ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

4

Ενότητα 4.4

4.4.1 Γενικά

4.4.2 Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού

4.4.3 Εφαρμογές

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- να σχεδιάζουν και να υπολογίζουν τις γραμμές τροφοδοσίας φωτιστικών κυκλωμάτων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης εσωτερικού και εξωτερικού χώρου
- να σχεδιάζουν μονογραμμικά σχέδια του πίνακα φωτισμού μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και το είδος των υλικών που αναφέρονται στα ηλεκτρικά σχέδια φωτισμού μιας βιομηχανικής εγκατάστασης

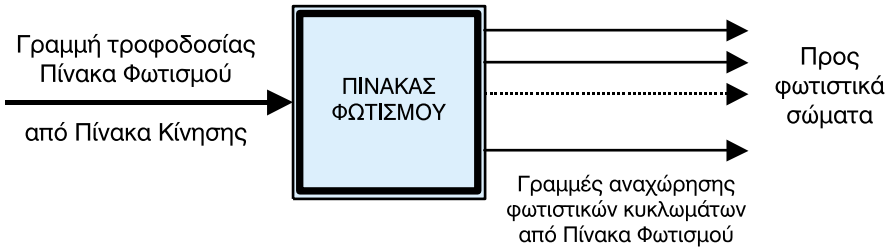
4.4.1 Γενικά

Βασική προϋπόθεση της εγκατάστασης φωτισμού ενός χώρου, είναι η κατά το δυνατόν καλύτερη επιλογή φωτιστικών σωμάτων που να υποκαθιστούν το φυσικό φωτισμό, όπου αυτός δεν υπάρχει.

➡ Μια εγκατάσταση φωτισμού περιλαμβάνει:

- τον **πίνακα φωτισμού**
- τα **κυκλώματα φωτισμού**
- τα **φωτιστικά σώματα.**

Μια γενική σχηματική παράσταση της εγκατάστασης φωτισμού φαίνεται στο Σχήμα 4.4.1.



Σχήμα 4.4.1 *Σχηματική παράσταση εγκατάστασης φωτισμού*

Ο Πίνακας Φωτισμού θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη θέση του χώρου, ώστε να έχουμε εύκολη πρόσβαση για χειρισμό. Επίσης ο πίνακας θα πρέπει να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας IPxy (x, y ακέραιοι αριθμοί που δείχνουν το βαθμό προστασίας, από σκόνη και αντικείμενα ο x και υγρασία ή νερό ο y).

Ο φωτισμός ενός βιομηχανικού χώρου αφορά τον *εσωτερικό* και τον *εξωτερικό* φωτισμό του χώρου.

➤ Στο φωτισμό των εσωτερικών χώρων διακρίνουμε δύο είδη φωτισμού:

1. το **γενικό** φωτισμό και
2. τον **τοπικό** φωτισμό

➡ Ο **γενικός φωτισμός** εξυπηρετεί το σύνολο του χώρου για τον οποίο προορίζεται. Για παράδειγμα, φωτισμός σε χώρους που δεν υπάρχουν μόνιμες θέσεις εργασίας, όπως αίθουσες υποδοχής, αποθήκες και σε ορισμένους βιομηχανικούς χώρους, όπως χυτήρια, γαλβανιστήρια κ.λπ..

Επίσης γενικό φωτισμό έχουμε σε χώρους όπου έχουμε πυκνότητα θέσεων εργασίας, όπως αίθουσες διδασκαλίας, σχεδιαστήρια, αμφιθέατρα, κ.λπ..

➡ Ο **τοπικός φωτισμός** εξυπηρετεί μόνο τις θέσεις εργασίας, όπου εκεί απαιτούνται μεγάλες εντάσεις φωτισμού ή μεγάλες αντιθέσεις σκιάς. Ο τοπικός φωτισμός χρησιμοποιείται σε γραφεία, εργοστάσια, εργαστήρια όπου χρησιμοποιούνται λεπτά εργαλεία και όργανα, σε θέσεις ελέγχου προϊόντων κ.λπ..

➤ Εγκαταστάσεις μόνο τοπικού φωτισμού πρέπει να αποφεύγονται, γιατί η αντίθεση της φωτισμένης επιφάνειας εργασίας και του σκοτεινού περιβάλλοντος είναι κουραστική για τα μάτια.

➤ Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως χρησιμοποιούμε μικτό φωτισμό για να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Έτσι έχουμε το βασικό απαιτούμενο γενικό φωτισμό στο χώρο και τοπικό φωτισμό σε κάθε θέση εργασίας. Με την κατανομή αυτή έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε οικονομία κατανάλωσης αλλά και ξεκούραστο περιβάλλον.

➡ Πριν αρχίσουμε μία **μελέτη φωτισμού** πρέπει να λάβουμε υπόψη μας κάποιους βασικούς παράγοντες, όπως:

➤ Τις φυσιολογικές ανάγκες - απαιτήσεις του ανθρώπου, που καθορίζουν:

1. τη στάθμη φωτισμού
2. την κατανομή της φωτεινότητας στο χώρο
3. τη θάμβωση του ανθρώπου

➤ Την ψυχολογική διάθεση του ανθρώπου, που επηρεάζεται από:

1. τη χρωματική απόδοση των φωτιστικών σωμάτων
2. τη θερμοκρασία του χρώματος των φωτιστικών

➤ Την οικονομία, που την καθορίζουν:

1. η σωστή επιλογή φωτισμού και η στάθμη του
2. η σωστή επιλογή φωτιστικών

Τα φωτιστικά που θα χρησιμοποιήσουμε σε μια εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να εναρμονίζονται ευχάριστα με το χώρο, να διανέμουν τη φωτεινή ροή του λαμπτήρα κατάλληλα και να παρέχουν προσιτό τρόπο συντήρησης.

4.4.2 Μελέτη και σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού

➡ Μια **πλήρης μελέτη φωτισμού** ενός εσωτερικού βιομηχανικού χώρου περιλαμβάνει:

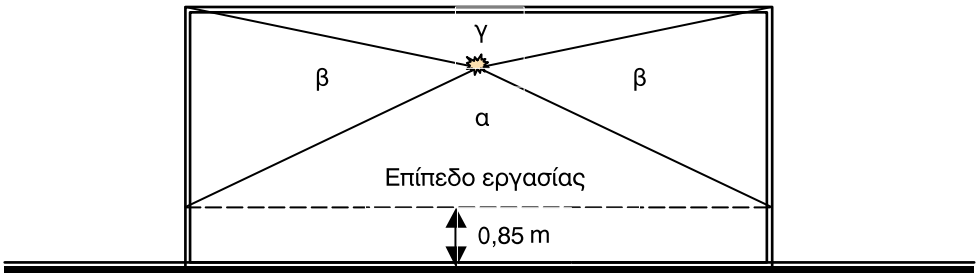
- **Τον υπολογισμό της *απαιτούμενης φωτεινής ροής* Φ_0 (ή φωτεινής ισχύος) σε Lumen, που πρέπει να αποδώσουν τα φωτιστικά σώματα στον υπό μελέτη χώρο.**
- **Την επιλογή του *τύπου* και της *ισχύος* του φωτιστικού σώματος που θα χρησιμοποιηθεί.**
- **Τον υπολογισμό του *πλήθους λ* των φωτιστικών σωμάτων που θα απαιτηθούν για το φωτισμό του υπό μελέτη χώρου.**
- **Το σχεδιασμό των *κυκλωμάτων τροφοδοσίας* των φωτιστικών σωμάτων με την κατανομή τους ανά φάση.**
- **Τον υπολογισμό της *διατομής* των αγωγών τροφοδοσίας των φωτιστικών κυκλωμάτων και**
- **Τον υπολογισμό των *διατάξεων ελέγχου* των κυκλωμάτων τροφοδοσίας.**

Υπολογισμός απαιτούμενης φωτεινής ροής των φωτιστικών σωμάτων

Πριν προχωρήσουμε σε αυτόν τον υπολογισμό θα πρέπει να γίνει μια επισήμανση ανάμεσα στην αποδιδόμενη φωτεινή ροή των φωτιστικών σωμάτων Φ_0 και την ωφέλιμη φωτεινή ροή Φ_n, που φτάνει στο επίπεδο εργασίας.

Είναι γνωστό ότι η αποδιδόμενη φωτεινή ροή δεν φτάνει ποτέ στο επίπεδο εργασίας, γιατί ένα μέρος της απορροφάται από τους τοίχους, την οροφή, κ.λπ.

Στο Σχήμα 4.4.2 φαίνεται ένα παράδειγμα του τρόπου κατανομής της φωτεινής ροής ενός χώρου. Το επίπεδο εργασίας θεωρείται πάντα σε απόσταση 0,85 μέτρα από το έδαφος.



Σχήμα 4.4.2 *Τρόπος κατανομής φωτεινής ροής σε ένα χώρο*

➤ Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένα μέρος (α) της αποδιδόμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα, φωτίζει το επίπεδο εργασίας άμεσα. Ένα άλλο μέρος (β) και (γ) απορροφάται από τους τοίχους και την οροφή. Είναι λογικό όμως ένα μέρος από αυτό να επανέλθει στο επίπεδο εργασίας ως ανακλώμενο.

