

Η επίδραση του χρώματος των καμπινών στον φωτισμό των Data Centers

Άρθρο του Χρήστου Απέργη

ICT Presales Engineer

Business Development & Solutions Department

B. KAYKAS AE

e-mail: chapergis@kafkas.gr

Hβιομηχανία των Data Centers αντιμετωπίζει αύξηση του αριθμού των επιχειρήσεων που αναπτύσσουν καμπίνες σε διαφορετικά χρώματα από τα παραδοσιακά μαύρα, ενώ η πιο κοινή επιλογή είναι η λευκή. Οι λόγοι για αυτή την αλλαγή στην προτίμηση χρώματος είναι η βελτιωμένη αισθητική, η αποτελεσματικότητα του φωτισμού του χώρου εργασίας και η εξοικονόμηση κόστους λόγω μειωμένων απαιτήσεων φωτισμού. Για να προσδιοριστεί ο αντίκτυπος της επιλογής χρώματος της καμπίνας στην αποτελεσματικότητα του φωτισμού και την πιθανή εξοικονόμηση κόστους, ομάδα εταιρικής έρευνας και ανάπτυξης πραγματοποίησε μια σειρά προσομοιώσεων στον υπολογιστή.

Γενικά

Οι μαύρες επιφάνειες της καμπίνας απορροφούν ένα μεγάλο μέρος του φωτισμού που πέφτει πάνω τους. Χρησιμοποιώντας ελαφρύτερα χρώματα, αντανακλάται περισσότερος φωτισμός στο δωμάτιο, αυξάνοντας το συνολικό επίπεδο φωτισμού. Χρειάζονται λιγότερα φωτιστικά, με αποτέλεσμα χαμηλότερο φορτίο συνεχούς φωτισμού.

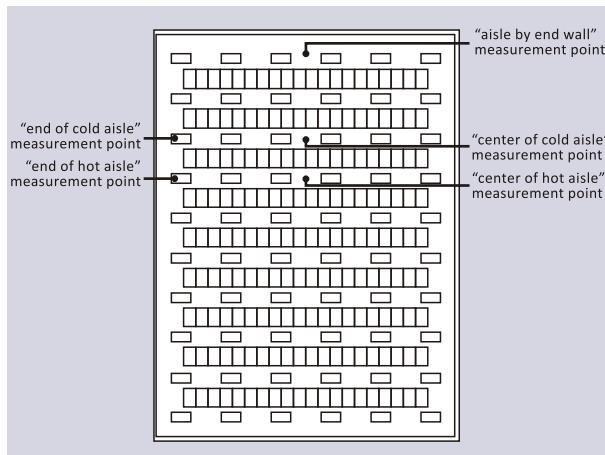
Προηγούμενες μελέτες έχουν ερευνήσει τα πλεονεκτήματα των λευκών καμπινών μόνο στην βασική διαμόρφωση του data center (ανοιχτό, θερμό διάδρομο / ψυχρό διάδρομο). Μία δυνητικά σημαντική μεταβλητή που δεν έχει

αντιμετωπιστεί είναι η χρήση κοινών μεθόδων διαχείρισης ροής αέρα.

Συγκεκριμένα, ποιος είναι ο αντίκτυπος που έχουν τα συστήματα κλειστού διαδρόμου και οι κατακόρυφοι αγωγοί εξόδου αέρα (καμινάδες) στον φωτισμό και στα data centers, οι λύσεις αυτές αλλάζουν τις επιπτώσεις των λευκών καμπινών στα επίπεδα φωτισμού των data centers;

Βασικό μοντέλο διαμόρφωσης

Για αυτήν την αξιολόγηση, χρησιμοποιούνται το λογισμικό Autodesk Revit Architecture και MEP με τα Lighting Analysts Elum Tools για να δημιουργηθεί ένα εικονικό μοντέλο ενός data



