε τρία έτη.

5.2.6 Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης

Εξετάζοντας την Εικόνα 55 παρατηρούμε ότι η κατανάλωση των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας λόγω θερμικών απωλειών αντιστοιχούν στο 5% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στο κέντρο δεδομένων. Αν και το ποσοστό αυτό φαίνεται μικρό σε σχέση με την συνολική κατανάλωση και τα περιθώρια εφαρμογής βελτιωτικών ενεργειών μοιάζει να είναι περιορισμένα θα αποδείξουμε ότι με κατάλληλες μεθόδους και εφαρμογή τεχνολογιών επιτυγχάνουμε αξιόλογα αποτελέσματα.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θεωρήσαμε ότι υπάρχουν δύο Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας ισχύος 600kW έκαστο σε συνδεσμολογία 1+1 και έχουν βαθμό απόδοσης 92%.

Αντικαθιστούμε τα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με νέα αποδοτικότερα ισχύος 600kW έκαστο με βαθμό απόδοσης 96%. Με την βοήθεια ενός αρχείου excel (πίνακας 9) το οποίο δημιουργήθηκε για να συγκρίνει το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας μεταξύ συστημάτων με διαφορετικούς βαθμούς απόδοσης υπό ίδιο φορτίο εξόδου υπολογίζουμε τα παρακάτω:

- Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας ανά Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με βαθμό απόδοσης 92%
- Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας ανά Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με βαθμό απόδοσης 96%

Στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη εκτός από την απόδοση των συστημάτων, η κατανάλωση ενέργειας του κλιματιστικού συστήματος που απαιτείται στον χώρο λειτουργίας των Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας, και το μέσο κόστος κτήσης του κλιματιστικού εφόσον απαιτηθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ UPS

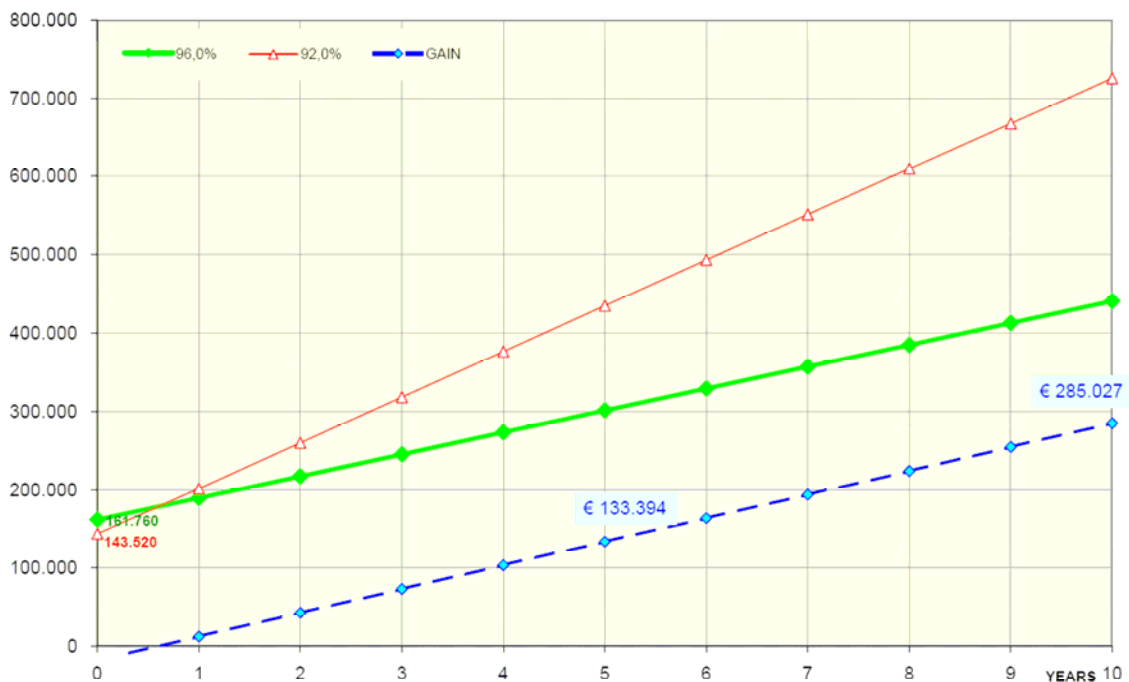
Απόδοση UPS 1	96,0%	Κόστος UPS 1	150.000 €
Απόδοση UPS 2	92,0%	Κόστος UPS 2	120.000 €
Νόμισμα	€		
Ισχύς Φορτίου (KW)	588,0 kW		
Κόστος €/KWh	0,10 € / kWh		
Ψύξη (γ/η)	Υ		
Κόστος κλιματιστικού / kW	1.500 € / kWh	(Μέσο κόστος στην Ευρώπη: ~ 1500€/kW)	
Απόδοση κλιματιστικού	3,0	(Μέσος βαθμός απόδοσης: 3)	
<u>Υπολογισμός των απωλειών ενέργειας</u>			
UPS 1	21.462 € / έτος		
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΓΙΑ ΤΟ UPS 1	6.439 € / έτος		
ΣΥΝΟΛΟ	27.901 € / έτος		
UPS 2	44.790 € / έτος		
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΓΙΑ ΤΟ UPS 2	13.437 € / έτος		
ΣΥΝΟΛΟ	58.227 € / έτος		
Εξοικονόμηση Ενέργειας / έτος	30.327 € / έτος		
<u>Υπολογισμός κόστους κτήσης UPS + κλιματιστικού συστήματος</u>			
UPS 1	150.000 €		
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΓΙΑ ΤΟ UPS 1	11.760 €		
ΣΥΝΟΛΟ UPS 1 + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	161.760 €		
UPS 2	120.000 €		
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΓΙΑ ΤΟ UPS 2	23.520 €		
ΣΥΝΟΛΟ UPS 2 + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	143.520 €		

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με βαθμό απόδοσης 96% δεν επιτυγχάνει μόνο άμεση μείωση στην κατανάλωση ενέργειας του ίδιου του συστήματος αλλά και έμμεση μέσω μείωσης της κατανάλωσης του συστήματος κλιματισμού που απαιτεί λόγω μειωμένων θερμικών απωλειών. Τα ποσά που προκύπτουν αφορούν το ένα εκ των δύο συστημάτων συνεπώς η τελική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας και για τα δύο συστήματα είναι **60.654,00 €**

Υπολογισμός ROI

Αν θεωρήσουμε ότι το μέσο κόστος υλοποίησης της ανωτέρω βελτιωτικής ενέργειας είναι περίπου 150.000,00 € ανά σύστημα υπολογίζουμε ότι η απόσβεση κεφαλαίων γίνεται σε πέντε έτη.

Το αρχείο excel παρέχει ακόμα μια σημαντική πληροφορία η οποία μπορεί να φανεί χρήσιμη στην περίπτωση αρχικής επιλογής δίνοντας συγκριτικά στοιχεία για τον χρόνο απόσβεσης της διαφοράς αρχικού κόστους με ένα οικονομικότερο Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας αλλά με χαμηλότερο βαθμό απόδοσης. Στο παρακάτω γράφημα 1 φαίνεται ότι η διαφορά στο κόστος κτήσης μεταξύ των δύο συστημάτων αποσβένεται πριν το πέρας του πρώτου έτους λειτουργίας.



Γράφημα 1. Σύγκριση κέρδους μεταξύ Συστημάτων Αδιαλείπτου Λειτουργίας με διαφορετικούς βαθμούς απόδοσης.

5.2.7 Μείωση του TCO με χρήση αρθρωτών συστημάτων (modular) στις υποδομές των Κέντρων Δεδομένων

Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας για την υλική υποδομή των κέντρων δεδομένων είναι συγκρίσιμο ή και μεγαλύτερο από το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας του εξοπλισμού πληροφορικής. Για να γίνει αυτό κατανοητό θα περιγραφεί μια μέθοδος για τον προσδιορισμό του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας για ένα κέντρο δεδομένων και θα ερευνηθούν τα οφέλη από την χρήση αρθρωτών συστημάτων (modular). Στο πλαίσιο αυτό, η υλική υποδομή, περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία εγκατάστασης εξοπλισμού που απαιτούνται για την παροχή τροφοδοσίας, ψύξης και φυσικής προστασίας του εξοπλισμού, αλλά δεν περιλαμβάνει τον εξοπλισμό πληροφορικής.