➤ Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι η ωφέλιμη φωτεινή ροή Φ_n είναι πάντοτε μικρότερη από αυτή που αποδίδουν τα φωτιστικά σώματα Φ_0, οπότε μπορεί να οριστεί ένας **συντελεστής χρησιμοποίησης η** που είναι:

$$\eta = \frac{\Phi_n}{\Phi_0} \ (<1) \qquad (4.4.1)$$

Βέβαια το ποσοστό της φωτεινής ροής που θεωρούμε ότι απορροφάται από τους τοίχους δεν είναι πραγματική απώλεια, γιατί αυτό μας κάνει τους τοίχους ορατούς.

➤ Η συνολικά απαιτούμενη στο χώρο, και αποδιδόμενη φωτεινή ροή Φ_0 από τα φωτιστικά σώματα, δίδεται από τη σχέση:

$$\Phi_0 = \frac{E \cdot A \cdot d}{\eta} \qquad (4.4.2)$$

όπου Φ_0: η απαιτούμενη **φωτεινή ροή** σε Lumen

E: η επιθυμητή **στάθμη φωτισμού** του χώρου σε Lux. Ανάλογα με το χώρο οι τιμές της δίνονται από πίνακες

A: η **επιφάνεια** του χώρου σε **m²**

d: ο σ**υντελεστής συντήρησης**. Είναι ένας συντελεστής προσαύξησης της φωτεινής ροής λόγω ρύπανσης των φωτιστικών σωμάτων. Εξαρτάται από το σχήμα του φωτιστικού, το βαθμό ρύπανσης του χώρου και το χρονικό διάστημα (σε χρόνια) στο οποίο γίνεται ο καθαρισμός τους. Η τιμή του δίνεται από πίνακες μαζί με άλλα χαρακτηριστικά των φωτιστικών

η: ο **συντελεστής χρησιμοποίησης.**

➡ Ο **συντελεστής χρησιμοποίησης η** (σχέση 4.4.1), εκφράζει ποσοστό της συνολικά παραγόμενης φωτεινής ροής των φωτιστικών, η οποία τελικώς αξιοποιείται. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το συντελεστή χρησιμοποίησης, όπως είναι γνωστό από τη Φωτοτεχνία, είναι:

- ➤ οι αναλογίες του χώρου (**k** ο **συντελεστής αναλογιών**)
- ➤ η Φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού σώματος
- ➤ οι συντελεστές ανάκλασης στις επιφάνειες του τοίχου και της οροφής (**συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c** και **συντελεστής ανάκλασης τοίχων r_w**. Αυτοί οι συντελεστές εξαρτώνται από τα χρώματα των επιφανειών και οι τιμές τους δίνονται στους πίνακες των φωτιστικών)

➡ Ο **συντελεστής αναλογιών χώρου k** δίνεται από τη σχέση:

$$k = \frac{2 \cdot l + 8 \cdot w}{10 \cdot h_0} \qquad (4.4.3)$$

όπου **l**: το μήκος του χώρου σε m
w: το πλάτος του χώρου σε m
h_0: το ύψος από το επίπεδο εργασίας σε m

➤ Το ύψος **h_0**, όπως είναι γνωστό από τη Φωτοτεχνία, εξαρτάται από το είδος του φωτισμού (**Πίνακας 4.4.1**).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1 *Υπολογισμός του ύψους h_0 του φωτιστικού σώματος, από το επίπεδο εργασίας, ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού του χώρου*

Φωτισμός	**Ύψος h_0**	h: ύψος χώρου h_φ: ύψος φωτιστικού από οροφή
άμεσος, ημιάμεσος	$h_0 = h - h_0 - 0{,}85$	
ημιέμμεσος, έμμεσος	$h_0 = h - 0{,}85$	
μικτός (διάχυτος)	$h_0 = \frac{1}{2} \cdot \left[(h - h_\varphi - 0{,}85) + (h - 0{,}85)\right]$	

➡ Αφού υπολογίσουμε, σύμφωνα με τα προηγούμενα, την απαιτούμενη φωτεινή ροή **Φ_0** που πρέπει να μας δώσουν τα φωτιστικά σώματα (σχέση 4.4.2), επιλέγουμε από πίνακες **εμπορικών καταλόγων** την ισχύ του φωτιστικού σώματος (σε Watt), για τον τύπο φωτιστικού που χρησιμοποιήσαμε στον υπολογισμό της φωτεινής ροής του χώρου.

➤ Για κάθε ισχύ φωτιστικού σώματος δίνεται επίσης και η φωτεινή ροή **$\Phi_{\Phi\Sigma}$** που αποδίδει αυτό. Έτσι από τη φωτεινή ροή **Φ_0** και τη ροή κάθε φωτιστικού, υπολογίζουμε το πλήθος των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων για το χώρο από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{\Phi_0}{\Phi_{\Phi\Sigma}} \qquad (4.4.4)$$

Υπολογισμός διατομών αγωγών τροφοδοσίας φωτιστικών κυκλωμάτων και διατάξεων προστασίας (ασφαλειών, διακοπτών)

➡ Μετά από:

1. **τον *υπολογισμό* της απαιτούμενης φωτεινής ροής του χώρου,**
2. **την *επιλογή* του τύπου του φωτιστικού σώματος, της ισχύος του και του πλήθους των φωτιστικών σωμάτων, που θα χρειαστούν,**
3. **την *κατανομή* των φωτιστικών σωμάτων στο χώρο,**
4. **τη *σχεδίαση* των φωτιστικών κυκλωμάτων του χώρου και**
5. **την *κατανομή* τους ανά φάση ανάλογα με τις χρονικές ανάγκες κάλυψης του χώρου σε φωτισμό,**

➡ προχωρούμε:

- **στον υπολογισμό των *διατομών* των αγωγών τροφοδοσίας των φωτιστικών κυκλωμάτων,**
- **στην επιλογή των *διατάξεων προστασίας* και *ελέγχου* των φωτιστικών κυκλωμάτων,**
- **στη σχεδίαση του *μονογραμμικού διαγράμματος* του πίνακα φωτισμού και**
- **στον υπολογισμό της *γραμμής παροχής* του πίνακα φωτισμού, η οποία γίνεται από τον πίνακα κίνησης της βιομηχανικής εγκατάστασης.**

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1η: *Επειδή τα φωτιστικά σώματα είναι μονοφασικές καταναλώσεις, η τροφοδοσία τους γίνεται από μονοφασικές γραμμές (μονοφασικά κυκλώματα φωτισμού) με ή χωρίς αγωγό γείωσης ανάλογα με τον τύπο του φωτιστικού (μεταλλικό περίβλημα ή όχι).*

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2η: *Η διατομή των αγωγών κάθε φωτιστικού κυκλώματος είναι ενιαία.*

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 3η: *Ο συντελεστής ισχύος των φωτιστικών σωμάτων θεωρείται ίσος με τη μονάδα* (**συνφ = 1**), *εφόσον ο τύπος του φωτιστικού σώματος έχει διάταξη αντιστάθμισης άεργης ισχύος, πράγμα το οποίο συμβαίνει σε φωτιστικά σώματα τα οποία λόγω της αρχής λειτουργίας τους καταναλώνουν άεργο ισχύ. Αν το φωτιστικό σώμα δεν έχει διάταξη αντιστάθμισης και έχουμε συνολική αντιστάθμιση στην εγκατάσταση, τότε λαμβάνεται υπόψη και ο συντελεστής ισχύος* **συνφ** *των φωτιστικών σωμάτων στον υπολογισμό της διατομής.*

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 4η: *Η τροφοδοσία των φωτιστικών κυκλωμάτων πρέπει να γίνεται και από τις* **τρεις φάσεις L1, L2, L3**, *που φτάνουν στον πίνακα φωτισμού από τον πίνακα κίνησης και θα πρέπει να γίνεται κατά το δυνατόν* **ισοκατανομή** *στις τρεις φάσεις.*

Υπολογισμός διατομών φωτιστικού κυκλώματος

➡ Η **διατομή** που χρησιμοποιείται στα φωτιστικά κυκλώματα είναι ενιαία. Αυτή υπολογίζεται με βάση την **επιτρεπτή πτώση τάσης**, η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς για το φωτισμό είναι μέχρι **1%**. Επομένως για τα φωτιστικά κυκλώματα, που είναι *μονοφασικές καταναλώσεις*, με τάση λειτουργίας **230 V**, είναι **ΔU = 2,3 V**.

➤ Ο υπολογισμός της ενιαίας διατομής γίνεται από τη σχέση:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot (l_1 \cdot I_1 \cdot \text{συνφ}_1 + l_2 \cdot I_2 \cdot \text{συνφ}_2 + \ldots) = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^{n} (l_k \cdot I_k \cdot \text{συνφ}_k) \qquad (4.4.5)$$

όπου l_k: η απόσταση κάθε φωτιστικού σώματος από την αρχή του φωτιστικού κυκλώματος (από πίνακα φωτισμού)

I_k: το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό (ίδιο για όλα τα φωτιστικά σώματα)

συνφ$_k$: ο συντελεστής ισχύος κάθε φωτιστικού σώματος (ίδιος για όλα τα φωτιστικά)

ΔU: η επιτρεπτή πτώση τάσης (2,3 V)

ρ: η ειδική αντίσταση του υλικού των αγωγών (0,018 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ για χαλκό).

