



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΚΕΝΤΡΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
(EFFICIENCY DATA CENTER COOLING)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΣΕΒΑΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΔΡΕΑ

Επιβλέπων : ΚΟΖΥΡΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΚΕΝΤΡΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
(EFFICIENCY DATA CENTER COOLING)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΣΕΒΑΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΔΡΕΑ

**Επιβλέπων : ΚΟΖΥΡΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Παρασκευή, 20 Οκτωβρίου 2023.

(Υπογραφή)

.....
Νεκτάριος Κοζύρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Γεώργιος Γκούμας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Διονύσιος Πνευματικάτος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

(Υπογραφή)

.....

ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΕΒΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

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

Copyright © Σεβαστόπουλος Ανδρέας 2023

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.

Περίληψη

Στη σημερινή εποχή η ενεργεία έχει γίνει ένα σημείο αναφοράς για όλον τον πλανήτη και όλοι οι φορείς ανά τον κόσμο προσπαθούν με κάθε τρόπο να μειώσουν τα επίπεδα ενέργειας που καταναλώνουν. Με την αφορμή αυτή, η εν λόγω διπλωματική εργασία έχει σκοπό τη διερεύνηση στην παραγωγή ψύξης των Κέντρων Δεδομένων με εναλλακτικούς τρόπους, πιο-φιλικούς στο περιβάλλον και λιγότερο ενεργοβόρους. Θα αναλύσουμε μεθόδους όπου μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την θερμότητα της γης η οποία είναι πάντα σταθερή καθ'όλη την διάρκεια του έτους, τα ποτάμια που έχουν άφθονη ροή νερού με σχετικά σταθερή θερμοκρασία και μικρές μεταβολές όπου στις δικές μας εφαρμογές αποτελεί μικρής σημασίας παράμετρο. Επιπροσθέτως, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε νέες τεχνολογίες με νέου τύπου εναλλάκτες αέρα / αέρα στις οποίες δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε μονάδες με freon και τέλος, θα αναφερθούμε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) με τις οποίες μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τον ήλιο και τον αέρα όπου ειδικά στη χώρα μας, ευδοκμούν και τα δύο φαινόμενα εξίσου.

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε σε μελλοντικές κατευθύνσεις ερευνών επάνω στη βελτίωση των ψυκτικών μεθόδων. Κλείνοντας ο επίλογος θα είναι ο ορισμός ενός Πράσινου Κέντρου Δεδομένων και πως αυτό θα είναι πιο αποδοτικό ενεργειακά.

Λέξεις Κλειδιά: Κέντρα Δεδομένων (ΚΔ), ψύκτης, εναλλάκτης, αντλία, κυκλοφορητής, συμπιεστής, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτρια, αιολική ενέργεια, γεννήτρια (HZ), ποτάμι, γεωθερμία, εσωτερική μονάδα ψύξης, ικρίωμα, βαθμός απόδοσης, Power Usage Effectiveness (PUE), Carbon Usage Effectiveness (CUE), coefficient of performance (COP), Green data center, Green data Center Cooling Construction, Free cooling,

Abstract

In our time, energy has become a point of reference for the whole planet and all the world's agencies are trying everywhere to reduce the energy levels they consume. This thesis aims to investigate alternative ways of cooling production in data centers, which are greener and less energy-consuming. I analyze methods where geothermal energy can be taken advantage of, as it flows constantly throughout the year as well as the rivers, which have abundant water flow and relatively stable water temperature. Any small changes that may occur in the water temperature constitute a minor invariable to our applications. This means that we can still take advantage of the new technologies with new types of air / air exchangers that do not need to use units with freon. Last but not least, we will refer to Renewable Energy Sources (RES) where we can take advantage of the sun and the wind, which are in abundance, especially in Greece. Additionally, we will refer to future research directions on the improvement of cooling methods. Finally, the conclusion will be the definition of a Green Data Center and how it can become more energy efficient.

Keywords: Data Center (DC), chiller, alternator, pump, circulator, compressor, photovoltaics, wind turbine, wind power, generator, river, geothermal energy, closed circuit unit (CCU), rack, performance level, Power Usage Effectiveness (PUE), Carbon Usage Effectiveness (CUE), coefficient of performance (COP), Green data center, Green data Center Cooling Construction, Free cooling,

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Νεκτάριο Κοζύρη, στον τομέα τεχνολογίας πληροφορικής και υπολογιστών της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ευκαιρία που μου προσέφερε να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου και με στήριξαν σε όλη μου τη προσπάθεια κατά τη διάρκεια της φοιτητικής μου ζωής.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	9
1.1	Ενεργειακά αποδοτική ψύξη Κέντρων Δεδομένων	9
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	10
1.2.1	Συνεισφορά.....	11
1.3	Οργάνωση κειμένου.....	12
2	Υπόβαθρο	13
2.1	Κέντρο Δεδομένων	13
2.2	Ορισμός Power Usage Effectiveness (PUE) DCIE.....	17
2.3	Ορισμός Carbon Usage Effectiveness (CUE).....	19
2.4	Ανάγκες Ψύξης ΚΔ.....	20
2.5	Ορισμός βαθμού απόδοσης coefficient of performance (COP).....	22
2.6	Θεωρητικά Μοντέλλα ψυκτικών Μεθόδων Κέντρων Δεδομένων	23
3	Μέσα και μέθοδοι Ψύξης Κέντρων Δεδομένων	25
3.1	Προβλήματα και απαιτήσεις.....	28
3.2	Ψύκτες με εναλλάκτες (Νερού/ Αερίου).....	28
3.2.1	Αρχή λειτουργίας των ψυκτών 1ον – 2ον κυκλώματος.....	28
3.2.2	Efficiency	31
3.2.3	Free cooling	31
3.3	Ψύξη μέσω Γεωθερμίας	33
3.3.1	Αρχή λειτουργίας.....	33
3.3.2	Μελέτη.....	35
3.3.3	Κατασκευή.....	35
3.3.4	Οφέλη.....	36
3.4	Ψύξη με χρήση ρέοντος ύδατος (π.χ. ποτάμι).....	36
3.4.1	Αρχή λειτουργίας.....	36
3.4.2	Μελέτη.....	37

3.4.3	Κατασκευή	37
3.4.4	Παράδειγμα εφαρμογής	41
3.4.5	Οφέλη.....	42
3.5	Εναλλάκτες αέρα / αέρα.....	43
3.5.1	Αρχή λειτουργίας	43
3.5.2	Μελέτη.....	44
3.5.3	Κατασκευή	45
3.5.4	Οφέλη.....	45
3.6	Εκμετάλλευση ΑΠΕ στην ψύξη.....	46
3.6.1	Προκλήσεις στην χρήση ΑΠΕ	46
3.6.2	Φωτοβολταϊκά.....	48
3.6.3	Ανεμογεννήτριες - Αιολική Ενέργεια	51
3.6.4	Μέθοδοι αποθήκευσης & χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ σε ζήτηση φορτίων βάσης	55
3.6.5	Οφέλη από τη χρήση ΑΠΕ στην Ψύξη Κέντρων Δεδομένων.....	59
3.7	Σύνοψη συγκρίσεων.....	60
4	Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας.....	62
4.1	Χρήση ΑΠΕ στην ψύξη Κέντρων Δεδομένων	62
4.2	Εμβαπτισμένη Ψύξη	63
4.2.1	Διηλεκτρικό Υλικό.....	63
4.2.2	Ψύξη με εμβάπτιση μονοφασική	65
4.2.3	Ψύξη με εμβάπτιση δύο φάσεων.....	66
4.2.4	Direct-to-Chip μονοφασικό	67
4.2.5	Direct-to-Chip δύο φάσεων	70
4.3	Συμπέρασμα	70
5	Ενεργειακά Αποδοτικό «Πράσινο» Κέντρο Δεδομένων–Green Data Center.71	
5.1	Ορισμός Green data Center.....	71
5.2	Ορισμός Πράσινης Ενέργειας.....	73
6	Επίλογος	75

6.1	Σύνοψη και συμπεράσματα.....	75
6.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	76
7	Βιβλιογραφία	78
8	Πίνακας Εικόνων.....	82

1

Εισαγωγή

1.1 Ενεργειακά αποδοτική ψύξη Κέντρων Δεδομένων

Παγκοσμίως, η τροφοδοσία και η ψύξη των διακομιστών κοστίζει ετησίως αρκετά δισεκατομμύρια ευρώ. Η ενεργειακή απόδοση είναι συνεπώς ένα βασικό θέμα και αποτελεί πρωταρχική πρόκληση για τους χειριστές των Κέντρων Δεδομένων. Οι εταιρείες που μπορούν να ανταποκριθούν καλύτερα σε αυτήν την πρόκληση επιτυγχάνουν ένα αποφασιστικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα: μειωμένα λειτουργικά έξοδα.

Η αποδοτικότητα ενός Κέντρου Δεδομένων μετριέται από την αποτελεσματικότητα χρήσης ισχύος του, προσδιορίζοντας την τιμή PUE του. Αυτή η τιμή συσχετίζει ολόκληρη την κατανάλωση ενέργειας ενός Κέντρου Δεδομένων προς την ισχύ που καταναλώνει ο υπολογιστής. Η βέλτιστη τιμή PUE είναι 1,0 , αλλά παρατηρούμε συχνά τιμές έως και 2,0. Αξίζει να σημειωθεί πως, δεν συμβαίνει σπάνια, η ενέργεια που απαιτείται για τον απαραίτητο έλεγχο του κλιματισμού σε ένα Κέντρο Δεδομένων να είναι εξίσου υψηλή με την ισχύ που απαιτείται για τη λειτουργία των ίδιων των υπολογιστών. Η ψύξη των server, εξαρτάται από τις συνθήκες του χώρου και μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να αποτελεί έως και το 60% του συνολικού κόστους ενέργειας. Το γεγονός του

συνεχούς αυξανόμενου κόστους ισχύος, δεν αποτελεί επικερδή συνθήκη στις εταιρείες από την άποψη της διαχείρισης των επιχειρήσεων ή της εταιρικής πολιτικής. Ο μη αποτελεσματικός σχεδιασμός ψύξης, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του λόγου PUE.

Η περίπτωση αυτή μπορεί να διορθωθεί, με τη χρήση συστημάτων ελέγχου κλιματισμού εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία μπορούν να δώσουν τιμές PUE πολύ κοντά στον λόγο 1. Αυτή η βελτίωση έχει δύο βασικά οφέλη, μειώνει σημαντικά το ενεργειακό κόστος και ικανοποιεί τις απαιτήσεις που ορίζονται για τα «Πράσινα» Κέντρα Δεδομένων. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι τα συστήματα ενός Κέντρου Δεδομένων λειτουργούν χωρίς διακοπή για 365 ημέρες το χρόνο, η συνεχής και αξιόπιστη αφαίρεση θερμότητας είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με τις μεθόδους αποδοτικής ψύξης των Κέντρων Δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε διάφορες μονάδες μέτρησης όπως το PUE, CUE και COP οι οποίες αποτελούν συντελεστές που μας βοηθούν να κατανοήσουμε το ενεργειακό αποτύπωμα ενός Κέντρου Δεδομένων. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τα μέσα και τις μεθόδους ψύξης των Κέντρων Δεδομένων, τις κλασικές μεθόδους όπως ψύκτες (Chiller) αλλά και μεθόδους όπως εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), ποταμιών, γης και εξελιγμένης τεχνολογίας.

1.2.1 Συνεισφορά

Η συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας είναι ότι παραθέτονται και οι κλασικές μέθοδοι αλλά και νέοι ενεργειακά πιο αποδοτικοί και πιο φιλικό στο περιβάλλον. Αν ακολουθηθούν αυτά τα μέσα ψύξης, τα Κέντρα Δεδομένων θα έχουν καλύτερους συντελεστές απόδοσης, θα είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον με λιγότερους ρύπους, αλλά και με μικρότερη διαστασιολόγηση στην ηλεκτρική εγκατάσταση, μικρότερους μετασχηματιστές μέσης τάσης (όπου απαιτούνται), μικρότερα σε ισχύ ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη (H/Z) και μικρότερες διατομές καλωδίων. Όλα τα παραπάνω παραδείγματα συμβάλουν στο περιορισμό του κόστους της αρχικής εγκατάστασης, με αποτέλεσμα την μείωση στη παραγωγή υλικών, άρα ενεργειακά εξοικονομούμε ρύπους και ενέργεια, και από τα υλικά ένα σύνολο δημιουργίας - παραγωγής υλικών, προμήθεια και μεταφορά τους. Επιπρόσθετα, το κόστος της συντήρησης αφού όλα τα κρίσιμα συστήματα διαστασιολογούνται μικρότερα, είναι λιγότερο και το κόστος λειτουργίας τους είναι μικρότερο όπως για παράδειγμα ένα ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος 1000 kVA στα 800 kW απόδοσής του με συντελεστή απόδοσης 80%, έχει περίπου 100lt/h κατανάλωση πετρελαίου. Ενώ άμα έχουμε λιγότερες απαιτήσεις από το ίδιο Κέντρο Δεδομένων της τάξεως του 20% ένα ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος 800 kVA στα 640 kW απόδοσής του με συντελεστή απόδοσης 80%, έχει περίπου 80lt/h κατανάλωση πετρελαίου. Αυτή η διαφορά της κατανάλωσης, μας ωθεί σε καλύτερα ενεργειακά επίπεδα και εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και καλύτερο έλεγχο της διαχείρισης πετρελαίου, όπου πλέον δεν αποτελεί το πιο φιλικό και αποδοτικό καύσιμο. Συνεπώς η διαχείριση της κατανάλωσης του, συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην ενεργειακή απόδοση ενός Κέντρου Δεδομένων.

1.3 Οργάνωση κειμένου

Στο Κεφάλαιο 2 θα ξεκινήσουμε με τους ορισμούς των όρων PUE, CUE και COP και θα ορίσουμε το Κέντρο Δεδομένων και τα θεωρητικά μοντέλα που θα αναφερθούμε παρακάτω. Στη συνέχεια στο Κεφάλαιο 3 θα αναλύσουμε μία προς μία μέθοδο με μία σύγκριση στο τέλος των αναλύσεων. Στο Κεφάλαιο 4 θα δούμε τις μελλοντικές κατεύθυνσης της έρευνας και στο Κεφάλαιο 5 θα εξηγήσουμε τι θεωρούμε ένα Κέντρο Δεδομένων «Πράσινο». Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 θα γίνει μία σύνοψη των σημείων που έχουμε αναλύσει, θα βγάλουμε συμπεράσματα με βάση τα θέματα που αναπτύξαμε στην εν λόγω διπλωματική εργασία.

2

Υπόβαθρο

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτύξουμε έννοιες που θα μας χρειαστούν για να κατανοήσουμε και να μελετήσουμε τις μεθόδους ψύξης των Κέντρων Δεδομένων. Θα αναφέρουμε τι είναι ένα Κέντρο Δεδομένων, θα ορίσουμε το PUE - CUE – COP, της ανάγκης ψύξης και τα θεωρητικά μοντέλα ψυκτικών μεθόδων των Κέντρων Δεδομένων.

2.1 Κέντρο Δεδομένων

Τα Κέντρα Δεδομένων άρχισαν να κάνουν αισθητή την παρουσία τους ταυτόχρονα με την εμφάνιση του διαδικτύου. Πρόκειται για υπολογιστικούς πόρους, ελεγχόμενους και με κεντρική διαχείριση, οι οποίοι επιτρέπουν στις επιχειρήσεις - οργανισμούς να λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο ή σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Αυτοί οι υπολογιστικοί πόροι περιλαμβάνουν υπολογιστές, εξυπηρετητές, διακομιστές αρχείων και εκτυπωτών, διακομιστές ανταλλαγής μηνυμάτων, λογισμικό εφαρμογών και λειτουργικά συστήματα. Τα δεδομένα που φιλοξενεί ένα Κέντρο Δεδομένων μπορεί να ποικίλουν.

Η συνεχής ανάπτυξη αυτών των τομέων απαιτεί μια αξιόπιστη υποδομή, γιατί προβλήματα στις ψηφιακές υπηρεσίες μπορούν να έχουν σημαντικές οικονομικές συνέπειες. Ουσιαστικά, ένα Κέντρο Δεδομένων είναι μια δομή, ή μια ομάδα δομών, αφιερωμένη στην κεντρική διαμονή, τη διασύνδεση και τη λειτουργία του εξοπλισμού πληροφορικής και δικτύων τηλεπικοινωνιών, η

οποία παρέχει αποθήκευση των δεδομένων, επεξεργασία, καθώς και υπηρεσίες μεταφορών. Ένα Κέντρο Δεδομένων περιλαμβάνει όλες τις εγκαταστάσεις και τις υποδομές για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και τον έλεγχο του περιβάλλοντος μαζί με τα απαραίτητα επίπεδα ανθεκτικότητας και ασφάλειας που απαιτούνται για την παροχή της επιθυμητής διαθεσιμότητας των υπηρεσιών.

Εικόνα 1: Κέντρο Δεδομένων ΕΛΥΤΕ Α.Ε.