Σχήμα 1. Σημεία μέτρησης φωτισμού για τα βασικά σενάρια μοντέλων

center 465m^2 με ύψος 3,7m. Εννέα σειρές είκοσι καμπινών όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Όλοι οι διάδρομοι μεταξύ των σειρών των καμπινών είχαν πλάτος 120 εκατοστά και τα ερμάρια είχαν βάθος 120 εκατοστά. Το φως παρέχεται από σωλήνες φθορισμού T8 σε φωτιστικά από 60cm έως 120cm εγκατεστημένα σε αναρτημένη οροφή σύμφωνα με το κέντρο κάθε διαδρόμου. Οι τιμές ανάκλασης της επιφάνειας του δαπέδου και του τοίχου ορίστηκαν σε γκρι και η οροφή σε λευκό. Τα σημεία μέτρησης που φαίνονται στο Σχήμα 1 δείχνουν πού μετρήθηκε η φωτεινότητα στο μοντέλο.

Σενάρια βασικής διαμόρφωσης

Τα Σχήματα 2 και 3 δείχνουν τα βασικά μοντέλα θερμού / ψυχρού διαδρόμου με άσπρες και μαύρες καμπίνες, αντίστοιχα. Και για τα δύο σενάρια, μετρήθηκαν τα προσομοιωμένα επί-



Σχήμα 2. Βασικό μοντέλο ενός data center με μαύρες καμπίνες



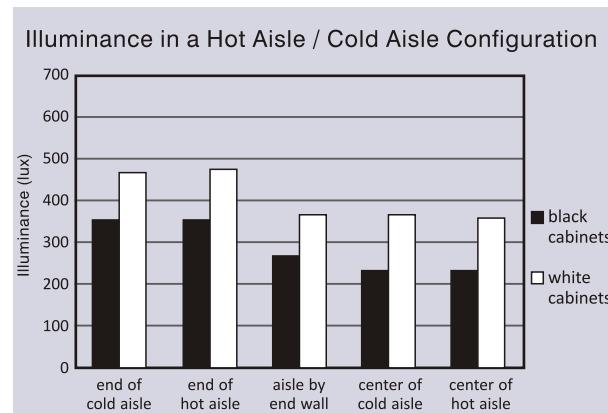
Σχήμα 3. Βασικό μοντέλο ενός data center με άσπρες καμπίνες

πεδα φωτός ή φωτισμού, στο επίπεδο του δαπέδου και 76 εκατοστά πάνω από το δάπεδο.

Αποτελέσματα της ανάλυσης της βασικής διαμόρφωσης

Το Σχήμα 4 απεικονίζει τη φωτεινότητα, μετρούμενη σε lux, σε καθένα από τα σημεία που αναφέρονται στο Σχήμα 1. (Το Lux είναι το διεθνές μέτρο της έντασης φωτός σε μια επιφάνεια. Ένα lux είναι ίσο με έναν Lumen ανά τετραγωνικό μέτρο.) Το γράφημα δείχνει ότι η φωτεινότητα είναι χαμηλότερη στα κέντρα των ζεστών και κρύων διαδρόμων και κατά μήκος του διαδρόμου από τα ακραία τοιχώματα του data center από ότι στα άκρα των ζεστών και κρύων διαδρόμων.

Το γράφημα δείχνει επίσης ότι η χρήση λευκών καμπινών αυξάνει τη φωτεινότητα σε όλες τις περιοχές που μετρώνται, με αύξηση 56% στη φωτεινότητα στα κέντρα των ζεστών και κρύων διαδρόμων και αύξηση 32% στις υπόλοιπες περιοχές παρακολούθησης.



Σχήμα 4. Βασικό μοντέλο φωτισμού

Μοντέλο και σενάρια ψυχρού διαδρόμου

Η ομάδα μελέτης δημιούργησε ένα δεύτερο σύνολο διαμορφώσεων προσθέτοντας ψυχρό διάδρομο στα μοντέλα βάσης, συμπεριλαμβανομένων των θυρών στο τέλος του διαδρόμου και μιας ημιδιαφανούς οροφής για κάθε ψυχρό διάδρομο. Τα Σχήματα 5 και 6 δείχνουν τα μο-

ντέλα κελιστού ψυχρού διαδρόμου με μαύρες και άσπρες καμπίνες, αντίστοιχα. Για καθένα από αυτά τα σενάρια, μετρήθηκε η φωτεινότητα στα ίδια σημεία μέτρησης με τις βασικές διαμορφώσεις. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το σημείο μέτρησης «κέντρο ψυχρού διαδρόμου» βρισκόταν μέσα σε ένα ψυχρό διάδρομο.