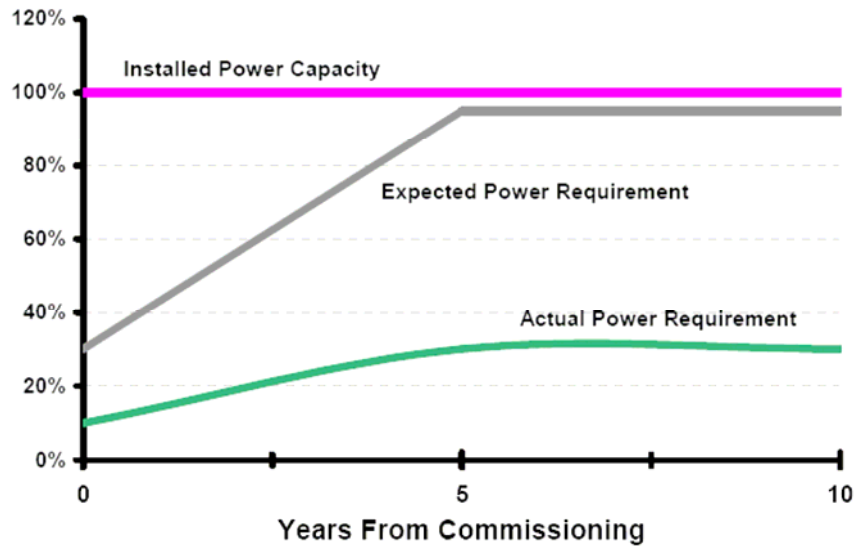
Για τη μέτρηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας των υποδομών των κέντρων δεδομένων δεν υπάρχουν αναγνωρισμένα πρότυπα που να καθορίζουν κάποιες διαδικασίες, αλλά γίνονται απλές μέθοδοι άθροισης των διαφόρων κεφαλαίων και των εξόδων λειτουργίας χωρίς να συμπεριλαμβάνουν τη αξιοποίηση του εξοπλισμού.

Στο παράδειγμά μας εξετάζουμε δύο υποθετικά κέντρων δεδομένων, το κάθε ένα ισχύος 100 kW και κατασκευασμένα με τον ίδιο τρόπο. Στην πρώτη περίπτωση το κέντρο δεδομένων υποθέτουμε ότι αξιοποιείται στο 100% των δυνατοτήτων χώρου και ενέργειας ενώ στην δεύτερη περίπτωση υποθέτουμε ότι στο κέντρο δεδομένων υπάρχει μόνο ένα ικρίωμα με εξοπλισμό πληροφορικής ισχύος 2 kW. Επιλέγουμε τα δύο κέντρα δεδομένων να έχουν μεγάλη διαφοροποίηση στο επίπεδο αξιοποίησης τους για να αναδειχθούν οι όποιες διαφορές στο TCO.

Ενώ το κόστος λειτουργίας των δύο εγκαταστάσεων κατά τη διάρκεια ζωής τους είναι συγκρίσιμο, η απόδοση της επένδυσης τους είναι εντελώς διαφορετική. Στην περίπτωση του πλήρως χρησιμοποιούμενου κέντρου δεδομένων, το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας μοιράζεται σε μεγάλη ποσότητα εξοπλισμού πληροφορικής. Στην περίπτωση του κέντρου δεδομένων στο οποίο έχουμε μόνο ένα ικρίωμα, όλο βάρος των εξόδων υποδομής βαρύνουν το ένα και μοναδικό ικρίωμα. Όταν το TCO των κέντρων δεδομένων ή των χώρων που θα εγκατασταθεί ο δικτυακός εξοπλισμός μετριέται λαμβάνοντας υπόψη το χρήσιμο έργο που εκτελείται, δηλαδή πόσος εξοπλισμός πληροφορικής υποστηρίζεται, η μερική εκμετάλλευση οδηγεί σε επιπλέον κόστος λειτουργίας.

Το παράδειγμα θα δείξει ότι όταν το TCO υπολογίζεται με γνώμονα το χρήσιμο έργο των υπηρεσιών που παράγεται, το μεγαλύτερο κόστος το οποίο επηρεάζει το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας των κέντρων δεδομένων, είναι τα έξοδα των μερικώς χρησιμοποιούμενων υποδομών. Το ύψος της απόδοσης της επένδυσης που μπορεί να επιτευχθεί συσχετίζεται από την σωστή διαστασιολόγηση των υποδομών.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, χρησιμοποιείται το τυπικό μοντέλο της Εικόνας 54.



Εικόνα 54. Τυπικό μοντέλο χρησιμοποίησης υποδομών κέντρου δεδομένων σε βάθος 10-ετίας

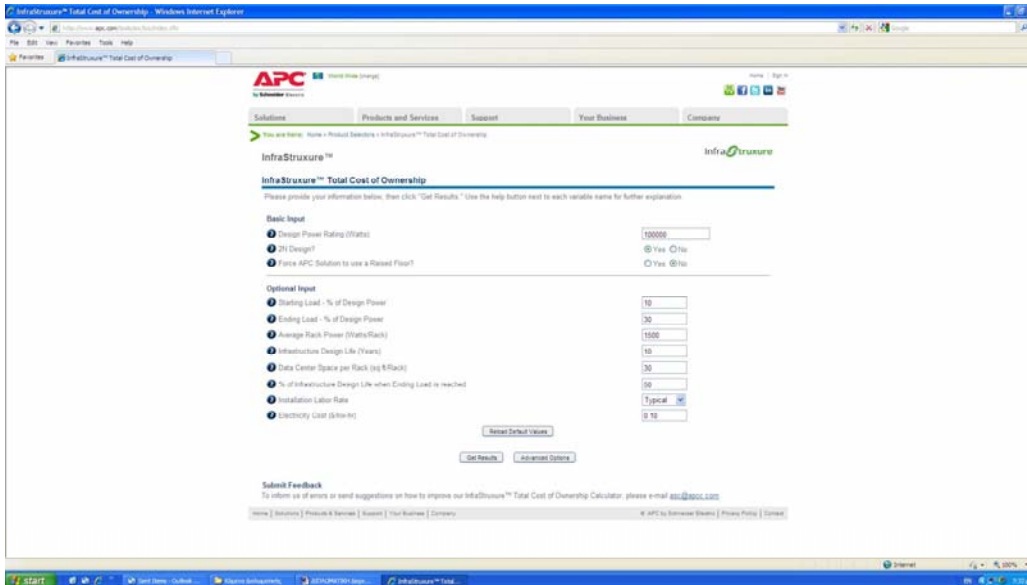
Όταν το TCO εκφράζεται ανά ικρίωμα, το συνολικό κόστος του κέντρου δεδομένων μοιράζεται σε όλα τα ικρίωματα τα οποία αξιοποιούνται. Με τον τρόπο αυτό δεν δημιουργούνται μη εκχωρημένα γενικά έξοδα, και το κόστος που σχετίζεται με το κέντρο δεδομένων ή τις υλικές υποδομές μπορεί να είναι περισσότερο ακριβές και απευθείας συσχετιζόμενο με τις υποδομές πληροφορικής.

Για τον προσδιορισμό του TCO και την έκφραση του ανά ικρίωμα απαιτείται πλήθος δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαίων επένδυσης, του κόστους των μηχανικών για την λειτουργία και την διαχείριση του κέντρου δεδομένων, της εγκατάστασης και του κόστους λειτουργίας για τα συστήματα του κέντρου δεδομένων, καθώς και τις παραμέτρους που σχετίζονται με το σχεδιασμό όπως τα τετραγωνικά μέτρα ανά ικρίωμα, τα Watt ανά ικρίωμα, το χρονοδιάγραμμα χρησιμοποίησης, την αναμενόμενη διάρκεια ζωής, το επίπεδο εφεδρείας, κλπ.

Για τα δεδομένα του παραδείγματος, διενεργήθηκαν υπολογισμοί του TCO χρησιμοποιώντας την εφαρμογή λογισμικού Schneider Electric TCO Calculator, το οποίο αναπτύχθηκε από την Schneider Electric Data Center Science Center (διαθέσιμο μέσω της ιστοσελίδας <http://www.apcc.com/tools/isx/tco>). Το TCO Calculator έχει ρυθμιστεί να χρησιμοποιεί το μέσο κόστος για την κήση του εξοπλισμού, την εγκατάσταση του, το κόστος των μηχανικών, και τα λειτουργικά έξοδα. Τα αποτελέσματα συνεπώς που παρουσιάζονται αντικατοπτρίζουν τιμές μέσου όρου.

Για τον προσδιορισμό των δεδομένων του TCO για ένα τυπικό κέντρο δεδομένων, ορίστηκαν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

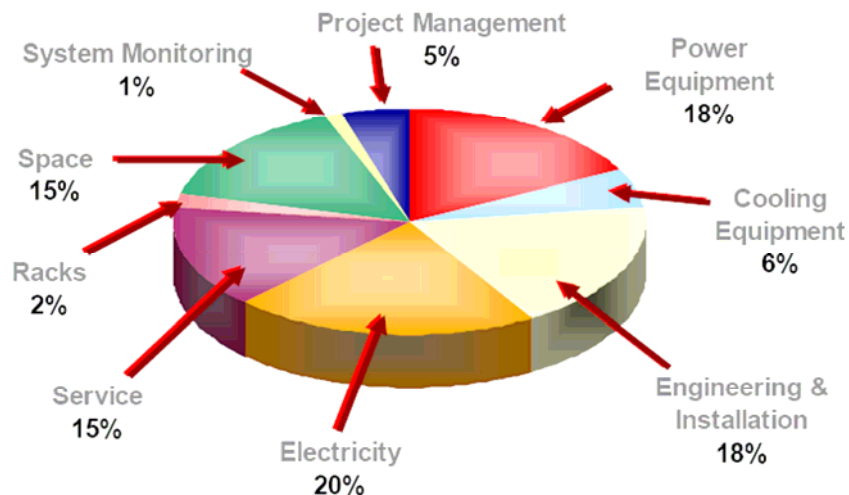
- Ισχύς: 100 kW
- Πυκνότητα ισχύος: 50 W/sq ft
- Χρόνος ζωής: 10 years
- Μέση κατανάλωση ικρίωματος (rack): 1,500 W
- Εφεδρεία: 2N



Εικόνα 55. Στιγμιότυπο λογισμικού Schneider Electric TCO Calculator

Δοκιμές επιβεβαιώνουν ότι αλλάζοντας αυτές τις παραμέτρους ανάμεσα σε τυπικές περιοχές δεν επηρεάζονται ουσιαστικά τα αποτελέσματα ή τα συμπεράσματα του αποτελέσματος.

Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας του κριώματος σε ένα κέντρο δεδομένων είναι περίπου \$120.000,00 για όλο τον χρόνο ζωής του. Σε πολλές περιπτώσεις, το κόστος αυτό είναι συγκρίσιμο με το κόστος του εξοπλισμού πληροφορικής σε ένα κριώμα κατά τη διάρκεια ζωής του κέντρου δεδομένων. Περίπου το ήμισυ της διάρκειας της ζωής ανά κριώμα είναι έξοδα κεφαλαίου κτήσης και το υπόλοιπο λειτουργικά έξοδα. Παρακάτω στην Εικόνα 56 αναλύονται οι εν λόγω δαπάνες ανά κατηγορίες.



Εικόνα 56. Κατανομή του κόστους του TCO ανά τομέα

Η κατανομή του κόστους του TCO παρέχει πολύτιμες γνώσεις για τον έλεγχο ή τη μείωση των δαπανών σε διάφορους τομείς.

Μελετώντας την κατανομή της Εικόνας 56 προκύπτουν πληροφορίες για τομείς που υπάρχει δυνατότητα επεμβάσεων με στόχο την βελτίωση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας σε όλη τη διάρκεια ζωής του κέντρου δεδομένων. Σε αυτές περιλαμβάνονται η βελτίωση της απόδοσης, η του βελτίωση σχεδιασμού, η σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος, οι υπηρεσίες, κ.λπ. Χρησιμοποιώντας το TCO Calculator, είναι δυνατόν να εξετάσουν οι επιπτώσεις από διάφορα σενάρια στο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας, προκειμένου να εντοπιστεί η χρυσή τομή της έρευνας και των επενδύσεων. Η ανά κριώμα εξοικονόμηση για ένα τυπικό κέντρο δεδομένων με εφεδρεία 2N που προκύπτει από μια σειρά σεναρίων συνοψίζονται παρακάτω στον Πίνακα 10:

Scenario	TCO \$ saved per rack	% of TCO saved
Purchasing power equipment with 2% higher electrical efficiency	\$1,472	1.1%
Reducing the electricity rate by 1 cent per kW-Hr	\$3,100	2.4%
Eliminating the raised floor	\$4,200	3.3%
Increasing the cooling performance coefficient by 100%	\$5,500	4.3%
Obtaining space at no cost	\$12,000	9.4%
Obtaining all capital equipment at 50% discount from standard	\$15,700	12.3%
Rightsizing the system to the actual requirement over time	\$76,400	60.1%

Πίνακας 10. Σύνοψη σεναρίων εξοικονόμησης ανά κριώμα

Οι εξοικονομήσεις στον πίνακα είναι ανά κριώμα και ως εκ τούτου, η εξοικονόμηση η οποία μπορεί να επιτευχθεί σε κέντρο δεδομένων οποιουδήποτε μεγέθους μπορεί να προκύψει με πολλαπλασιασμό επί τον αριθμό των κριωμάτων.

Η σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος παρέχει το μεγαλύτερο ενδεχόμενο όφελος μεταξύ των παραπάνω σεναρίων. Αυτό οφείλεται στο αποτέλεσμα της υπερδιαστασιολόγησης που περιγράφηκε συνοπτικά προηγούμενος και απεικονίζεται στην Εικόνα 54.

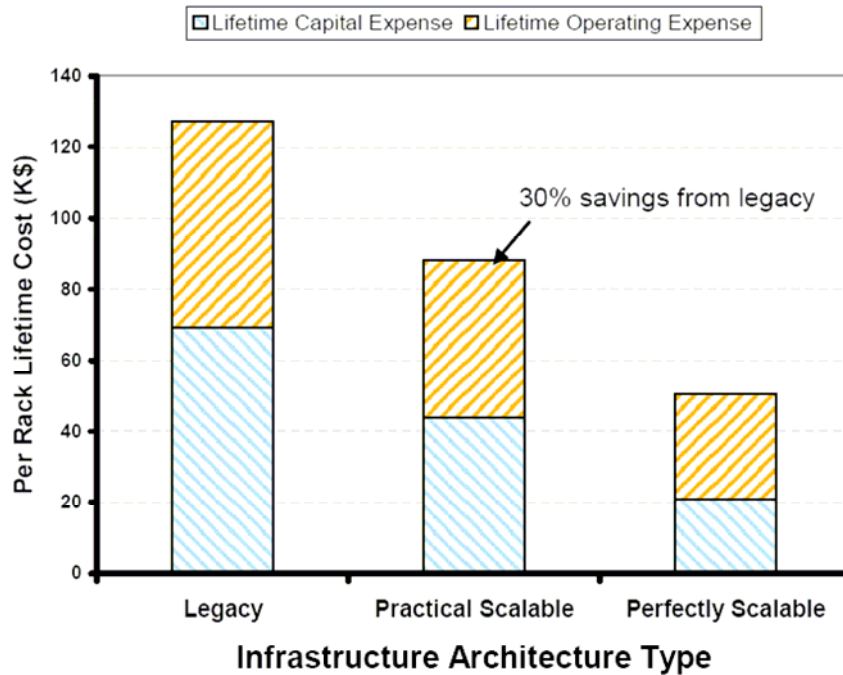
Η σωστή διαστασιολόγηση παρέχει τα βέλτιστα αποτελέσματα επειδή:

- Οι υποδομές ενός κέντρου δεδομένων που δεν προβλέπεται να αναπτυχθεί δεν είναι απαραίτητες
- Οι υποδομές ενός κέντρου δεδομένων κατασκευάζονται όταν απαιτηθούν

Η στρατηγική υλοποίησης που αποφεύγει την υπερδιαστασιολόγηση φάνηκε ότι προσφέρει δυνατότητα μείωσης του κόστους των υποδομών κατά 60%.

Όταν εφαρμόζεται η αρθρωτή αρχιτεκτονική στον βαθμό που είναι πρακτικά εφικτό με την σημερινή τεχνολογία, υπολογίζεται ότι λαμβάνεται περίπου το 50% της

θεωρητικής εξοικονόμησης από την ιδανική διαστασιολόγηση. Το αποτέλεσμα αυτό παρουσιάζει στην Εικόνα 57.



Εικόνα 57. Θεωρητική εξοικονόμηση ιδανικής διαστασιολόγησης

Η εξοικονόμηση στο συγκεκριμένο παράδειγμα "αρθρωτής αρχιτεκτονικής" στην εικόνα 57 δεν φθάνει το θεωρητικό ιδανικό αποτέλεσμα, επειδή πρακτικά καμία τεχνολογία με δυνατότητα πλήρους κλιμάκωσης δεν υπάρχει ακόμη σε πολλά συστήματα όπως για παράδειγμα στα συστήματα κατάσβεσης, στο υπερυψωμένο δάπεδο, στην διαμόρφωση του χώρου, στους ηλεκτρικούς πίνακες και στο διακοπτικό υλικό και κατά συνέπεια αυτά υλοποιούνται συνήθως εξ αρχής.

Επιπλέον, δεν μπορούν ορισμένα συστήματα, όπως τα Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας (UPS) να αναπτυχθούν στον ελάχιστο βαθμό καλύπτοντας ακριβώς την απαίτηση του φορτίου πληροφορικής, αλλά πρέπει να αναπτύσσονται σε βήματα ενσωματώνοντας ένα περιθώριο ασφαλείας. Ωστόσο, μια πολύ σημαντική εξοικονόμηση πόρων και μείωσης του TCO είναι πρακτικά εφικτή σε όλο τον κύκλο ζωής του κέντρου δεδομένων.

Το 65% των εξοικονομήσεων στο συγκεκριμένο παράδειγμα "αρθρωτής αρχιτεκτονικής" στην εικόνα 57 ήταν μειώσεις εξόδων κεφαλαίου κτήσης και το 35% ήταν μειώσεις λειτουργικών εξόδων. Οι απαιτήσεις ταμειακών ροών μειώνονται κάθε χρόνο με τη εφαρμογή αρχιτεκτονικής με δυνατότητα κλιμάκωσης, με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση στο πρώτο (1) έτος.

Πάνω από το 90% του κεφαλαίου δαπανάται κατά κανόνα το πρώτο (1) έτος χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις παλαιού τύπου μεθόδους και τεχνολογίες, αλλά τότε είναι που η αξιοποίηση των υποδομών μπορεί να είναι χαμηλότερη και η πληροφορία ή η πρόβλεψη σχετικά με τις μελλοντικές απαιτήσεις δεν είναι επαρκής. Αυτό μπορεί να

κάνει την επένδυση δύσκολο να αιτιολογηθεί με βάση την απόδοση των επενδύσεων (ROI) [18].

