

Θεμελιακή γείωση: σωστή κατασκευή, υλικά, αναμονές χαλκού, διάβρωση και ισοδυναμικές συνδέσεις

Ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός, με φωτογραφίες πραγματικών εγκαταστάσεων και παραπομπές στο ΕΛΟΤ 60364.

Η θεμελιακή γείωση είναι από τις σημαντικότερες ηλεκτρολογικές εργασίες που πραγματοποιούνται πριν ακόμη ανεγερθεί το κτίριο. Όταν ολοκληρωθεί η σκυροδέτηση, το μεγαλύτερο μέρος της εγκατάστασης θα παραμείνει απρόσιτο για όλη τη διάρκεια ζωής του. Γι' αυτό οι επιλογές υλικών, η τοποθέτηση, οι συνδέσεις και η τεκμηρίωση δεν επιδέχονται προχειρότητα.

Στον οδηγό εξετάζουμε τη χαλύβδινη και τη χάλκινη ταινία, τις θεμελιώσεις τύπου ραντιέ και πεδιλοδοκών, τις αναμονές 35 και 50 mm², την ηλεκτροχημική διάβρωση και τους κύριους ζυγούς γείωσης. Ξεχωρίζουμε τι απαιτεί το πρότυπο από τις καλές κατασκευαστικές πρακτικές, με φωτογραφίες από πραγματικά έργα.



Φωτογραφία 1. Γενική εικόνα οπλισμένης θεμελίωσης πριν από τη σκυροδέτηση. Η θεμελιακή γείωση εντάσσεται στον σχεδιασμό του οπλισμού από τα πρώτα στάδια του έργου.

1. Είναι υποχρεωτική η θεμελιακή γείωση;

Η Υπουργική Απόφαση Φ Α' 50/12081/642/2006 (ΦΕΚ 1222/Β/5.9.2006), άρθρο 2, καθιέρωσε τη θεμελιακή γείωση ως υποχρεωτική για τις νεοαναγειρόμενες εκ θεμελίων οικοδομές που διαθέτουν εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση, ανεξάρτητα από το σύστημα γείωσης του δικτύου τροφοδότησης. Η απόφαση προβλέπει συγκεκριμένες εξαιρέσεις, όπως προκατασκευασμένες ή λυόμενες κατασκευές χωρίς ειδική θεμελίωση, και ειδική πρόβλεψη για κτίρια με χαλύβδινο φέροντα οργανισμό.

Για τον σχεδιασμό και την κατασκευή εξετάζουμε το ΕΛΟΤ 60364, ιδίως το άρθρο 542 και το Παράρτημα 542.Γ. Η ενοποιημένη έκδοση αναφοράς είναι η ΕΛΟΤ 60364:2020+Δ1:2023.

2. Τι ακριβώς προσφέρει το ηλεκτρόδιο μέσα στο σκυρόδεμα;

Το σκυρόδεμα της θεμελίωσης έχει ορισμένη ηλεκτρική αγωγιμότητα και μεγάλη επιφάνεια επαφής με το έδαφος. Ένα μεταλλικό ηλεκτρόδιο πλήρως εγκιβωτισμένο μέσα σε αυτό μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματική διάταξη γείωσης. Το σύστημα είναι συνήθως λιγότερο εκτεθειμένο στις εποχιακές μεταβολές της επιφανειακής υγρασίας και δημιουργεί κατάλληλη βάση για τις ισοδυναμικές συνδέσεις και, όπου προβλέπεται, την αντικεραυνική προστασία.

Ωστόσο, καλή τιμή αντίστασης γείωσης δεν σημαίνει αυτομάτως ότι η εγκατάσταση είναι ασφαλής. Η προστασία εξαρτάται και από το σύστημα TN ή TT, τις διατάξεις προστασίας, την ηλεκτρική συνέχεια και τους χρόνους αυτόματης διακοπής της τροφοδοσίας.