Το Κέντρο Δεδομένων φιλοξενεί την υπολογιστική ισχύ, και αποθηκεύει τις εφαρμογές που απαιτούνται για να υποστηρίξουν μια επιχείρηση. Η υποδομή του Κέντρου Δεδομένων είναι κεντρικής σημασίας για την αρχιτεκτονική, από την οποία προέρχεται όλο το περιεχόμενο. Ο σωστός σχεδιασμός είναι κρίσιμος, για την απόδοση, την ανθεκτικότητα και την επεκτασιμότητα του.

Ένας ακόμη σημαντικός πυλώνας του Κέντρου Δεδομένων είναι η ευελιξία στην ταχεία ανάπτυξη και υποστήριξη νέων υπηρεσιών. Σχεδιάζοντας μια ευέλικτη αρχιτεκτονική που έχει την ικανότητα να υποστηρίζει νέες εφαρμογές σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα, αποκτάται ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Ωστόσο, ένας τέτοιος σχεδιασμός προϋποθέτει εκτίμηση στους τομείς των θυρών σύνδεσης, πρόσβαση στο στρώμα άνω ζεύξης και πρόβλεψη για πολλαπλές εγγραφές. Ένα υπολογιστικό κέντρο περιλαμβάνει:

- IT εξοπλισμό: υπολογιστές, ράφια, συσκευές

Εικόνα 2: IT Εξοπλισμός



- Μονάδες υποστήριξης: διακόπτες, γεννήτριες, μονάδες αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, συσσωρευτές και μονάδες διανομής ισχύος.

Εικόνα 3: Ηλεκτροπαραγωγικό Ζεύγος



- Συστήματα ψύξης: ψήκτρες, πύργοι ψύξης, κλιματιστικές μονάδες υπολογιστών, βαλβίδες και αντλίες.

Εικόνα 4: Ψύκτης (Φρέον – Νερού)



2.2 Ορισμός Power Usage Effectiveness (PUE)

Το Power Usage Effectiveness (PUE) είναι μία μονάδα μέτρησης που εγκαθίδρυσε ο οργανισμός Green Grid, και εκφράζει την ενεργειακή απόδοση ενός Κέντρου Δεδομένων, δηλαδή μιας κεντρικής υπολογιστικής εγκατάστασης σε όρους βασικής υποδομής. Το PUE πιο συγκεκριμένα, εκφράζει τον λόγο της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας προς την ενέργεια που πραγματικά καταναλώνεται από τους υπολογιστικούς πόρους. Στη συνολική ενέργεια προσμετράτε οτιδήποτε απαιτείται για να υποστηρίξει του φορτίου υπό κανονικές συνθήκες, όπως UPS, κλιματιστικά κ.ά. Για παράδειγμα, σε ένα Κέντρο Δεδομένων που καταναλώνονται 1000 watts συνολικής ενέργειας και τα 500 αφορούν τον εξοπλισμό IT, τότε το PUE που προκύπτει έχει τιμή 2.0 (1.000/500=2). Όσο πιο κοντά είναι η τιμή στη μονάδα (1), (όπου ιδανικά το 100% της ενέργειας διοχετεύεται στην υπολογιστική υποδομή) τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικό είναι το Κέντρο Δεδομένων το οποίο συνεπάγεται με λιγότερα λειτουργικά έξοδα.

Εικόνα 5: Power Usage Effectiveness (PUE)

$$PUE = \frac{\text{Total Data Center Power}}{\text{IT Equipment Power}} = \frac{P_{IT} + P_{Cooling} + P_{Pumps} + P_{HVAC} + P_{Lights/Plugs}}{P_{IT}}$$

Το Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE) συμβάλει κυρίως στον προσδιορισμό του πόσο ενεργειακά αποδοτικοί είναι οι πόροι και ο εξοπλισμός πληροφορικής, σε ένα συγκεκριμένο Κέντρο Δεδομένων. Είναι μια μέτρηση που αξιολογείται ως ποσοστό. Για τον υπολογισμό του DCiE, η συνολική κατανάλωση ενέργειας όλου του εξοπλισμού και των πόρων πληροφορικής, διαιρείται με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας ενός Κέντρου Δεδομένων. Αυτό συνεισφέρει στον προσδιορισμό του κατά πόσο αποδοτικός είναι ο εξοπλισμός πληροφορικής του Κέντρου Δεδομένων, σε σχέση με τη συνολική χρήση ενέργειας του Κέντρου Δεδομένων. Επιπλέον, παρόμοιες μετρήσεις μπορούν επίσης να αξιολογηθούν για έναν συγκεκριμένο κόμβο-συσκευή για να παρέχουν πιο αναλυτικές μετρήσεις του DCiE.

Εικόνα 6: Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE)

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

2.3 Ορισμός *Carbon Usage Effectiveness (CUE)*

Το Carbon Usage Effectiveness (CUE) είναι μια μέτρηση που αναπτύχθηκε από το Green Grid για τη μέτρηση της βιωσιμότητας του Κέντρου Δεδομένων όσον αφορά τις εκπομπές άνθρακα. Το CUE είναι ο λόγος των συνολικών εκπομπών CO₂ που προκαλούνται από τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του Κέντρου Δεδομένων προς την κατανάλωση ενέργειας του εξοπλισμού πληροφορικής.

Ο τύπος για τον υπολογισμό του CUE είναι:

$CUE = \frac{\text{Εκπομπές CO}_2 \text{ που προκαλούνται από τη συνολική ενέργεια του Κέντρου Δεδομένων}}{\text{Ενέργεια εξοπλισμού πληροφορικής}}$. Για τον υπολογισμό του CUE κατά τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, οι εκπομπές άνθρακα μπορούν να βασιστούν σε δημοσιευμένα κρατικά δεδομένα για την περιοχή και κατά τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του κατασκευαστή του ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους για τις εκπομπές ρύπων.

Εικόνα 7: Εκπομπές CO₂ Κέντρου Δεδομένων / Ενέργεια εξοπλισμού πληροφορικής CUE

$$CUE = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emission from Facility}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

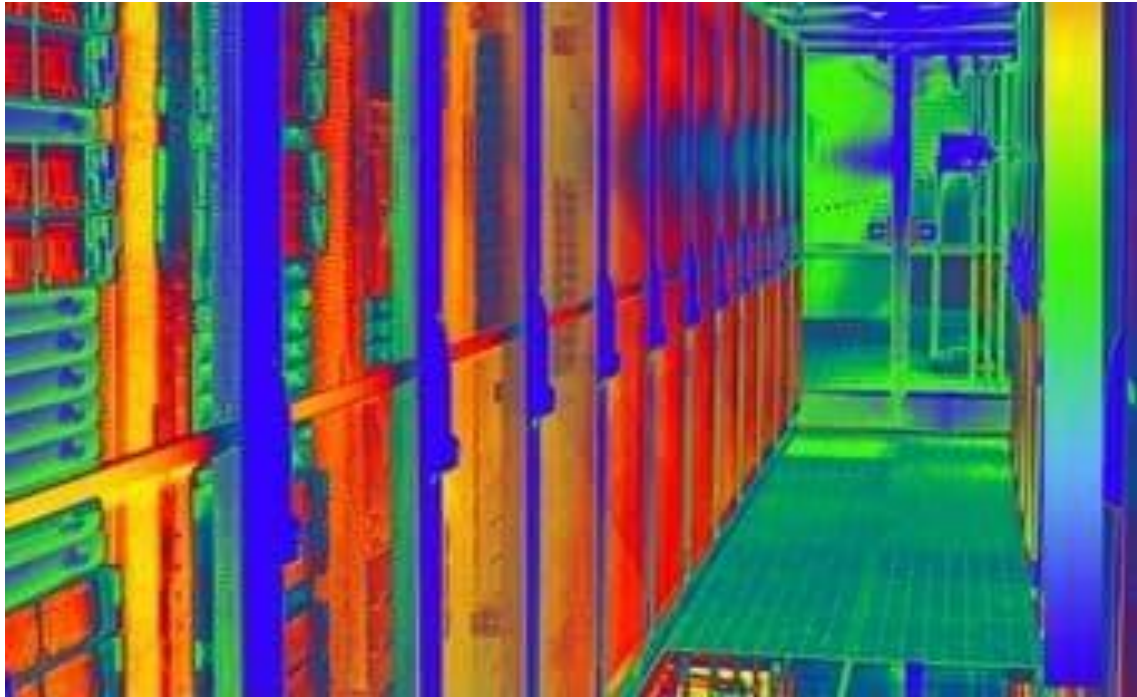
2.4 Ανάγκες Ψύξης Κέντρων Δεδομένων

Η αυξανόμενη ζήτηση στα Κέντρα Δεδομένων θέτει διαρκώς νέους περιορισμούς στον έλεγχο της θερμοκρασίας τους. Εκτιμάται ότι ο έλεγχος ψύξης και αφύγρανσης ανέρχεται στο 40% των δαπανών λειτουργίας ενός Κέντρου Δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, μελετάμε τις μεθόδους αποδοτικής ψύξης ώστε το ποσοστό των δαπανών να μειωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα να έχουμε πιο αποδοτικά Κέντρα Δεδομένων τα οποία θα χρησιμοποιήσουν προϊόντα και καινοτόμες τεχνικές που μπορούν να φτάσουν τιμή PUE κοντά στο λόγο 1.0 και αντίστοιχα το DCiE κοντά στο 100%.

Η American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) συνιστά εύρος λειτουργίας της θερμοκρασίας των μηχανημάτων και του ευρύτερου χώρου μεταξύ 18-27°C (64-80°F) και εύρος υγρασίας 40-60% για τα Κέντρα Δεδομένων.

Ο κακός σχεδιασμός του κυκλώματος ψύξης σε ένα Κέντρο Δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ενεργειακού κόστους και το δυσμενές σενάριο να μην εκτελεστούν οι υπηρεσίες που παρέχει.

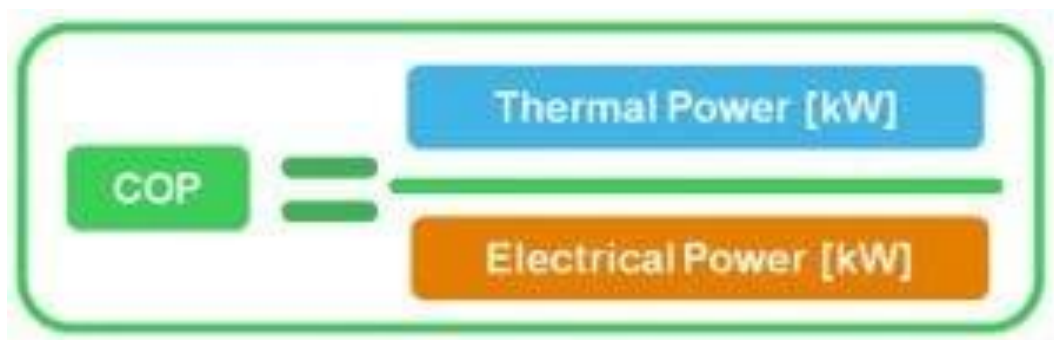
Εικόνες 8: Θερμική απεικόνιση κριωμάτων



2.5 Ορισμός βαθμού απόδοσης *coefficient of performance (COP)*

Στον πυρήνα του, το COP μετρά την απόδοση ενός ψυκτικού συγκροτήματος σε κιλοβάτ (kW). Είναι μια συντομογραφία του συντελεστή απόδοσης, που ορίζεται ως ο λόγος της ψύξης που απαιτείται για την απομάκρυνση θερμότητας (kWR), προς τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του ψυκτικού συγκροτήματος (kWE). Με απλούστερους όρους, αντιστοιχεί την ισχύ εισόδου έναντι της ισχύος εξόδου για να παρέχει πληροφορίες για το επίπεδο απόδοσης ενός συστήματος. Ο συντελεστής COP (Coefficient of Performance) είναι η αναλογία μεταξύ της ενέργειας που προσφέρει το σύστημα, προς την ενέργεια που καταναλώνει. Ένας βαθμός COP: 4 = 4/1 σημαίνει ότι το σύστημα χρησιμοποιεί μόνο 1kWh ηλεκτρικής ενέργειας για να παραγάγει 4kWh θερμότητας. $[kWR \text{ (ψύξης)} / kWE \text{ (ηλεκτρικής ενέργειας)} = COP \text{ (συντελεστής απόδοσης)}]$.

Εικόνα 9: Θερμική ενέργεια / ηλεκτρική ενέργεια COP



2.6 Θεωρητικά Μοντέλα ψυκτικών Μεθόδων Κέντρων

Δεδομένων

Στην εργασία θα παρουσιαστούν αρκετά θεωρητικά μοντέλα ψυκτικών μεθόδων για Κέντρα Δεδομένων. Παρακάτω θα αναπτύξουμε την κλασική μέθοδο που ακολουθούν αρκετά Κέντρα Δεδομένων όπως είναι ψύξη μέσω ψυκτών (chillers) που χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο το freon. Η λύση αυτή, δεν αποτελεί μέρος μιας πράσινης λύσης, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης των μηχανημάτων αυτών ώστε να ψύξουν στα επιθυμητά επίπεδα. Επιπλέον, υπάρχουν ακόμη μονάδες με freon κάτι το οποίο αποτελεί επικίνδυνο για την ατμόσφαιρα. Για το λόγο αυτό, θα εξετάσουμε άλλες μορφές ψύξης, όπως η εκμετάλλευση της σταθερής θερμότητας της γης ή ακόμα και τον υδροφόρο ορίζοντα που το νερό έχει σταθερή θερμοκρασία. Επιπλέον, θα επεκταθούμε στην εκμετάλλευση ποταμιών, καθώς εκεί μας παρέχετε μία σταθερή ροή νερού και σταθερή θερμοκρασία. Ένα ακόμα στοιχείο που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε, είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας όπου μπορούμε τον απορριπτόμενο αέρα από τα Κέντρα Δεδομένων με έναν ειδικό εναλλάκτη, να τον μετατρέψουμε σε ψυχρότερο αέρα. Φυσικά δεν θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) του ήλιου και του ανέμου.

Εικόνα 10: «Πράσινη» ψύξη σε δωμάτιο δεδομένων



3

Μέσα και μέθοδοι Ψύξης Κέντρων Δεδομένων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτύξουμε τα μέσα και τις μεθόδους ψύξης των Κέντρων Δεδομένων. Θα αναλύσουμε τους κλασσικούς τρόπους που ψύχεται ένα Κέντρο Δεδομένων και τους πιο εναλλακτικούς, εκσυγχρονισμένους και νέους τρόπους ψύξης, όπως η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) (αέρας, γη, νερό).

3.1 Προβλήματα και απαιτήσεις

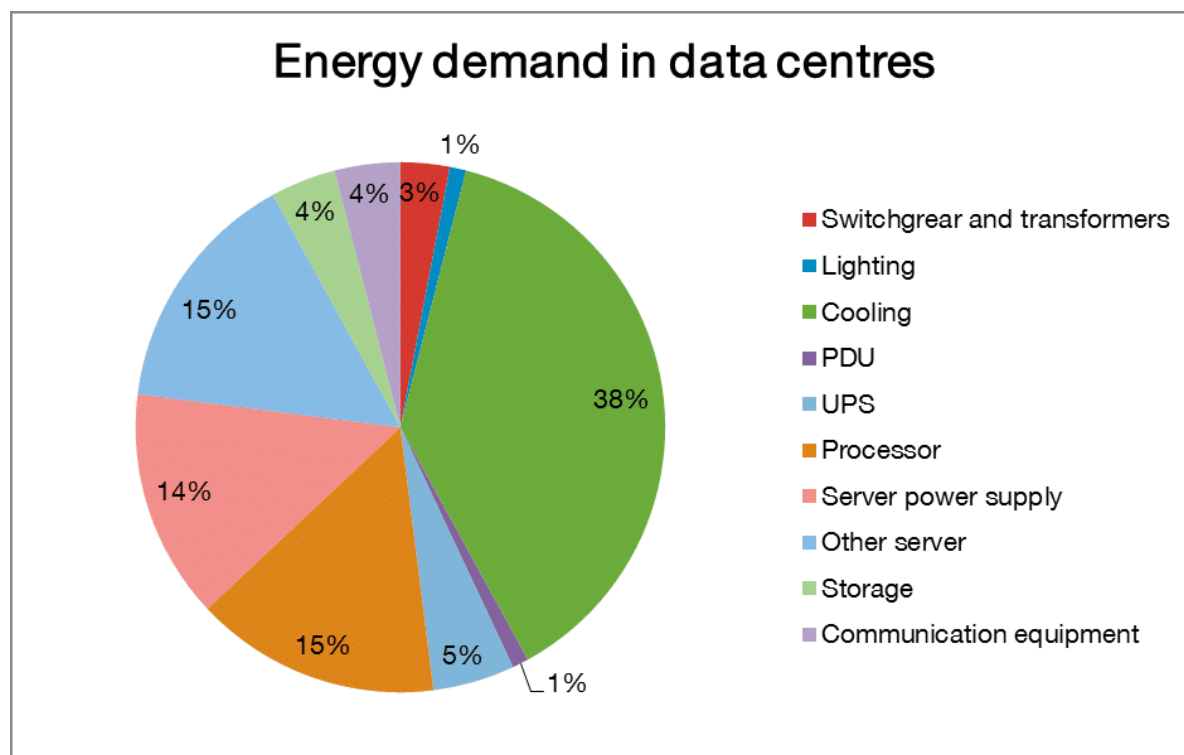
Τα Κέντρα Δεδομένων έχουν εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Σύμφωνα με τον Νόμο του Μουρ, ο αριθμός των τρανζίστορ διπλασιάζεται σχεδόν κάθε δύο χρόνια. Ωστόσο, από τη στιγμή που η παγκόσμια κίνηση δεδομένων και ο αριθμός των ατόμων που συνδέονται στον παγκόσμιο ιστό άρχισε να αυξάνεται σταθερά, η δυναμικότητα των Κέντρων Δεδομένων έχει εξίσου αυξηθεί. Ανάλογα με τα την αναμενόμενη κίνηση δεδομένων και τον εξοπλισμό για την κάλυψη συγκεκριμένων απαιτήσεων των χρόνων λειτουργικότητας, τα Κέντρα Δεδομένων μπορούν να καταλάβουν από δωμάτια κτιρίου μέχρι ολόκληρα κτίρια από μόνα τους, με έως και 25.000 διακομιστές και κατανάλωση ενέργειας πολλών MW.