➤ Το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό σώμα είναι:

$$P = U \cdot I \cdot \text{συνφ} \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} \qquad (4.4.6)$$

Υπολογισμός διατάξεων ελέγχου και προστασίας

➡ Ο υπολογισμός των **διατάξεων προστασίας** και **ελέγχου** (ασφάλειες και διακόπτες) υπολογίζεται με βάση όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1.

Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Φωτισμού

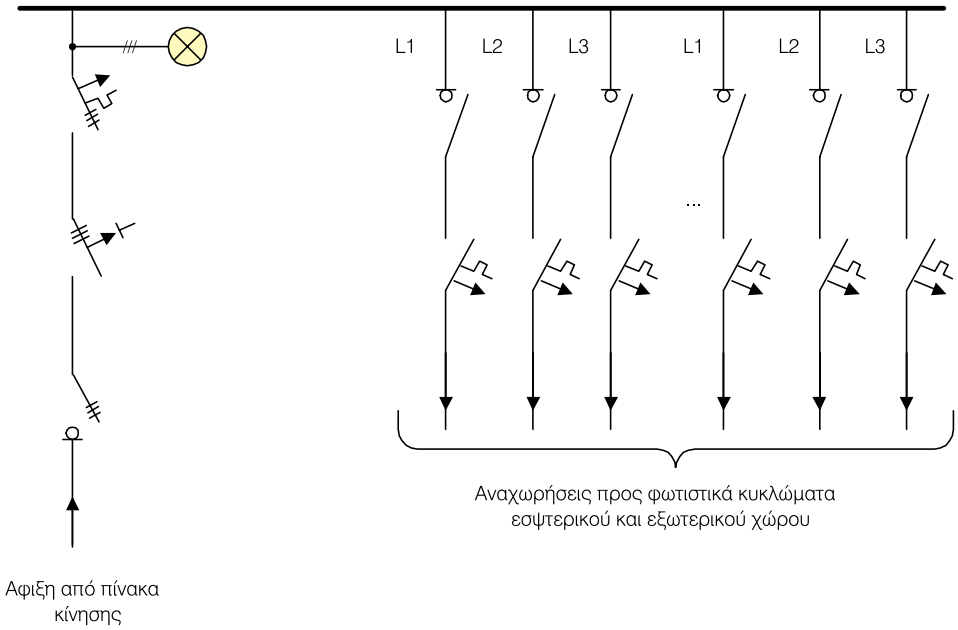
➡ Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός τριφασικού **Πίνακα Φωτισμού** φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 4.4.3.

➤ Η **παροχή** του Πίνακα Φωτισμού - άφιξη, γίνεται από τον **Πίνακα Κίνησης** της εγκατάστασης και αποτελείται από:

1. **Τριπολικό διακόπτη φορτίου**
2. **Τριφασικό ρελέ προστασίας**
3. **Τριπολική αυτόματη ασφάλεια**
4. **Ενδεικτικές λυχνίες**

➤ Οι **αναχωρήσεις** από τον Πίνακα Φωτισμού είναι μονοφασικές και αφορούν την τροφοδοσία των κυκλωμάτων φωτισμού της εγκατάστασης. Κάθε γραμμή φωτιστικού κυκλώματος ελέγχεται και προστατεύεται από:

1. **Μονοπολικό ραγοδιακόπτη** και
2. **Αυτόματη μονοπολική ασφάλεια**



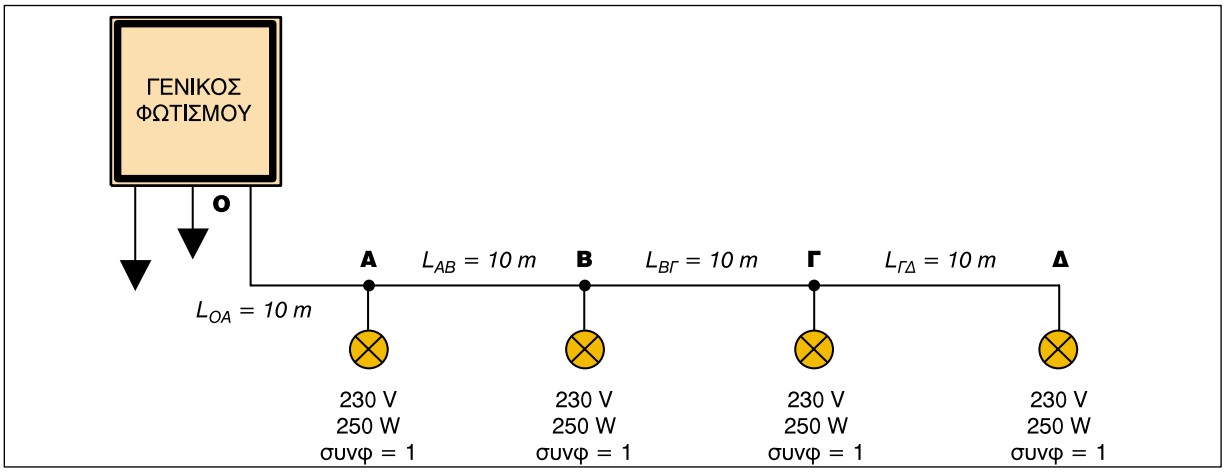
Σχήμα 4.4.3 *Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Φωτισμού*

■ *Υπολογισμός γραμμής παροχής Πίνακα Φωτισμού*

➡ Ο υπολογισμός της **γραμμής παροχής** του Πίνακα Φωτισμού γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων φωτισμού, που αναχωρούν από αυτόν, χρησιμοποιώντας ως **συντελεστή ταυτοχρονισμού** τη μονάδα **(1)**.

Παράδειγμα:

➤ *Στην παρακάτω διάταξη να υπολογιστεί η διατομή των αγωγών ενός φωτιστικού κυκλώματος, καθώς και οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου του φωτιστικού κυκλώματος, που τροφοδοτείται από μία φάση. Τα φωτιστικά σώματα έχουν μεταλλικό περίβλημα και διαθέτουν διάταξη διόρθωσης του συντελεστή ισχύος τους.*



Λύση:

➡ Για το παράδειγμά μας το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό σώμα, από τη σχέση 4.4.6, είναι:

$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} = \frac{240\ \text{W}}{230\ \text{V} \cdot 1} = \mathbf{1{,}09\ A}$$

➡ Από τη σχέση 4.4.5 για την ενιαία διατομή έχουμε:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^{n} (l_k \cdot I_k \cdot \text{συνφ}_k) = \frac{2 \cdot 0{,}018\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}}{2{,}3\ \text{V}} \cdot I \cdot \text{συνφ}\ (l_{OA} + l_{OB} + l_{O\Gamma} + l_{O\Delta}) =$$

$$= 0{,}0171\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot (10\ \text{m} + 20\ \text{m} + 30\ \text{m} + 40\ \text{m}) = 1{,}71\ \text{mm}^2$$

Η αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη διατομή αγωγών είναι **2,5 mm²**. Επομένως για το φωτιστικό κύκλωμα θα χρησιμοποιήσουμε:

Τριπολικό καλώδιο *NYY 3x2,5 mm²* (φάση, ουδέτερος και αγωγός γείωσης). Ο αγωγός γείωσης χρησιμοποιείται για φωτιστικά σώματα με μεταλλικό περίβλημα.

Η διατομή των αγωγών, από την κύρια γραμμή του φωτιστικού κυκλώματος προς κάθε φωτιστικό σώμα είναι *3x1,5 mm²*.

➡ Από τον Πίνακα 2.2.8 και τον Πίνακα 2.2.12 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, επιλέγουμε:

***Αυτόματη διπολική ασφάλεια (μικροαυτόματος διακόπτης ράγας)* τύπου "C" ονομαστικού ρεύματος *20 A*.**

4.4.3 Εφαρμογές

Α. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης φωτισμού του βιομηχανικού χώρου ενός μηχανουργείου (στον οποίο έγινε και η μελέτη κίνησης στην Ενότητα 4.3), διαστάσεων **45x25x7 m** (μήκος - πλάτος - ύψος), με θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C.

➡ Στη μελέτη αυτή θα υπολογίσουμε τον αριθμό και τον τύπο των φωτιστικών σωμάτων που απαιτούνται και θα επιλέξουμε την ισχύ κάθε φωτιστικού σώματος.

➤ Θα κατανείμουμε ομοιόμορφα τα φωτιστικά στα κυκλώματα τροφοδοσίας τους και σε κάθε φάση της τριφασικής παροχής τους, υπολογίζοντας ταυτόχρονα διατομές των αγωγών τροφοδοσίας και διατάξεις ελέγχου και προστασίας στον πίνακα φωτισμού της εγκατάστασης.

➤ Τέλος θα σχεδιάσουμε τα **μονογραμμικά διαγράμματα** των κυκλωμάτων φωτισμού και του πίνακα φωτισμού.

■ *Υπολογισμός φωτεινής ροής χώρου και πλήθους φωτιστικών*

Βήμα 1°: Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή του κατάλληλου φωτισμού. Για το παράδειγμά μας αυτός θα είναι γενικός φωτισμός για το σύνολο του χώρου και τοπικός για την κάθε θέση εργασίας.