3. Ποια λάμα και ποιο άλλο ηλεκτρόδιο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε;

Ο Πίνακας 54.1 του ΕΛΟΤ 60364 αναφέρει τις ελάχιστες διαστάσεις συνήθων ηλεκτροδίων, με κριτήριο τη διάβρωση και τη μηχανική αντοχή. Ενδεικτικά:

Υλικό – μορφή	Ελάχιστη διάσταση κατά Πίνακα 54.1
Χαλύβδινη ταινία σε σκυρόδεμα (κοινός, εν θερμώ γαλβανισμένος ή ανοξείδωτος χάλυβας της σχετικής κατηγορίας)	75 mm ² , πάχος 3 mm
Χαλύβδινος κυλινδρικός αγωγός σε σκυρόδεμα	διάμετρος 10 mm
Ανοξείδωτη χαλύβδινη ταινία ως ηλεκτρόδιο της χωριστής κατηγορίας του πίνακα	90 mm ² , πάχος 3 mm
Συμπαγής χάλκινη ταινία	50 mm ² , πάχος 2 mm

Στην καθημερινή πρακτική συναντούμε συχνά γαλβανισμένη εν θερμώ χαλύβδινη ταινία 30 × 3,5 mm (105 mm²), εφόσον το υλικό και τα εξαρτήματά της είναι κατάλληλα για τη χρήση. Η ταινία αυτή δεν είναι η μοναδική λύση. Υπάρχουν επίσης ηλεκτρόδια από κυλινδρικό χάλυβα, χαλκό και ανοξείδωτο χάλυβα.

Η χάλκινη λάμα, για παράδειγμα 25 × 3 mm (75 mm²), υπερκαλύπτει τις ελάχιστες διαστάσεις της χάλκινης ταινίας του πίνακα. Είναι όμως πολύ ακριβότερη. Η υψηλότερη αγωγιμότητα του χαλκού δεν συνεπάγεται αναλογική μείωση της αντίστασης γείωσης: καθοριστικοί παράγοντες παραμένουν η γεωμετρία του ηλεκτροδίου, η επαφή του με το έδαφος και η ειδική αντίσταση του εδάφους.

4. Τοποθέτηση της ταινίας: ραντιέ, πεδιλοδοκοί και οπλισμός

Σε θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα, η σημείωση TE 82 της §Γ.3.1 προτείνει έναν περιμετρικό κλειστό βρόχο. Αντίθετα, σε θεμελιώσεις χωρίς μεταλλικό οπλισμό το παράρτημα αναφέρεται σε έναν ή περισσότερους διασυνδεδεμένους κλειστούς βρόχους, με προτεινόμενες πλευρές έως 20 m. Η διάταξη εξαρτάται από τη γεωμετρία και τη μελέτη της θεμελίωσης.

Όταν χρησιμοποιείται επίπεδη ταινία, είναι πρακτικά προτιμότερο να στηρίζεται πάνω στη στενή ακμή της, με τη μεγάλη της διάσταση κατακόρυφη. Έτσι διευκολύνεται η πλήρης περιβολή της από το σκυρόδεμα και μειώνεται ο κίνδυνος δημιουργίας κενών κάτω από την ταινία. Η §Γ.3.2 επιβάλλει κατάλληλη στήριξη και επικάλυψη του ηλεκτροδίου με τουλάχιστον 5 cm σκυροδέματος.

Στις φωτογραφίες απεικονίζονται πραγματικές διαδρομές σε πλάκα γενικής κοιτόστρωσης (ραντιέ), μαζί με τους σφιγκτήρες σύνδεσης στον οπλισμό. Η οπτική εικόνα πριν από τη σκυροδέτηση δεν αποδεικνύει από μόνη της την τελική επικάλυψη.



Φωτογραφία 2. Θεμελιακή γείωση σε πλάκα γενικής κοιτόστρωσης (ραντιέ): αλλαγή κατεύθυνσης της γαλβανισμένης ταινίας και σύνδεσή της με τον οπλισμό πριν από τη σκυροδέτηση.



Φωτογραφία 3. Εκτεταμένη όδευση της θεμελιακής ταινίας κατά μήκος οπλισμένης θεμελίωσης, με διαδοχικούς σφιγκτήρες σύνδεσης.

5. Ειδικά στηρίγματα, σφιγκτήρες και συνδέσεις της λάμας

Η §Γ.3.2 ορίζει ότι όταν υπάρχει οπλισμός, οι αγωγοί γείωσης συνδέονται με αυτόν ανά διαστήματα που δεν υπερβαίνουν τα 2 m. Το σύρμα δεσίματος του οπλισμού δεν αποτελεί κατάλληλο ηλεκτρικό σύνδεσμο προστασίας.