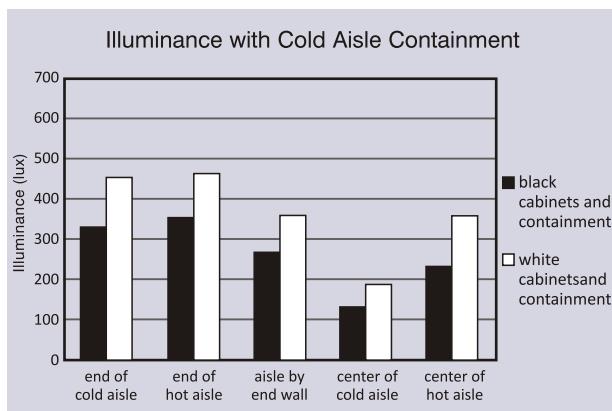
Σχήμα 5. Data center με μαύρες καμπίνες και συγκράτηση μαύρου ψυχρού διαδρόμου



Σχήμα 6. Data center με άσπρες καμπίνες συγκράτηση λευκού ψυχρού διαδρόμου

Ανάλυση σεναρίου ψυχρού διαδρόμου

Το Σχήμα 7 απεικονίζει τη φωτεινότητα που μετράται σε κάθε σημείο μέτρησης στο σενάριο κλειστού ψυχρού διαδρόμου. Δείχνει ότι με τις λευκές καμπίνες και τον περιορισμό υπάρχει περισσότερη φωτεινότητα σε όλες τις τοποθεσίες που μετριούνται από ό,τι με τις μαύρες και τον περιορισμό. Το γράφημα δείχνει επίσης ότι, λόγω του περιορισμού, η φωτεινότητα είναι χαμηλότερη στο κέντρο του ψυχρού διαδρόμου από ό,τι στα βασικά σενάρια κατά 44%



Σχήμα 7. Data center με φωτισμό περιορισμού ψυχρού διαδρόμου

έως 48%, τόσο με μαύρες όσο και με λευκές καμπίνες. Ωστόσο, οι λευκές καμπίνες και ο περιορισμός οδήγησαν σε 48% υψηλότερη φωτεινότητα στο ψυχρό διάδρομο από τις μαύρες και τον περιορισμό.

Μοντέλο VED και σενάρια

Στη συνέχεια, η ομάδα μελέτης τροποποίησε το βασικό μοντέλο διαμόρφωσης προσθέτοντας κάθετους αγωγούς εξαγωγής (VED) σε όλα τα ερμάρια. Τα Σχήματα 8 και 9 δείχνουν τα μοντέλα συγκράτησης ψυχρού διαδρόμου με μαύρες και άσπρες καμπίνες, αντίστοιχα. Για καθένα από αυτά τα σενάρια, μετρήθηκε η φωτεινότητα στα ίδια σημεία μέτρησης με τις βασικές διαμορφώσεις.



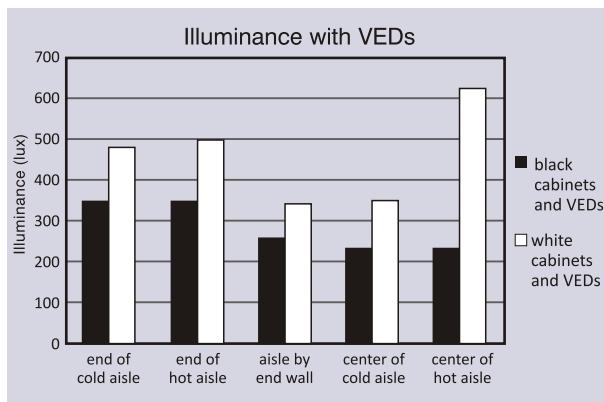
Σχήμα 8. Data center με μαύρες καμπίνες και μαύρα VED