Εικόνα 11: Πίνακας τιμών παραγόντων

Παράγοντας	Unit	Value
Πυκνότητα ψύξης	kWh/m ³	~0.75
Μέσος όρος αποδοτικότητας χρήσης ισχύος (PUE) υπερσύγχρονων κέντρων		
Αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) υπερσύγχρονων κέντρων	l/kWh/yr	~0.3
Διαθεσιμότητα κατηγορίας 4	%	99.995

Τα Κέντρα Δεδομένων αποτελούν καταναλωτές υψηλής ηλεκτρικής ενέργειας, με συνέπεια τα πολύ υψηλά κόστη. Απαιτούν ενέργεια υψηλής ποιότητας όσον αφορά την αξιοπιστία, προκειμένου να διασφαλιστεί η συνεχής λειτουργία τους. Μελλοντικές προκλήσεις για τα Κέντρα Δεδομένων αποτελούν η πύκνωση του ηλεκτρικού φορτίου και η αύξηση της θερμικής διάχυσης των διακομιστών. Συνεπώς, είναι κεντρικής σημασίας η αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης και της ενεργειακής απόδοσης, η οποία πραγματοποιείται μέσω του υπολογισμού παραμέτρων όπως η αποδοτικότητα χρήσης ισχύος (PUE). Δηλαδή, η αναλογία της συνολικής ισχύος των εγκαταστάσεων με την ισχύ του εξοπλισμού και η αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE). Η αποδοτικότητα χρήσης ισχύος και η αποδοτικότητα χρήσης νερού είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς η δυναμικότητα ενός Κέντρου Δεδομένων συνήθως περιορίζεται από την απόδοση του συστήματος ψύξης και το συνολικό κόστος ηλεκτρισμού και όχι από την απόδοση του επεξεργαστή.

Εικόνα 12: Πίνακας ποσοστού απαιτήσεων σε ένα Κέντρο Δεδομένων



Τα Κέντρα Δεδομένων χωρίζονται ανάλογα με τη διαθεσιμότητά τους σε κατηγορίες. Όσο πιο υψηλή η κατηγορία, τόσο πιο ισχυρή και διαρκής είναι η λειτουργία τους. Οι απαιτήσεις του χρόνου λειτουργικότητας μπορούν να αυξηθούν από το 99,671% (Κατηγορία 1) στο 99,995% (Κατηγορία 4). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εφεδρεία των εγκατεστημένων εξαρτημάτων, προκειμένου να φτάσουν σε υψηλότερες κατηγορίες. Η ποσότητα των ψηφιακών δεδομένων παγκοσμίως διπλασιάζεται κάθε δύο χρόνια, το οποίο συνεπάγεται με μία ανάλογη αύξηση στις απαιτούμενες υποδομές των Κέντρων Δεδομένων. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο για τα Κέντρα Δεδομένων να είναι όσο το δυνατόν πιο ευέλικτα όσον αφορά την επέκταση και την αναβάθμιση του λογισμικού τους. Σε συνδυασμό με τις επερχόμενες πρωτοβουλίες στον τομέα της πράσινης ενέργειας, η υψηλή αποδοτικότητα και οι αξιόπιστες αρθρωτές υποδομές, αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τα υπερσύγχρονα Κέντρα Δεδομένων.

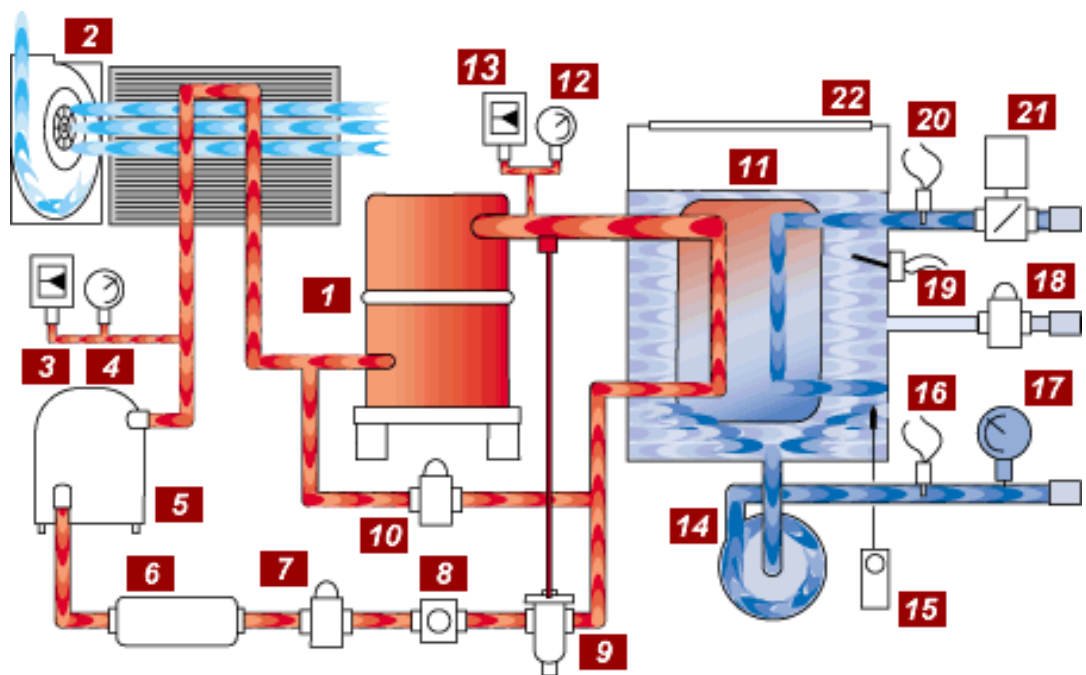
3.2 Ψύκτες με εναλλάκτες (Νερού/ Αερίου)

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ψύξης ενός Κέντρου Δεδομένων, είναι η παραγωγή ψύξης μέσω ψυκτών εναλλαγής νερού / αερίου. Συνήθως αυτές οι μονάδες τοποθετούνται σε υπαίθριους χώρους όπως οι ταράτσες κτιρίων, μεγάλους προαύλιους χώρους ή ακόμα και σε μεγάλα μπαλκόνια. Χρειάζεται να είναι σε ανοιχτό χώρο, ώστε να μπορούν να απάγουν τα μεγάλα θερμικά φορτία.

3.2.1 Αρχή λειτουργίας των ψυκτών 1ον – 2ον κυκλώματος

Η θεωρητική βάση επί της οποίας βασίζεται η αρχή της λειτουργίας μονάδων ψύξης, είναι ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής. Το ψυκτικό αέριο (freon) σε μονάδες ψύξης εκτελεί το λεγόμενο αντίστροφο Κύκλο Rankine - ένα είδος αντιστροφής κύκλου Carnot. Επιπλέον, η κύρια μεταφορά θερμότητας δεν βασίζεται στη συμπίεση ή την επέκταση του κύκλου Carnot, αλλά σε μεταβάσεις φάση - εξάτμιση και συμπύκνωση. Ένα βιομηχανικό ψυκτικό συγκρότημα αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: έναν συμπιεστή, έναν συμπυκνωτή και ένα εξατμιστή. Το κύριο καθήκον του εξατμιστή είναι να αφαιρέσει τη θερμότητα από το ψυχρό αντικείμενο. Για το σκοπό αυτό, το νερό και το ψυκτικό μέσο περνούν μέσα από αυτό. Με το βρασμό, το ψυκτικό υγρό παίρνει ενέργεια από το υγρό. Ως εκ τούτου, το νερό ή οποιοδήποτε άλλο ψυκτικό μέσο, ψύχεται και το ψυκτικό θερμαίνεται και μετατρέπεται σε αέρια κατάσταση. Εν συνεχεία, εισέρχεται το αέριο στον συμπιεστή και ψύχεται.

Εικόνα 13: Διάγραμμα λειτουργίας βιομηχανικού ψυκτικού συγκροτήματος



Εικόνα 14: Τυπικός Ψύκτης (Chiller) νερού / αερίου



Αυτό που μόλις περιγράψαμε είναι το πρωτεύον κύκλωμα του συνολικού κυκλώματος ψύξης. Αφού έχουμε καταφέρει και έχουμε ψύξει το μέσο που είναι το νερό, άρα και το δευτερεύον κύκλωμα, μπορούμε αυτό το κύκλωμα να το οδηγήσουμε μέσα στο εκάστοτε Κέντρο Δεδομένων και να το χρησιμοποιήσουμε για την ψύξη των ικριωμάτων.

3.2.2 *Efficiency*

Τα ψυκτικά συγκροτήματα είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας σε ένα κτίριο και αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο στο λειτουργικό κόστος. Ο υπολογισμός της απόδοσης ενός ψυκτικού συγκροτήματος είναι αρκετά απλός. Μετριέται σε “COP” Coefficient Of Performance. Ο συντελεστής απόδοσης είναι απλώς μια αναλογία του φαινομένου ψύξης που παράγεται από το ψυκτικό συγκρότημα, προς την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που εισήχθη στο μηχάνημα για να το παραγάγει. Και οι δύο μονάδες θα πρέπει να μετρούνται σε kilowatts (kW). Παράδειγμα αποτελεί ένα ψυκτικό συγκρότημα που παράγει 1.000 kW ψύξης. Η απαίτηση ηλεκτρικής ισχύος του ψυκτικού συγκροτήματος για την παραγωγή αυτού είναι 186 kW.

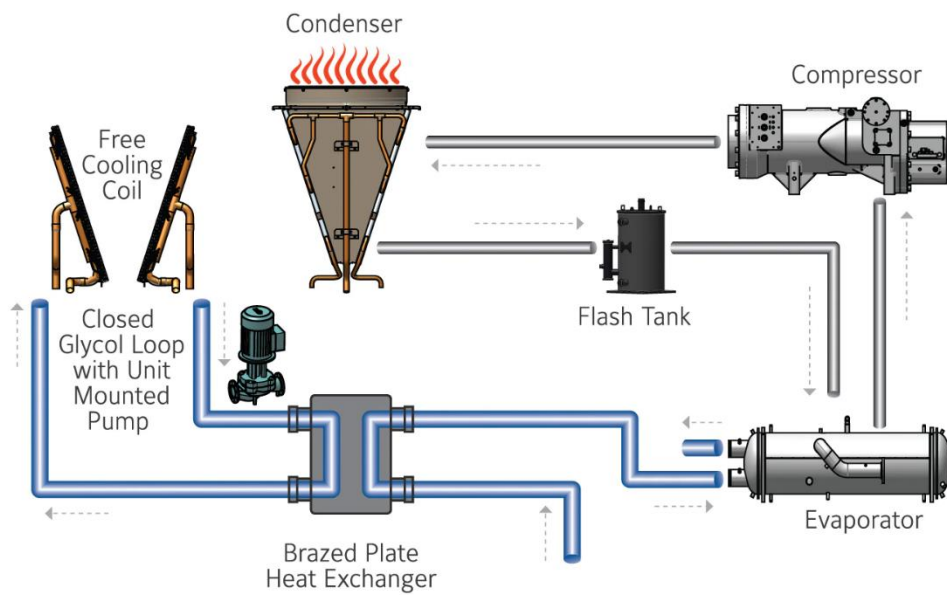
$1.000 \text{ kW} / 186 \text{ kW} = 5,4$ άρα το COP είναι 5,4. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε 1kW ηλεκτρικής ενέργειας που βάζετε στο μηχάνημα, θα παράγετε 5,4kW ψύξης.

3.2.3 *Free Cooling*

Πλέον οι πλειοψηφία των chillers έχουν εγκατεστημένο ένα επιπλέον κύκλωμα ψύξης το λεγόμενο Free Cooling. Ένα τέτοιο τυπικό κύκλωμα αποτελείται από ένα στοιχείο νερού και ανεμιστήρες. Συνήθως χρησιμοποιεί την υπάρχουσα αντλία του μηχανήματος. Αυτή η μέθοδος ψύξης πραγματοποιείται κατά την χειμερινή περίοδο όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαίνεται συνήθως από 12°C και κάτω. Εκμεταλλευόμενοι την χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ψύχουμε το στοιχείο νερού που πλέον με αυτές τις θερμοκρασίες μπορεί να ψύξει το νερό που διέρχεται μέσω αυτού και να το φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα. Το μεγάλο πλεονέκτημα του free cooling είναι η πολύ μικρή κατανάλωση λόγω του ότι χρησιμοποιούμε μόνο αντλίες για την

κυκλοφορία του νερού και κανέναν συμπιεστή. Επιπλέον, βοηθάει το μηχάνημα να μην έχει πολλά start – stop στους συμπιεστές, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο χρόνο ζωής του συμπιεστή.

Εικόνα 15: Κύκλωμα Free Cooling



3.3 Ψύξη μέσω Γεωθερμίας

Η απόρριψη της θερμότητας που παράγεται μέσω των ικριωμάτων είναι υψηλή και μεταφέρεται μέσω του νερού. Ο στόχος της ψύξης των ικριωμάτων αναγάγετε στην ψύξη του νερού που απορρίπτεται και μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασίες 23°C έως πολύ υψηλές. Στην είσοδο των εσωτερικών μονάδων ψύξης, μπορούμε να εισάγουμε νερό με θερμοκρασία έως 20°C με 22 °C.

3.3.1 Αρχή λειτουργίας

Στα γεωθερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί τύποι γεωθερμικών συστημάτων. Τα συστήματα ανοιχτού τύπου και τα συστήματα κλειστού τύπου. Και τα δύο ανήκουν στην κατηγορία των συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας (βάθος μικρότερο των 150m). Η διαφορά ανάμεσα στη γεωθερμία που αναφέρθηκε παραπάνω και στην αβαθή γεωθερμία, είναι ότι η κύρια πηγή θερμότητας στην αβαθή γεωθερμία είναι η αποθηκευμένη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Παρά το γεγονός ότι η γεωθερμία είναι πιο αποδοτική, η αβαθής γεωθερμία προσφέρεται για οικιακές εγκαταστάσεις διότι είναι πιο εύκολα προσβάσιμη, εκμεταλλεύεται ευκολότερα ενώ μπορεί να συνδυαστεί και με άλλους τύπους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Θα μελετήσουμε τα κάθετα συστήματα γεωθερμίας παρακάτω αναλυτικά.

Ανοιχτό σύστημα κάθετης στήλης:

Το εν λόγω σύστημα αποτελείται από μια κάθετη στήλη μέσα στο έδαφος με βάθος ίσο με το κατώτερο σημείο του υδροφόρου ορίζοντα. Μέσα στη στήλη είναι τοποθετημένοι ένας κεντρικός αγωγός, ώστε να γίνεται η απορρόφηση του νερού και ένας μικρότερος αγωγός, για να γίνεται η επιστροφή. Ο κεντρικός αγωγός, στα χαμηλότερα του σημεία είναι διάτρητος με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζεται ένας διαχύτης. Η αντλία συχνά είναι τοποθετημένη κάτω από το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα. Σε αυτό το σύστημα, οι γεωτρήσεις απορρόφησης και αποβολής συμψηφίζονται σε μια, ενώ δεν εξαρτώνται από την ροή του ορίζοντα. Ακόμα και έτσι όμως, διάφορες ρωγμές μέσα στον πεδίο που αυξάνουν την ροή γύρω από την στήλη, αυξάνουν την απόδοση και μειώνουν το απαιτούμενο βάθος.

Κάθετα συστήματα κλειστού τύπου:

Σε μικρές επιφάνειες όπου το επιφανειακό έδαφος είναι ψηλό, χρησιμοποιούνται κάθετα συστήματα. Το βάθος αυτών, κυμαίνεται από 30 έως 120 μέτρα και διάμετρο 10 με 15 εκατοστά. Παράγοντες όπως το χώμα, η πέτρα και η γενικότερη κατάσταση του υπεδάφους επηρεάζουν το μήκος του κύκλου (40 – 100 μέτρα σωλήνα ανά τόνο γεωθερμικής ενέργειας). Στην πλειονότητα των εφαρμογών, ανοίγονται αρκετές τρύπες και οι σωλήνες σε κάθε μια ενώνονται στο τέλος παράλληλα ή εν σειρά και παράλληλα.