5.2.8 Μέγιστη αξιοποίηση των ικριωμάτων

5.2.8.1 Αρχιτεκτονική υψηλού θερμικού φορτίου (high density)

Για την ανάδειξη των ωφελειών που προκύπτουν από την επιλογή της αρχιτεκτονικής υψηλού θερμικού φορτίου θα εξεταστούν η κατασκευή και ο σχεδιασμός δύο τύπων κέντρων δεδομένων ένα με χαμηλή πυκνότητα φορτίου και ένα με υψηλή πυκνότητα φορτίου. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθούν δύο αναλύσεις για τον καθορισμό του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας και των δύο κέντρων δεδομένων. Τέλος, θα εξεταστούν συγκεκριμένα σχεδιαστικά και επιχειρησιακά ζητήματα για τα κέντρα δεδομένων με υψηλή πυκνότητα φορτίου.

Θεωρούμε ένα νέο κέντρο δεδομένων όπου ο ιδιοκτήτης του έχει καθορίσει ότι χρειάζονται 10.000 διακομιστές διπλού επεξεργαστή διαστάσεων 1U (1U = ύψος 44,45 χιλιοστά, εξοπλισμός στα ικρίωματα μετράται σε U, ένα τυπικό ικρίωμα είναι σε θέση να φιλοξενήσει 42 διακομιστές servers 1U, ή 21 διακομιστές servers 2U, κ.λπ.). Ο κατασκευαστής των διακομιστών τηρώντας τις κατευθυντήριες γραμμές και τις οδηγίες της ASHRAE (ASHRAE, 2004) έχει δημοσιεύσει την ψυκτική ισχύ και την απαιτούμενη παροχή ροή αέρα για τον διακομιστή.

Στον Πίνακα 11 εμφανίζεται μια σύνοψη της εγκατάστασης του διακομιστή σε δύο διαφορετικά κέντρα δεδομένων, σε ένα χαμηλής θερμικής πυκνότητας και σε ένα υψηλής θερμικής πυκνότητας.

	Κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας	Κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας
Πλήθος διακομιστών	10000	10000
Watts / διακομιστή	400	400
(m³/hr) / διακομιστή	66,3	66,3
KW / ικρίωμα	6,6	17
διακομιστές / ικρίωμα	16	42
Σύνολο ικριωμάτων	625	238
m² απαιτούμενου υπερυψωμένου δαπέδου	2654	1011

Πίνακας 11. Χαρακτηριστικά κέντρων δεδομένων και διακομιστών παραδείγματος

Για τα υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρα δεδομένων, ο κύριος στόχος είναι η πλήρης εκμετάλλευση των ικριωμάτων και η ελαχιστοποίηση των τετραγωνικών μέτρων. Η χρήση 42 εκ των επιλεγμένων διακομιστών σε ένα ικρίωμα θα σήμαινε θερμικό φορτίο στο ικρίωμα 16,8 kW. Η συνολική απαιτούμενη ροή αέρα είναι 66,3 m³/hr για κάθε διακομιστή συν μία προσαύξηση ασφαλείας 20% για την διαρροή και την

ανακυκλοφορία του αέρα. Η συνολική ροή αέρα είναι ίδια και στα δύο κέντρα δεδομένων, διότι καθορίζεται από τον αριθμό των διακομιστών και όχι από την πυκνότητα του θερμικού φορτίου στον χώρο. Το υπερυψωμένο δάπεδο στον χώρο χαμηλής θερμικής πυκνότητας είναι 45 εκατοστά, ενώ στον χώρο υψηλής θερμικής πυκνότητας θα απαιτηθεί να είναι 75 εκατοστά ώστε να μπορέσει να διαχειριστεί τον υψηλότερο ρυθμό ροής αέρα ανά ικρίωμα. Και για τα δύο κέντρα δεδομένων θα απαιτηθούν 4MW ισχύος Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας για την υποστήριξη των διακομιστών και του λοιπού εξοπλισμού πληροφορικής.

	Χαμηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων	Υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων
Συνολική παροχή αέρα m ³ /hr	795.600	795.600
Ύψος υπερυψωμένου δαπέδου	45 εκατοστά	75 εκατοστά
Παροχή αέρα (m ³ /hr) / ικρίωμα	1273,3	63342,2
Συνολική απαίτηση UPS	4046 kW	4046 kW
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για UPS	0,1 € / kWh	0,1 € / kWh

Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά κέντρων δεδομένων παραδείγματος

Στα κέντρα δεδομένων μπορούν να προσδιορισθούν οι δαπάνες που συνδέονται με τα διάφορα τμήματα του χωρίζοντας και εξετάζοντάς το σε τέσσερις μείζονες τομείς. Τον κατασκευαστικό τομέα, τον τομέα των ηλεκτρολογικών υποδομών, τον τομέα των μηχανολογικών υποδομών και τέλος τον τομέα του εξοπλισμού πληροφορικής. Η θερμική πυκνότητα έχει επιπτώσεις σε κάθε έναν από αυτούς τους τομείς με διαφορετικό τρόπο.

Ο κατασκευαστικός τομέας επηρεάζεται έντονα από την διαφοροποίηση στην θερμικής πυκνότητα. Το κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας απαιτεί σχεδόν την μισή επιφάνεια από ένα κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας. Η εξοικονόμηση της επιφάνειας είναι σημαντικός παράγοντας αφού η απόφαση για επένδυση συχνά βασίζεται στο μέγεθος της έκτασης που απαιτείται και το μέσο κόστος κατασκευής ανά m² είναι 1.800,00 €/ m²

Το κόστος κατασκευής του κέντρου δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΧΘΠ) είναι:

$$\text{Κόστος κατασκευής}_{\text{ΚΔΧΘΠ}} = 2654 \text{ m}^2 * 1.800,00 \text{ €/ m}^2 = \mathbf{4.777.200,00 \text{ €}}$$

Το κόστος κατασκευής του κέντρου δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΥΘΠ) είναι:

$$\text{Κόστος κατασκευής}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 1011 \text{ m}^2 * 1.800,00 \text{ €/ m}^2 = \mathbf{1.819.800,00 \text{ €}}$$

Για τα κέντρα υψηλής θερμικής πυκνότητας θα πρέπει να υπολογίσουμε το κόστος ανάλυσης με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD. Σε αντίθεση με τον σχεδιασμό κέντρων δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας που μπορούν να

σχεδιαστούν και χωρίς ανάλυση CFD στα κέντρα υψηλής θερμικής πυκνότητας είναι απαραίτητο. Το κόστος της ανάλυσης αυτής είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και εξαρτάται περισσότερο από την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης από ότι από το εμβαδόν, αλλά για ένα νέο κέντρο δεδομένων ομοιογενές το κόστος μπορεί να είναι € 10/τ.μ.

Το κόστος ανάλυσης με τρισδιάστατο μοντέλο με χρήση λογισμικού CFD του κέντρου δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΥΘΠ) είναι:

$$\text{Κόστος CFD}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 1011 \text{ m}^2 * 10,00 \text{ €/m}^2 = \mathbf{10.110,00 \text{ €}}$$

Μία ακόμα απαίτηση των κέντρων δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας είναι ότι απαιτείται μεγαλύτερο ύψος κτίριου. Το υπερυψωμένο δάπεδο είναι υψηλότερο και αυτό έχει ως αντίκτυπο την ανάλογη αύξηση του ύψους του χώρου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ορθής κυκλοφορίας του αέρα στον χώρο και ανεμπόδιση επιστροφή του θερμού αέρα στις κλιματιστικές μονάδες. Το συνολικό ύψος του χώρου θα είναι περίπου κατά 75 εκατοστά μεγαλύτερο. Η κατασκευή ενός υψηλότερου κτιρίου επιβαρύνει το συνολικό κόστος κατά περίπου 10% ή 181.980,00 € ποσοστό πολύ μικρότερο από την απαίτηση για περισσότερα τετραγωνικά μέτρα. Το επιπλέον κόστος για την κατασκευή υψηλότερου υπερυψωμένου δαπέδου είναι περίπου € 8/τ.μ.

Το επιπλέον κόστος για την κατασκευή υψηλότερου υπερυψωμένου δαπέδου του κέντρου δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΥΘΠ) είναι:

$$\text{Επιπλέον κόστος υπερυψωμένου δαπέδου}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 1011 \text{ m}^2 * 8,00 \text{ €/m}^2 = \mathbf{8.088,00\text{€}}$$

Η απαιτούμενη συνολική ισχύς και η συνολική ροή του αέρα στον χώρο είναι οι ίδιες και για τα δύο κέντρα δεδομένων. Οι δύο επιλογές υψηλής και χαμηλής θερμικής πυκνότητας θα χρησιμοποιούσαν το ίδιο σύστημα ψύξης, τις ίδιες ηλεκτρικές παροχές, τα ίδια συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας, και τα ίδια πεδία χαμηλής τάσης. Συνάγεται ότι οι χώροι για τις υποδομές και στις δύο περιπτώσεις είναι ίδιες. Επιπλέον στο κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας απαιτούνται λιγότερες εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες αλλά μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος εκάστη οι οποίες θα έχουν χαμηλότερο κόστος ανά m^3/hr έναντι των περισσότερων σε πλήθος αλλά μικρότερης ισχύος διάσπαρτα στον κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας. Ομοίως, το κόστος των ηλεκτρολογικών υποδομών θα είναι χαμηλότερο στο κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας λόγω του μικρότερου μήκους των καλωδιώσεων.