Σχήμα 9. Data center με άσπρες καμπίνες και άσπρα VED

Αποτελέσματα της ανάλυσης με διαμόρφωση VED

Το Σχήμα 10 απεικονίζει τη φωτεινότητα που μετράται σε κάθε ένα από τα σημεία μέτρησης στο σενάριο VED. Επειδή τα VED εκτείνονται από τις κορυφές των καμπινών έως την οροφή, εμποδίζουν αποτελεσματικά τα φωτιστικά πάνω από ένα διάδρομο να παρέχουν οποιοδήποτε φωτισμό στους γειτονικούς διαδρόμους. Το γράφημα δείχνει ότι οι λευκές καμπίνες και τα VEDS έχουν μεγάλη επίδραση στη φωτεινότητα στο ζεστό διάδρομο. Η φωτεινότητα στο κέντρο του θερμού διαδρόμου είναι 75% μεγαλύτερη και 182% περισσότερη από ό,τι με τις μαύρες καμπίνες και τα VED. Ωστόσο, σε

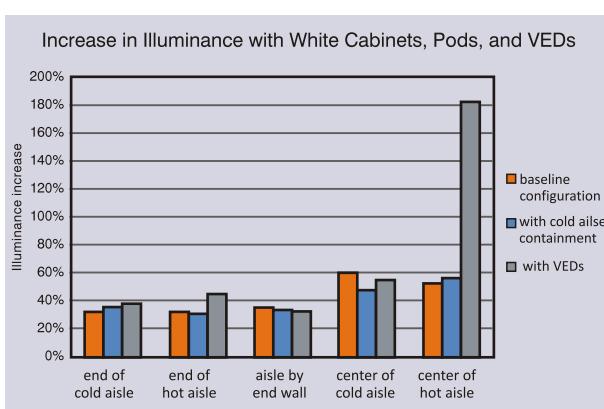


Σχήμα 10. Data center με φωτισμό VEDs

σύγκριση με το Σχήμα 4, το Σχήμα 10 δείχνει ότι, σε όλες τις θέσεις μέτρησης εκτός από το ζεστό διάδρομο, η επίδραση των VED στη φωτεινότητα είναι αμελητέα. Οι λευκές καμπίνες και τα VED αυξάνουν τη φωτεινότητα περίπου το ίδιο με τις λευκές καμπίνες μόνες τους.

Περίληψη των μετρήσεων φωτισμού

Το Σχήμα 11 συνοψίζει την αύξηση της φωτεινότητας κατά τη χρήση λευκών καμπινών, περιορισμού και VED αντί για μαύρο. Η μείωση της φωτεινότητας στους ψυχρούς διαδρόμους με περιορισμένο χώρο δεν μπορεί να φανεί επειδή το μέγεθος του αποτελέσματος είναι παρόμοιο ανεξάρτητα από το χρώμα του ερμαρίου και του περιορισμού. Ωστόσο, η αύξηση της φωτεινότητας στο θερμό διάδρομο με λευκά ντουλάπια και VED είναι προφανής.



Σχήμα 11. Βελτίωση του φωτισμού με λευκά ερμάρια, περιορισμό και VED

Εφαρμογή

Αυτή η μελέτη δείχνει ότι η χρήση λευκών καμπινών αντί για μαύρων αυξάνει τη φωτεινότητα, πράγμα που σημαίνει ότι ένα data center μπορεί να φωτιστεί με λιγότερα φωτιστικά. Ωστόσο, η πραγματική βελτιστοποίηση του φωτισμού είναι κάτι περισσότερο από την απλή ομοιόμορφη μείωση του αριθμού των φωτιστικών. Κάθε data center έχει επιπλέον μεταβλητές, εκτός από αυτές που εξετάζονται σε αυτήν τη μελέτη, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, η ανακλαστικότητα των επιφανειών μπορεί να είναι διαφορετική από τις τιμές που θεωρούνται σωστές για αυτήν τη μελέτη, τα αποτελέσματα των λευκών επιφανειών μπορεί να μην είναι ομοιόμορφα σε όλο το κέντρο δεδομένων και μπορεί να υπάρχουν φωτιστικά που δεν μπορούν να αφαιρεθούν. Στο θεωρητικό μοντέλο, έγινε φανερό ότι η διανομή φωτιστικών μπορεί να είναι ένας περιοριστικός παράγοντας με διάφορους τρόπους:

- Ο αριθμός των φωτιστικών μπορεί να ρυθμιστεί μόνο με ακέραιους αριθμούς
- Το μήκος του διαδρόμου περιορίζει τον αριθμό των φωτιστικών που μπορούν να εγκατασταθούν
- Τα φωτιστικά που εγκαθίστανται πολύ μακριά οδηγούν σε άνιση κατανομή φωτός.

Οφέλη στο κόστος

Τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί πώς μπορεί να μειωθεί το κόστος στο data center χρησιμοποιώντας λευκές καμπίνες. Το Εγχειρίδιο Φωτισμού, που εκδόθηκε από την Εταιρεία Μηχανικών Φωτισμού (IES), προτείνει φωτισμό 100 lux για data centers, αλλά είναι πιο συνηθισμένος για τέτοιες εγκαταστάσεις φωτισμός της τάξης των 300 lux. Επομένως, αυτή η μελέτη χρησιμοποίησε 300 lux ως τιμήστοχο. Σε καθεμία από τις διαμορφώσεις του

| | Βασική Διαμόρφωση | Διαμόρφωση ψυχρού διαδρόμου | VED Διαμόρφωση |
|--|-------------------|-----------------------------|----------------|
| Μείωση Φωτιστικών | 20 | 20 | 28 |
| Εξοικονόμηση φωτιστικών * | \$5,000 | \$5,000 | \$7,000 |
| * Εγκατεστημένο κόστος 250\$ ανά φωτιστικό | | | |

Πίνακας 1. Εξοικονόμηση από την εγκατάσταση λιγότερων φωτιστικών φωτισμού κατά την εγκατάσταση λευκών ερμαρίων, περιορισμού και VED

| | Βασική Διαμόρφωση | Διαμόρφωση ψυχρού διαδρόμου | VED Διαμόρφωση |
|--|-------------------|-----------------------------|----------------|
| Φωτισμός ηλεκτρικού φορτίου με μαύρες επιφάνειες | 5,120 W | 7,168 W | 5,120 W |
| Φωτισμός ηλεκτρικού φορτίου με λευκές επιφάνειες | 3,840 W | 5,376 W | 3,328 W |
| Εξοικονόμηση κόστους φωτισμού | 25% | 25% | 35% |

Σημείωση: Εάν χρησιμοποιούνται χρονοδιακόπτες ή αισθητήρες που απενεργοποιούν τον φωτισμό όταν δεν χρειάζονται, ή χρησιμοποιούνται πιο αποδοτικές πηγές φωτισμού, όπως LED, τότε μειώνεται η πιθανή εξοικονόμηση από τη μείωση του αριθμού των φωτιστικών.

Πίνακας 2. Μείωση κόστους ενέργειας με λευκά ερμάρια, συγκράτηση και VED

data center, ο αριθμός των φωτιστικών σε κάθε διάδρομο προσαρμόστηκε μέχρι να παρατηρηθεί ελάχιστη φωτεινότητα 300 lux. Ο Πίνακας 1 παραθέτει τις εξοικονομήσεις που αποκτήθηκαν από την μη εγκατάσταση τόσων φωτιστικών και ο Πίνακας 2 παραθέτει τις μειώσεις στα λειτουργικά έξοδα που επιτεύχθηκαν μειώνοντας το ηλεκτρικό φορτίο φωτισμού.

Επιδράσεις στη φωτεινότητα στους εσωτερικούς χώρους του γραφείου

Οι λευκές καμπίνες έχουν ένα ακόμα πλεονέκτημα έναντι των μαύρων. Η υψηλότερη αντανάκλαση του λευκού εσωτερικού παρέχει περισσότερη φωτεινότητα μέσα στα ερμάρια, με αποτέλεσμα καλύτερες συνθήκες εργασίας για τους τεχνικούς. Ωστόσο, παραμένει το ερώτημα εάν αυτό ισχύει εάν μειωθεί ο φωτισμός του δωματίου.