Σύμφωνα με τις §§542.2.8 και 542.3.2, μπορούν να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σφιγκτήρες, πρεσαριστές συνδέσεις, εξωθερμική συγκόλληση ή άλλες προβλεπόμενες διατάξεις, ανάλογα με τη σύνδεση. Τα εξαρτήματα πρέπει να παρέχουν στιβαρή μηχανική και ασφαλή ηλεκτρική σύνδεση, χωρίς να προκαλούν βλάβη στον αγωγό ή στο ηλεκτρόδιο. Στις κοχλιωτές ενώσεις ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή.

Στις ακόλουθες λήψεις διακρίνονται ειδικά στηρίγματα της ταινίας στον οπλισμό και σύνδεσμος δύο τμημάτων. Αυτές είναι οι λεπτομέρειες που πρέπει να φωτογραφίζονται προτού εξαφανιστούν μέσα στο σκυρόδεμα.



Φωτογραφία 4. Κοντινή λήψη ειδικών μεταλλικών σφιγκτήρων που στερεώνουν και συνδέουν τη γαλβανισμένη ταινία στον οπλισμό.



Φωτογραφία 5. Κοχλιωτός σύνδεσμος δύο τμημάτων γαλβανισμένης χαλύβδινης ταινίας, σε συνδυασμό με στηρίγματα οπλισμού.

6. Αναμονές: χάλκινος αγωγός 35 ή 50 mm² και αναμονή από λάμα

Το Παράρτημα Γ.3.3 προβλέπει τουλάχιστον έναν ακροδέκτη της θεμελιακής γείωσης για σύνδεση με το ηλεκτρικό σύστημα του κτιρίου, σε κατάλληλο προσβάσιμο σημείο για συντήρηση και μετρήσεις. Ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης και του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να προβλέπονται περισσότεροι ακροδέκτες.

Σε πραγματικές κατασκευές χρησιμοποιούνται συχνά χάλκινες αναμονές 35 ή 50 mm². Μερικές φορές προβλέπονται δύο ανεξάρτητες εξοδοί από την ίδια διάταξη: μια χάλκινη και μια από γαλβανισμένη ταινία. Αυτό εξυπηρετεί τη διαθεσιμότητα ξεχωριστών σημείων σύνδεσης, αλλά δεν αποτελεί γενική υποχρέωση για κάθε κτίριο. Η λειτουργία και η διαδρομή κάθε αναμονής πρέπει να είναι σαφώς τεκμηριωμένη.

Προσοχή στη διαφορά ηλεκτροδίου και αγωγού γείωσης. Για τον αγωγό γείωσης προς τον κύριο ζυγό εφαρμόζεται η §542.3 και η απαραίτητη διαστασιολόγηση. Για ένα γυμνό πολύκλωνο χάλκινο καλώδιο που χρησιμοποιείται το ίδιο ως ηλεκτρόδιο ισχύουν επιπλέον οι διαστάσεις και οι όροι του Πίνακα 54.1, συμπεριλαμβανομένης της διαμέτρου των επιμέρους κλώνων. Μόνη η ονομαστική διατομή 35 ή 50 mm² δεν αρκεί για να κατατάξουμε έναν εύκαμπτο πολύκλωνο αγωγό ως κατάλληλο ηλεκτρόδιο.