Το κόστος από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι περίπου το ίδιο.

Το κόστος για την ψύξη επίσης θα έχει αντίκτυπο στο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας (TCO). Η κεντρική μονάδα ψύξης θα είναι ίδια και για τις δύο εκδοχές. Η κύρια διαφορά στο κόστος ψύξης προέρχεται από την ισχύ που χρειάζεται για να κυκλοφορήσει ο αέρας στο κέντρο δεδομένων. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε τον ίδιο ρυθμό ροής αέρα. Σε έναν χώρο υψηλής θερμικής πυκνότητας, με 75 εκατοστά υπερυψωμένο δάπεδο και διαπερατότητα των διάτρητων πλακών >50%, απαιτείται στατική πίεση 24,9 Pa ώστε να υπάρχει ομαλή ροή αέρος μέσα από κάθε διάτρητη πλάκα. Κατά το σχεδιασμό χαμηλής θερμικής πυκνότητας, με 45 εκατοστά υπερυψωμένο

δάπεδο και διάτρητες πλάκες με ποσοστό διαπερατότητας 25%, απαιτείται στατική πίεση 32,37 Pa. Συνεπώς στα κέντρα δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας απαιτείται πρόσθετη ηλεκτρικής ισχύς από τους ανεμιστήρες. Το κόστος για την ψύξη του κέντρου δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας εκτιμάται 810.000.00 € ενώ για το κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας εκτιμάται 545.000.00 €

Το κόστος για την ασφάλεια του χώρου (π.χ., αισθητήρες καπνού/ τ.μ.), δεν είναι ο κύριος τομέας και δεν επηρεάζει σημαντικά το κόστος. Ωστόσο, η επιθυμία για υψηλότερο επίπεδο παρακολούθησης λόγω της υψηλότερης θερμικής πυκνότητας θα μπορούσε να επηρεάσει το συνολικό κόστος. Ο φωτισμός κοστίζει περισσότερο στο χώρο με χαμηλή θερμική πυκνότητα. Υπάρχουν ~ 1.643 περισσότερα τετραγωνικά μέτρα που πρέπει να είναι φωτισμένα με κατανάλωση ανά m^2 περίπου 12 W/ m^2 . Επίσης πρέπει να προσθέσουμε και το αυξημένο κόστος συντήρησης ενός μεγαλύτερου χώρου.

Για το κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΧΘΠ) η ισχύς για τον φωτισμό είναι:

$$\text{Ισχύς φωτισμού}_{\text{ΚΔΧΘΠ}} = 2654 \text{ m}^2 * 12 \text{ W/m}^2 = 31.848\text{W} \text{ ή } \mathbf{31,848 \text{ kW}}$$

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για το κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας είναι:

$$\mathbf{Ε \text{ φωτισμού}_{\text{ΚΔΧΘΠ}} = 31,848 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 278.988,48 \text{ kWh}}$$

και με κόστος ηλεκτρικής ενέργειας 0,1 € / kWh το ετήσιο κόστος είναι:

$$278.988,48 \text{ kWh} * 0,1 \text{ € / kWh} = 27.898,848 \text{ € ή } 139.494,24 \text{ € για 5 έτη}$$

Για το κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΥΘΠ) η ισχύς για τον φωτισμό είναι:

$$\text{Ισχύς φωτισμού}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 1011 \text{ m}^2 * 12 \text{ W/m}^2 = 12.132\text{W} \text{ ή } \mathbf{12,132 \text{ kW}}$$

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για το κέντρο δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας είναι:

$$\mathbf{Ε \text{ φωτισμού}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 12,132 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 106.276,32 \text{ kWh}}$$

και με κόστος ηλεκτρικής ενέργειας 0,1 € / kWh το ετήσιο κόστος είναι:

$$106.276,32 \text{ kWh} * 0,1 \text{ € / kWh} = 10.627,632 \text{ € ή } 53.138,16 \text{ € για 5 έτη}$$

Ο ενεργός εξοπλισμός είναι το μεγαλύτερο τμήμα του συνολικού προϋπολογισμού. Και οι δύο επιλογές απαιτούν τον ίδιο αριθμό διακομιστών. Η διαφορά είναι ο αριθμός των κριωμάτων. Το κόστος ανά κριώμα είναι περίπου 1500,00 € και το κόστος μεταφοράς και εγκατάσταση του επιπλέον 1500,00 €

Το κόστος των ικριωμάτων του κέντρου δεδομένων χαμηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΧΘΠ) είναι:

$$\text{Κόστος ικριωμάτων}_{\text{ΚΔΧΘΠ}} = 625 * (1.500,00 \text{ €} + 1.500,00 \text{ €}) = \mathbf{1.875.000,00 \text{ €}}$$

Το κόστος των ικριωμάτων του κέντρου δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας (ΚΔΥΘΠ) είναι:

$$\text{Κόστος ικριωμάτων}_{\text{ΚΔΥΘΠ}} = 238 * (1.500,00 \text{ €} + 1.500,00 \text{ €}) = \mathbf{714.000,00 \text{ €}}$$

Στον πίνακα 13 συνοψίζονται όλα τα παραπάνω και καταγράφονται οι σημαντικές διαφορές στο κόστος μεταξύ των δύο επιλογών για την κατασκευή ενός κέντρου δεδομένων. Αυτό δεν αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος, αλλά καλύπτει τις περιοχές όπου υπάρχουν διαφορές. Το κόστος για ένα υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων είναι εμφανώς μικρότερο. Στο παράδειγμα μας η εξοικονόμηση είναι 4,3 εκατομμύρια ευρώ.

	Χαμηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων	Υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρο δεδομένων
Κόστος κατασκευής κτιρίου	4.777.200,00 €	1.819.800,00 €
Κόστος σχεδιασμού με χρήση CFD	0,00 €	10.110,00 €
Κόστος κατασκευής υψηλότερου χώρου	0,00 €	181.980,00 €
Κόστος κατασκευής υψηλότερου υπερυψωμένου δαπέδου	0,00 €	8.088,00 €
Κατανάλωση φωτισμού	139.494,24 €	53.138,16 €
Κόστος ικριωμάτων racks	1.875.000,00 €	714.000,00 €
Κόστος κλιματισμού	810.000,00 €	545.000,00 €
Συνολικό κόστος	7.601.694,20 €	3.332.116,20 €

Πίνακας 13. Σύγκριση TCO κέντρων δεδομένων σε βάθος 5 ετίας

Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένα κέντρο δεδομένων υψηλής θερμικής πυκνότητας έχει καλύτερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας (TCO)

Τα υψηλής θερμικής πυκνότητας κέντρα δεδομένων απαιτούν διαφορετικές μεθόδους τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην διαχείριση τους από τους ιδιοκτήτες τους, αλλά όταν αυτά συγκρίνονται με το χαμηλότερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας συνήθως πρόκειται για καλή επένδυση [27].

5.2.8.2 Εικονικοποίηση (server virtualization)

Ενώ οι τεχνολογίες στους διακομιστές βελτιώνονται, η εικονικοποίηση έρχεται να αυξήσει τα ποσοστά αξιοποίησης των διακομιστών και να μειώσει το πλήθος τους.

Εξετάζουμε τις δυνατότητες που προσφέρει η εικονικοποίηση στο κέντρο δεδομένων που εξετάσαμε στην παράγραφο 5.2. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα,

υποθέτουμε ότι το 25% των διακομιστών έχουν εικονικοποιηθεί, με οκτώ φυσικούς διακομιστές να έχουν αντικατασταθεί με έναν. Επίσης υποθέτουμε ότι οι ακόμα και οι εφαρμογές που εικονικοποιήθηκαν και λειτουργούσαν σε διακομιστές με μονό επεξεργαστή, μετά την εικονικόποίηση φιλοξενούνται σε διακομιστή με τουλάχιστον δύο επεξεργαστές. Η υλοποίηση της εικονικοποίησης παρείχε στο συγκεκριμένο παράδειγμα 8% μείωση της συνολικής κατανάλωσης του κέντρου δεδομένων [26].

5.3 Πιλοτικές εφαρμογές άλλων καινοτόμων λύσεων

5.3.1 Γενικά

Παρακάτω παρουσιάζονται εφαρμογές μονάδων συμπαραγωγής και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για εξοικονόμηση ενέργειας.

5.3.2 Συμπαραγωγή για κάλυψη αναγκών Κέντρου Δεδομένων για ηλεκτρισμό, θέρμανση και ψύξη

Η πιο πράσινη εγκατάσταση στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ενσωματώνει συνδυασμό αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, θέρμανσης και ψύξης τα οποία βασίζονται σε μικροστρόβιλους (microturbines).

Η εγκατάσταση στεγάζεται στο πανεπιστήμιο των Συρακουσών στις ΗΠΑ, κατασκευάστηκε σε έξι μήνες και παραδόθηκε στο κοινό τον Δεκέμβριο του 2009. Καταλαμβάνει χώρο 1114 τετραγωνικών μέτρων και καταναλώνει μόλις το 50% ενός συμβατικού κέντρου δεδομένων.