3.3.2 Μελέτη

Η μελέτη ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί πολλούς και μεγάλους παραμέτρους όπως η γεωγραφική θέση, η σύσταση του εδάφους, το πόσο βαθιά μπορεί να γίνουν οι γεωτρήσεις και η μεγαλύτερη παράμετρος είναι ο κορεσμός του εδάφους. Η συνεχή χρήση της γεωθερμίας όλου του χρόνου μπορεί να δημιουργήσει κορεσμό είτε στο ανοιχτό είτε στο κλειστό κύκλωμα γεωθερμίας. Στο ανοιχτό κύκλωμα μπορεί να κορεστεί τοπικά το νερό του υδροφόρου ορίζοντα και στο κλειστό κύκλωμα μπορεί να κορεστούν τα τοιχώματα του εδάφους που περικλείουν τους σωλήνες της γεωθερμίας, με αποτέλεσμα να μην γίνεται η ανταλλαγή θερμότητας του νερού με το έδαφος.

3.3.3 Κατασκευή

Η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι περίπλοκη. Στην αρχή θα πρέπει να οριστούν τα σημεία όπου θα γίνουν οι γεωτρήσεις. Ειδικό μηχάνημα ανοίγει με μικρό και σταθερό ρυθμό τρύπα στο έδαφος. Όπως αναφέρθηκε και πριν η διάμετρος της τρύπας κυμαίνεται από 10 με 15 εκατοστά. Όταν φτάσει στο επιθυμητό βάθος, τοποθετούνται οι σωλήνες και οδηγούνται στο αντλιοστάσιο. Εκεί τοποθετούνται αντλίες νερού που κάνουν την ανακυκλοφορία του νερού. Η ποσότητα των αντλιών εξαρτάται ανάλογα αν θα είναι ανοιχτό ή κλειστό κύκλωμα. Το νερό μεταφέρεται σε ειδικό εναλλάκτη που έχει προδιάγραφες για την σύσταση του νερού που ανακυκλοφορείται. Όλο αυτό που περιεγράφηκε είναι το πρωτεύον κύκλωμα ψύξης του νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμα συνδέουμε τα εσωτερικά κυκλώματα για την ψύξη των ικριωμάτων.

3.3.4 Οφέλη

Τα οφέλη μιας τέτοιας εφαρμογής είναι πολύ σημαντικά, λόγω του ότι έχουμε μικρό αριθμό εξοπλισμού συνεπώς και μικρότερος κίνδυνος αποτυχίας κάποιου εξαρτήματος. Τέλος, το κυριότερο όφελος είναι η εξοικονόμηση έως και 45% κατανάλωσης από μία λύση ψύκτη (chiller) νερού / αερίου. Έχει αρκετά μεγάλο κόστος στην μελέτη και στην κατασκευή, αλλά το κόστος αυτό απορροφάτε από την χαμηλή συντήρηση και τα υψηλά επίπεδα απόδοσης του συστήματος.

3.4 Ψύξη με χρήση ρέοντος ύδατος (π.χ. ποτάμι)

Πλέον τα Κέντρα Δεδομένων δεν χρειάζονται να είναι αποκλειστικά σε αστικές περιοχές. Λόγω του μεγάλου οπτικού δικτύου και την επαρκή ρευματοδότηση του εκάστοτε Κέντρου Δεδομένων. Πανελλαδικά, η τοποθεσία τους μπορεί να είναι σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας, όπως κοντά σε ένα ποτάμι. Μια τέτοια τοποθεσία ενός Κέντρου Δεδομένων κοντά σε ποτάμι μπορεί να μας επιφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στη ψύξη του, με την κατάλληλη μελέτη και εφαρμογή.

3.4.1 Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας ενός συστήματος που ψύχεται από το ποτάμι βασίζεται στην θερμοκρασία του νερού του ποταμιού που ανάλογα την εποχή (χειμώνας – καλοκαίρι) κυμαίνεται από τους 12° C μέχρι τους 18°C. Με αυτό το δεδομένο μπορούμε με έναν εναλλάκτη νερού/νερού να ψύχουμε τα ικριώματα των ΙΤ φορτίων δεδομένου ότι μπορούμε να

αντλούμε πολλά κυβικά νερού ανά λεπτό λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού στο ποτάμι.

3.4.2 Μελέτη

Μια τέτοια μελέτη απαιτεί μεγάλο σεβασμό ως προς το περιβάλλον και αυτό γιατί παρεμβαίνουμε στην φύση, οπότε οι κινήσεις πρέπει να είναι άκρως μελετημένες και φιλικές προς το περιβάλλον. Ένα κομμάτι της μελέτης είναι η απομάστευση ή άντληση του νερού από το ποτάμι. Ένας τρόπος είναι να γίνει ένα τεχνικό παρακλάδι του ποταμιού, ώστε όλη η εγκατάσταση που θα στηθεί να είναι ένα κομμάτι ξεχωριστό από το ποτάμι. Το παρακλάδι θα πρέπει να μελετηθεί, προκειμένου η ποσότητα του νερού να επαρκεί περισσότερο από την ποσότητα άντλησης που θα χρειαστεί ως προς το Κέντρο Δεδομένων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα φίλτρο στο νερό πριν εισέρθει στο αντλιοστάσιο του Κέντρου Δεδομένων. Στο αντλιοστάσιο θα τοποθετηθεί ο εναλλάκτης νερού/νερού όπου εκεί θα γίνεται η εναλλαγή και η ψύξη του νερού του κυκλώματος. Σε όλων των εξοπλισμό θα πρέπει να υπάρχει εφεδρεία (redundancy) έτσι ώστε σε περίπτωση αστοχίας ενός εξοπλισμού, να μην επηρεαστεί η λειτουργία του Κέντρου Δεδομένων. Για τον έλεγχο όλου του δικτύου θα πρέπει να τοποθετηθεί BMS (Building Management Systems) (Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου) όπου με αυτό το σύστημα μπορούμε ανά πάσα στιγμή να παρακολουθούμε την ορθή λειτουργία του συστήματος και παράλληλα να κάνουμε απομακρυσμένες κινήσεις.

3.4.3 Κατασκευή

Στην κατασκευή του πρωτεύοντος κυκλώματος υπάρχουν αρκετές δυσκολίες δεδομένου ότι θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση ενός δίδυμου συστήματος αντλιών για την άντληση του νερού από το ποτάμι. Η κάθε

αντλία θα οδηγείται από έναν inverter driver όπου θα ελέγχει την ροή του νερού που θα χρειάζεται να αντλεί η αντλία. Αυτό απαιτεί κατασκευή ενός πίνακα όπου θα περιέχει τους inverters και την αντίστοιχη ηλεκτρική τους προστασία. Ο πίνακας αυτός θα πρέπει να έχει πρότυπο για εξωτερική χρήση, με την μικρότερη προστασία IP65 και θα πρέπει να συνδεθεί στο BMS.

Εικόνα 16: Δίδυμο αντλιών απορροής νερού



Έπειτα από την άντληση του νερού από το ποτάμι, θα πρέπει να οδηγείται σε φίλτρανση όπως σε έναν υδροκυκλώνα. Ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί να γίνεται αυτοκαθαρισμός περιοδικά, όπου θα ελέγχεται από έναν τοπικό controller, ο οποίος θα συνδεθεί στο σύστημα BMS και θα μπορεί να ελέγχεται απομακρυσμένα.

Εικόνα 17: Σύστημα φίλτρανσης τύπου υδροκυκλώνα



Μετά την εκκαθάριση του νερού από το ποτάμι και με την πίεση των προηγούμενων αντλιών, το νερό στέλνεται μέσα στο αντλιοστάσιο που είναι πλήρως στεγαζόμενο και απομακρυσμένο από το ποτάμι. Για την καλύτερη καθοδήγηση του νερού, τοποθετείται ένα ακόμα δίδυμο αντλιών για την κάλυψη και βοήθεια της απαιτούμενης παροχής ως προς τον εναλλάκτη. Στις αντλίες τοποθετούνται φίλτρα από 100Micron μέχρι

500Micron για τυχόν μικροσωματίδια. Στη συνέχεια το νερό οδηγείται στον εναλλάκτη όπου περνάει μέσα από τους αυλούς του, ψύχει το δευτερεύον κύκλωμα και επιστρέφει πίσω στο ποτάμι, από εκεί που έγινε η άντληση του. Με αυτόν τον τρόπο όσα κυβικά νερό αντλούμε από το ποτάμι, το επιστρέφουμε πίσω χωρίς να το επηρεάσουμε με την μόνη διαφορά σε αυτό είναι, ότι το νερό της επιστροφής οδηγείται πίσω με μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού.

Εικόνα 18: Εναλλάκτης νερού/νερού



3.4.4 Παράδειγμα εφαρμογής

Η ΕΔΥΤΕ Α.Ε. (Εθνικό Δίκτυο Υποδομών Τεχνολογίας και Έρευνας) διαθέτει αρκετά Κέντρα Δεδομένων και έχει εγκαταστήσει «πράσινο» κέντρο δεδομένων (Green Data Center) στον ποταμό Λούρο στην Ήπειρο. Με το τρόπο αυτό, επιτυγχάνει πρωτοφανή για τα ελληνικά δεδομένα ενεργειακή απόδοση, καθώς η λειτουργία του στηρίζεται αποκλειστικά σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, το Κέντρο Δεδομένων της ΕΔΥΤΕ, βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το τεχνητό υδροηλεκτρικό φράγμα του σταθμού της ΔΕΗΑΝ στην περιοχή της Φιλιπιάδας και χρησιμοποιεί νερό από ποτάμι για τη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού και την ψύξη συστημάτων Πληροφορικής, μια λύση η οποία ενσαρκώνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα. Παράλληλα έχουν υλοποιηθεί ειδικές τεχνικές μελέτες, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή έλλειψη δυναμικής του υδροφόρου ορίζοντα, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες και έχουν προβλεφθεί γεωτρήσεις άντλησης υπόγειων υδάτων που θα λειτουργούν υποστηρικτικά ώστε να τηρηθεί η απαιτούμενη εφεδρεία.

Το Κέντρο Δεδομένων του ΕΔΥΤΕ στον Λούρο, μπορεί να υποστηρίξει εξοπλισμό έως 200 kWatt. Φιλοξενεί 14 ικρίωματα στα οποία έχουν εγκατασταθεί 220 διακομιστές τελευταίας γενιάς, βελτιστοποιημένοι για την παροχή εικονικών μηχανών πάνω από υπηρεσίες νέφους. Η υποδομή πληροφορικής ολοκληρώνεται με συστήματα αποθήκευσης δεδομένων συνολικής χωρητικότητας 576 TB και τον απαραίτητο δικτυακό εξοπλισμό. Το Κέντρο Δεδομένων είναι εξοπλισμένο με όλα τα απαραίτητα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου πρόσβασης, ασφάλειας, πυροπροστασίας και παρακολούθησης της κατάστασης των διάφορων υποσυστημάτων που φιλοξενεί.

Η ΕΔΥΤΕ έχει κάνει σχεδιασμό που διασφαλίζει την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος και επιτυγχάνεται δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (Power Usage Effectiveness – PUE) χαμηλότερος του 1,3 το οποίο αποτελεί την υψηλότερη επίδοση στην Ελλάδα και διασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας μεγαλύτερη από 70%. Λόγω της απομακρυσμένης εγκατάστασης, το Κέντρο Δεδομένων έχει σχεδιαστεί ώστε να διαθέτει πλήρη εφεδρική κάλυψη σε όλα τα ενεργά μέρη της υποδομής ισχύος και ψύξης. Η υποδομή παρακολουθείται σε 24ωρη βάση για την άμεση αντιμετώπιση των τυχόν προβλημάτων, σε πραγματικό χρόνο.

3.4.5 Οφέλη

Τα οφέλη μίας τέτοιας λύσης ποικίλουν. Όπως είδαμε και στο παραπάνω παράδειγμα μόνο από την ψύξη καταφέρνουμε να χαμηλώσουμε το PUE σε χαμηλά επίπεδα όπως στο 1,3 όπου αυτό μεταφράζεται σε χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος. Επίσης, λόγω του ότι χρησιμοποιούμε εναλλακτικό τρόπο ψύξης δεν χρησιμοποιούμε κλασσικούς ψύκτες, με αποτέλεσμα να μην εκλύουμε στο περιβάλλον θερμότητα συνεπώς δεν συμβάλουμε στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τέτοιου είδους μελέτες και ενέργειες αξιοποιούμε χώρους που πέρα από τις αστικές περιοχές.

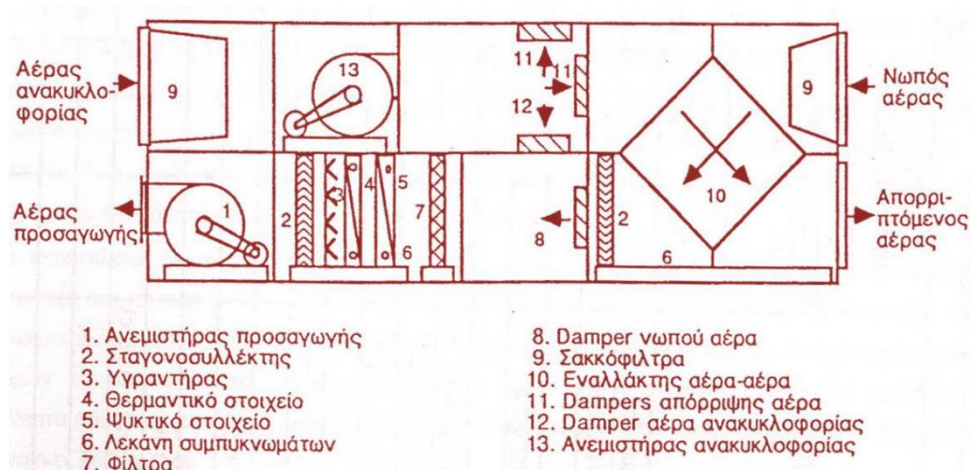
3.5 Εναλλάκτες αέρα / αέρα

Κατά την λειτουργία ενός χώρου δεδομένων (IT Room), ο εξοπλισμός που βρίσκεται στα ικρίωματα απορρίπτει μεγάλο όγκο αέρα με πολύ μεγάλη θερμοκρασία της τάξεως 30 C° έως 35 C°. Αυτή τη μεγάλη θερμική ενέργεια, μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε προς όφελός μας καθοδηγώντας την σε έναν εναλλάκτη αέρα – αέρα.

3.5.1 Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος βασίζεται στους πλακοειδείς εναλλάκτες διασταυρούμενης ροής, μέσα στους οποίους γίνεται ανάκτηση της αισθητής θερμότητας του αέρα που απορρίπτεται στο ύπαιθρο από το νωπό αέρα που προσάγεται στον χώρο. Στην εικόνα 19 βλέπουμε έναν τυπικό εναλλάκτη αέρα- αέρα σε κεντρική κλιματιστική μονάδα με τας επιμέρους μέρη ενός ολοκληρωμένου συστήματος.

Εικόνα 19: Τυπικός εναλλάκτης αέρα/αέρα



3.5.2 Μελέτη

Η μελέτη ενός τέτοιου συστήματος οφείλει να είναι πολύ ακριβείς, δεδομένου ότι πρέπει να υπολογιστούν αρκετοί συντελεστές και να γίνει πολύ καλός σχεδιασμός μέσα σε ένα χώρο δεδομένων. Θα πρέπει να υπολογιστεί και να σχεδιαστεί:

- Ο βαθμός απόδοσης του εναλλάκτη.
- Η θερμοκρασία απόρριψης του εξοπλισμού στα ικριώματα.
- Ο καλός σχεδιασμός της σωστής διαστασιολόγησης των σωλήνων για την συνολική απόρριψη των ικριωμάτων στον εναλλάκτη.
- Ο καλός σχεδιασμός της προσαγωγής του ψυχρού αέρα στα ικριώματα υπολογίζοντας την θερμική απαίτηση του εξοπλισμού σε όλο το ύψος του εκάστοτε ικριώματος μαζί με την απαιτούμενη ροή αέρα.