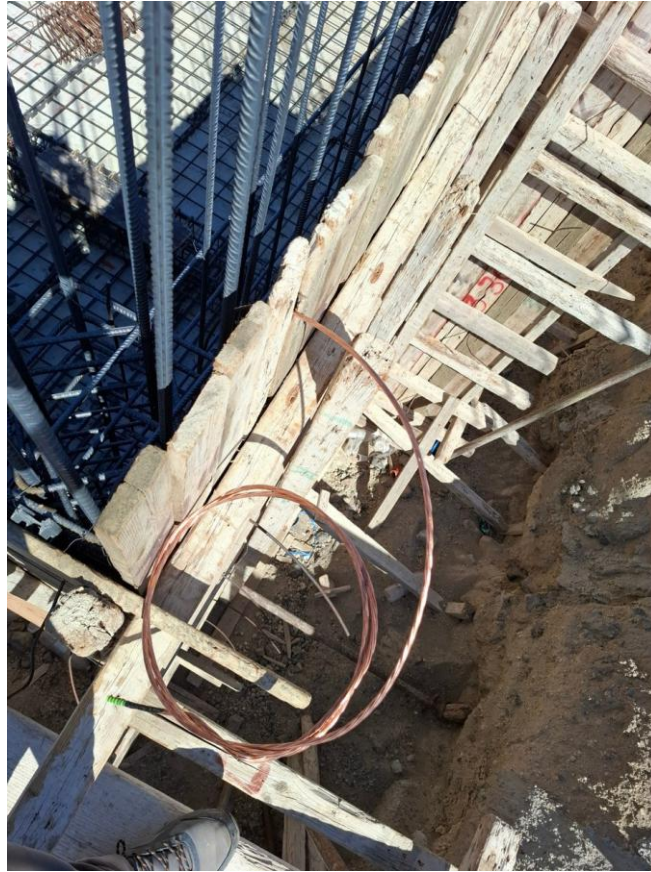
Μια πρακτική επιλογή είναι να σταματά η μόνωση ή ο προστατευτικός σωλήνας πριν από τη θέση σύνδεσης, ώστε το τελικό τμήμα του αγωγού και ο σφιγκτήρας να μπορούν να περιβληθούν πλήρως από σκυρόδεμα. Η απογύμνωση κατά 30 cm είναι κατασκευαστική πρακτική και όχι υποχρεωτική διάσταση του ΕΛΟΤ. Ολοκληρωμένη προστασία σημαίνει επίσης ότι δεν αφήνονται ανοικτές διαδρομές εισόδου νερού κατά μήκος σωλήνων και αγωγών.



Φωτογραφία 6. Αναμονή μονωμένου χάλκινου αγωγού 50 mm² σε οπλισμένη θεμελίωση. Στη βάση του υποστρώματος διακρίνονται γαλβανισμένη ταινία και σφιγκτήρες· η ακριβής σύνδεση του αγωγού με την ταινία δεν φαίνεται στη λήψη.



Φωτογραφία 7. Θέση εξόδου γαλβανισμένης ταινίας από την οπλισμένη θεμελίωση. Στο ίδιο έργο έχει προβλεφθεί και ξεχωριστή χάλκινη αναμονή.



Φωτογραφία 8. Προετοιμασία ξεχωριστής χάλκινης αναμονής στο εργοτάξιο, πριν από την τελική διαμόρφωση και προστασία του σημείου εξόδου.

7. Χαλκός, χάλυβας και ηλεκτροχημική διάβρωση: τι αλλάζει μέσα στο σκυρόδεμα;

Η απλή παρουσία δύο διαφορετικών μετάλλων δεν αρκεί για να περιγράψουμε την πραγματική εξέλιξη της διάβρωσης. Ρόλο έχουν το περιβάλλον, η υγρασία, τα ηλεκτροχημικά δυναμικά, τα διαλυμένα άλατα και η κατάσταση των επιφανειών.

Το υγιές σκυρόδεμα είναι έντονα αλκαλικό και ευνοεί τον σχηματισμό προστατευτικού παθητικού στρώματος στον χάλυβα. Γι' αυτό ο κοινός ή γαλβανισμένος εν θερμώ χάλυβας, πλήρως εγκιβωτισμένος με επαρκή επικάλυψη, μπορεί να προστατεύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικά. Το πληροφοριακό Παράρτημα Ε.5.6.2.2.2 του IEC 62305-3:2010 επισημαίνει ότι ο χαλκός και ο ανοξείδωτος χάλυβας μέσα στο σκυρόδεμα μπορούν να συνδέονται απευθείας με τον χαλύβδινο οπλισμό.

Αυτό **δεν** σημαίνει ότι κάθε αυθαίρετη μεταλλική επαφή αποτελεί ηλεκτρικά αξιόπιστη σύνδεση. Χρησιμοποιούμε κατάλληλο σύνδεσμο και φροντίζουμε να καλυφθεί σωστά από το σκυρόδεμα. Επίσης, η παθητικοποίηση μπορεί να υποβαθμιστεί αν υπάρξουν ρωγμές, ενανθράκωση ή εισχώρηση χλωριόντων.