Με τη βοήθεια του **Πίνακα Α** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α, που δίνει για κάθε χώρο εργασίας την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, καθορίζουμε την επιθυμητή στάθμη φωτισμού **E** σε Lux.

Πηγαίνοντας στη θέση **Μηχανουργεία** αυτών των πινάκων βλέπουμε ότι για το συγκεκριμένο χώρο υπάρχουν τέσσερις επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με το είδος της εργασίας. Εμείς θα ενεργήσουμε με τη δεύτερη κατηγορία (εργασία μέση), η οποία δίνει επιθυμητή στάθμη φωτισμού **250 - 500** Lux και θεωρούμε μία στάθμη φωτισμού **E = 320 Lux**.

Βήμα 2°: Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός της συνολικής απαιτούμενης φωτεινής ροής (ή αλλιώς φωτεινής ισχύος) του χώρου Φ_0, που θα πρέπει να μας αποδώσουν τα φωτιστικά σώματα που θα επιλέξουμε να τοποθετηθούν στο χώρο μας.

Στη συνέχεια πρέπει να επιλέξουμε το είδος των φωτιστικών σωμάτων. Είναι γνωστό ότι σε εγκαταστάσεις φωτισμού όπου η θέση των φωτιστικών σωμάτων είναι μεγαλύτερη των πέντε **(5)** μέτρων από το επίπεδο εργασίας, ο οικονομικότερος και αποδοτικότερος φωτισμός είναι ο **άμεσος** και με λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή ατμών νατρίου υψηλής πίεσης.

➡ Από πίνακες φωτιστικών σωμάτων που επίσης δίνονται, επιλέγουμε φωτιστικό σώμα με λαμπτήρα ατμών Υδραργύρου **HPL-R - 400** Watt με στοιχεία αυτά που φαίνονται στον **Πίνακα Β** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α.

Θεωρούμε για το χώρο μας, ανάλογα με το χρωματισμό της οροφής, π.χ. μεσαίος χρωματισμός οροφής και σκούρος τοίχων, συντελεστές:

ανάκλασης οροφής r_c = 0,3 (μεσαίου χρώματος οροφή)

ανάκλασης τοίχων r_w = 0,1 (σκούρου χρώματος τοίχοι)

➡ Για το **συντελεστή αναλογιών** χώρου **k** από τη σχέση 4.4.3 και τον Πίνακα 4.4.1, για **άμεσο** φωτισμό θα έχουμε:

$$h_0 = h - h_0 - 0{,}85 = 7 - 1{,}0 - 0{,}85 = 5{,}15$$

$$k = \frac{2 \cdot l + 8 \cdot w}{10 \cdot h_0} = \frac{2 \cdot 40 + 8 \cdot 25}{10 \cdot 5{,}15} = 5{,}44$$

➡ Από τον **Πίνακα Β** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού για:

$\mathbf{r_c = 0{,}3}$ **,** $\mathbf{r_w = 0{,}1}$ και $\mathbf{k = 5{,}44}$

προκύπτει τιμή για το **συντελεστή χρησιμοποίησης η** (κάνοντας παρεμβολή στις τιμές του **η = 0,68** για **k = 5** και **η = 0,72** για **k = 6**):

η = 0,69

Επειδή ο βαθμός ρύπανσης του χώρου είναι υψηλός, θεωρούμε ότι ο καθαρισμός του θα γίνεται κάθε δύο (2) χρόνια και, επομένως, για το **συντελεστή συντήρησης d** έχουμε, από τον **Πίνακα Β** του παραρτήματος:

d = 1,90

➡ Έτσι τελικά από τη σχέση 4.4.2, έχουμε για την απαιτούμενη φωτεινή ροή του χώρου $\mathbf{\Phi_0}$:

$$\Phi_0 = \frac{E \cdot A \cdot d}{\eta} = \frac{E \cdot (l \cdot w) \cdot d}{\eta} = \frac{320 \cdot 45 \cdot 25 \cdot 1{,}90}{0{,}69} = 991.304 \quad \text{Lumen}$$

➡ Από εμπορικούς καταλόγους για το συγκεκριμένο τύπο φωτιστικού ισχύος **400 Watt**, βλέπουμε ότι αποδίδει $\mathbf{\Phi_{\Phi\Sigma} = 22.000}$ **Lumen**. Έτσι το πλήθος των φωτιστικών για το χώρο, από τη σχέση 4.4.4, είναι:

$$\lambda = \frac{\Phi_0}{\Phi_{\Phi\Sigma}} = \frac{991.304}{22.000} = 45{,}06 \rightarrow \quad \mathbf{45} \text{ φωτιστικά σώματα}$$

■ *Κατανομή φωτιστικών και κυκλώματα τροφοδοσίας*

➡ Η κατανομή των **σαράντα πέντε (45)** φωτιστικών σωμάτων στο χώρο θα γίνει σε **πέντε (5)** σειρές, **Α, Β, Γ, Δ, Ε,** κατά μήκος του χώρου, με **εννέα (9)** φωτιστικά η κάθε σειρά, όπως φαίνεται στο **Σχέδιο Φ1**.

➡ Κυκλώματα φωτισμού (μονογραμμικό διάγραμμα)

➤ Η τροφοδοσία των σαράντα πέντε (45) φωτιστικών σωμάτων θα γίνει από τον **Πίνακα Φωτισμού**. Ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού που θέλουμε να έχουμε στο χώρο κάνουμε και την κατανομή των φωτιστικών σωμάτων ανά φάση.
➤ Για τον υπό μελέτη χώρο επιλέγουμε κατανομή των φωτιστικών ανά φάση, αυτή που φαίνεται στο **Σχέδιο Φ1**.
➤ Έτσι σε καθεμιά σειρά από τις **Α, Β, Γ, Δ, Ε,** θα έχουμε ανά φάση, τρία φωτιστικά σώματα ανά φωτιστικό κύκλωμα. Επειδή τα φωτιστικά σώματα είναι μονοφασικές καταναλώσεις τα κυκλώματα τροφοδοσίας τους, που αναχωρούν από τον πίνακα φωτισμού, θα είναι **μονοφασικά**, όπως φαίνονται στο **Σχέδιο Φ1**.

➡ Υπολογισμός διατομών φωτιστικών κυκλωμάτων

Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών κάθε φωτιστικού κυκλώματος θα γίνει χρησιμοποιώντας ενιαία διατομή αγωγών ανά φωτιστικό κύκλωμα.

➤ Η **διατομή** κάθε φωτιστικού κυκλώματος είναι ενιαία και υπολογίζεται με βάση την **επιτρεπτή πτώση τάσης**, η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς για το φωτισμό είναι μέχρι **1%**, δηλαδή για τάση λειτουργίας **230 V**, θα είναι **ΔU = 2,3 V**.

Για τον υπολογισμό της ενιαίας διατομής θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^{n} (l_k \cdot I_k \cdot \text{συν}\varphi_k)$$

όπου l_k: η απόσταση κάθε φωτιστικού σώματος από την αρχή του φωτιστικού κυκλώματος (από πίνακα φωτισμού).

συνφ$_k$: ο συντελεστής ισχύος κάθε φωτιστικού σώματος (ίδιος για όλα τα φωτιστικά) και στην περίπτωσή μας για τον τύπο του φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιούμε είναι ίσος με 1.

I$_k$: το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό (ίδιο για όλα τα φωτιστικά σώματα, αφού είναι της ίδιας ισχύος) είναι:

$$P = U \cdot I \cdot \text{συν}\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \text{συν}\varphi} = \frac{400}{230 \cdot 1} = \mathbf{1{,}74\ A}$$