3.5.3 Κατασκευή

Η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί την μικρότερη απόσταση του εναλλάκτη με το χώρο δεδομένων. Σε πολλά Κέντρα Δεδομένων οι εναλλάκτες βρίσκονται συνήθως στο διπλανό δωμάτιο από το χώρο δεδομένων, έτσι ώστε η απόσταση που θα πρέπει να διανύσει ο θερμός και ο ψυχρός αέρας (δηλαδή η ανακυκλοφορία) να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρή για να μην δημιουργούνται μεγάλες απώλειες κατά την μεταφορά. Ο θερμός αέρας συλλέγεται από ένα σύνολο ικριωμάτων που απορρίπτουν τον θερμό αέρα από την πάνω πλευρά. Μέσω ενός στομίου, ο θερμός αέρας οδηγείται σε έναν σωστά διαστασιολογημένο σωλήνα προς στον εναλλάκτη. Μετά την εναλλαγή του αέρα, ο ψυχρός αέρας οδηγείται κάτω από το ψευδοπάτωμα του χώρου του IT μέσω σωληνώσεων και με την σωστά υπολογισμένη ροή, μέσω γριλιών τροφοδοτεί την εμπρόσθια πλευρά του εκάστοτε ικριώματος. Με αυτόν τον κύκλο επιτυγχάνουμε την ορθή ψύξη του εξοπλισμού.

3.5.4 Οφέλη

Τα οφέλη ενός τέτοιου συστήματος διαφέρουν. Από την κλασική μέθοδο που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα στα περισσότερα Κέντρα Δεδομένων, ψύκτες με συμπιεστές φρέον για την εναλλαγή φρέον – νερού ή φρέον αέρα, οι οποίοι απαιτούν μεγάλη ηλεκτρική ενέργεια κατά την λειτουργία τους λόγω των συμπιεστών και ένα πολύ μικρό μέρος οι αντλίες των κυκλωμάτων ενώ οι εναλλάκτες αέρα – αέρα καταναλώνουν μόνο ηλεκτρική ενέργεια των αντλιών. Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φτάσει έως και 70% από μία συμβατική λύση όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

3.6 Εκμετάλλευση ΑΠΕ στην ψύξη

Βρισκόμαστε σε μια εποχή όπου όλος ο πλανήτης πλήττεται από την ενεργειακή κρίση. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα τείνει να γίνεται δυσκολότερη λόγω της μείωσης αυτών των καυσίμων. Όλοι οι φορείς ενέργειας στρέφονται σε στρατηγικές εκμετάλλευσης ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) και πλέον παρατηρούμε πολλές νέες ακόμη και παλαιότερες εγκαταστάσεις να εγκαθιστούν συστήματα ΑΠΕ.

3.6.1 Προκλήσεις στην χρήση ΑΠΕ

Στα συστήματα ΑΠΕ συναντάμε προκλήσεις που αφορούν το κομμάτι της εγκατάστασης σε χωροταξικό επίπεδο, ως προς το κομμάτι της συντήρησης μιας ΑΠΕ εγκατάστασης καθώς και ως προς το κυριότερο κομμάτι της αποθήκευσης περίσσειας ενέργειας από παραγωγή ενός συστήματος ΑΠΕ.

Ένα σύστημα ΑΠΕ εκμεταλλεύεται τους φυσικούς πόρους όπως για παράδειγμα τον ήλιο, τον αέρα και το νερό. Για την εκμετάλλευση του ήλιου χρειάζεται να γίνει χρήση φωτοβολταϊκών, τα οποία χρήζουν να εγκατασταθούν σε μεγάλη έκταση. Λόγου χάρη, μία εγκατάσταση 1MW από φωτοβολταϊκά με απόδοση του εκάστοτε φωτοβολταϊκού στα 340W, θα χρειαστούν περίπου 2850 φωτοβολταϊκά. Το κάθε φωτοβολταϊκό λαμβάνει χώρο περίπου 2 τ.μ. το οποίο σημαίνει ότι θα χρειαστεί για αυτήν την εγκατάσταση περίπου μία επιφάνεια της τάξεως των 5.700 τ.μ.. Με το παράδειγμα αυτό, αναδεικνύεται ότι ένα σύστημα ΑΠΕ με φωτοβολταϊκά απαιτεί μεγάλη επιφάνεια η οποία μπορεί να βρεθεί ή σε άδειο οικόπεδο – χώρο που δεν θα ανεγερθεί κάποιο κτίριο ή σε όποια

επιφάνεια είναι εφικτό να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά όπως μεγάλα μπαλκόνια ή ταράτσες κτιρίων που δεν αξιοποιούνται.

Το κομμάτι της συντήρησης ενός ΑΠΕ συστήματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή μιας και η αυτοπαραγωγή ενός τέτοιου συστήματος δεν σταματάει ποτέ και προκειμένου να γίνει οποιαδήποτε συντήρηση, θα πρέπει πρώτα να γίνει διακοπή της αυτοπαραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με σωστή μελέτη ως προς την σωστή θέση των διακοπών ισχύος, ώστε οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος, να μπορεί να συντηρηθεί με διακοπή της τροφοδοσίας του. Σημειώνεται πως τέτοιες συντηρήσεις θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα από ειδικά και εξουσιοδοτημένα συνεργεία για τη συντήρηση των ΑΠΕ συστημάτων.

Η κυριότερη πρόκληση ενός συστήματος ΑΠΕ είναι το πώς θα εκμεταλλευτούμε την περίσσεια ενέργεια που θα παράγει ορισμένες ώρες μέσα στη μέρα το σύστημα. Ο ένας τρόπος είναι η έγχυση της περίσσειας ενέργειας στο κρατικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό προϋποθέτει σωστό υπολογισμό της περίσσειας ενέργειας, ώστε να γίνει έλεγχος κατά πόσο θα μπορεί να δοθεί αυτή η ενέργεια στο κρατικό δίκτυο και αυτό γιατί, σε πολλές περιοχές της Ελλάδας το κρατικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχει την υποδομή να στηρίξει μία τέτοια έγχυση. Ο δεύτερος τρόπος είναι η αποθήκευση της περίσσειας ενέργειας σε σύστημα συσσωρευτών. Αυτό το σύστημα απαιτεί συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτισης, οι οποίοι καταλαμβάνουν αρκετό χώρο και πρέπει να εγκατασταθούν σε στεγαζόμενο χώρο όπου είναι απαραίτητο να κλιματίζονται, με όριο θερμοκρασίας του χώρου να μην ξεπερνά τους 25C° βάσει των προτύπων ASHRAE. Οφείλεται να γίνεται έλεγχος των κύκλων φορτίσεων των συσσωρευτών και να εγκατασταθεί σύστημα παρακολούθησης όλων των συσσωρευτών σε περίπτωση αποτυχίας ενός συσσωρευτή, να γίνει άμεσα η αντικατάστασή του.

Εικόνα 20: ASHRAE Πίνακας προδιαγραφών συσσωρευτών

Performance Parameter	Lead Acid Battery	Super-Capacitor	Electrolytic Capacitor
Charge Time	1 to 5 hours	0.3 to 30 s	10^{-3} to 10^{-6} s
Discharge Time	0.3 to 3 hours	0.3 to 30 s	10^{-3} to 10^{-6} s
Energy Density (Wh/kg)	10 – 100	1 – 10	<0.1
Power Density (W/kg)	<1,000	<10,000	<100,000
Cycle Life	1,000	>500,000	>500,000
Charge/discharge efficiency	0.7 – 0.85	0.85 - 0.98	>0.95
Operating Temperature Range	15 to 25°C (60 to 77°F)	-40 to 70°C	-40 to 105°C
Typical Lifetime Specification Rating	3 to 20 years	70°C for 1,000 hours	85 or 105°C for 1,000 or 2,000 hours

3.6.2 Φωτοβολταϊκά

Στην Ελλάδα επικρατεί το φαινόμενο όπου 336 μέρες τον χρόνο έχουμε ηλιοφάνεια και σε αρκετές πόλεις της επικράτειας παρατηρείται πάνω από 3000 ώρες ηλιοφάνεια ετησίως (αυτά τα στοιχεία προέρχονται από την εθνική μετεωρολογική υπηρεσία). Το γεγονός αυτό, μας οδηγεί στην εκμετάλλευση του ήλιου μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Πλέον, μπορούμε να δημιουργήσουμε φωτοβολταϊκά πάρκα με σημαντική αυτοπαραγωγή της τάξεως των 500kW έως και αρκετών MW.

Σε μια τέτοια εγκατάσταση θα προβεί η ΕΔΥΤΕ, η οποία έχει εγκαταστήσει μεγάλο Κέντρο Δεδομένων που εξυπηρετεί τις ανάγκες των νοσοκομείων όλης της χώρας σε κτίριο που της παραχώρησε το Παν. Κρήτης στην Κνωσό Ηρακλείου. Προέβη σε παρεμβάσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής ΑΠΕ, ενταγμένες σε μια ευρύτερη στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης της ακαδημαϊκής κοινότητας και του ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η γεωγραφική θέση ευνοεί τις υψηλές θερμοκρασίες το μεγαλύτερο μέρος του έτους, δημιουργώντας αναγκαία την χρήση σχετικά μεγαλύτερων συστημάτων απαγωγής θερμότητας στα Κέντρα

Δεδομένων, αλλά ταυτόχρονα οι μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας ευνοούν την παραγωγή ρεύματος μέσω φωτοβολταϊκών. Ο συνδυασμός των μεθόδων και μηχανισμών βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης καθώς και της μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη. Ολοκληρώθηκε μελέτη και έγινε εφαρμογή καινοτομικών συστημάτων ενεργής διαχείρισης της κατανομής υπολογιστικού φορτίου που έχουν ως αποτέλεσμα τη συνολική μείωση της κατανάλωσης και μέσω της έξυπνης κατανομής φορτίου και το συντονισμό παραγωγής ενέργειας των φωτοβολταϊκών. Εγκαταστάθηκε φωτοβολταϊκό σύστημα 100 KWp με ενεργειακό συμψηφισμό στο δίκτυο χαμηλής τάσης (net metering). Με το έργο «Αναβάθμιση του ενεργειακού αποτυπώματος Πανεπιστημίου Κρήτης και Εθνικού Κέντρου Δεδομένων Υγείας» το Πανεπιστήμιο Κρήτης σε συνεργασία με την ΕΔΥΤΕ προχωράει στην εγκατάσταση δύο φωτοβολταϊκών συστημάτων 300 και 200 KWp εκ των οποίων το πρώτο συνδέεται (virtual metering) στο μετρητή ενέργειας του Εθνικού Κέντρου Δεδομένων Υγείας.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω παράδειγμα, με αυτόν τον τρόπο θα μειωθεί το κόστος λειτουργίας του Κέντρου Δεδομένων σημαντικά λόγω της μεγάλης αυτοπαραγωγής που θα γίνεται μέσω του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Ένα επιπλέον μεγάλο φωτοβολταϊκό πάρκο κατασκεύασε η ΕΛΠΕ (Ελληνικά Πετρέλαια), το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο σε λειτουργία έργο ΑΠΕ μέχρι σήμερα στην Ελλάδα και στην ευρύτερη περιοχή της ΝΑ Μεσογείου, αλλά και ένα από τα μεγαλύτερα πάρκα με φωτοβολταϊκά σε ολόκληρη την Ευρώπη με συνολική εγκατεστημένη ισχύ που φτάνει στα 204,3 MW. Υπολογίζεται ότι θα παράγει ετησίως ενέργεια 350 GWh, ενώ θα καλύψει τις ανάγκες 75.000 νοικοκυριών με ενέργεια μηδενικών εκπομπών.

Εικόνα 21: Φωτοβολταϊκό πάρκο



Η κατασκευή του πάρκου, το οποίο όπως αναφέραμε και νωρίτερα παραπάνω, είναι το μεγαλύτερο στην Ευρώπη με 509 χιλιάδες φωτοβολταϊκά πλαίσια διπλής όψεως (bifacial modules) και διαθέτει τελευταίας γενιάς σύστημα αυτοματισμών παρακολούθησης και ελέγχου της παραγωγής (Energy Management System). Αποτέλεσμα του φωτοβολταϊκού αυτού πάρκου θα είναι επίτευξη της μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος κατά περίπου 10%, επισπεύδοντας την επίτευξη του φιλόδοξου στρατηγικού στόχου του ομίλου, για περιορισμό των εκπομπών κατά 50% έως το 2030.

Εικόνα 22: Φωτοβολταϊκό πάρκο



Τέτοιες ενέργειες μπορούν να βοηθήσουν σε πράσινες λύσεις ψύξης ενός Κέντρου Δεδομένων με την διασύνδεση ενός τέτοιου πάρκου με την τροφοδοσία των Κέντρων Δεδομένων.

3.6.3 *Ανεμογεννήτριες - Αιολική Ενέργεια*

Άλλη μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι ο αέρας και παραγωγή μέσω ανεμογεννήτριας. Η ανεμογεννήτρια είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου, σε ηλεκτρισμό. Πολλές ανεμογεννήτριες μαζί αποτελούν ένα αιολικό πάρκο. Οι ανεμογεννήτριες ενός αιολικού πάρκου, τροφοδοτούν με ενέργεια το ηλεκτρικό δίκτυο. Τις ανεμογεννήτριες μπορεί κανείς να τις συναντήσει κυρίως στη στεριά. Σε αρκετά μέρη του κόσμου, όπως στη βόρεια Ευρώπη υπάρχουν ανεμογεννήτριες και στη θάλασσα. Οι ανεμογεννήτριες ποικίλουν ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθός τους. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι εκείνος με τα τρία πτερύγια τοποθετημένα σε έναν οριζόντιο άξονα.

Η ισχύς τους κυμαίνεται από μικρή των λίγων kW έως μεγάλη των 12 MW. Τοποθετούνται σε διάφορες περιοχές όπως λόφους, πεδιάδες,

θεμελιωμένες στον πυθμένα της θάλασσας (πακτωμένες) ή μπορεί να συναντήσουμε και πλωτές ανεμογεννήτριες στους ωκεανούς. Την ενέργεια που μπορεί να παράγει μια ανεμογεννήτρια την καθορίζουν τρεις μεταβλητές:

- Η ταχύτητα του ανέμου - δυνατότεροι άνεμοι μας επιτρέπουν να παράγουμε περισσότερη ενέργεια. Οι ψηλότερες ανεμογεννήτριες είναι πιο κατάλληλες σε δυνατούς ανέμους. Οι ανεμογεννήτριες παράγουν ηλεκτρισμό σε ταχύτητες του ανέμου 4 – 25 μέτρα το δευτερόλεπτο.

- Το μήκος των πτερυγίων, όσο πιο μεγάλα είναι τα πτερύγια (μεγάλη επιφάνεια σάρωσης αέρα) τόσο περισσότερος ηλεκτρισμός μπορεί να παραχθεί. Ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων, μπορεί να συνεπάγεται τον τετραπλασιασμό της παραγωγής ενέργειας.

- Η πυκνότητα του αέρα, ο πυκνός αέρας κινεί πιο εύκολα τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας. Η πυκνότητα του αέρα εξαρτάται από το υψόμετρο, τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα.

Πώς λειτουργεί μια ανεμογεννήτρια;

Υπάρχει ένας ανεμοδείκτης στην κορυφή κάθε ανεμογεννήτριας ο οποίος υποδεικνύει την κατεύθυνση του αέρα. Ανάλογα με την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, η ανεμογεννήτρια περιστρέφεται πάνω στον πυλώνα ώστε να «κοιτάει» τον άνεμο, και τα πτερύγια της περιστρέφονται στον άξονά τους ώστε να δημιουργήσουν την μεγαλύτερη δυνατή αντίσταση στον αέρα. Ο αέρας ξεκινά να περιστρέφει τα πτερύγια τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσω της πλήμνης με έναν άξονα χαμηλής ταχύτητας. Ο άξονας χαμηλής ταχύτητας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα όπως τα πτερύγια (7-12 περιστροφές ανά λεπτό).

Όμως απαιτείται πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής ώστε να παραχθεί ρεύμα από μια γεννήτρια. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν ένα κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο πολλαπλασιάζει την ταχύτητα περιστροφής του άξονα χαμηλής ταχύτητας έως 100 φορές περισσότερο σε ένα άξονα υψηλής ταχύτητας, ο οποίος με αυτόν τον τρόπο μπορεί να περιστρέφεται έως και 1500 φορές ανά λεπτό.

Ο άξονας υψηλής ταχύτητας συνδέεται με μια γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια του άξονα σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν ανεμογεννήτριες που δεν έχουν κιβώτιο ταχυτήτων. Σε αυτές υπάρχει απευθείας σύνδεση του άξονα από την πλήμνη στην γεννήτρια (αυτό λέγεται άμεση σύνδεση).

Η Facebook έχτισε Κέντρο Δεδομένων στην Iowa που τροφοδοτείται αποκλειστικά από αιολική ενέργεια. Η ενέργεια ύψους 138 MW, θα αντλείται από κοντινή αιολική φάρμα. Πρόκειται για το τέταρτο κατά σειρά Κέντρο Δεδομένων της εταιρίας, που ακολουθεί την ίδια πολιτική ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μετά από εκείνα του Oregon και North Carolina στις ΗΠΑ και της Luleå στην Σουηδία. Το κέντρο παίρνει μέρος στην Altoona της Iowa και αντλεί ενέργεια από μια φάρμα που βρίσκεται 100 χιλιόμετρα βορειότερα σε μια περιοχή που φημίζεται για τους μεγάλης έντασης ανέμους που πνέουν σε όλη την έκτασή της.

Εικόνα 23: Facebook iowa



Η Facebook είχε δεσμευτεί ώστε το 25% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει για τα Κέντρα Δεδομένων της να προέρχεται από ΑΠΕ, έως το 2014.