8. Η κρίσιμη μετάβαση από το σκυρόδεμα στο έδαφος

Ένας γαλβανισμένος χαλύβδινος αγωγός μπορεί να είναι ιδιαίτερα προστατευμένος *μέσα* στο σκυρόδεμα, αλλά να εκτεθεί σε διαφορετικές ηλεκτροχημικές συνθήκες *έξω* από αυτό. Η §542.2.5 επισημαίνει ότι εξωτερική σύνδεση από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα, συνδεδεμένη με ηλεκτρόδιο εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα, δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Το Παράρτημα Γ.4 εξηγεί επιπλέον ότι η γαλβανισμένη επικάλυψη ή η εκ των υστέρων βαφή δεν αποτελούν από μόνες τους επαρκή προστασία για μια τέτοια διέλευση. Απαιτείται κατάλληλη λύση ως προς το υλικό, την προστασία και τη διαδρομή της αναμονής. Οι φωτογραφίες μιας αδιαμόρφωτης εξόδου πριν από τη σκυροδέτηση δεν αποδεικνύουν την τελική προστασία της.

9. Τι συμβαίνει όταν η θεμελίωση είναι υδρομονωμένη ή θερμομονωμένη;

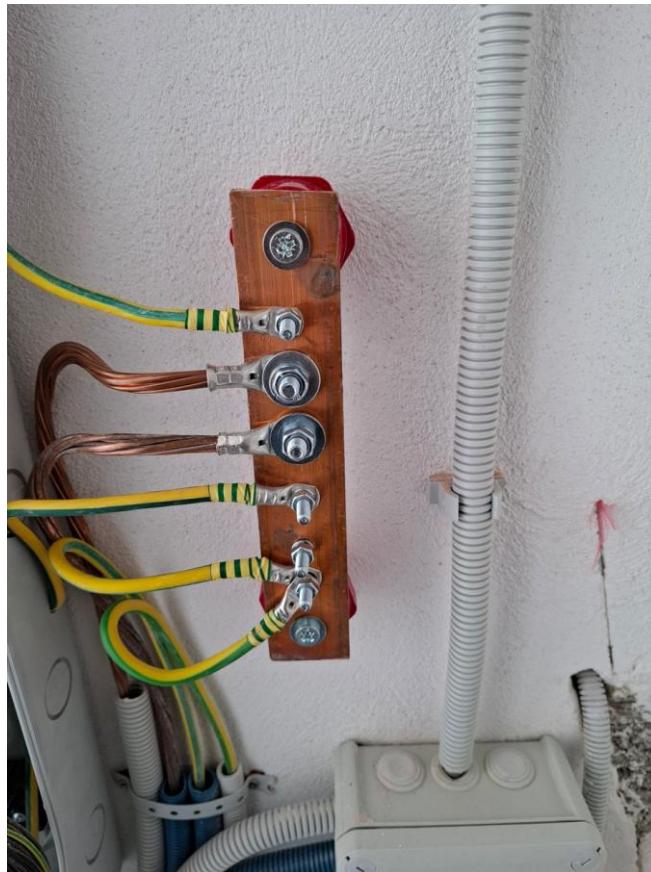
Το Παράρτημα Γ.2 αναφέρει ότι, όταν η θεμελίωση απομονώνεται από το έδαφος με μη αγώγιμα θερμομονωτικά ή υδρομονωτικά υλικά, όπως ορισμένα πλαστικά φύλλα μεγάλου πάχους, δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι επιτυγχάνεται γείωση μέσω του σκυροδέματος. Τότε χρειάζεται κατάλληλο πρόσθετο ηλεκτρόδιο κάτω από τη μονωμένη θεμελίωση, περιμετρικά στο έδαφος ή άλλη μελετημένη λύση. Ο οπλισμός μπορεί να παραμένει πολύ χρήσιμος για τις ισοδυναμικές συνδέσεις.