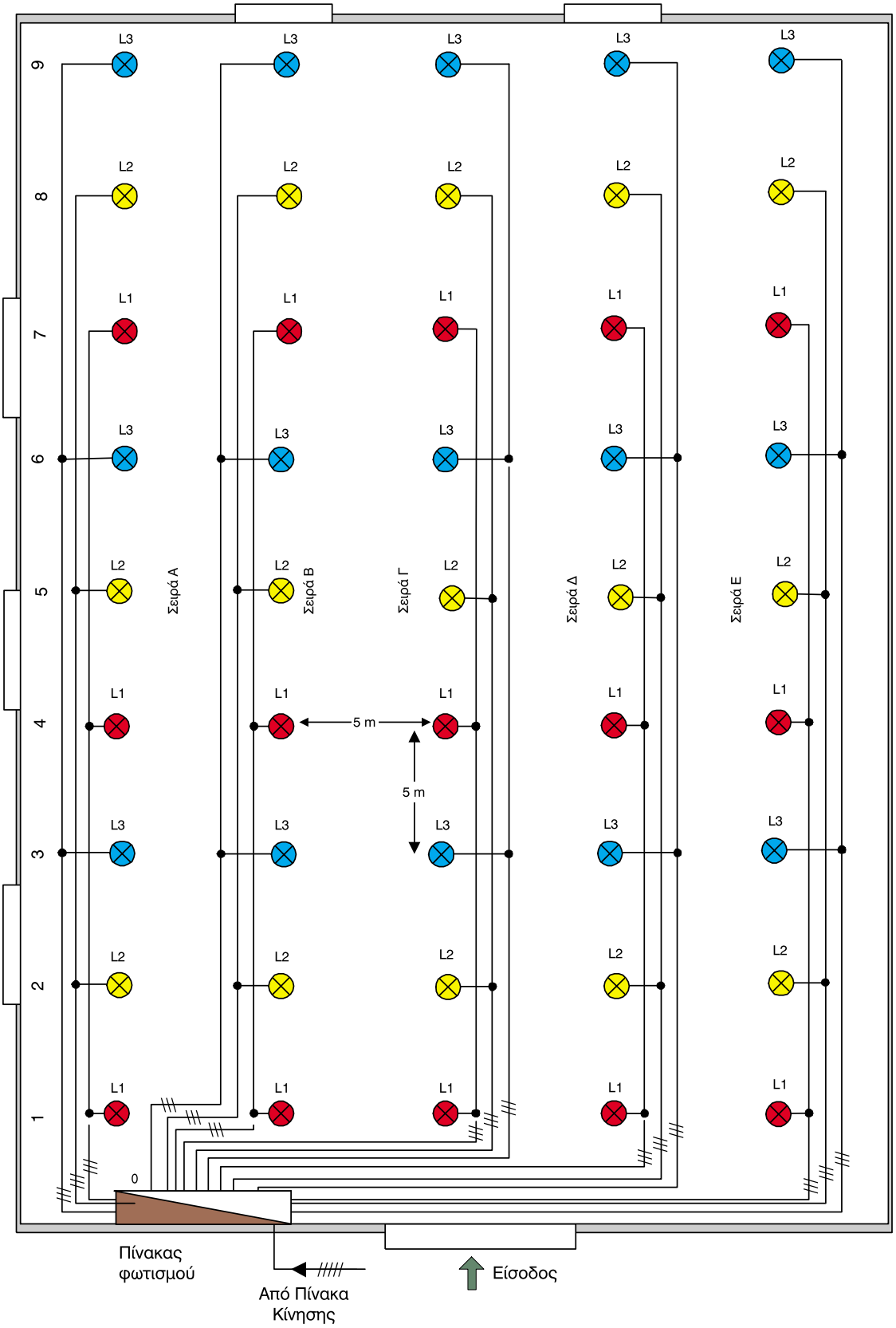
ΔU: η επιτρεπτή πτώση τάσης (2,3 V)

ρ: η ειδική αντίσταση του υλικού των αγωγών (0,018 $\Omega \cdot mm^2/m$ για χαλκό)

➤ Με βάση τα προηγούμενα και τη βοήθεια του **Σχεδίου Φ1**, θα έχουμε τον επόμενο πίνακα υπολογισμών, για όλα τα φωτιστικά κυκλώματα. Στον ίδιο πίνακα δίνονται και οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1.

Επειδή οι διατομές προέκυψαν από τους περιορισμούς της πτώσης τάσης, η επιλογή των διακοπτών και ασφαλειών μπορεί να γίνει με το συνολικό ρεύμα κάθε φωτιστικού κυκλώματος, που είναι 5,22 Α, οπότε προκύπτουν οι διακόπτες και οι ασφάλειες που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Φωτιστικό κύκλωμα	Φάση	Διατομή γραμμής σε mm^2	Διάταξη προστασίας και ελέγχου
Ο - Α1 - Α4 - Α7	L1	3x2,5 mm^2 (L1,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Α2 - Α5 - Α8	L2	3x2,5 mm^2 (L2,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Α3 - Α6 - Α9	L3	3x2,5 mm^2 (L3,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Β1 - Β4 - Β7	L1	3x2,5 mm^2 (L1,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Β2 - Β5 - Β8	L2	3x2,5 mm^2 (L2,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Β3 - Β6 - Β9	L3	3x2,5 mm^2 (L3,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Γ1 - Γ4 - Γ7	L1	3x2,5 mm^2 (L1,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Γ2 - Γ5 - Γ8	L2	3x2,5 mm^2 (L2,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Γ3 - Γ6 - Γ9	L3	3x4 mm^2 (L3,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Δ1 - Δ4 - Δ7	L1	3x2,5 mm^2 (L1,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Δ2 - Δ5 - Δ8	L2	3x4 mm^2 (L2,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Δ3 - Δ6 - Δ9	L3	3x4 mm^2 (L3,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Ε1 - Ε4 - Ε7	L1	3x4 mm^2 (L1,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Ε2 - Ε5 - Ε8	L2	3x4 mm^2 (L2,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α
Ο - Ε3 - Ε6 - Ε9	L3	3x4 mm^2 (L3,N,PE)	Μονοπολικός **Ραγοδιακόπτης** 16 Α Μονοπολική **Αυτόματη ασφάλεια** "Β" 10 Α


1
2
3
4
5
6
7
8
9
L1
L2
L3
Σειρά Α
Σειρά Β
Σειρά Γ
Σειρά Δ
Σειρά Ε
5 m
5 m
0
Πίνακας φωτισμού
Από Πίνακα Κίνησης
Είσοδος

Σχέδιο Φ1

➡ **Πίνακας φωτισμού (μονογραμμικό διάγραμμα)**

Ο υπολογισμός της **γραμμής παροχής** του **Πίνακα Φωτισμού** γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων φωτισμού, που αναχωρούν από αυτόν, χρησιμοποιώντας ως **συντελεστή ταυτοχρονισμού** τη μονάδα **(1)**.

➤ Για τα **15** κυκλώματα φωτισμού, αφού το κάθε φωτιστικό κύκλωμα απορροφά **1200 Watt**, θα έχουμε συνολική τριφασική ισχύ στον **Πίνακα Φωτισμού 18000 Watt**, (συντελεστής ταυτοχρονισμού **1**).

➤ Η τροφοδοσία του **Πίνακα Φωτισμού**, όπως ήδη γνωρίζουμε, γίνεται από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέσω τριφασικής παροχής. Το ρεύμα αυτής της παροχής είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συνφ}} = \frac{18000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = \mathbf{26\ A}$$

➤ Σύμφωνα με τους κανονισμούς **DIN VDE** και **IEC** (Πίνακα 2.2.4 - ΟΜΑΔΑ ΙΙ και πίνακα 2.2.5 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2) και για θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C, θα χρησιμοποιήσουμε διατομή αγωγών:

S = 4 mm².

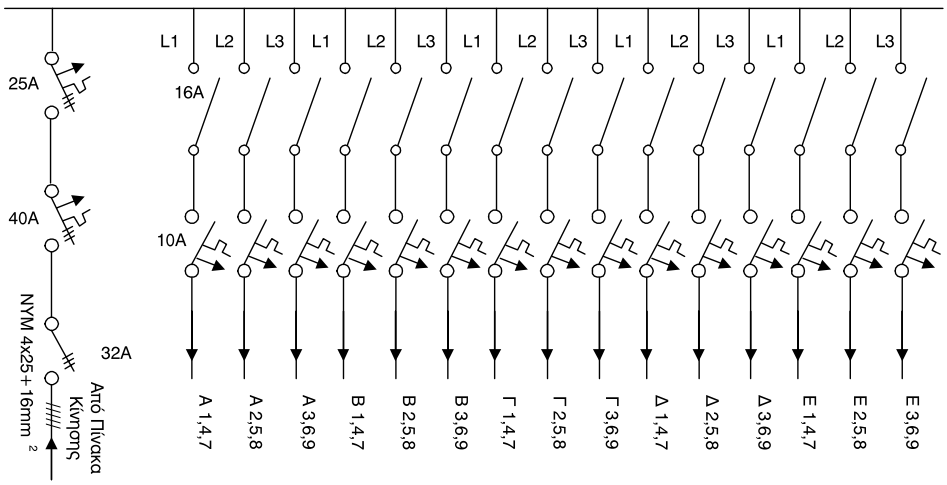
➤ Επομένως από το Γενικό Πίνακα Κίνησης θα έχουμε παροχή:

NYM 4x25 + 16 mm2 (L1, L2, L3, N + PE).

➤ Για τον υπολογισμό των διατάξεων προστασίας και ελέγχου (διακόπτες, ασφάλειες) από τους Πίνακες 2.2.8, 2.2.12, 2.2.16 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, επιλέγουμε:

- **τριπολικό ραγοδιακόπτη 32 A**
- **τριπολικό ρελέ προστασίας 40 A** και
- **τριπολική αυτόματη ασφάλεια τύπου "B" 25 A**.

➡ Στο **Σχέδιο Φ2** φαίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα του **Πίνακα Φωτισμού** της εγκατάστασης.