Εικόνα 24: Altoona Data Center

Altoona Data Center

Investment: \$2.5 billion+

Broke Ground: 2013

Online: 2014

Anticipated Jobs: 400+ supported

Construction: 1,300 workers on site
per day at peak

Size: 5 million+ square feet

Energy: Supported by 100%
renewable energy

3.6.4 Μέθοδοι αποθήκευσης & χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ σε ζήτηση φορτίων βάσης

Παραπάνω αναφερθήκαμε στη παραγωγή ενέργειας από πράσινες μεθόδους και φιλικές προς το περιβάλλον. Στις ΑΠΕ αντιμετωπίζουμε τα εξής θέματα:

- Το ένα είναι ότι δεν μπορούμε να παράγουμε ακριβώς την ενεργεία που χρειαζόμαστε να καταναλώσουμε αλλά πολλές φορές παράγουμε

μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Αυτή η ανεκμετάλλευτη ενεργεία που περισσεύει θα πρέπει κάπου να αποθηκευτεί.

- Η άλλη περίπτωση είναι όταν βασιζόμαστε σε ΑΠΕ, θα υπάρχουν διαστήματα όπου δεν θα μας καλύπτουν ενεργειακά από την παραγωγή τους. Εκεί θα χρειαστεί να έχουμε σε κάποιο σημείο αποθηκευμένη ενέργεια έτσι ώστε να αντισταθμίσουμε την μη επαρκή παραγωγή των ΑΠΕ. Η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί με διάφορους τρόπους. Κάποιοι από αυτούς περιλαμβάνονται για παράδειγμα, στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές ή υπερπυκνωτές. Εναλλακτικά, η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε αέριο όπως βιοαέριο, βιομεθάνιο ή υδρογόνο και να αποθηκευτεί ως καύσιμο και όχι ως ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα αέρια καύσιμα, γνωστά και ως «ηλεκτρονικά καύσιμα» μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποκεντρωμένες μονάδες μηχανών αερίου υψηλής απόδοσης για την παραγωγή τόσο ηλεκτρικής ενέργειας όσο και θερμότητας στο σημείο χρήσης, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση χρημάτων και την απαλλαγή των εγκαταστάσεων κοινής ωφελείας από εκπομπές άνθρακα. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να παρέχουν λειτουργίες μετατόπισης χρόνου ενέργειας, αποθηκεύοντας σε περιόδους πλεονάσματος και απελευθερώνοντας σε περιόδους ελλείμματος, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Υπάρχουν διάφορα πεδία εφαρμογής για τις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της παροχής υπηρεσιών υποστήριξης στο ηλεκτρικό δίκτυο ή σε μεμονωμένους καταναλωτές «πίσω από τον μετρητή». Η τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να αξιοποιηθεί με τη μορφή αυτόνομων συστημάτων ή με τη μορφή παραγωγής ενέργειας ως μέρος υβριδικών συστημάτων ή μικροδικτύων.

Ενεργοποίηση ανανεώσιμης ενέργειας

Εξαιρουμένου του βιοαερίου, οι περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μολονότι μείζονος σημασίας για την απαλλαγή των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας από τις εκπομπές άνθρακα, είναι από τη φύση τους διαλείπουσες. Η προσφορά μπορεί να είναι υψηλότερη από τη ζήτηση σε περιόδους άφθονου ήλιου ή ανέμου. Ομοίως, εάν για παράδειγμα δε φυσά άνεμος ή εάν περάσει κάποιο σύννεφο πάνω από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία, η προσφορά ενδέχεται να μην ανταποκρίνεται στη ζήτηση.

Η εισαγωγή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας μεταξύ των συστημάτων παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και των καταναλωτών, επιτρέπει στο δίκτυο ηλεκτρισμού να «εξισορροπεί» την ηλεκτρική ζήτηση και την προσφορά από τα συστήματα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας. Η χρήση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας επιτρέπει την αποτελεσματικότερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ελάχιστη δυνατή χρήση μονάδων τροφοδοτούμενων με ακριβά και ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα.

Μέσω της συμβολής τους στην εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας βελτιώνουν σημαντικά την αποδοτικότητα των ανανεώσιμων πηγών και επιτρέπουν τη μέγιστη διείσδυση της ανανεώσιμης ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό μίγμα.

Εικόνα 25: Χώροι αποθήκευσης ενέργειας



Ενεργειακή απόδοση

Η ενεργειακή απόδοση έχει εξελιχθεί σε μία ουσιαστική παράμετρο όσον αφορά την εκτίμηση της παροχής ενέργειας. Απροσδόκητα γεγονότα όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, τεχνικές βλάβες ή ακόμη και πανδημίες μπορούν να επηρεάσουν το δίκτυο ηλεκτρισμού. Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι σε θέση να υποστηρίξουν τις λειτουργικές αποδόσεις.

Ενίσχυση

Η αποθήκευση ενέργειας είναι ευέλικτη, διοχετευόμενη και εύκολα αξιοποιήσιμη στο επίπεδο του ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να συμβάλλουν στην υποστήριξη υπηρεσιών δικτύου όπως η απόκριση συχνότητας, η αποφόρτιση, η προσθήκη και η σταθεροποίηση τάσης αποτελεσματικά και «σχεδόν» στιγμιαία.

Αντικατάσταση συστημάτων ντίζελ

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μία εναλλακτική λύση έναντι εφεδρικών γεννητριών, όπως συστήματα βασισμένα σε ντίζελ, για τη βελτίωση της απόδοσης εκπομπών μιας βιομηχανικής ή εμπορικής εγκατάστασης. Παρέχουν μια σύγχρονη προσέγγιση χαμηλότερου άνθρακα, ενώ παράλληλα διασφαλίζουν τη συνεχή παροχή σε περίπτωση εξωτερικής διακοπής ρεύματος.

Υβριδικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας / μικροδίκτυα

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν παράλληλα με άλλες τεχνολογίες όπως οι υβριδικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας ή ως μέρος μικροδικτύων. Αυτές οι σύγχρονες ευέλικτες λύσεις μπορούν να συνδυάζουν τα οφέλη της εξαιρετικά γρήγορης απόκρισης του συσσωρευτή με τη μακροβιότητα μιας μηχανής αερίου, ενώ ταυτόχρονα εξισορροπούνται με την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας με σκοπό την πλήρη βελτιστοποίηση των εγκαταστάσεων.

3.6.5 Οφέλη της χρήσης ΑΠΕ στην ψύξη των ΚΔ είναι αρκετά.

Όπως έχουμε αναφερθεί παραπάνω τα Κέντρα Δεδομένων είναι αρκετά ενεργοβόρα κτίρια που ξεκινάνε από μερικά KW και μπορούν να φτάσουν σε κλίμακα MW. Ως γνωστόν η ενέργεια που καταναλώνουν τα διάφορα μηχανήματα που βρίσκονται μέσα στα ικριώματα (Racks), ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας αυτής μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια όπου αυτή η θερμότητα που εκκρίνεται πρέπει να ψυχτεί. Το κεφάλαιο ψύξη πολλές φορές στα Κέντρα Δεδομένων μπορεί να αγγίζει το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης. Με τις ΑΠΕ μπορούμε αυτό το

ποσοστό να το μειώσουμε δραστικά. Αν σε ένα Κέντρο Δεδομένων εγκατεστημένης ισχύς 1MW, τα 500KW τα χρειαζόμαστε για την ψύξη και τα υπόλοιπα 500KW θα είναι για το IT κομμάτι, με χρήση ΑΠΕ μπορούμε να μειώσε δραστικά την ηλεκτρική ενέργεια και να επιτύχουμε μεγάλες μειώσεις. Σημαντικό όφελος αποτελεί η λιγότερη εγκατεστημένη ισχύ του Κέντρου Δεδομένων οπότε μικρότερες διατομές καλωδίων στο ηλεκτρομηχανολογικό κομμάτι μικρότεροι μετασχηματιστές – ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη - UPS, με αποτέλεσμα μικρότερη επένδυση στο ηλεκτρομηχανολογικό κομμάτι.

Ένα ακόμα όφελος είναι η ενεργειακή αποτύπωση του κάθε Κέντρου Δεδομένου. Όσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνουμε, τόσο μεγαλύτερο όφελος έχουμε προς το περιβάλλον μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ και δίνοντας έμφαση στις υπηρεσίες που προσφέρει ένα Κέντρο Δεδομένων.

3.7 Σύνοψη συγκρίσεων

Κάθε μέθοδος που έχουμε αναλύσει παραπάνω αποτελεί ξεχωριστή υλοποίηση βάση των εκάστοτε αναγκών, την τοποθεσία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό δεν θα ήταν δυνατό και να τις συγκρίνουμε. Σημαντική παρατήρηση από όλες τις μεθόδους είναι η παραγωγή της μέγιστης ενέργειας χρησιμοποιώντας την ελάχιστη. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι μπορούμε να συνδυάσουμε πολλές μεθόδους προκειμένου έτσι να καλύψουμε το βέλτιστο ποσοστό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί στην εκάστοτε περίπτωση. Η εταιρεία Lamda Hellix, για παράδειγμα εξασφαλίζει 100% ανανεώσιμη ενέργεια για τα Κέντρα Δεδομένων της. Η Lamda Hellix ανακοίνωσε τη συνεργασία της με την Enel Green Power, εκκινώντας μια νέα εποχή στην μετάβαση προς την «πράσινη» ενέργεια στην Ελλάδα και τη

βιομηχανία των Κέντρων Δεδομένων. Με βάση αυτή τη συμφωνία τα Κέντρα Δεδομένων της Lamda Hellix εξασφαλίζουν ότι το σύνολο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, θα προέρχεται από 100% ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται από την Enel Green Power, μέσω του μεγάλου χαρτοφυλακίου έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που διαθέτει στην Ελλάδα. Η συμφωνία αυτή είναι απόδειξη της αφοσίωσης και των δύο επιχειρήσεων σε ένα πράσινο και πιο βιώσιμο μέλλον.

Η Lamda Hellix έχει βραβευθεί πολλαπλώς από την αρχή της λειτουργίας της για την περιβαλλοντική πολιτική και τις πρακτικές της. Η εταιρεία έχει δεσμευτεί πλήρως ως προς τη βιωσιμότητα και την ενεργειακή απόδοση των υποδομών της, ενσωματώνοντας φιλικές προς το περιβάλλον πολιτικές με στόχο τη μείωση του ενεργειακού της αποτυπώματος, ενώ αποτελεί ενεργό μέλος του EU Code of Conduct για την ενεργειακή αποδοτικότητα των Κέντρων Δεδομένων, έχει επίσης αναπτύξει μια εκτεταμένη αρχιτεκτονική για την παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης, με το πρώτο Κέντρο Δεδομένων παγκοσμίως που πιστοποιήθηκε για την «πράσινη» λειτουργία του με LEED O+M v4 Gold και έχει επίσης πιστοποιηθεί κατά ISO 14001 & 50001 για την περιβαλλοντική και ενεργειακή της πολιτική.

Η Enel Green Power στην Ελλάδα κατέχει ήδη ηγετική θέση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, έχοντας σε λειτουργία 57 έργα σε 24 νομούς με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 464MW εκ των οποίων 354 MW προέρχονται από αιολική ενέργεια, 90MW από ηλιακή ενέργεια και 20MW από μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

4

Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

Είναι ευρέως γνωστό ότι τα Κέντρα Δεδομένων είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Υπολογίζεται ότι η βιομηχανία των Κέντρων Δεδομένων είναι υπεύθυνη για το 1-1,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το στατιστικό στοιχείο αναμένεται μόνο να αυξηθεί, καθώς επικρατούν οι υπηρεσίες cloud, edge computing, IoT, τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence (AI)) και άλλες τεχνολογίες ψηφιακού μετασχηματισμού. Οι βελτιώσεις στην αποδοτικότητα της τεχνολογίας θα αντισταθμιστούν μόνο από τις συνεχώς αυξανόμενες ποσότητες υπολογιστών και αποθήκευσης που απαιτούνται για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών και των επιχειρήσεων. Επιπλέον, οι απαιτήσεις πυκνότητας ισχύος στα Κέντρα Δεδομένων συνεχίζουν να αυξάνονται χρόνο με το χρόνο. Η μέση πυκνότητα ισχύος ενός κριώματος είναι επί του παρόντος περίπου 7 kW και δεν είναι ασυνήθιστο να δούμε πυκνότητα κριώματός τόσο υψηλή όσο 15-16 kW ανά κριώμα. Με υπολογιστές υψηλής απόδοσης (HPC), η πυκνότητα ισχύος μπορεί να φτάσει τα 100 kW ανά κριώμα.

4.1 Χρήση ΑΠΕ στην ψύξη Κ.Δ.

Στις μέρες μας το διεθνές πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε είναι η ενεργειακή κρίση. Βλέπουμε ότι οι έως τώρα τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αρκετά υψηλά κόστη και κατ' επέκταση οι πόροι αυτοί όπως ο λιγνίτης,

πετρέλαιο, φυσικό αέριο δεν είναι απεριόριστοι στην φύση. Ήδη εδώ και καιρό γίνονται ενεργειακές αναβαθμίσεις και ιδιαίτερα στην ηλεκτρική ενέργεια. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, υπάρχουν λύσεις με πράσινο αποτύπωμα που μπορούν να εφαρμοστούν στα σημερινά Κέντρα Δεδομένων, όπως η εκμετάλλευση ποταμιών, αέρα, ήλιου και γης. Καθημερινά αυτές οι λύσεις εξελίσσονται. Ήδη αρκετές εταιρείες προσπαθούν και βελτιώνουν τα συστήματα ψύξης τους με χρήση ΑΠΕ λύσεων ώστε να μειώσουν το λειτουργικό – καθημερινό κόστος λειτουργίας των Κέντρων Δεδομένων αλλά και σιγά σιγά να γίνονται πράσινα. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω το 1-1,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας οφείλεται στα Κέντρα Δεδομένων, τα οποία οφείλουμε να βελτιώσουμε λόγω ότι έχουν μεγάλο μερίδιο της ημερήσιας κατανάλωσης.

4.2 Εμβαπτισμένη Ψύξη

Τα συστήματα εμβάπτισης περιλαμβάνουν τη βύθιση του ίδιου του υλικού σε μια μπανιέρα με μη αγωγίμο, μη εύφλεκτο διηλεκτρικό υγρό. Τόσο το υγρό όσο και το υλικό περιέχονται σε μια στεγανή θήκη. Το διηλεκτρικό υγρό απορροφά τη θερμότητα πολύ πιο αποτελεσματικά από τον αέρα και καθώς το θερμαινόμενο νερό μετατρέπεται σε ατμό, συμπυκνώνεται και πέφτει πίσω στο ρευστό για να βοηθήσει στην ψύξη.

4.2.1 Διηλεκτρικό Υγρό

Τα διηλεκτρικά υγρά χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρικοί μονωτές σε εφαρμογές υψηλής τάσης, π.χ. μετασχηματιστές, πυκνωτές, καλώδια υψηλής τάσης και συσκευές διανομής (δηλαδή συσκευές διανομής υψηλής τάσης).

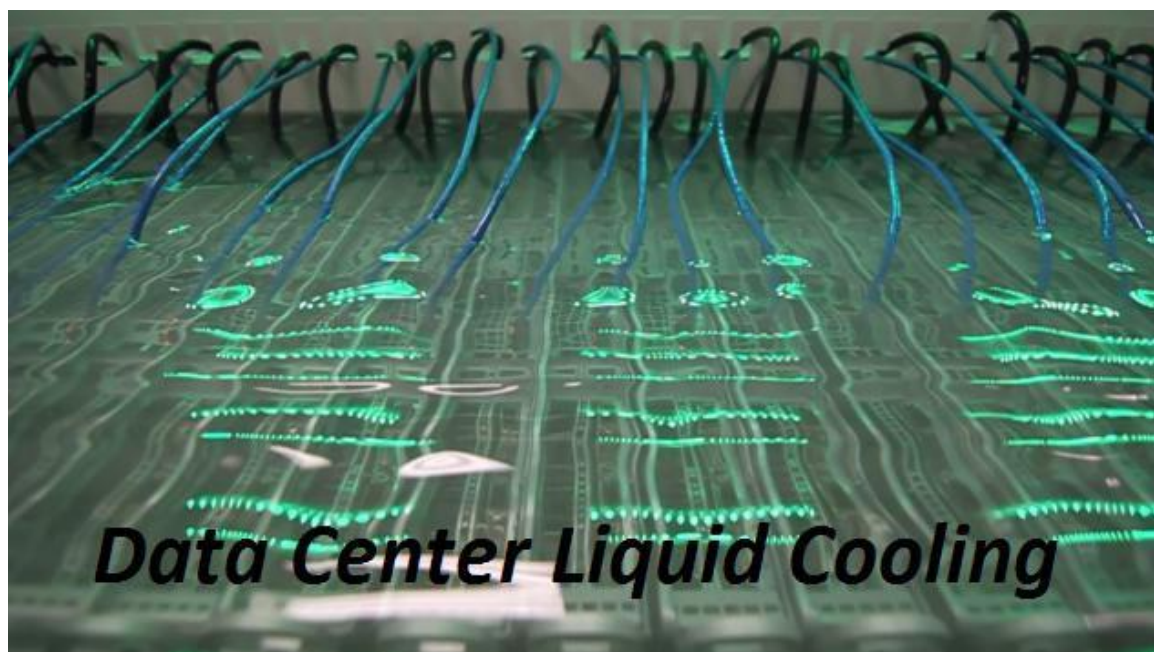
Οι λειτουργίες τους είναι να παρέχουν ηλεκτρική μόνωση, να καταστέλλουν την κορώνα και το τόξο και να χρησιμεύουν ως ψυκτικό. Φθοριοχημικές και υδρογονάνθρακες είναι οι κατηγορίες στις οποίες και χωρίζονται.