Τα δεδομένα δείχνουν ότι εάν χρησιμοποιούνται λευκές καμπίνες αντί για μαύρες, αλλά το επίπεδο φωτισμού του δωματίου δεν μειώνεται, τότε η φωτεινότητα στο πίσω μέρος του

θαλάμου αυξάνεται κατά 80%. Ωστόσο, εάν στο δωμάτιο ο φωτισμός μειώνεται για να επωφεληθεί από την υψηλότερη ανακλαστικότητα των λευκών ερμαρίων και για να εξοικονομηθεί κόστος ενέργειας, τότε ο φωτισμός στο εσωτερικό του θαλάμου είναι μόνο 16% υψηλότερος. Εκτός εάν ο χώρος είναι υπερβολικά φωτισμένος, επειδή οι τεχνικοί πιθανότατα χρειάζονται πρόσθετο φωτισμό εργασιών για να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους είτε σε μια μαύρη είτε σε μια λευκή καμπίνα.

Αισθητικές επιδράσεις των λευκών καμπινών

Η αισθητική του χρώματος της καμπίνας ενός data center είναι εξαιρετικά υποκειμενική. Οι λευκές καμπίνες κάνουν το data center να



φαίνεται πιο σύγχρονο και τείνουν να δείχνουν λιγότερο σκονισμένες από τις μαύρες. Ωστόσο, σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί το κόστος φωτισμού, ένα data center μπορεί να έχει λευκούς ή σχεδόν λευκούς τοίχους, δάπεδο και οροφή καθώς και λευκές καμπίνες. Το υπερβολικό λευκό χρώμα σε ένα περιβάλλον δημιουργεί έντονο φως και ανεπαρκή αντίθεση, η οποία μπορεί να είναι σκληρή στα μάτια. Ωστόσο, εάν ο χώρος δεν χρησιμοποιείται συχνά, μπορεί να μην ενοχλεί.



ως αποτέλεσμα 50% υψηλότερη φωτεινότητα στους διαδρόμους από τα μαύρα.

- Με περιορισμό ψυχρού διαδρόμου, η φωτεινότητα στους ψυχρούς διαδρόμους μειώνεται κατά περίπου 45%, ανεξάρτητα από το χρώμα του ερμαρίου. Ωστόσο, η φωτεινότητα σε ψυχρό διάδρομο με περιορισμό είναι περίπου 48% υψηλότερη με λευκά ερμάρια από ό,τι με τα μαύρα.
- Με λευκές καμπίνες, τα VED οδηγούν σε αύξηση της φωτεινότητας περίπου 75% στο θερμό διάδρομο χωρίς περιορισμό.

Συμπεράσματα

Από αυτήν τη μελέτη προέκυψε ό,τι:

- Η φωτεινότητα ποικίλλει ανάλογα με τους τύπους περιορισμού σε ένα data center.
- Οι λευκές καμπίνες έχουν περίπου 25% υψηλότερη φωτεινότητα από τις μαύρες .
- Χωρίς περιορισμό, τα λευκά ερμάρια έχουν

Λίγα λόγια για τον αρθρογράφο



Ο κ. **Χρήστος Απέργης** είναι απόφοιτος του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Στερεάς Ελλάδας του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών. Εργάζεται 3 χρόνια στον τομέα του ICT και από τον Μάιο του 2019 εντάχθηκε στο τμήμα του ICT της εταιρίας ΚΑΥΚΑΣ. Έχοντας διατελέσει Σύμβουλος Πωλήσεων στο δίκτυο καταστημάτων της εταιρίας και έχοντας αφουγκραστεί τις ανάγκες της αγοράς στο πεδίο, συμβάλει ενεργά στην ανάπτυξη του ICT με γνώμονα τη βέλτιστη εξυπηρέτηση των συνεργατών στις νέες τεχνολογίες.

Εάν επιθυμείτε το COMMUNICATION SOLUTIONS να δημοσιεύσει περισσότερα άρθρα για **Data Centers** επικοινωνήστε μαζί μας στο: info@comsol.gr