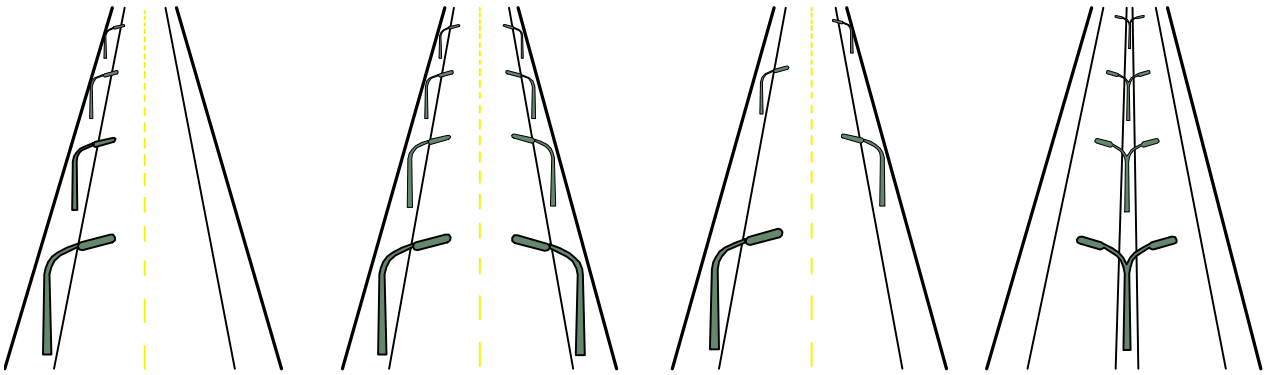


Σχέδιο Φ2

Β. ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Φωτισμός εξωτερικών χώρων - Γενικά

Οι **εξωτερικοί χώροι** όπως εθνικοί δρόμοι, δρόμοι σε βιομηχανικές περιοχές, πλατείες, κ.λπ., φωτίζονται με φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα επάνω σε στύλους με ελάχιστο ύψος τα **επτά (7)** μέτρα, ή είναι κρεμασμένα από συρματόσχοινα σε διάφορες διαστάσεις και συνδυασμούς μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.4.



Σχήμα 4.4.4 *Τρόποι διάταξης φωτιστικών σε δρόμους*

➡ Ως γνώμονα, σε μια μελέτη φωτισμού εξωτερικού χώρου, έχουμε το θεμελιώδη νόμο της φωτομετρίας. Σύμφωνα με αυτόν η ένταση, ή η ποσότητα φωτισμού **E** σε ένα σημείο της φωτιζόμενης επιφάνειας είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, από το σημείο της επιφάνειας μέχρι την πηγή του φωτός (Σχήμα 4.4.5), δηλαδή

$$E = \frac{I_\gamma \cdot \text{συνγ}}{r^2} \qquad (4.4.7)$$

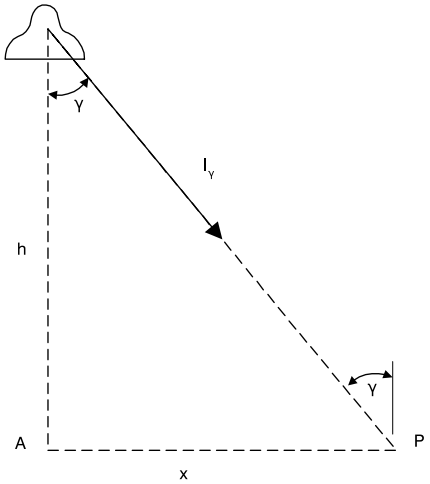
όπου **E**: η ένταση φωτισμού σε **Lux** στο σημείο της επιφάνειας.

Iγ: η **φωτεινή ένταση** της πηγής στην ευθεία πηγής - σημείου επιφάνειας. Αυτή προκύπτει από την καμπύλη κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού σώματος.

γ: η γωνία που σχηματίζει το κάθετο επίπεδο στη φωτιζόμενη επιφάνεια, με την ευθεία πηγής - σημείου επιφάνειας.

r: η απόσταση μεταξύ φωτεινής πηγής και σημείου επιφάνειας.

Με την προηγούμενη σχέση υπολογίζουμε την ένταση φωτισμού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας που θα φωτιστεί, έχοντας υπόψη και τη συμβολή των γειτονικών φωτιστικών, εάν αυτή είναι αξιόλογη.



Σχήμα 4.4.5 *Ορισμός της έντασης φωτισμού σε σημείο επιφάνειας*

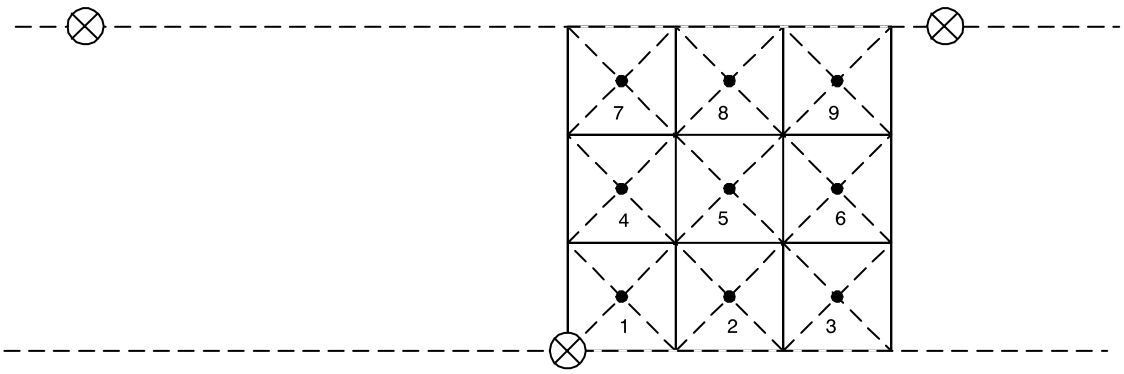
Στις μελέτες φωτισμού εξωτερικών χώρων, δεν λαμβάνονται υπόψη οι ποσότητες του φωτισμού, που προκύπτουν από τις ανακλάσεις των διαφόρων επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου που θα φωτιστεί.

➡ Σύμφωνα με το **σχήμα** και το **είδος** της φωτιζόμενης επιφάνειας και με τη βοήθεια εμπορικών καταλόγων από κατασκευαστές φωτιστικών σωμάτων, επιλέγουμε το κατάλληλο φωτιστικό σώμα.

➤ Αν ο χώρος είναι κατοικημένος και κλειστός από κτίρια, η επιλογή μας επικεντρώνεται σε φωτιστικά σώματα με μεγάλο εύρος, ώστε εκτός από το οδόστρωμα να μας φωτίζουν και τους τοίχους των κτιρίων.

➤ Αν ο χώρος είναι ανοιχτός, τότε επιλέγουμε φωτιστικά σώματα με περισσότερο συγκεντρωτικό φωτισμό.

➡ Στη συνέχεια χωρίζουμε την επιφάνεια, που θέλουμε να φωτίσουμε, σε ίσα τετράγωνα τμήματα (Σχήμα 4.4.6) και υπολογίζουμε τη φωτεινή ένταση στο κέντρο κάθε τετραγώνου με βάση τη σχέση 4.4.7.



Σχήμα 4.4.6 *Διαίρεση της επιφάνειας για τον υπολογισμό της φωτεινής έντασης*

➡ Από τις μερικές φωτεινές εντάσεις των τετραγώνων υπολογίζουμε το μέση τιμή της φωτεινής έντασης E_m.

Για να έχουμε μεγάλη ακρίβεια στη μελέτη μας θα πρέπει τα τετράγωνα τμήματα να τα έχουμε πάρει με μικρές διαστάσεις. Είναι απαραίτητο επίσης στους υπολογισμούς μας να γίνει μια προσαύξηση της τάξης του 20% - 25%, ώστε να καλυφθούν οι απώλειες που θα προκύψουν από το χρόνο γήρανσης του λαμπτήρα και από τη ρύπανση του φωτιστικού σώματος.

➡ Αφού υπολογίσουμε τη **μέση ένταση φωτισμού** E_m, προσδιορίζουμε από τις επιμέρους τιμές τη **μέγιστη ένταση φωτισμού** E_{max} αλλά και την **ελάχιστη** E_{min}. Με βάση αυτές τις τιμές και τη βοήθεια **Πινάκων**, (οι οποίοι ανάλογα με το είδος του χώρου δίνουν τις απαιτούμενες εντάσεις φωτισμού, μέσες, ελάχιστες και κανονικές), συμπεραίνουμε για την επάρκεια και την ομοιομορφία του φωτισμού.

Σημείωση: *Η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μη δημιουργεί ανακλάσεις, καθώς επίσης και σκοτεινές περιοχές - ζώνες, γιατί τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε αυτές δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τους οδηγούς.*

Σύμφωνα με τους κανονισμούς κατά DIN 5044/8, 63 όσο μεγαλύτερη είναι η οριζόντια ένταση φωτισμού, τόσο λιγότερο ενοχλούν οι ανακλάσεις.

Μελέτη φωτισμού δρόμων - Υπολογισμοί γραμμών τροφοδοσίας

➡ Μια **φωτοτεχνική** μελέτη δρόμου συντάσσεται με τις προδιαγραφές της CIE για τον οδικό φωτισμό και την κυκλοφορία. Στην προσπάθεια επιτυχίας ενός καλού και ομοιόμορφου φωτισμού, επιδιώκουμε για λόγους οικονομίας να χρησιμοποιήσουμε μικρό αριθμό ιστών στήριξης και φωτιστικών σωμάτων.

Αυτό σημαίνει ότι τα φωτιστικά σώματα πρέπει να είναι υψηλής φωτιστικής απόδοσης, να στέλνουν το φως εκεί που το χρειαζόμαστε, δηλαδή σε μεγάλα μήκη, ώστε χρησιμοποιώντας μικρό αριθμό φωτιστικών να επιτυγχάνουμε όχι μόνο την επιθυμητή φωτιστική ένταση αλλά και την απαραίτητη ομοιομορφία.