- Τα φθοριοχημικά υγρά, με χαμηλότερο σημείο βρασμού, χρησιμοποιούνται κυρίως για ψύξη με εμβάπτιση δύο φάσεων.
- Οι υδρογονάνθρακες συνήθως δεν χρησιμοποιούνται για συστήματα ψύξης με εμβάπτιση δύο φάσεων, καθώς οι περισσότεροι υδρογονάνθρακες είναι εύφλεκτοι. Ως εκ τούτου, οι υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο σε Μονοφασικές εφαρμογές.

Τόσο τα φθοροχημικά (ή οι φθοράνθρακες) όσο και οι υδρογονάνθρακες (π.χ. ορυκτέλαια, συνθετικά έλαια, φυσικά έλαια), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ψύξη με εμβάπτιση σε μία φάση. Τα υγρά με υψηλότερο σημείο βρασμού (πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία του συστήματος) είναι απαραίτητα για να διασφαλιστεί ότι το ρευστό παραμένει στην υγρή φάση.

Τα ζητήματα κατά τη λήψη απόφασης μεταξύ διαφόρων φθοριοχημικών και υδρογονανθράκων περιλαμβάνουν απόδοση μεταφοράς θερμότητας (σταθερότητα και αξιοπιστία με την πάροδο του χρόνου, κ.λπ.), ευκολία συντήρησης υλικού πληροφορικής, υγιεινή υγρών και ανάγκες αντικατάστασης, συμβατότητα υλικού, ηλεκτρικές ιδιότητες, ευφλεκτότητα ή καύσιμο, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ασφάλεια - σχετικά ζητήματα και συνολικό κόστος υγρών κατά τη διάρκεια ζωής της δεξαμενής ή των Κέντρων Δεδομένων.

Εικόνα 26: Εμβαπτισμένη ψύξη IT εξοπλισμού



4.2.2 Ψύξη με εμβάπτιση μονοφασική

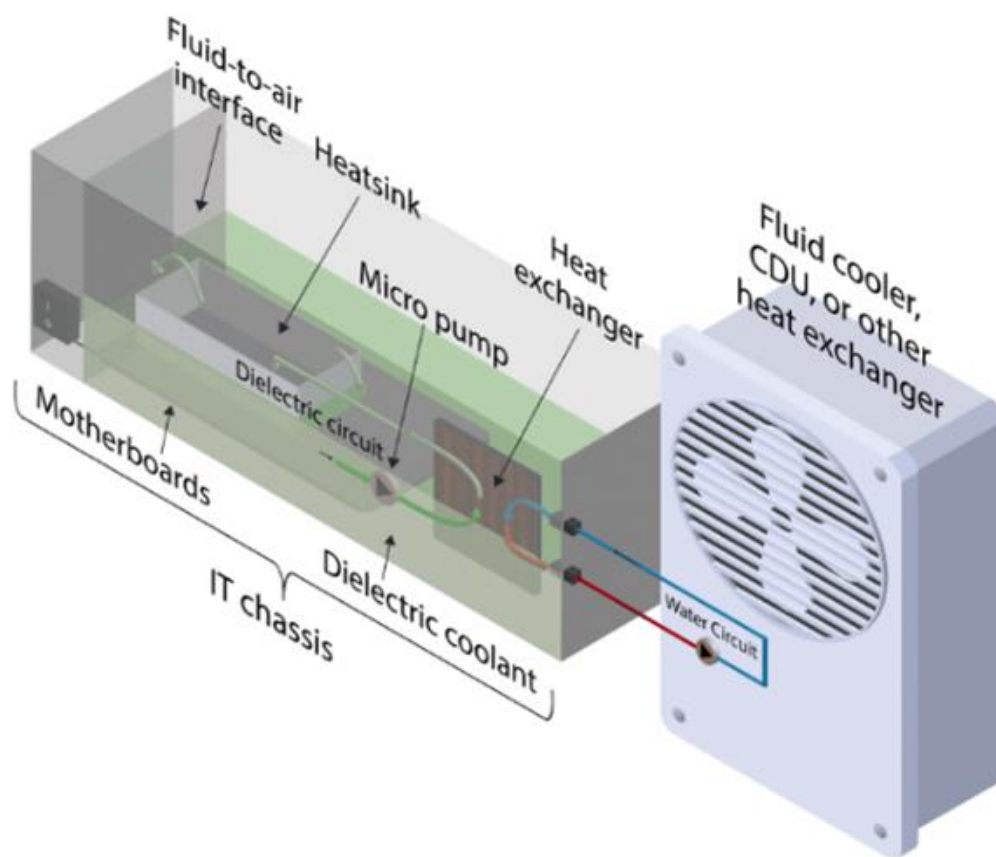
Η προσέγγιση ψύξης με εμβάπτιση μονοφασική, χρησιμοποιεί μονοφασικό διηλεκτρικό υγρό και βρίσκεται σε άμεση επαφή με εξαρτήματα πληροφορικής. Οι διακομιστές είναι πλήρως ή μερικώς βυθισμένοι σε αυτό το μη αγώγιμο υγρό εντός του πλαισίου αφαιρώντας αποτελεσματικά όλες τις πηγές θερμότητας.

Η ψύξη μπορεί να συμβεί είτε παθητικά μέσω αγωγιμότητας, είτε με άντληση. Τόσο οι εναλλάκτες θερμότητας όσο και οι αντλίες, μπορούν να βρεθούν μέσα στο σασί ή σε μια πλευρική διάταξη όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το υγρό σε έναν βρόχο νερού.

Η εν λόγω προσέγγιση δεν περιλαμβάνει ανεμιστήρες, με αποτέλεσμα η λειτουργία της να είναι σχεδόν αθόρυβη (0 dB). Αντίθετα, ορισμένες

αερόψυκτες εγκαταστάσεις μπορούν να φτάσουν έως και τα 80 dB στην αίθουσα δεδομένων με τους εργαζόμενους να χρειάζονται προστασία ακοής για μεγαλύτερη έκθεση.

Εικόνα 27: Μονοφασική εμβάπτιση

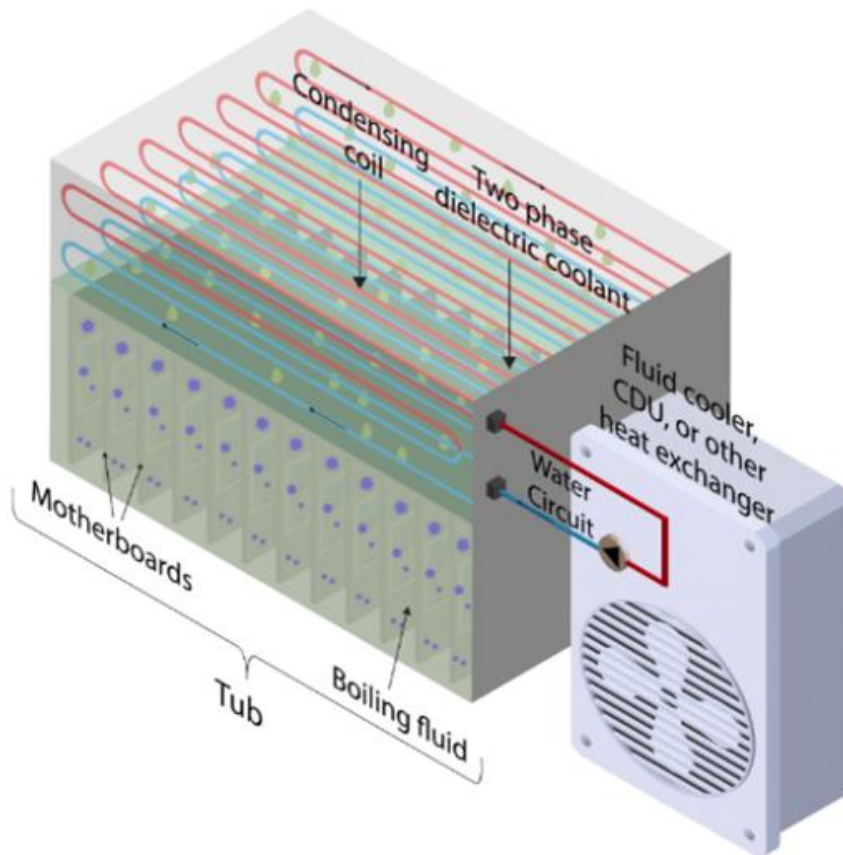


4.2.3 Ψύξη με εμβάπτιση δύο φάσεων

Όπως και με τη Μονοφασική, στη μέθοδο ψύξη με εμβάπτιση δύο φάσεων, ο εξοπλισμός πληροφορικής βυθίζεται πλήρως σε υγρό κατακόρυφα μέσα σε μια δεξαμενή. Σημαντικό με την προσέγγιση αυτή, είναι ότι το διηλεκτρικό ρευστό πρέπει να μπορεί να αλλάζει καταστάσεις από υγρό σε αέριο καθώς θερμαίνεται.

Σε ένα τέτοιο σύστημα, τα βυθισμένα και εκτεθειμένα μέρη δημιουργούν θερμότητα μετατρέποντας το υγρό σε αέριο, το οποίο ανεβαίνει στην επιφάνεια και συμπυκνώνεται σε ένα πηνίο πέφτοντας φυσικά προς τα κάτω και μόλις κρυώσει αρκετά μετατρέπεται ξανά σε υγρή κατάσταση.

Εικόνα 28: Δύο φάσεων εμβάπτιση



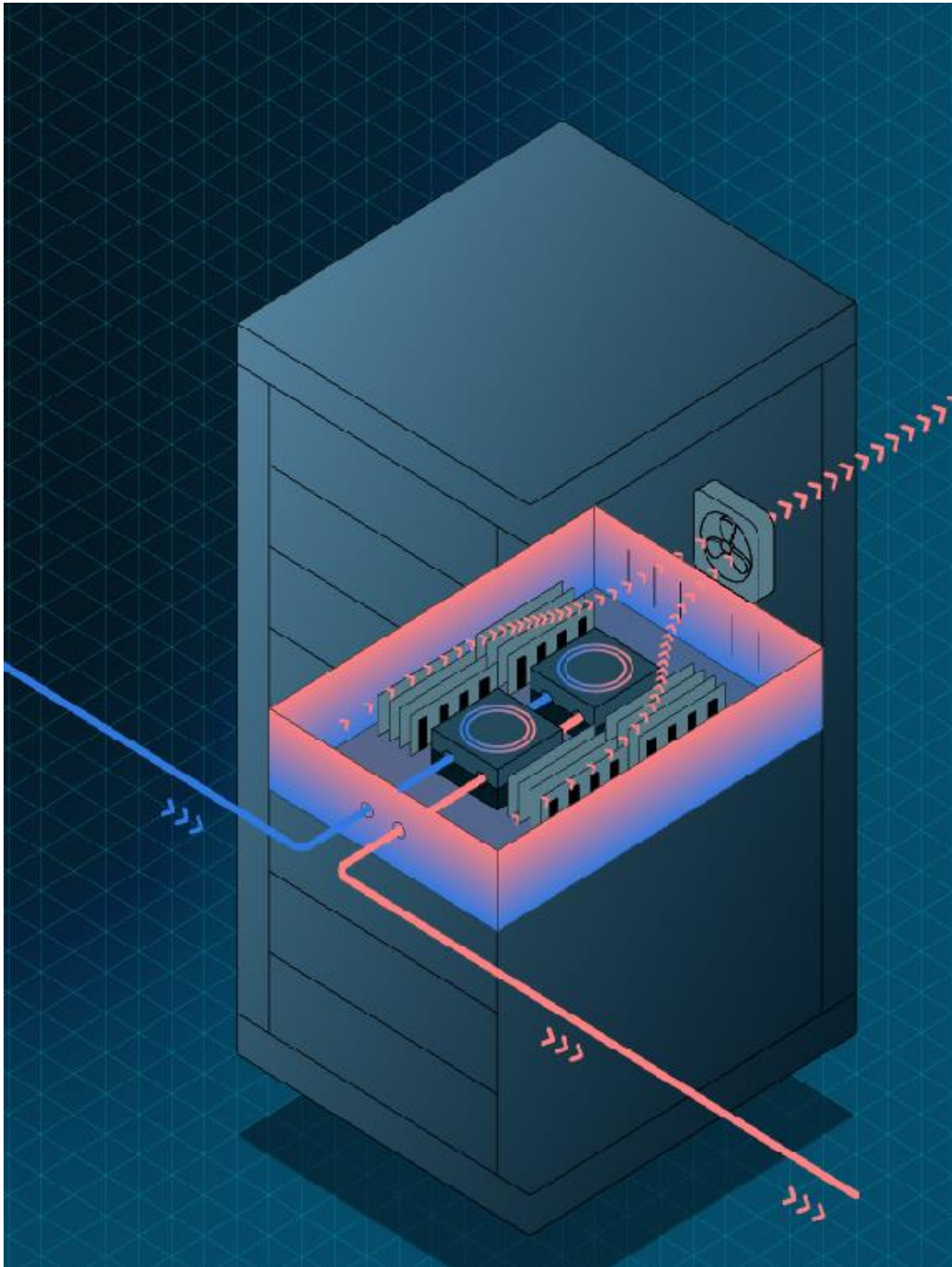
4.2.4 Direct-to-Chip Μονοφασικό

Η μέθοδος αυτή ψύξης απαιτεί την παροχή του υγρού ψυκτικού απευθείας στα θερμότερα εξαρτήματα ενός διακομιστή - CPU ή GPU , με μια ψυχρή πλάκα τοποθετημένη απευθείας στο τσιπ. Τα ηλεκτρικά εξαρτήματα δεν έρχονται ποτέ σε άμεση επαφή με το ψυκτικό υγρό.

Με αυτήν τη μέθοδο, οι ανεμιστήρες, απαιτείται να παρέχουν ροή αέρα μέσω του διακομιστή για την απομάκρυνση της υπολειπόμενης θερμότητας, ενώ η υποδομή ψύξης αέρα είναι πολύ μειωμένη.

Τα ψυκτικά μπορεί να είναι είτε νερό είτε διηλεκτρικά υγρά, αλλά το νερό θα συναγάγει κίνδυνο διαρροής, ωστόσο, είναι διαθέσιμα συστήματα πρόληψης διαρροών (LPS). Η μονοφασική αναφέρεται στο γεγονός ότι το ψυκτικό δεν αλλάζει καταστάσεις - δηλαδή από υγρό σε αέριο.

Εικόνα 29: Μονοφασικό Direct-to-Chip



4.2.5 Direct-to-Chip – Δύο Φάσων

Η διφασική μέθοδος ψύξης υγρού απευθείας στο τσιπ λειτουργεί όπως η προηγούμενη μονοφασική μέθοδος, με τη μόνη διαφορά ότι το υγρό ψυκτικό αλλάζει κατάσταση - από αέριο σε υγρό και αντίστροφα καθώς ολοκληρώνει τον βρόχο ψύξης. Αυτά τα συστήματα θα χρησιμοποιούν πάντα κατασκευασμένο διηλεκτρικό υγρό.

Όσον αφορά την απόρριψη θερμότητας, τα διφασικά συστήματα είναι καλύτερα από τα μονοφασικά και έχουν μικρότερο κίνδυνο διαρροής, λόγω της φύσης του ψυκτικού και της εναλλασσόμενης κατάστασής του. Ωστόσο, απαιτούν πρόσθετους ελέγχους που θα αυξήσουν το κόστος συντήρησης κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος.

4.3 Συμπέρασμα

Μία υπολογιστή μονάδα όσο περισσότερο αποδίδει τόσο πιο μεγάλη θερμική απώλεια παρουσιάζει, λόγω ότι οι επεξεργαστές δουλεύουν σε μεγαλύτερες συχνότητες και η ζήτηση περισσότερου ρεύματος σε Watts σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται να είναι άνω του 1kW. Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν παραπάνω στοχεύουν στην πλειοψηφία τους, σε κρίσιμα μέρη μίας υπολογιστικής μονάδας όπως επεξεργαστές, τροφοδοτικά δηλαδή σε συγκεκριμένες μονάδες όπου εκεί παράγεται η θερμική απώλεια. Με αυτές τις μεθόδους επιθυμούμε σε στοχευμένα σημεία των μηχανημάτων μέσα στα ικρίωματα να καταφέρνουμε η ψύξη να γίνεται πιο μεθοδευμένη, με αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση των IT μηχανημάτων και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

5

Ενεργειακά Αποδοτικό «Πράσινο» Κέντρο

Δεδομένων – Green Data Center

5.1 Ορισμός Πράσινου Κέντρου Δεδομένου

Ένα πράσινο Κέντρο Δεδομένων είναι μια εγκατάσταση που ελαχιστοποιεί τον αντίκτυπό του στο περιβάλλον μέσω βασικών στοιχείων του σχεδιασμού του, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενέργειας και νερού, δημιουργίας CO₂ και των υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή του εξοπλισμού σε αυτό.