Αποτελείται από 12 μικροστρόβιλους (Εικόνα 58) κατασκευασμένους από την εταιρεία Capstone Turbine που τροφοδοτούν ολόκληρο το εγχείρημα. Η εταιρεία αυτή είναι η πρώτη που εγκατέστησε 65kW μικροστρόβιλους απευθείας με Σύστημα Ασιαλείπτου Λειτουργίας UPS ώστε να προσφέρει ενέργεια σε κρίσιμες περιπτώσεις όπου εμφανίζονται στιγμιαία μεγάλες καταναλώσεις.

Η χαμηλής εκπομπής μικροστρόβιλοι είναι η καρδιά μιας πρωτοποριακής τρι-συμπαραγωγής ή συνδιασμού ψύξης, θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας (CCHP), τα οποία συμβάλλουν ακόμα περισσότερο στην αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης.



Εικόνα 58. Μικροστρόβιλοι της εταιρείας Capstone Turbine

Στην εγκατάσταση συνδυάζονται στρόβιλοι, Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας UPS, ψύκτες προσρόφησης (Εικόνα 59), ψυχόμενες πόρτες στα κριώματα τα οποία είναι της IBM και φιλοξενούν τον εξοπλισμό πληροφορικής και ψυκτικός πύργος οροφής. Οι στρόβιλοι τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο, ενώ επί τόπου γίνεται μετατροπή ενέργειας από εναλλασσόμενη σε συνεχή.



Εικόνα 59. Ψύκτης προσρόφησης

Τα παραδοσιακά κέντρα δεδομένων βασίζονται εξολοκλήρου στην ενέργεια που προσφέρει το ηλεκτρικό δίκτυο και σαν εφεδρεία έχουν Συστήματα Αδιαλείπτου Λειτουργίας με συστοιχίες συσσωρευτών. Στην συγκεκριμένη κατασκευή οι στρόβιλοι προσφέρουν ενέργεια η οποία όταν δεν επαρκεί συνδυάζεται και με το δημόσιο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να εργάζεται στο μέγιστο δυνατό σημείο απόδοσης ισορροπώντας ηλεκτρικές απαιτήσεις και ψυκτικά – θερμικά φορτία.



Εικόνα 60. Ικρίώματα έδρασης συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές (Εικόνα 60) αποθηκεύουν ενέργεια ώστε να παρέχουν αυτονομία 17 λεπτών. Τα μεγαλύτερα κέντρα δεδομένων λειτουργούν με εφεδρεία N+1 διαθέτοντας ακόμα μια πηγή ενέργειας σαν εφεδρική. Το σύστημα έχει εφεδρικά και σύστημα μίγματος προπανίου-αέρα σε περίπτωση που χαθεί η παροχή φυσικού αερίου.

Το υβριδικό αυτό Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας μπορεί να λειτουργήσει με τρεις μεθόδους.

α) Λειτουργία Υψηλής Απόδοσης: Όταν οι στρόβιλοι λειτουργούν στο κανονικό σημείο λειτουργία τους άρα με την μέγιστη δυνατή απόδοση. Σε αυτήν την περίπτωση κάποιοι στρόβιλοι τροφοδοτούν το κέντρο δεδομένων ενώ οι υπόλοιποι τροφοδοτούν τους χώρους του πανεπιστημίου. Ένας εναλλάκτης έχει σαν είσοδο τα καυσαέρια των στρόβιλων και σαν έξοδο ζεστό νερό θέρμανσης. Επίσης δύο διπλής δράσης απορροφητικοί ψύκτες των 150 τόνων μέσω των καυσαερίων παράγουν ψυκτική ισχύ για τον κλιματισμό και την ψύξη του κέντρου δεδομένων.

β) Κανονική Λειτουργία: Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των απαιτήσεων γίνεται εξολοκλήρου από το δίκτυο της πόλης και οι στρόβιλοι απενεργοποιούνται είτε για συντήρηση είτε για αντικατάσταση κτλ.

γ) Επείγουσα Λειτουργία - Εφεδρική: Σε αυτήν την περίπτωση οι στρόβιλοι δουλεύουν αλλά η ενδεχομένως επιπλέον ενέργεια που μπορεί να απαιτηθεί δεν είναι διαθέσιμη από το δίκτυο της πόλης για διάφορους λόγους. Τότε οι συσσωρευτές παρέχουν ενέργεια στο σύστημα.

Οι στρόβιλοι αυτοί της Capstone έχουν μόνο ένα κινούμενο μέρος και παράλληλα ενσωματώνουν τεχνολογία αερο-εδράνων, το οποίο σημαίνει ότι δεν χρειάζονται λιπαντικά ή υγρά ψυκτικά ώστε να λειτουργήσει αποδοτικά η μηχανή.

Επιπλέον έχει εγκατασταθεί δίκτυο (LCM Grid) το οποίο δρα σαν ένας μετατροπέας περιέχοντας όλους εκείνους του ασφαλιστικούς μηχανισμούς ώστε οι

στρόβιλοι να ενσωματωθούν στο δίκτυο. Κατά αυτήν την έννοια επιτρέπει την παροχή στο δίκτυο σταθερής διαφοράς δυναμικού ανεξαρτήτως από το δίκτυο της πόλης. Το LCM είναι δι-κατευθυνόμενο επιτρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια να κινείται από και προς το δίκτυο πόλης. Το LCM κάνει εφικτή την ένωση του δικτύου με την κατανάλωση αλλά και την γεννήτρια των στροβίλων με αυτήν όπως και με το Σύστημα Αδιαλείπτου Λειτουργίας UPS.

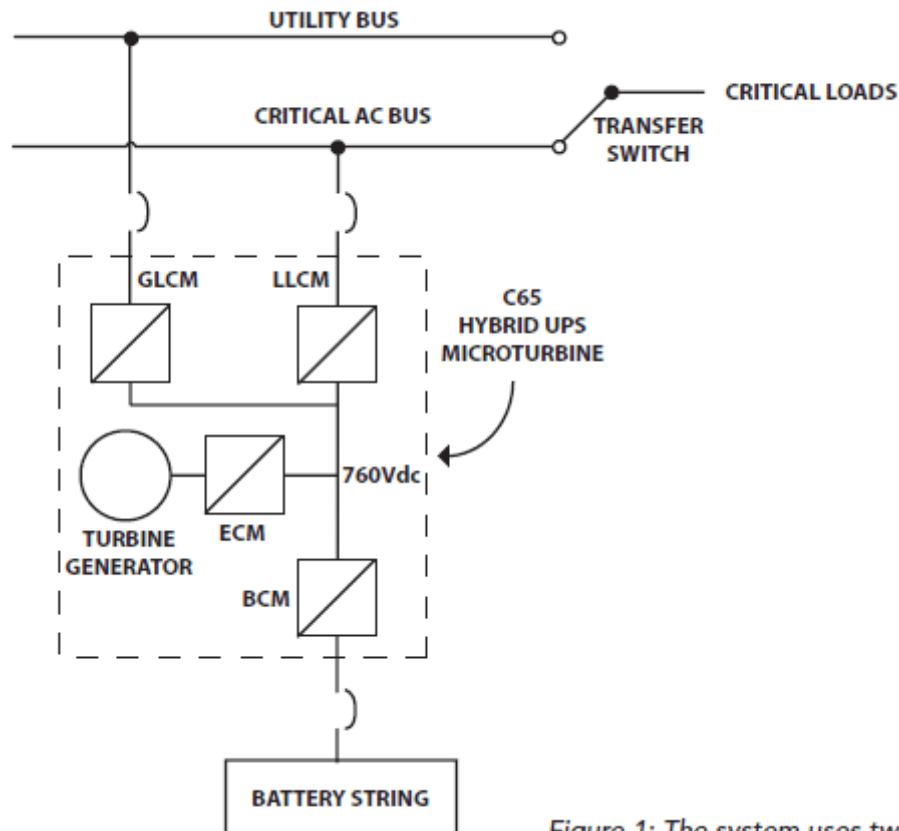


Figure 1: The system uses two separate inverters called load control modules.

Εικόνα 61. Διάγραμμα υβριδικού συστήματος

Παρόλο που έχουν εγκατασταθεί 12 στρόβιλοι, 10 από αυτούς λειτουργούν ταυτόχρονα και καλύπτουν επαρκώς την κατανάλωση. Μόνο 5 από αυτούς χρησιμοποιούνται για το κέντρο δεδομένων ενώ οι υπόλοιποι τροφοδοτούν άλλες καταναλώσεις. Οι δύο που απομένουν παράγουν έξτρα ενέργεια που διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Παράγοντας κατά αυτήν την έννοια ενέργεια, ψύξη και θέρμανση στον τόπο όπου αυτά χρειάζονται γίνεται χρήση των καυσίμων πολύ πιο αποδοτικά από ότι αν λαμβάνουμε την ενέργεια από ένα σταθμό παραγωγής 500 χιλιόμετρα μακριά ο οποίος καίει πετρέλαιο ή ακόμα χειρότερα λιγνίτη κτλ. Το κόστος χρήσης μειώνεται και τα ποσοστά διοξειδίου μειώνονται σημαντικά [28].