➡ Τα φωτιστικά σώματα των εξωτερικών χώρων κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους και χρησιμοποιούν ειδικούς λαμπτήρες. Δύο από αυτούς τους τύπους παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι:

- Οι λαμπτήρες **ατμών υδραργύρου** ή **νατρίου υψηλής πίεσης**, ισχύος 250 - 400 Watt με φωτεινότητα 23.000 Lumen - 47.000 Lumen.
- Οι λαμπτήρες ατμών **νατρίου χαμηλής πίεσης**, ισχύος 135 - 180 Watt.

➡ Όσον αφορά το **φωτισμό εθνικών δρόμων ή δρόμων σε βιομηχανικές περιοχές**, θα πρέπει να έχουμε υπόψη τα ακόλουθα:

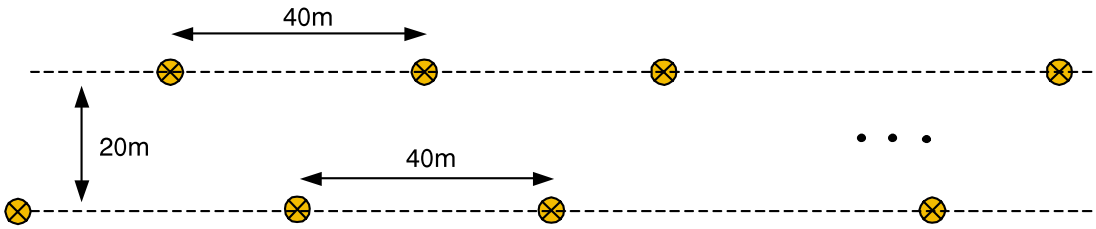
- Όταν γίνεται τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων στη μια πλευρά του δρόμου ισχύει ότι το ύψος ανάρτησης h είναι περίπου ίσο με το πλάτος b του δρόμου.
- Το καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των φωτιστικών και από τις δύο πλευρές του δρόμου.
- Η καλύτερη ομοιομορφία επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων επάνω στον άξονα του δρόμου.

Πρέπει να τονιστεί ότι για το φωτισμό *εθνικών δρόμων ή δρόμων βιομηχανικών περιοχών* επιλέγονται ως καλύτερος τύπος φωτιστικού σώματος οι λαμπτήρες ατμών Νατρίου, οι οποίοι λόγω του κίτρινου χρώματος φωτίζουν με μεγαλύτερη ευκρίνεια ακόμη και σε περιβάλλον ομίχλης.

Παράδειγμα:

➤ Να γίνει μελέτη φωτισμού σε δρόμο βιομηχανικής περιοχής πλάτους **20 m** και μήκους **440 m**, χρησιμοποιώντας φωτιστικά σώματα ατμών νατρίου υψηλής πίεσης **250 W - 23.000 Lumen**.

Τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται στις πλευρές του δρόμου σε τριγωνική διάταξη και η απόστασή τους, για κάθε πλευρά, θα είναι **40 m**, ενώ το ύψος από το οδόστρωμα 10 m (Σχήμα 4.4.7). Η τάση τροφοδοσίας τους είναι τα **230 V - 50 Hz**.



Σχήμα 4.4.7 *Διάταξη φωτιστικών σωμάτων*

Λύση:

➤ Για την παραπάνω κάλυψη του δρόμου θα χρησιμοποιήσουμε **είκοσι τέσσερα (24)** φωτιστικά σώματα των **250 W** το καθένα και, επομένως, η συνολική ισχύς τους, είναι 24 x 250 = **6000 Watt**.

➡ Ο έλεγχος των φωτιστικών σωμάτων (άναμμα και σβήσιμο) γίνεται από **Πίνακες Ελέγχου Φωτιστικών Στύλων** που διαφορετικά ονομάζονται **Pillar**. Κάθε τέτοιος πίνακας ελέγχει ένα πλήθος φωτιστικών σωμάτων, που μπορεί να είναι της μιας πλευράς του δρόμου. Επίσης τοποθετείται στο μέσο της διαδρομής που εκτείνονται τα φωτιστικά σώματα που ελέγχει, για να έχουμε έτσι μικρότερες πτώσεις τάσεις στα φωτιστικά κυκλώματα που ξεκινούν από κάθε Pillar.

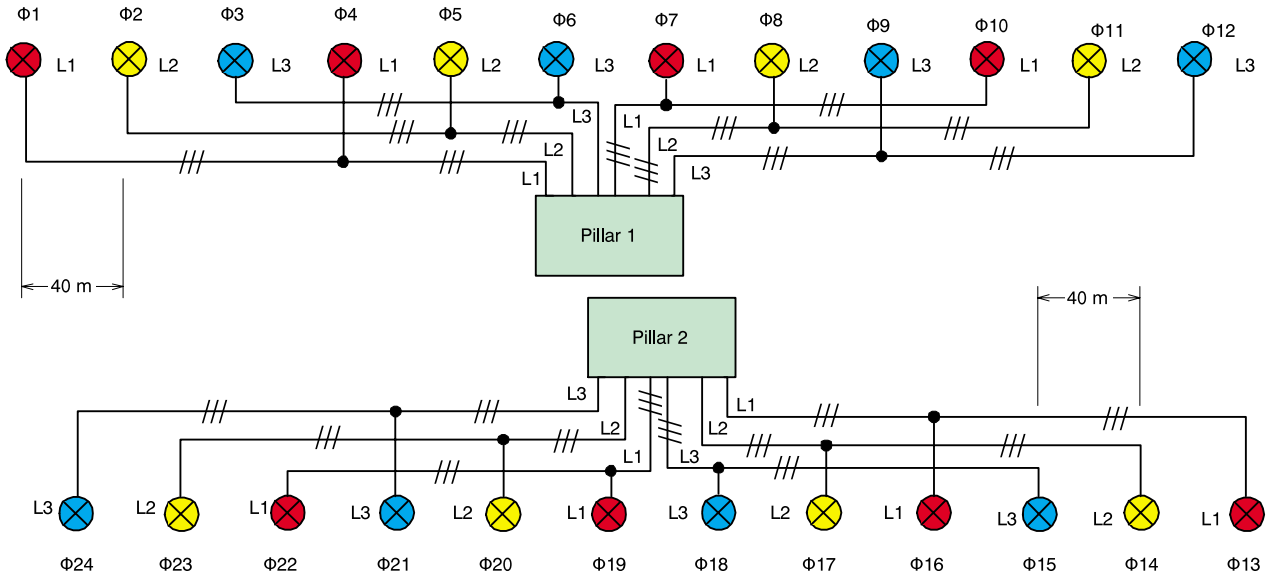
➡ Σε κάθε **Pillar** υπάρχει **χρονοδιακόπτης** και κοντά σε αυτό βρίσκονται **φωτοκύτταρα** που ενεργοποιούν τους αυτοματισμούς του συγκεκριμένου **Pillar**:

- ➤ Όταν ο φυσικός φωτισμός πέφτει κάτω από μια καθορισμένη τιμή, το φωτοκύτταρο δίνει εντολή έναυσης και ενεργοποιείται ο γενικός τηλεχειριζόμενος διακόπτης του πίνακα με αποτέλεσμα τα φώτα να ανάβουν.
- ➤ Το χρονοδιακόπτη το ρυθμίζουμε, όπως θέλουμε εμείς, έτσι ώστε τις ώρες που δεν υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία και δεν χρειάζεται πολύ φως, να θέτει μία ή και δύο φάσεις εκτός λειτουργίας και έτσι να μένουν αναμμένα μόνο τα φώτα που τροφοδοτούνται από μία φάση.

➤ Το πρωί τα φωτοκύτταρα διεγείρονται από το φως της ημέρας και όλα τα φώτα σβήνουν. Μια άλλη αρμοδιότητα του φωτοκύτταρου είναι να παρεμβαίνει τις ημέρες ή ώρες που η φωτεινότητα είναι χαμηλή π.χ. λόγω βροχής ή ομίχλης και να ανάβει τα φώτα.

Υπολογισμοί γραμμών για κάθε Pillar

➡ Η συγκεκριμένη διάταξη του παραδείγματος φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 4.4.8, όπως επίσης και η κατανομή των φωτιστικών σωμάτων σε κάθε **Pillar** και σε κάθε φάση του **Pillar**.