10. Κύριος ζυγός γείωσης και χειροποίητες χάλκινες μπάρες 30 × 5 mm

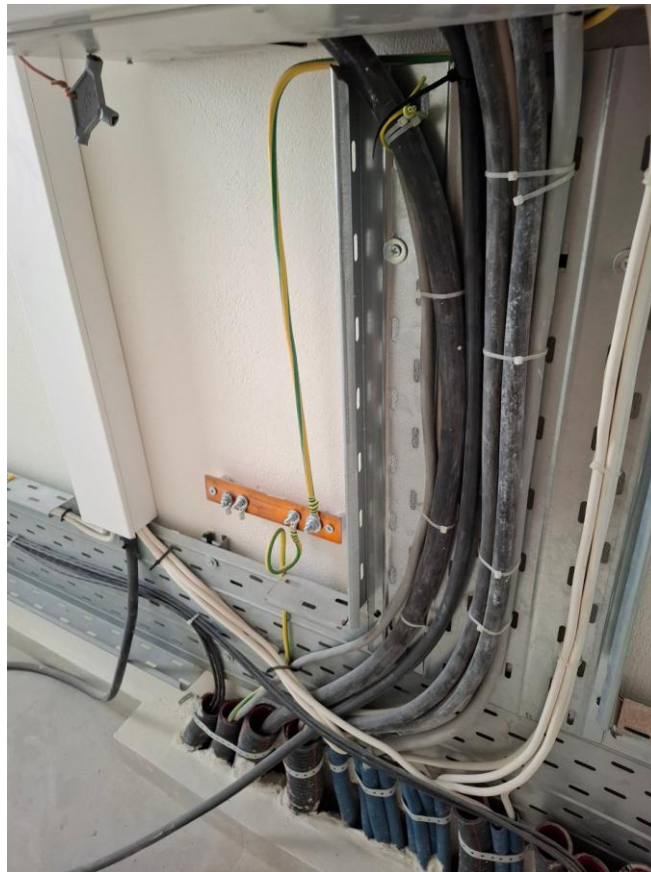
Οι αναμονές της θεμελιακής γείωσης καταλήγουν σε κατάλληλους ζυγούς και σημεία σύνδεσης. Ο κύριος ζυγός γείωσης αποτελεί το σημείο όπου οργανώνονται οι αγωγοί γείωσης, οι αγωγοί προστασίας και οι απαιτούμενες ισοδυναμικές συνδέσεις, όπως ορίζει η §542.4.1.

Μια στιβαρή κατασκευαστική λύση είναι ο εμφανής ζυγός από συμπαγή χάλκινη λάμα 30 × 5 mm, συνολικής διατομής 150 mm². Η λάμα κόβεται στο απαιτούμενο μήκος, διαμορφώνονται οπές και συνδέονται οι αγωγοί με κατάλληλα πρεσαριστά κοκ, κοχλίες και εξαρτήματα σύσφιξης. Με βάση την §542.4.2, ο σχεδιασμός του κύριου ζυγού πρέπει να επιτρέπει τη μεμονωμένη αποσύνδεση κάθε αγωγού με εργαλείο, χωρίς να επηρεάζονται οι υπόλοιπες συνδέσεις.

Η χρήση ανοξείδωτων κοχλιών δεν υποκαθιστά τη σωστή προετοιμασία των επιφανειών επαφής, τη διαστασιολόγηση, την προστασία από χαλάρωση και τη σωστή σύσφιξη. Η τοποθέτηση πρέπει να επιτρέπει προσπέλαση, επιθεώρηση και δοκιμές. Πρόκειται για **ζυγούς ισοδυναμικών συνδέσεων**, όχι για χάλκινη ταινία ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης: η ίδια μορφή υλικού μπορεί να εξυπηρετεί διαφορετικές λειτουργίες.



Φωτογραφία 9. Χειροποίητος εμφανής χάλκινος ζυγός 30 × 5 mm, με ανεξάρτητες βιδωτές συνδέσεις μονωμένων και γυμνών χάλκινων αγωγών.



Φωτογραφία 10. Μικρότερος εμφανής ζυγός ισοδυναμικών συνδέσεων δίπλα σε ηλεκτρικό εξοπλισμό. Οι ελεύθερες θέσεις διευκολύνουν πρόσθετες συνδέσεις και ελέγχους.