5.3.3 Google - Ψύξη Κέντρου Δεδομένων με θαλασσινό νερό

Η Google κατασκευάζει ένα νέο κέντρο δεδομένων στις ακτές της Φινλανδίας το οποίο θα ψύχεται εξολοκλήρου από θαλασσινό νερό. Πρόκειται για το μοναδικό κέντρο δεδομένων στον κόσμο που θα χρησιμοποιεί για την ψύξη των εγκαταστάσεων του μόνο το νερό της θάλασσας. Η επιλογή αυτή επιτρέπει στις νέες αυτές εγκαταστάσεις να λειτουργούν χωρίς τις γνωστές ενεργοβόρες διατάξεις ψύξης.

Τον Φεβρουάριο του 2009 η Google εξαγόρασε μία παλιά χαρτοβιομηχανία στο Kymenlaakso της Φινλανδίας έναντι 40 εκατομμυρίων ευρώ και έναν μήνα αργότερα ανακοίνωσε την πρόθεση της να μετατρέψει το 53 ετών κτίριο σε κέντρο δεδομένων. Μεταξύ άλλων η κίνηση εμπειρείχε μεγάλες δόσεις συμβολισμού αφού εκφράζει την μεταφορά από την εποχή του χαρτιού στην εποχή του κέντρου δεδομένων.

Για την ψύξη των εγκαταστάσεων θα χρησιμοποιηθεί νερό από την Βαλτική Θάλασσα το οποίο θα εισρέει μέσα στο κτίριο από σωλήνες διαμέτρου 2 μέτρων με την βοήθεια των υπαρχουσών αντλιών. Τα υπάρχοντα σιλό θα χρησιμοποιούνται ως δεξαμενές νερού, αλλά μόνο για λόγους πυρασφάλειας και όχι για ψύξη.

Το 2009 η Google παρουσίασε το κέντρο δεδομένων της στο Saint-Ghislain στο Βέλγιο το οποίο είναι επίσης κατασκευασμένο χωρίς συστήματα ψύξης. Για την ψύξη των εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί μόνο τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος και αν ο αέρας αυτός γίνει αρκετά ζεστός τότε οι εργασίες του κέντρου δεδομένων μεταφέρονται σε κάποιο σημείο με την βοήθεια του συστήματος Spanner.

Το Spanner είναι ένα αποθηκευτικό και υπολογιστικό σύστημα το οποίο εκτείνεται σε όλα τα κέντρα δεδομένων της Google και αυτόματα μεταφέρει και προσθέτει αντίγραφα δεδομένων και υπολογισμών λόγω προβλημάτων που εμφανίζονται είτε σε bandwidth, σε packet loss, σε ενέργεια και σε αστοχίες του συστήματος.

Το κέντρο δεδομένων στις ακτές της Βαλτικής Θάλασσας θα χρησιμοποιεί επίσης και τον άνεμο για τις ενεργειακές του ανάγκες. Δίπλα από τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις κατασκευάζεται ένα νέο αιολικό πάρκο των 12MW, το οποίο ανήκει στην τοπική εταιρεία ρεύματος, ενώ μέρος της έκτασης για την κατασκευή του δωρήθηκε από την Google.

Η λειτουργία των νέων αυτών εγκαταστάσεων της Google αναμένεται να αρχίσει προς το τέλος του 2011 [29].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 Συμπεράσματα

Από την ανωτέρω μελέτη σχετικά με την διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων και την βιβλιογραφική έρευνα της οποίας αποτέλεσμα είναι η εν λόγω διπλωματική εργασία προκύπτουν τα ακόλουθα χρήσιμα συμπεράσματα:

- Το σύστημα ψύξης καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας μεταξύ των εξοπλισμών υποδομής στα κέντρα δεδομένων. Το τμήμα αυτό της εγκατάστασης επιδέχεται τις βελτιωτικές ενέργειες με τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Υπάρχουν μέθοδοι και τεχνολογίες για ένα πιο αποδοτικό σύστημα ψύξης.
- Θετικό στοιχείο είναι τα ικανοποιητικά αποτελέσματα από τις βελτιωτικές ενέργειες όπως προέκυψαν από τις πρακτικές εφαρμογές και τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.
- Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας που μελετήθηκαν έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των λειτουργικών εξόδων των κέντρων δεδομένων και την βελτίωση των οικονομικών στοιχείων των επιχειρήσεων.
- Οι βελτιωτικές ενέργειες δεν έχουν μόνο θετικό αποτέλεσμα σε οικονομικό επίπεδο αλλά και αντίκτυπο στο περιβάλλον με την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των κέντρων δεδομένων των επιχειρήσεων.
- Σήμερα υπάρχουν κατανοητά εργαλεία και ενεργειακοί δείκτες για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κέντρων δεδομένων. Η εφαρμογή τους είναι απλή και τα αποτελέσματά που προκύπτουν είναι πολύτιμα για ανάλυση και αξιολόγηση των εγκαταστάσεων. Επιπλέον η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για την εφαρμογή τους δεν είναι επίπονη ή χρονοβόρος διαδικασία και μπορεί να γίνει απευθείας από τους διαχειριστές των κέντρων δεδομένων.
- Σημαντικά αποτελέσματα μπορούν να προκύψουν από την εφαρμογή εργαλείων ανάλυσης κόστους ανά τομέα εγκατάστασης στα κέντρα δεδομένων, αναδεικνύοντας προβλήματα άσκοπης κατανάλωσης ενέργειας τα οποία δεν ήταν προηγουμένως ορατά.
- Οι διαχειριστές των κέντρων δεδομένων δίνουν βαρύτητα στον εξοπλισμό πληροφορικής αγνοώντας τις επιπτώσεις που έχουν στην κατανάλωση της ενέργειας ο υποστηρικτικός εξοπλισμός των ηλεκτρομηχανολογικών υποδομών. Όπως αναφέραμε σε ένα τυπικό κέντρο δεδομένων στο οποίο δεν εφαρμόζονται οι σύγχρονες μέθοδοι και τεχνολογίες το 50% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στον εξοπλισμό πληροφορικής και το υπόλοιπο 50% στον υποστηρικτικό εξοπλισμό των ηλεκτρομηχανολογικών υποδομών. Συνεπώς οι δύο

κύριες κατηγορίες εξοπλισμού στο κέντρο δεδομένων πρέπει να αντιμετωπίζονται με την ίδια βαρύτητα.

- Είναι αναγκαία η σύσταση ενιαίας ανεξάρτητης αρχής η οποία θα είναι υπεύθυνη για την θέσπιση και την επιβολή κανονισμών για την ενεργειακή απόδοση των κέντρων δεδομένων και παρακολούθησης της πορείας και των αποτελεσμάτων των βελτιωτικών ενεργειών.

6.2 Προοπτικές

Σε συνέχεια της ανωτέρω μελέτης, παρουσιάζονται πτυχές του θέματος οι οποίες έχουν ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη. Οι προοπτικές για περαιτέρω έρευνα δίδονται παρακάτω:

- Τελευταία αρχίζουν να κάνουν την εμφάνισή τους περισσότερο σε θεωρητικό ή πιλοτικό επίπεδο συστήματα που κάνουν χρήση νερού από ποτάμια, θάλασσες ή γεωτρήσεις για την κάλυψη των αναγκών τους από κρύο νερό. Ακόμα είναι σε αρχικό στάδιο αυτές οι τεχνολογίες και δεν υπάρχουν απτά αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας. Θα μπορούσε να γίνει εμπειριστατωμένη μελέτη ενός κέντρου δεδομένων που χρησιμοποιεί τέτοιες τεχνολογίες για να αποδειχθεί το επίπεδο της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται. Αντίστοιχα θα μπορούσαν να εξεταστούν κέντρα δεδομένων τα οποία κάνουν παράλληλη χρήση ΑΠΕ και συστημάτων συμπαραγωγής χρησιμοποιώντας οικολογικά καύσιμα.
- Αξιολόγηση του δείκτη αποτελεσματικότητας χρήσης άνθρακα (CUE) για μικτά κτίρια που φιλοξενούν κέντρα δεδομένων μεταξύ και άλλων υπηρεσιών όπως γραφειακοί χώροι ή παράγουν τοπικά ηλεκτρική ενέργεια όπως για παράδειγμα από φωτοβολταϊκά στις στέγες του κτιρίου. Ο δείκτης CUE για τις ανωτέρω ιδιαίτερες συνθήκες εγκατάστασης είναι υπό ανάπτυξη και θα αποτελέσει ένα επιπλέον εργαλείο για την αξιολόγηση των κέντρων δεδομένων.
- Ενδιαφέρον θα μπορούσε να παρουσιάσει μία μελέτη που θα ασχολείτο με τα συστήματα παθητικής ψύξης. Σύμφωνα με την θεωρία τα εν λόγω συστήματα δεν έχουν κινούμενα μηχανικά μέρη με αποτέλεσμα να καταναλώνουν μηδενική ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον όπως αναφέρθηκε η ορθή διαχείριση του συστήματος ψύξης έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην εξοικονόμηση ενέργειας. Συνδυαστικά θα μπορούσε να εξεταστεί και το ενδεχόμενο επαναχρησιμοποίησης των ανωτέρω αποβλήτων θερμικής ενέργειας των κέντρων δεδομένων.