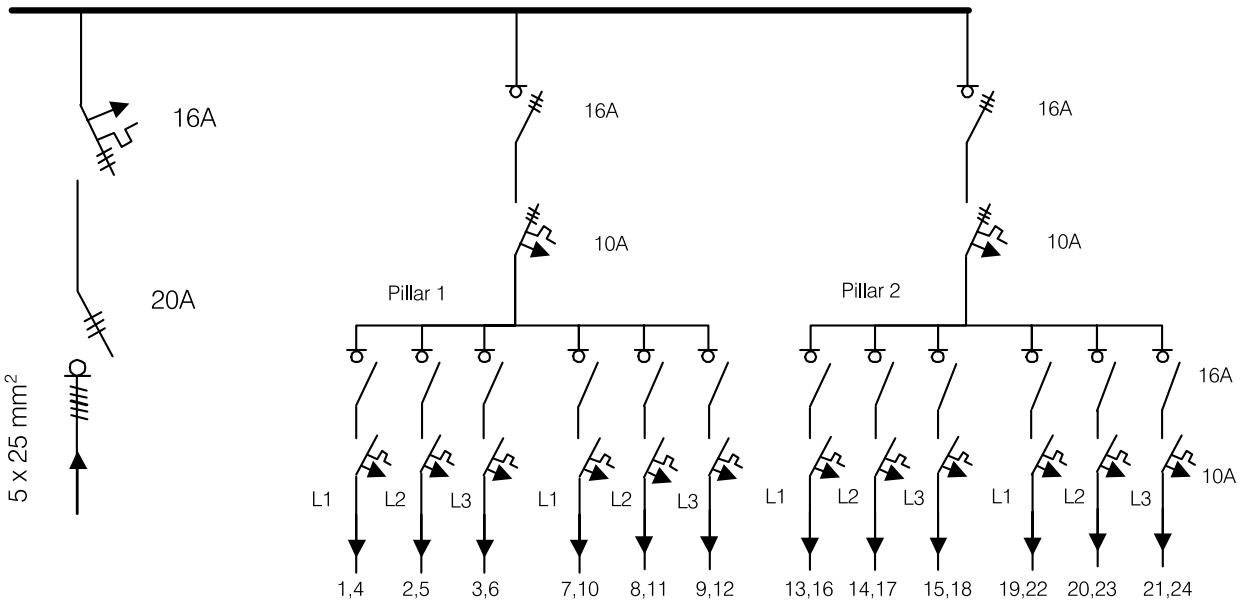
Σχήμα 4.4.8 *Κατανομή φωτιστικών ανά Pillar και φάση*

➡ Ο υπολογισμός της **διατομής** των μονοφασικών κυκλωμάτων που τροφοδοτούν τα φωτιστικά κάθε πίνακα (**Pillar**) γίνεται με τη χρήση **ενιαίας διατομής** για κάθε φωτιστικό κύκλωμα. Η επιλογή των διατάξεων προστασίας των φωτιστικών κυκλωμάτων γίνεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1. Όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Επειδή οι διατομές προέκυψαν από τους περιορισμούς της πτώσης τάσης, η επιλογή των διακοπτών και ασφαλειών μπορεί να γίνει με το συνολικό ρεύμα κάθε φωτιστικού κυκλώματος, που είναι 2,17 Α, οπότε προκύπτουν οι διακόπτες και οι ασφάλειες που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

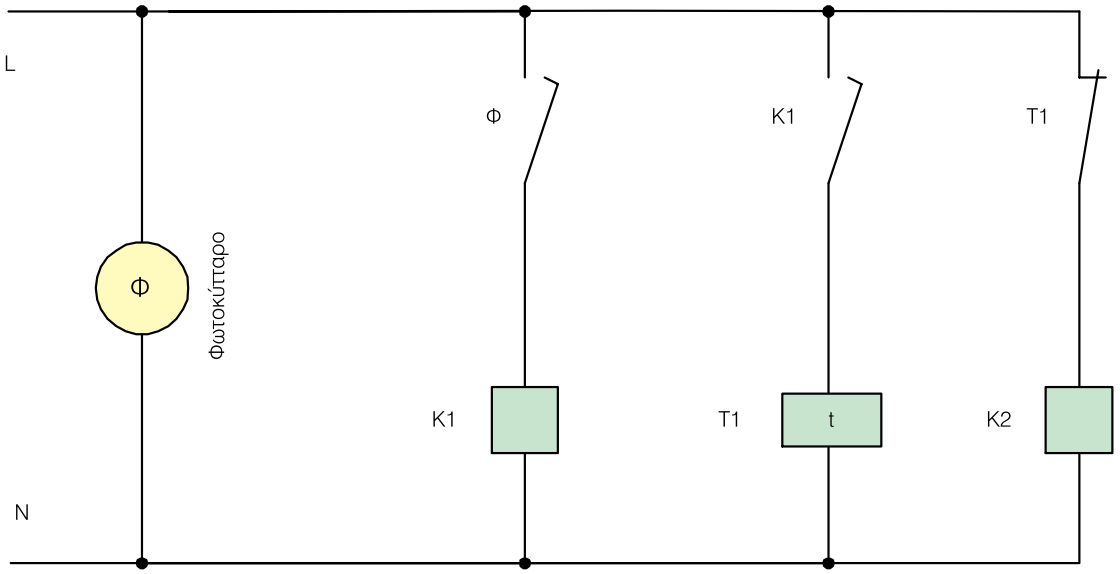
Φωτιστικό κύκλωμα -Pillar - Φάση	Διατομή γραμμής σε m7m²	Διάταξη προστασίας και ελέγχου
ΚΦ1Φ4 - 1 - L1 **ΚΦ9Φ12 - 1 - L3** **ΚΦ13Φ16 - 2 - L1** **ΚΦ21Φ24 - 2 - L3**	3x10 mm² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "Β" 10 A
ΚΦ2Φ5 - 1 - L2 **ΚΦ8Φ11 - 1 - L2** **ΚΦ14Φ17 - 2 - L2** **ΚΦ20Φ23 - 2 - L2**	3x6 mm² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "Β" 10 A
ΚΦ3Φ6 - 1 - L3 **ΚΦ7Φ10 - 1 - L1** **ΚΦ15Φ18 - 2 - L3** **ΚΦ19Φ22 - 2 - L1**	3x4 mm² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "Β" 10 A

➡ Τα δύο **Pillar** τροφοδοτούνται από το **Γενικό Πίνακα** τροφοδοσίας, του οποίου το μονογραμμικό διάγραμμα φαίνεται στο Σχήμα 4.4.9. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνονται οι διατομές των αγωγών και οι τιμές των διατάξεων προστασίας.

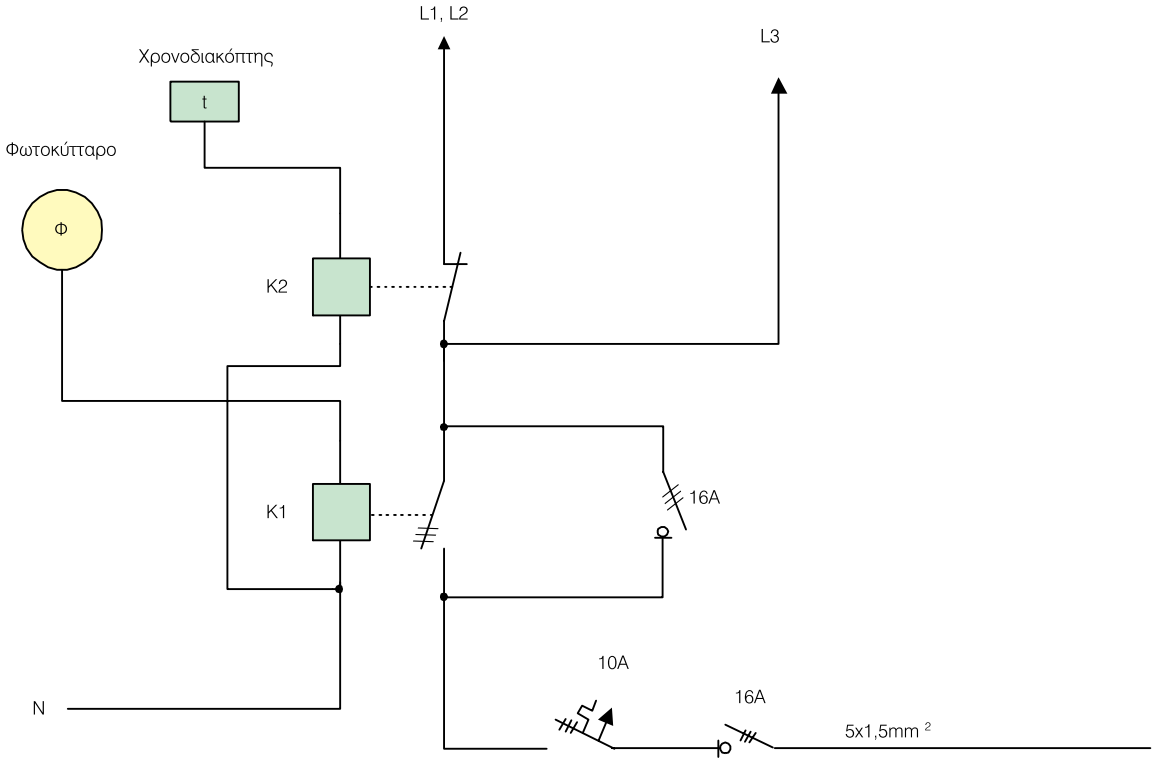


Σχήμα 4.4.9 *Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα τροφοδοσίας των Pillar*

➡ Στα Σχήματα 4.4.10 και 4.4.11, φαίνονται το βοηθητικό και το κύριο κύκλωμα λειτουργίας για κάθε Pillar.



Σχήμα 4.4.10 *Βοηθητικό κύκλωμα λειτουργίας του Pillar*



Σχήμα 4.4.11 *Κύριο κύκλωμα λειτουργίας του Pillar*