11. Διατομή αγωγού PE και ισοδυναμικών: μην τα συγχέουμε

Οι αγωγοί προστασίας (PE) των παροχών πινάκων διαστασιοποιούνται με την §543.1 και τον Πίνακα 54.2 ή με υπολογισμό. Για ίδιου υλικού χάλκινους αγωγούς, όταν εφαρμόζεται ο πίνακας, ενδεικτικά σε φάση 25 ή 35 mm² αντιστοιχεί PE 16 mm², ενώ σε φάση 50 mm² αντιστοιχεί PE 25 mm², με τις λοιπές προϋποθέσεις του προτύπου.

Οι αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης ακολουθούν την §544.1: τουλάχιστον το μισό της διατομής του μεγαλύτερου αγωγού προστασίας, όχι λιγότερο από 6 mm² Cu, ενώ δεν απαιτείται να υπερβαίνουν τα 25 mm² Cu. Οι συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις εξετάζονται ξεχωριστά με την §544.2.

Οποιοσδήποτε πρόσθετος αγωγός γείωσης ή ισοδυναμικής δεν πρέπει να επιλέγεται μόνο βάσει «ισχύος πίνακα», χωρίς να ξεκαθαρίζεται η ηλεκτρική λειτουργία του.

12. Έλεγχος, φωτογράφιση και τεκμηρίωση πριν από τη σκυροδέτηση

Η §Γ.5.1 του ΕΛΟΤ 60364 προβλέπει επιθεώρηση και τεκμηριωμένη καταγραφή της διάταξης πριν από τη σκυροδέτηση από ειδικευμένο άτομο. Στην τεκμηρίωση περιλαμβάνονται περιγραφή, σχέδια και φωτογραφίες. Είναι συνετή πρακτική να επιβεβαιώνεται και η ηλεκτρική συνέχεια των επιμέρους ενώσεων πριν αυτές γίνουν αφανείς.

Ο φωτογραφικός έλεγχος δεν αντικαθιστά τις ηλεκτρικές μετρήσεις, ενώ η τελική αξιολόγηση της εγκατάστασης γίνεται με τις απαιτούμενες δοκιμές του Μέρους 6. Ακριβώς γι' αυτό αξίζει να καταγράφονται οι συνδέσεις, οι θέσεις των αναμονών, οι διαδρομές και η τελική μορφή της διάταξης.

Συμπέρασμα

Η σωστή θεμελιακή γείωση δεν είναι υποχρεωτικά η ακριβότερη. Είναι εκείνη που έχει σχεδιαστεί με βάση τη θεμελίωση, την ηλεκτρική λειτουργία, το περιβάλλον και τα κατάλληλα υλικά — και έχει κατασκευαστεί με αξιόπιστες συνδέσεις, σωστό εγκιβωτισμό και τεκμηριωμένους ελέγχους.

Η χαλύβδινη ταινία, η χάλκινη αναμονή, οι σφιγκτήρες και ο κύριος χάλκινος ζυγός δεν είναι ανεξάρτητες λεπτομέρειες: αποτελούν κρίκους της ίδιας αλυσίδας προστασίας. Και αυτή η αλυσίδα πρέπει να παραμένει αξιόπιστη για δεκαετίες.

Βιβλιογραφία – νομοθεσία

1. ΕΛΟΤ 60364:2020, άρθρα 542–544, Πίνακες 54.1 και 54.2, Παράρτημα 542.Γ, και επίσημο διορθωτικό Δ1 (ενοποιημένη έκδοση 2023).
2. Υ.Α. Φ Α' 50/12081/642/2006, ΦΕΚ 1222/Β/5.9.2006, άρθρο 2.
3. IEC 62305-3:2010, πληροφοριακό Παράρτημα Ε.5.6.2.2.2, για τη συμπεριφορά μετάλλων μέσα στο σκυρόδεμα. Για έργα αντικεραυνικής προστασίας εφαρμόζεται η εκάστοτε ισχύουσα αντίστοιχη έκδοση.

Όλες οι φωτογραφίες είναι από πραγματικά έργα και αποτελούν υλικό του αρχείου ElectricalNews.