Καθώς πολλαπλασιάζεται η αποθήκευση των δεδομένων και η πανδημία COVID-19 έχει αυξήσει την εξ αποστάσεως εργασία, η ανάγκη για περισσότερα πράσινα Κέντρα Δεδομένων έχει αυξηθεί. Για να είναι πραγματικά βιώσιμη μια εγκατάσταση, πρέπει να βελτιστοποιηθεί από το σχεδιασμό έως τη λειτουργία και αυτή η δέσμευση ισχύει για όλο τον κύκλο ζωής του Κέντρου Δεδομένων.

Τα κτίρια πρέπει να είναι αποδοτικά στον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια και το νερό. Η ψύξη του εξοπλισμού πληροφορικής εντός της υποδομής, πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά και ομοίως η χρήση ενέργειας σε κάθε διακομιστή και κάθε ικρίωμα. Πρέπει επίσης να υπάρχει μέτρηση και διαφάνεια. Χωρίς

επίγνωση της απόδοσης του Κέντρου Δεδομένων, οι εταιρείες δεν είναι εφικτό να περιορίσουν το CO₂ που παράγεται από την εγκατάσταση ή η μείωση του όγκου του νερού που απαιτείται.

Εικόνα 30: Πράσινο Κέντρο Δεδομένων



Πολλοί από τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν ένα πράσινο Κέντρο Δεδομένων είναι αόρατοι. Περιλαμβάνουν εξωτερικούς παράγοντες όπως η βελτίωση της απαγωγής θερμότητας, ή εσωτερικές εκτιμήσεις όπως ο σχεδιασμός της ροής του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, τεχνικές όπως free cooling, που παρουσιάζουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα από ένα παραδοσιακό σύστημα κλιματιστικών, υιοθετούνται όλο και περισσότερο.

Η συζήτηση για το νερό και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ωθούν τα πρότυπα βάσει των οποίων κρίνονται τα πράσινα Κέντρα Δεδομένων. Τα πάντα, από την αποθήκευση ενέργειας μέχρι τα ηλιακά πάνελ χρησιμοποιούνται για τη μείωση της κατανάλωσης. Επιπροσθέτως, έξυπνες λύσεις μπορούν να αποφύγουν τη σπατάλη της ενέργειας που

δεσμεύεται στα συστήματα ψύξης συμπεριλαμβανομένης της θερμότητας των κοντινών κτιρίων, των περιπτώσεων βιομηχανικής χρήσης, ακόμη και των πισινών.

Τέλος, δεν υπάρχει ενιαία τεχνολογία που να καθορίζει εάν μια εγκατάσταση είναι πράσινη, αλλά το ήθος και η δέσμευση για βιωσιμότητα πρέπει να είναι ξεκάθαρα.

5.2 Ορισμός Πράσινης Ενέργειας

Η πράσινη ενέργεια είναι κάθε τύπος ενέργειας που παράγεται από φυσικούς πόρους, όπως το φως του ήλιου, ο άνεμος ή το νερό. Συχνά προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αν και υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών και της πράσινης ενέργειας, τις οποίες θα διερευνήσουμε παρακάτω.

Ως πηγή ενέργειας, η πράσινη ενέργεια προέρχεται συχνά από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως αναφερθήκαμε παραπάνω, η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες λειτουργεί με διαφορετικούς τρόπους, είτε παίρνοντας ενέργεια από τον ήλιο, όπως με τα ηλιακά πάνελ, είτε χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες ή τη ροή του νερού για την παραγωγή ενέργειας.

Για να θεωρηθεί πράσινη ενέργεια, ένας πόρος δεν μπορεί να παράγει ρύπανση, όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι όλες οι πηγές που χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πράσινες. Για παράδειγμα, η παραγωγή ενέργειας που καίει οργανικό υλικό από βιώσιμα δάση μπορεί να είναι ανανεώσιμη, αλλά δεν

είναι απαραίτητα πράσινη, λόγω του CO₂ που παράγεται από την ίδια τη διαδικασία καύσης.

Εικόνα 31: Σύμβολο πράσινης ενέργειας



Οι πηγές πράσινης ενέργειας συνήθως αναπληρώνονται φυσικά, σε αντίθεση με τις πηγές ορυκτών καυσίμων όπως το φυσικό αέριο ή ο άνθρακας, που μπορεί να χρειαστούν εκατομμύρια χρόνια για να αναπτυχθούν. Οι πράσινες πηγές συχνά, αποφεύγουν τις εργασίες εξόρυξης ή γεώτρησης που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τα οικοσυστήματα.

6

Επίλογος

Όλο και περισσότερο τα Κέντρα Δεδομένων αναπτύσσονται γύρω μας με ραγδαίους ρυθμούς. Είναι κάτι αρκετά φυσιολογικό αν σκεφτεί κανείς ότι πλέον όλα είναι ψηφιακά και συνδέονται μεταξύ τους με είδους cloud ή γενικά διασυνδέσεις. Αυτό μας οδηγεί σε πολλά και μεγάλα Κέντρα Δεδομένων των οποίων η κατανάλωση αυξάνεται ραγδαία κάθε στιγμή. Οφείλουμε ως προς την νέα γενιά αλλά και ως το περιβάλλον, να τους προστατέψουμε μειώνοντας από την δική μας σκοπιά την ενεργειακή κρίση που τελευταία ακμάζει με πολύ γρήγορους ρυθμούς.

6.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν να δώσει στον αναγνώστη μία αναλυτική εικόνα για το τι είναι ένα Κέντρο Δεδομένων και τι ανάγκες έχει από άποψη ηλεκτροδότησης και φυσικά ψύξης, ένα θέμα που ασχολήθηκε και αναπτύχθηκε αρκετά στην διπλωματική εργασία. Για να αναλύσουμε τις ανάγκες του εκάστοτε Κέντρου Δεδομένων, είδαμε κάποιες μονάδες – συντελεστές που μας δείχνουν σε ποια κατάσταση είναι ένα Κέντρο Δεδομένων όπως το PUE, CUE, COP. Από αυτούς τους λόγους που έχουμε αναπτύξει, μπορούμε να δούμε σε ποια κατάσταση ενεργειακά βρίσκεται το Κέντρο

Δεδομένων που μελετάμε. Ανάλογα τις τιμές μπορούμε να κάνουμε διάφορες ενέργειες και να βελτιώσουμε ενεργειακά την εγκατάσταση.

Ένα μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης του ρεύματος ενός Κέντρου Δεδομένων οφείλεται στην ψύξη, για παράδειγμα εάν ο συντελεστής ενός Κέντρου Δεδομένου είναι στο 1,50, σημαίνει ότι το 1/3 της κατανάλωσης οφείλεται στην κατανάλωση ρεύματος της ψύξης, λόγω των αναγκών που έχουν τα ικριώματα. Εμείς καλούμαστε με το περιεχόμενο και την γνώση που μας αποφέρει η διπλωματική εργασία αυτός ο συντελεστής να μειωθεί όσο το δυνατόν προς το λόγο 1.

Αναλύθηκαν οι σημερινοί τρόποι ψύξης ενός Κέντρου Δεδομένων που πλέον θεωρούνται κλασσικοί και παραδοσιακοί , καθώς έχουν υλοποιηθεί αρκετά χρόνια με αξιόπιστη εφαρμογή. Όμως μελετήσαμε νέες μεθόδους, πιο ενεργειακά αποδεκτές, πιο φιλικές προς το περιβάλλον και πιο οικονομικές για τον χρήστη – διαχειριστή – ιδιοκτήτη οποιοδήποτε Κέντρου Δεδομένων.

Βρισκόμαστε σε μια εποχή όπου οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι ευρέως γνωστές και αρκετές από αυτές μελετημένες χρόνια. Πλέον, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αιολική ενέργεια, τον ήλιο (ειδικά στην Ελλάδα που έχουμε αρκετές μέρες με ηλιοφάνεια), θάλασσες – ποτάμια.

6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Όλα τα παραπάνω, δίνουν λύσεις στην αναβάθμιση αλλά και σε νέες εγκαταστάσεις για το πως μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση της ηλεκτροδότησης της ψύξης ενός Κέντρου Δεδομένων. Βέβαια ένα Κέντρο Δεδομένων έχει πολλές πτυχές – πτέρυγες που χρήζει και μπορεί να γίνει αναβάθμιση σε ενεργειακό επίπεδο.

Πέρα από την ψύξη που όπως αναφερθήκαμε αγγίζει μεγάλα ποσοστά ηλεκτρικής ενέργειας ενός Κέντρου Δεδομένων, μπορούμε να κάνουμε ένα βήμα πίσω και να αναρωτηθούμε πως θα μπορούσαμε να καλύψουμε όλη την ηλεκτροδότηση ενός Κέντρου Δεδομένων με ανανεώσιμη και πράσινη ενέργεια, χωρίς να επιβαρύνουμε το περιβάλλον και τα τρέχοντα ηλεκτρικά δίκτυα.

Επιπλέον, η τοπολογία ενός Κέντρου Δεδομένων είναι πολύ σημαντική. Σε χώρες που έχουν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες συνολικά των χρόνων, μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της ψύξης τους λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που μπορούν πολύ εύκολα να εκμεταλλευτούν.

Εκ κατακλείδι, το τελευταίο κομμάτι που πρέπει να αναρωτηθούμε είναι η βελτιστοποίηση των μηχανημάτων που βρίσκονται μέσα στα κριώματα. Η εγκατεστημένη ισχύς ενός Κέντρου Δεδομένων βασίζεται στις καταναλώσεις των υπηρεσιών που καλείται να δώσει το Κέντρο Δεδομένων. Άρα, αποδοτικότερα μηχανήματα μέσα στα κριώματα συνεπάγεται μικρότερη απαίτηση σε ψύξη, μικρότερη ηλεκτρική κατανάλωση, μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα στον πλανήτη μας.

7

Βιβλιογραφία

- [1] **By Ian Wilcoxson, Channel Manager (Data Centres) EMEA Power Solutions, Kohler ©2020:** KOHLER POWER SYSTEMS: Founded in the French city of Brest in 1966, SDMO joined the international Kohler group in 2005, with its Power Systems activity making the group the world's third-largest generator manufacturer. In 2016, the SDMO brand became KOHLER-SDMO to reflect the fact that it was part of the Kohler group, and to create a direct link with the launch of its new KD SERIES product range which integrated 800 to 4500 kVA motors from the KOHLER brand.
- [2] **By GRNET S.A. © 2015** – National Infrastructures for Research and Technology, operating since 1998, is one of the largest public sector technology companies in Greece. Since August 2019 operates under the auspices of the Ministry of Digital Governance. GRNET provides networking, cloud computing, HPC, data management services and e-Infrastructures and services to academic and research institutions, to educational bodies at all levels, and to all agencies of the public sector.
- [3] **By The Green Grid © 2008:** DATA CENTER INFRASTRUCTURE EFFICIENCY (DCIE) DETAILED ANALYSIS by GARY VERDUN, DELL from.
- [4] **By 42U © 2023:** is a DirectNET, Inc. company. For 25+ years, DirectNET companies have helped over 140,000 clients with their data center infrastructure and energy efficiency needs.

- [5] **By Caitlin Johnstone, © SEP 2020:** JetCool designs and delivers innovative cooling modules that focus on decreasing energy consumption, water usage, and carbon footprints.
- [6] **By Chris Wozniak © OCT 2020:** Casne Engineering: Founded in 1979, Casne is an independent engineering, systems integration, and technology services, delivers high quality engineered systems from concept to design, development, integration, and run and maintain support.
- [7] **By Monroe Infrared:** has been supplying state of the art IR Cameras, Diagnostic Equipment, Infrared Certification Training and Professional IR Inspection Services for over three decades
- [8] **By Donwil Company Blog:** Donwil provides power and cooling services, founded in 1965
- [9] **By GAIADRILL © 2023, MITROPOULOS M. & CO.** is a modern technical company. It belongs to the geologist M. Mitropoulos, who has been active in the field of drilling since 1988. Has extensive experience in the construction of public and private drilling projects (water drilling, geothermal applications etc)
- [10] **By HELLENIC CHAPTER © 2021:** ASHRAE was formed as the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers by the merger in 1959 of American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (ASHAE) founded in 1894 and The American Society of Refrigerating Engineers (ASRE) founded in 1904.
- [11] **By EMY © 2023:** the mission of HNMS is to provide meteorological support to National Defence, National Economy, Safety of life and property

- [12] **By HELLENiQ ENERGY © 2022:** is one of the leading energy groups in South East EuropeThe Group’s main activities include Refining, Supply, and Trading of petroleum and petrochemical products, Fuels Marketing both in Greece and internationally, Renewable Energy Sources, Power Generation & Trading, as well as Supply, Distribution, and Trading of Natural Gas.
- [13] **By The Hellenic Wind Energy Association HWEA/ELETAEN © 2020:** was founded in 1990. It has been a member of the European Wind Energy Association WindEurope since its founding and operates as its National Representative in Greece.
- [14] **By Meta Platforms, Inc. © 2023:** doing business as Meta, and formerly named Facebook, Inc., and TheFacebook, Inc., is an American multinational technology conglomerate based in Menlo Park, California. The company owns and operates Facebook, Instagram, Threads, and WhatsApp, among other products and services
- [15] **By Digital Realty © 2023:** Digital Realty and Lamda Hellix, combined in 2020 and the powerful combination of the two companies alongside the global growth of Digital Realty over the past two years has resulted in the company offering the world’s largest global data center platform – PlatformDIGITAL.
- [16] **By Vlad-Gabriel Anghel, DCD>Academy © 2023:** Datacenter Dynamics have been publishing content and running events exclusively for the data center industry since 1998 and are a trusted source of information for industry insiders across the world.
- [17] **By DATA4 BLOG © 2021:** is a major European operator and investor in the data center market

[18] **By Wikipedia:** is a free-content online encyclopedia written and maintained by a community of volunteers, collectively known as Wikipedians, through open collaboration and using a wiki-based editing system called MediaWiki since 2001

8

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: **Κέντρο Δεδομένων ΕΛΥΤΕ Α.Ε.**

Εικόνα 2: **IT Εξοπλισμός**

Εικόνα 3: **Ηλεκτροπαραγωγικό Ζεύγος**

Εικόνα 4: **Ψύκτης (Φρέον – Νερού)**

Εικόνα 5: **Power Usage Effectiveness (PUE)**

Εικόνα 6: **Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE)**

Εικόνα 7: **Εκπομπές CO₂ Κέντρου Δεδομένων / Ενέργεια εξοπλισμού
πληροφορικής CUE**

Εικόνα 8: **Θερμική απεικόνιση ικριωμάτων**

Εικόνα 9: **Θερμική ενέργεια / ηλεκτρική ενέργεια COP**

Εικόνα 10: **«Πράσινη» ψύξη σε δωμάτιο δεδομένων**

Εικόνα 11: **Πίνακας τιμών παραγόντων**

Εικόνα 12: **Πίνακας ποσοστού απαιτήσεων σε ένα Κέντρο Δεδομένων**

Εικόνα 13: **Διάγραμμα λειτουργίας βιομηχανικού ψυκτικού
συγκροτήματος**

Εικόνα 14: **Τυπικός Ψύκτης (Chiller) νερού / αερίου**

Εικόνα 15: **Κύκλωμα Free Cooling**

- Εικόνα 16: Δίδυμο αντλιών απορροής νερού
- Εικόνα 17: Σύστημα φίλτρανσης τύπου υδροκυκλώνα
- Εικόνα 18: Εναλλάκτης νερού/νερού
- Εικόνα 19: Τυπικός εναλλάκτης αέρα/αέρα
- Εικόνα 20: ASHRAE Πίνακας προδιαγραφών συσσωρευτών
- Εικόνα 21: Φωτοβολταϊκό πάρκο
- Εικόνα 22: Φωτοβολταϊκό πάρκο
- Εικόνα 23: Facebook iowa
- Εικόνα 24: Altoona Data Center
- Εικόνα 25: Χώροι αποθήκευσης ενέργειας
- Εικόνα 26: Εμβαπτισμένη ψύξη IT εξοπλισμού
- Εικόνα 27: Μονοφασική εμβάπτιση
- Εικόνα 28: Δύο φάσεων εμβάπτιση Εικόνα 29: Μονοφασικό Direct-to-Chip
- Εικόνα 30: Πράσινο Κέντρο Δεδομένων
- Εικόνα 31: Σύμβολο πράσινης ενέργειας