Παράρτημα Α – Πίνακας 14 – Υπολογισμός Ετήσιας Κατανάλωσης



City	Athens	Total gross cooling capacity	67.0	kW
Unit	D66UA	Annual absorbed energy	146798	kWh
Unit airflow	13470 m ³ /h	Annual cooling Produced	586898	kWh
Condenser airflow (@ max speed)	16600 m ³ /h			
Without Humidifier				
Electronic termostatic valve		Condenser Units :HCE42		

Annual Consumption

Athens						
Text	Hours	Capacity	Unit	Pabs	Ener.Mec	Cons
°C	h	kW		kW	kWh	kWh
40	70	64,00	1,047	25,26	4691	1831
39	13	64,50	1,039	24,87	871	333
38	31	65,10	1,029	24,48	2077	775
37	30	65,70	1,020	24,11	2010	734
36	35	66,30	1,011	23,74	2046	838
35	57	67	1,000	23,37	3819	1332
34	69	66,9	1,001	22,79	4621	1574
33	81	67	1,000	22,28	5427	1805
32	118	67	1,000	21,75	7906	2597
31	124	67	1,000	21,26	8308	2636
30	176	67	1,000	20,78	11782	3657
29	181	66,9	1,001	20,30	12121	3676
28	232	66,9	1,001	19,82	16536	4601
27	246	67	1,000	19,32	16482	4763
26	266	66,95	1,001	18,75	17827	4990
25	327	66,9	1,001	18,29	21898	5984
24	341	66,9	1,001	17,86	22836	6094
23	362	67,06	0,999	17,45	24251	6313
22	338	67	1,000	17,09	22646	5776
21	348	67	1,000	16,75	23316	5829
20	330	66,94	1,001	16,40	22112	5415
19	348	67,1	0,999	16,15	23327	5617
18	351	66,93	1,001	15,87	23518	5574
17	341	67,06	0,999	15,67	22845	5340
16	383	67,1	0,999	15,49	24333	5619
15	325	66,97	1,000	15,26	21765	4960
14	357	66,9	1,001	15,11	23907	5398
13	374	67	1,000	14,75	25058	5517
12	376	67,1	0,999	14,75	25204	5542
11	366	67	1,000	14,75	24522	5399
10	369	67	1,000	14,75	24723	5443
9	310	67	1,000	14,75	20770	4573
8	255	67	1,000	14,75	17085	3761
7	182	67	1,000	14,75	12194	2685
6	170	67	1,000	14,75	11390	2508
5	138	67	1,000	14,75	9246	2036
4	96	67	1,000	14,75	6432	1416
3	90	67	1,000	14,75	6030	1328
2	57	67	1,000	14,75	3819	841
1	38	67	1,000	14,75	2546	561
0	22	67	1,000	14,75	1474	325
-1	15	67	1,000	14,75	1095	221



Athens						
Text	Hours	Capacity	Util	Pabs	Ener Mec	Cons
°C	h	kW		kW	kWh	kWh
-2	13	67	1,000	14.75	871	192
-3	4	67	1,000	14.75	268	59
-4	3	67	1,000	14.75	201	44
-5	7	67	1,000	14.75	469	103
-6	2	67	1,000	14.75	134	30
-7	2	67	1,000	14.75	134	30
-8	3	67	1,000	14.75	201	44
-9	2	67	1,000	14.75	134	30
-10	5	67	1,000	14.75	335	74
-11	1	67	1,000	14.75	67	15

Text= external air temperature

Hours= number of hours per year of the specific external temperature

Capacity=Total cooling capacity of unit

Util= percentage of Digital compressor

Pabs=Digital Unit power input

Energy Mec.=Cooling energy of Digital Unit

Cons.D=Digital Unit absorbed energy

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Γιώργος Χριστόπουλος, Datacenters: Η εξέλιξη, http://www.neo2.gr/web/neo2.gr/home2/-/asset_publisher/78mX/content/datacenters:-%CE%B7-%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BE%CE%B7-%E2%80%93-%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%82-1%CE%BF?redirect=%2Fweb%2Fneo2.gr%2Fwelcome, www.neo2.gr, 11/11/2010
- [2] TIA STANDARD, Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, TIA-942, σελ. 13-17
- [3] High Performance Data Center - A Design Guideline Sourcebook, Pacific Gas and Electric Company
- [4] Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431, U.S. Environmental Protection Agency ENERGY STAR Program
- [5] Robert F. Sullivan, Ph D., Alternating Cold and Hot Aisles Provides More Reliable Cooling for Server Farms, The Uptime Institute.
- [6] ASHRAE Editors, *Datacom Equipments, Power Trends and Cooling Applications*, ASHRAE, σελ. 68.
- [7] Kenneth G. Brill, Uptime White paper, 2005 – 2010 Heat Density Trends in Data Processing, Computer Systems, and Telecommunications Equipment, The Uptime Institute.
- [8] US Department of Energy, Washington DC, Annual Energy Outlook 2007 with Projections to 2030.
- [9] About the Uptime Institute, <http://www.uptimeinstitute.com/about-us>, www.uptimeinstitute.org/, 2011
- [10] About TIA, <http://www.tiaonline.org/about/>, www.tiaonline.org, 2011
- [11] Our Mission, <http://www.thegreengrid.org/en/about-the-green-grid/our-mission.aspx>, <http://www.thegreengrid.org/>, 2011 & Περιοδικό Ψηφιακή Ελλάδα Τεύχος Απριλίου 2007
- [12] Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency Version 1.0, EUROPEAN COMMISSION, http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/datacenter_code-conduct.pdf
- [13] About ASHRAE, <http://www.ashrae.com/aboutus/>, <http://www.ashrae.com>
- [14] Δημήτρης Φιλίππου, <https://www.bicsi.org/regions.aspx?l=2538>, <https://www.bicsi.org>

- [15] Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431, U.S. Environmental Protection Agency ENERGY STAR Program σελ. 47.
- [16] Total cost of ownership, http://en.wikipedia.org/wiki/Total_cost_of_ownership, <http://en.wikipedia.org>
- [17] Παρουσίαση Μεταλλειολόγων Μηχανικών
www.metal.ntua.gr/uploads/3914/772/kostos_ktisis_expoplismou.pdf
- [18] Neil Rasmussen, Determining Total Cost of Ownership for Data Center and Network Room Infrastructure, White Paper 6, APC
- [19] Christian Belady – Microsoft, Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCE, white paper #6
- [20] Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency Version 2 – Measuring PUE for Data Centers, 17 May 2011
- [21] Mark Blackburn, Five Ways to Reduce Data Center Server Power Consumption, Green Grid, white paper #7
- [21] <http://tech.in.gr/short-news/?aid=1231078190>, www.in.gr, 11/02/2011
- [22] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7>, <http://el.wikipedia.org>
- [23] Γεώργιος Ν. Ράπτης, Server Virtualization, Διπλωματική Εργασία
- [24] <http://www.naftemporiki.gr/audionews/listenstory.asp?id=1756586>, <http://www.naftemporiki.gr>, Οι ευκαιρίες της κρίσης, Γώνη Ρέββα, Phd διευθύντρια λειτουργιών Mediterranean Nautilus Greece, 10/2011
- [25] Neil Rasmussen, Κατανομή ενεργειακού κόστους και άνθρακα κέντρων δεδομένων σε χρήστες IT, White paper 161, APC, σελ. 16
- [26] Energy Logic: Reducing Data Center Energy Consumption by Creating Savings that Cascade Across Systems, A White Paper from the Experts in Business-Critical Continuity, Emerson Network Power
- [27] M.K. Patterson, D.G. Costello, & P. F. Grimm & M. Loeffler, Data center TCO; a comparison of high-density and low-density spaces, White Paper, Intel
- [28] David Blair, University data centre uses Microturbine trigeneration technology, http://www.cospp.com/articles/print/volume-11/issue-2/Project_Profile/university-data-centre-uses-microturbine-trigeneration-technology.html, 01/03/2010 & <http://www.mhxnologos.com/?p=95>, <http://www.mhxnologos.com/>,

- Συμπαράγωγη για κάλυψη αναγκών Data Server, ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης, 30/3/2010
- [29] http://www.theregister.co.uk/2010/09/23/google_finland_data_centers_cooled_solely_with_sea_water/, <http://www.theregister.co.uk>, Google cools data center with bottom of Baltic Sea, 23/9/2010
- [30] Blade Servers and Beyond: Adaptive Cooling for the Next Generation of IT Systems, A White Paper from the Experts in Business-Critical Continuity, Emerson Network Power
- [31] 2010 Best Practices, for the EU Code of Conduct on Data Centres, public review, version 3.0.1 release, http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data_centers.htm
- [32] Neil Rasmussen, Guidelines for Specification of Data Center Power Density, White Paper 120, APC
- [33] Justin Moore, Jeff Chase, Parthasarathy Ranganathan, Ratnesh Sharma, Making Scheduling “Cool”: Temperature-Aware Workload Placement in Data Centers, 2005 USENIX Annual Technical Conference, USENIX Association
- [34] Seven Best Practices for Increasing Efficiency, Availability and Capacity: The Enterprise Data Center Design Guid, A White Paper from the Experts in Business-Critical Continuity™, Emerson Network Power
- [35] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=446>, <http://www.ypeka.gr>, Ευρωπαϊκή Πολιτική, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής