



Σχολή Θετικών Επιστήμων και Τεχνολογίας

Διαχείριση Τεχνικών έργων (ΔΧΤ)

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**««Η επίδραση των μεθόδων κατασκευής του φέροντος οργανισμού στον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κέντρων αποθήκευσης και διαλογής (logistics): Συγκριτική μελέτη προκατασκευασμένου σκυροδέματος, έγχυτου σκυροδέματος και μεταλλικής κατασκευής»**

Δημήτρης Γόγολος

Επιβλέπων καθηγητής: Χρήστος Παπακωνσταντίνου

Πάτρα, Ιούλιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή/φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



«Η επίδραση των μεθόδων κατασκευής του φέροντος οργανισμού  
στον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κέντρων  
αποθήκευσης και διαλογής (logistics): Συγκριτική μελέτη  
προκατασκευασμένου σκυροδέματος, έγχυτου σκυροδέματος και  
μεταλλικής κατασκευής»

Δημήτρης Γόγολος

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής

Χρήστος Παπακωνσταντίνου

Σφακιανάνης Μανόλης

«Καθηγητής στη σχολή Πολιτικών  
Μηχανικών του Πανεπιστημίου  
Θεσσαλίας»

«Επικουρος Καθηγητής στη σχολή  
Πολιτικών Μηχανικών του  
Πανεπιστημίου Πατρών»

Πάτρα, Ιούλιος 2026

*«Ευχαριστίες ή Αφιέρωση»*

## Περίληψη

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εξετάζει την επίδραση της επιλογής της μεθόδου κατασκευής του φέροντος οργανισμού στον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κέντρων αποθήκευσης και διαλογής (logistics). Αντικείμενο της έρευνας αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση τριών διαφορετικών κατασκευαστικών μεθόδων: του προκατασκευασμένου οπλισμένου σκυροδέματος, του έγχυτου οπλισμένου σκυροδέματος και της μεταλλικής κατασκευής.

Για την υλοποίηση της έρευνας αναπτύχθηκε ένα πρότυπο κτίριο logistics μεγάλης κλίμακας, το οποίο μελετήθηκε με τις τρεις εναλλακτικές λύσεις φέροντος οργανισμού. Για κάθε περίπτωση καταρτίστηκε αναλυτικό χρονοδιάγραμμα κατασκευής και προϋπολογισμός κόστους, με κοινές παραδοχές ως προς τις υπόλοιπες εργασίες του έργου, ώστε να απομονωθεί η επίδραση της μεθόδου κατασκευής του φέροντος οργανισμού στα τελικά αποτελέσματα.

Η ανάλυση των χρονοδιαγραμμάτων έδειξε ότι η λύση του προκατασκευασμένου σκυροδέματος παρουσιάζει τη μικρότερη συνολική διάρκεια κατασκευής, με χρόνο ολοκλήρωσης 277 ημερών. Η μεταλλική κατασκευή ακολουθεί με 281 ημέρες, παρουσιάζοντας μικρή απόκλιση της τάξεως του 1,44%, ενώ η λύση του έγχυτου σκυροδέματος αναδεικνύεται σημαντικά πιο χρονοβόρα, απαιτώντας 369 ημέρες για την ολοκλήρωση του έργου.

Αντίστοιχα, από την οικονομική ανάλυση προέκυψε ότι η κατασκευή με προκατασκευασμένο σκυρόδεμα αποτελεί τη πλέον οικονομική λύση, με συνολικό κόστος 18.803.960 €. Η λύση του έγχυτου σκυροδέματος παρουσίασε μικρή αύξηση κόστους, της τάξεως του 1,10%, ενώ η μεταλλική κατασκευή κατέγραψε το υψηλότερο κόστος, παρουσιάζοντας αύξηση 3,42% σε σχέση με το προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος σε κτίρια logistics μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο ως προς τον χρόνο ολοκλήρωσης όσο και ως προς το συνολικό κόστος κατασκευής. Παράλληλα, επιβεβαιώνεται ότι η βιομηχανοποιημένη παραγωγή των δομικών στοιχείων και η δυνατότητα παράλληλης εξέλιξης εργασιών εργοστασίου και εργοταξίου αποτελούν

κρίσιμους παράγοντες βελτιστοποίησης της απόδοσης των σύγχρονων κατασκευαστικών έργων.

### **Λέξεις – Κλειδιά**

Κέντρα logistics, προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, έγχυτο σκυρόδεμα, μεταλλικές κατασκευές, χρονοπρογραμματισμός έργων, κοστολόγηση κατασκευών.



## Master's Degree Thesis

# «The Impact of Structural System Construction Methods on the Construction Time and Cost of Logistics Storage and Sorting Centers: A Comparative Study of Precast Concrete, Cast-in-Place Concrete, and Steel Structures»

Dimitris Gogolos

## Abstract

This Master's Thesis investigates the impact of structural system construction methods on the construction time and cost of logistics centers, specifically warehouse and distribution facilities. The research focuses on the comparative evaluation of three different construction methods: precast reinforced concrete, cast-in-place reinforced concrete, and steel structures.

For the purposes of the study, a large-scale logistics facility was designed and analyzed using the three alternative structural systems. For each construction method, a detailed construction schedule and cost estimate were developed based on common assumptions regarding all other project activities, allowing the effect of the structural system construction method on the overall project performance to be isolated and evaluated.

The scheduling analysis demonstrated that the precast concrete solution achieved the shortest overall construction duration, requiring 277 days for project completion. The steel structure alternative followed closely with a duration of 281 days, representing a marginal increase of 1.44%. In contrast, the cast-in-place reinforced concrete solution proved to be significantly more time-consuming, requiring 369 days for completion.

Similarly, the cost analysis revealed that the precast concrete solution was the most economical option, with a total construction cost of €18,803,960. The cast-in-place reinforced concrete alternative exhibited a slight cost increase of 1.10%, while the steel structure solution recorded the highest construction cost, exceeding the precast concrete option by 3.42%.

The findings of this research indicate that the use of precast concrete elements in logistics facilities can provide significant advantages in terms of both construction duration and overall project cost. Furthermore, the study confirms that the industrialized production of structural components and the ability to perform factory production and on-site construction activities simultaneously are critical factors in optimizing the performance of modern construction projects.

Overall, the results highlight the importance of selecting the appropriate structural system during the early design stages, as this decision has a direct impact on project schedule, construction cost, and investment efficiency. The conclusions of this study may serve as a useful decision-making tool for designers, contractors, developers, and investors involved in the planning and construction of large-scale logistics facilities.

## **Keywords**

Logistics Centers, Warehouse and Distribution Facilities, Structural System, Precast Reinforced Concrete, Cast-in-Place Reinforced Concrete, Steel Structures, Construction Scheduling, Project Planning, Construction Cost Estimation, Construction Management, Industrial Buildings, Comparative Analysis, Prefabrication, Construction Methods, Investment Efficiency.

## Περιεχόμενα

|                                                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Περίληψη .....                                                                          | v    |
| Abstract .....                                                                          | viii |
| Κατάλογος Σχεδίων .....                                                                 | xii  |
| Κατάλογος Πινάκων .....                                                                 | xiii |
| Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια .....                                                       | xiv  |
| 1 Εισαγωγή .....                                                                        | 1    |
| 1.1 Αντικείμενο της εργασίας .....                                                      | 1    |
| 1.2 Δομή της εργασίας .....                                                             | 1    |
| 2 Κατασκευαστικές μέθοδοι .....                                                         | 3    |
| 2.1 Κατασκευές από προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα .....                          | 3    |
| 2.1.1 Ιστορικό μεθόδου προκατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα .....                      | 8    |
| 2.1.2 Η προκατασκευή στην Ελλάδα .....                                                  | 9    |
| 2.1.3 Μέθοδοι προκατασκευής σε βιομηχανική κλίμακα .....                                | 11   |
| 2.2 Κατασκευές από έγχυτο σκυρόδεμα .....                                               | 12   |
| 2.3 Μεταλλικές κατασκευές .....                                                         | 16   |
| 3 Μελέτη περίπτωσης: κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics) .....                  | 20   |
| 3.1 Τα κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics) και η σημασία τους .....             | 20   |
| 3.2 Τα κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics) στην Ελλάδα .....                    | 23   |
| 3.3 Παρουσίαση του πρότυπου κτιρίου logistics που θα μελετηθεί .....                    | 26   |
| 4 Κριτήρια-μέθοδος της έρευνας πάνω στο πρότυπο κτίριο .....                            | 28   |
| 4.1 Μοντέλο χρονικού προγραμματισμού κατασκευής του πρότυπου έργου .....                | 28   |
| 4.1.1 Γενική παρουσίαση μοντέλου χρονικού προγραμματισμού κατασκευής ....               | 28   |
| 4.1.2 Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με προκατασκευασμένο σκυρόδεμα. .... | 33   |

|       |                                                                                   |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.3 | Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με έγχυτο σκυρόδεμα                  | 41 |
| 4.1.4 | Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με μεταλλικά στοιχεία                | 49 |
| 4.1.5 | Αποτελέσματα σύγκρισης χρονικής διάρκειας .....                                   | 57 |
| 4.2   | Μοντέλο κοστολόγησης φέροντα οργανισμού του πρότυπου έργου .....                  | 58 |
| 4.2.1 | Γενική παρουσίαση μοντέλου κοστολόγησης .....                                     | 58 |
| 4.2.2 | Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα ..... | 60 |
| 4.2.3 | Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από έγχυτο σκυρόδεμα                  | 64 |
| 4.2.4 | Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από μεταλλικά στοιχεία                | 67 |
| 4.2.5 | Αποτελέσματα σύγκρισης κοστολογήσεων της κατασκευής .....                         | 70 |
| 5     | Συμπεράσματα .....                                                                | 71 |
| 6     | Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....                                             | 74 |
|       | Βιβλιογραφία .....                                                                | 76 |

## Κατάλογος Σχεδίων

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Σχέδιο 1: Κάτοψη πρότυπου κτιρίου.....                                                            | 27 |
| Σχέδιο 2: Λεπτομέρια διάταξης υποστυλωμάτων.....                                                  | 34 |
| Σχέδιο 3: Λεπτομέρεια διάταξης δοκών-ζευκτών, μηκίδων και τεγίδων στην περίμετρο του κτιρίου..... | 35 |
| Σχέδιο 4: Λεπτομέρια διάταξης υποστυλωμάτων.....                                                  | 42 |
| Σχέδιο 5: Λεπτομέρεια διάταξης δομικών στοιχείων σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου...               | 43 |
| Σχέδιο 6: Λεπτομέρια διάταξης μεταλλικών υποστυλωμάτων.....                                       | 51 |
| Σχέδιο 7: Λεπτομέρια διάταξης μεταλλικών μεταλλικών στοιχείων όψεων.....                          | 51 |
| Σχέδιο 8: Λεπτομέρια διάταξης αντιανέμιων συνδέσεων οροφής.....                                   | 52 |

## Κατάλογος Πινάκων

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 1: Πίνακας εργασιών χρονοδιαγράμματος κατασκευής με προκατασκευασμένα στοιχεία..... | 38 |
| Πίνακας 2: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με προκατασκευασμένα στοιχεία.....                     | 40 |
| Πίνακας 3: Πίνακας εργασιών χρονοδιαγράμματος κατασκευής με έγχυτο σκυρόδεμα....            | 46 |
| Πίνακας 4: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με έγχυτο σκυρόδεμα.....                               | 48 |
| Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με μεταλλικά στοιχεία.....                             | 55 |
| Πίνακας 6: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με μεταλλικά στοιχεία.....                             | 57 |
| Πίνακας 7:Κοστολόγηση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος.....       | 62 |
| Πίνακας 8:Κοστολόγηση με τη μέθοδο έγχυτου σκυροδέματος.....                                | 65 |
| Πίνακας 9:Κοστολόγηση με τη μέθοδο των μεταλλικών στοιχείων.....                            | 68 |

## Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα:

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| ΔΕ  | Διπλωματική Εργασία           |
| ΕΑΠ | Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο |
| ΘΕ  | Θεματική Ενότητα              |
| ΠΕ  | Πτυχιακή Εργασία              |
| ΠΣ  | Πρόγραμμα Σπουδών             |
| ΣΥΝ | Συντονιστής/Συντονίστρια      |

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (ΜΔΕ) είναι η διερεύνηση της χρονικής και οικονομικής επίδραση που θα έχει σε ένα μεγάλο κτίριο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως κέντρο αποθήκευσης και διαλογής (logistics), η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος (υποστυλώματα, δοκοί, ζευκτά), σε σχέση με την κατασκευή των ίδιων στοιχείων από έγχυτο σκυρόδεμα ή με μεταλλικά στοιχεία. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος θα παράγονται σε βιομηχανοποιημένο χώρο (εργοστάσιο παραγωγής) παράλληλα με τις εργασίες εκσκαφών και θεμελιώσεων που θα πραγματοποιούνται στο εργοτάξιο. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί ένα πρότυπο κτίριο του οποίου η κατασκευή θα προσομοιωθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους (προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος, έγχυμα σκυροδέματα, μεταλλικά στοιχεία). Ως μεθοδολογία θα χρησιμοποιηθεί ένα πρότυπο χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης εργασιών, εκτελεσμένο με τους τρεις διαφορετικούς τρόπους κατασκευής και μιας πρότυπης πρόβλεψης κόστους εκτελεσμένης επίσης με τους τρεις διαφορετικούς τρόπους κατασκευής. Από τα δύο πρότυπα αρχεία και με τη χρήση μεταβλητών θα εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά τη χρονική και οικονομική επίδραση κάθε μιας μεθόδου κατασκευής, όσον αφορά τα μεγάλα κτίρια logistics. Πιθανοί αποδέκτες αυτής της μελέτης θα είναι εταιρείες ανάπτυξης τέτοιων ακινήτων και κατασκευαστικές εταιρείες, οι οποίες θα μπορούν να κατευθύνουν τους μελετητές στην αντίστοιχη επιλογή κατασκευής ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε κτιρίου.

## 1.2 Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από τέσσερα επιμέρους κεφάλαια:

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι βασικές κατασκευαστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση βιομηχανικών κτιρίων και εγκαταστάσεων logistics. Ειδικότερα, αναλύονται οι κατασκευές από προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα, οι κατασκευές από έγχυτο σκυρόδεμα και οι μεταλλικές κατασκευές. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της προκατασκευής, στην εφαρμογή της στην Ελλάδα και στις σύγχρονες μεθόδους βιομηχανικής παραγωγής προκατασκευασμένων στοιχείων. Για

κάθε κατασκευαστικό σύστημα παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, καθώς και τα πεδία εφαρμογής του.

Στο Κεφάλαιο 3 αναπτύσσεται η μελέτη περίπτωσης των κτιρίων αποθήκευσης και διαλογής προϊόντων (logistics). Αρχικά παρουσιάζεται η σημασία των εγκαταστάσεων αυτών για τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη διακίνηση αγαθών. Στη συνέχεια εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση και η ανάπτυξη του κλάδου των logistics στην Ελλάδα, ενώ τέλος περιγράφεται το πρότυπο κτίριο που επιλέγεται ως βάση για τη συγκριτική ανάλυση των εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας και τα κριτήρια αξιολόγησης των εξεταζόμενων κατασκευαστικών συστημάτων. Αρχικά αναπτύσσεται το μοντέλο χρονικού προγραμματισμού της κατασκευής του πρότυπου έργου για κάθε μία από τις τρεις μεθόδους, δηλαδή το προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, το έγχυτο σκυρόδεμα και τη μεταλλική κατασκευή. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων ως προς τη συνολική χρονική διάρκεια υλοποίησης. Ακολούθως αναπτύσσεται το μοντέλο κοστολόγησης του φέροντα οργανισμού για κάθε κατασκευαστική λύση, λαμβάνοντας υπόψη τις επιμέρους δαπάνες υλικών, παραγωγής, μεταφοράς και κατασκευής. Τέλος, παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα οικονομικά αποτελέσματα των τριών εναλλακτικών λύσεων.

Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη συγκριτική αξιολόγηση των κατασκευαστικών μεθόδων. Τα συμπεράσματα αφορούν τόσο τη χρονική όσο και την οικονομική αποδοτικότητα των εξεταζόμενων συστημάτων και οδηγούν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την επιλογή της καταλληλότερης λύσης σε έργα logistics.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, οι οποίες αφορούν τη διεύρυνση της ανάλυσης με πρόσθετα κριτήρια, όπως η περιβαλλοντική επίδοση, η ενεργειακή αποδοτικότητα, το κόστος κύκλου ζωής και η εφαρμογή των μοντέλων σε διαφορετικούς τύπους βιομηχανικών και εμπορικών κτιρίων.

## 2 Κατασκευαστικές μέθοδοι

### 2.1 Κατασκευές από προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα

Τα προκατασκευασμένα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις στη σύγχρονη κατασκευή. Η βιομηχανική παραγωγή δομικών στοιχείων σε ελεγχόμενο περιβάλλον και η συναρμολόγησή τους στο εργοτάξιο επέτρεψαν ταχύτερη κατασκευή, καλύτερο ποιοτικό έλεγχο και οικονομίες κλίμακας. Η εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη του οπλισμένου σκυροδέματος και τις κοινωνικές ανάγκες για μαζική στέγαση και υποδομές.

Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι κατασκευές από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα είναι:

**Μείωση Χρόνου Κατασκευής:** Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της προκατασκευής είναι η σημαντική μείωση του συνολικού χρόνου κατασκευής του έργου. Η παραγωγή των στοιχείων πραγματοποιείται ανεξάρτητα από τις εργασίες που εκτελούνται στο εργοτάξιο, γεγονός που επιτρέπει την παράλληλη εξέλιξη διαφορετικών φάσεων του έργου. Ενώ στο εργοτάξιο εκτελούνται οι εργασίες θεμελίωσης και προετοιμασίας, τα δομικά στοιχεία μπορούν να κατασκευάζονται ταυτόχρονα στο εργοστάσιο. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται σημαντικά η συνολική διάρκεια του έργου. Η διαδικασία τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων πραγματοποιείται με ταχύτητα και ακρίβεια, χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένες εργασίες ξυλοτύπων, σκυροδέτησης και αναμονής για την ωρίμανση του σκυροδέματος, όπως συμβαίνει στις συμβατικές κατασκευές. Επιπλέον, οι καθυστερήσεις που προκαλούνται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες μειώνονται αισθητά, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής πραγματοποιείται σε προστατευμένο περιβάλλον.

**Βελτιωμένος Ποιοτικός Έλεγχος:** Η παραγωγή των προκατασκευασμένων στοιχείων σε εργοστασιακές εγκαταστάσεις επιτρέπει την εφαρμογή αυστηρού ποιοτικού ελέγχου σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Οι συνθήκες παραγωγής είναι πλήρως ελεγχόμενες ως προς τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη δΟΣΟΛΟΓΙΑ των υλικών και τις διαδικασίες συμπίκνωσης και ωρίμανσης του σκυροδέματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή στοιχείων υψηλής ποιότητας και ομοιομορφίας. Παράλληλα, η χρήση επαναλαμβανόμενων μεταλλικών καλουπιών υψηλής ακρίβειας οδηγεί σε καλύτερη γεωμετρική ακρίβεια των

δομικών στοιχείων και σε βελτιωμένη αισθητική ποιότητα των επιφανειών. Οι πιθανότητες κατασκευαστικών σφαλμάτων μειώνονται σημαντικά, ενώ εξασφαλίζεται καλύτερη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των κανονισμών και των τεχνικών προδιαγραφών.

**Μείωση Κόστους Κατασκευής:** Η προκατασκευή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής, ιδιαίτερα σε έργα μεγάλης κλίμακας ή σε έργα που χαρακτηρίζονται από επαναληψιμότητα. Η μείωση αυτή προκύπτει κυρίως από τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, τη μείωση των απαιτήσεων εργατικού δυναμικού στο εργοτάξιο και τον περιορισμό των απωλειών υλικών. Η τυποποίηση των δομικών στοιχείων επιτρέπει την οικονομικότερη παραγωγή μέσω μαζικής κατασκευής, ενώ μειώνεται σημαντικά η ανάγκη για ξυλότυπους, ικριώματα και προσωρινές κατασκευές. Παράλληλα, ο περιορισμός των κατασκευαστικών σφαλμάτων και των επανακατασκευών συμβάλλει στη βελτίωση του οικονομικού ελέγχου και στη μείωση των απρόβλεπτων δαπανών. Επιπλέον, η συντόμευση του χρόνου κατασκευής οδηγεί σε μείωση των γενικών εξόδων εργοταξίου και επιτρέπει την ταχύτερη αξιοποίηση του έργου, γεγονός που μπορεί να έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη για τον επενδυτή.

**Αυξημένη Ασφάλεια Εργασιών:** Η εφαρμογή της προκατασκευής συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση των συνθηκών ασφάλειας κατά την εκτέλεση των κατασκευαστικών εργασιών. Η μείωση των εργασιών που εκτελούνται στο εργοτάξιο περιορίζει την έκθεση των εργαζομένων σε επικίνδυνες δραστηριότητες, όπως εργασίες σε ύψος, χρήση ξυλοτύπων και διακίνηση μεγάλων ποσοτήτων υλικών. Το εργοστασιακό περιβάλλον παραγωγής παρέχει καλύτερες συνθήκες οργάνωσης και επιτρέπει την εφαρμογή συστηματικών διαδικασιών υγιεινής και ασφάλειας. Η χρήση εξειδικευμένου μηχανολογικού εξοπλισμού και η τυποποίηση των διαδικασιών μειώνουν την πιθανότητα εργατικών ατυχημάτων και συμβάλλουν στη δημιουργία ασφαλέστερου εργασιακού περιβάλλοντος.

**Περιβαλλοντικά Οφέλη:** Η προκατασκευή θεωρείται περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου. Η οργανωμένη παραγωγή των στοιχείων οδηγεί σε περιορισμό των αποβλήτων και καλύτερη αξιοποίηση των πρώτων υλών. Παράλληλα, μειώνεται η κατανάλωση νερού και ενέργειας, ενώ περιορίζεται η παραγωγή σκόνης, θορύβου και

λοιπών οχλήσεων στο εργοτάξιο. Η μικρότερη διάρκεια εργασιών στο εργοτάξιο έχει ιδιαίτερη σημασία σε αστικές περιοχές, όπου οι κατασκευαστικές δραστηριότητες επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης ορισμένων προκατασκευασμένων στοιχείων ενισχύει περαιτέρω τη βιωσιμότητα της μεθόδου και συμβάλλει στην εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό τομέα.

**Βελτιωμένη Δομική Συμπεριφορά:** Τα προκατασκευασμένα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και αξιοπιστία, λόγω της αυστηρά ελεγχόμενης διαδικασίας παραγωγής. Η ακριβής τοποθέτηση του οπλισμού και η ομοιομορφία του σκυροδέματος συμβάλλουν στη βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Οι σύγχρονες τεχνικές σύνδεσης επιτρέπουν την επίτευξη ικανοποιητικής σεισμικής συμπεριφοράς και υψηλής φέρουσας ικανότητας. Επιπλέον, οι κατασκευές από προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζουν σημαντική ανθεκτικότητα σε πυρκαγιά, υγρασία και περιβαλλοντικές επιδράσεις, γεγονός που συμβάλλει στη μακροχρόνια λειτουργικότητα και αντοχή των κατασκευών.

**Τυποποίηση και Βιομηχανοποίηση της Κατασκευής:** Η προκατασκευή βασίζεται στην αρχή της τυποποίησης των δομικών στοιχείων και της βιομηχανοποιημένης παραγωγής. Η δυνατότητα επαναλαμβανόμενης κατασκευής ίδιων ή παρόμοιων στοιχείων επιτρέπει τη βελτίωση της παραγωγικότητας και την αποτελεσματικότερη οργάνωση της παραγωγικής διαδικασίας. Η τυποποίηση διευκολύνει τόσο τη μελέτη όσο και την κατασκευή, ενώ επιτρέπει την εφαρμογή αυτοματοποιημένων διαδικασιών παραγωγής. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπως συγκροτήματα κατοικιών, βιομηχανικά κτίρια, σχολικές μονάδες και νοσοκομεία, όπου απαιτείται μεγάλος αριθμός επαναλαμβανόμενων δομικών στοιχείων.

**Αυξημένο αισθητικό αποτέλεσμα:** η παραγωγή των δομικών στοιχείων σε ένα ελεγχόμενο βιομηχανικό περιβάλλον απαλλαγμένο από τις εξωτερικές συνθήκες ενός εργοταξίου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μια πιο λεία και χωρίς μικροελλωμάτα επιφάνεια σκυροδέματος

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα της προκατασκευής είναι το αυξημένο αρχικό κόστος επένδυσης. Η παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων απαιτεί εξειδικευμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μηχανολογικό εξοπλισμό υψηλού κόστους, μεταλλικά

καλούπια ακριβείας και εξειδικευμένο προσωπικό. Παράλληλα, η διαδικασία ανέγερσης προϋποθέτει τη χρήση γερανών μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας και ειδικών μέσων μεταφοράς. Ως αποτέλεσμα, η μέθοδος εμφανίζει αυξημένες αρχικές δαπάνες, οι οποίες μπορούν να αποσβεστούν αποτελεσματικά κυρίως σε έργα μεγάλης κλίμακας ή επαναλαμβανόμενης εφαρμογής.

Επιπλέον, η προκατασκευή χαρακτηρίζεται από περιορισμένη ευελιξία στον αρχιτεκτονικό και στατικό σχεδιασμό. Τα δομικά στοιχεία παράγονται βάσει προκαθορισμένων διαστάσεων και συγκεκριμένων προδιαγραφών, γεγονός που καθιστά δύσκολες τις τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Σε αντίθεση με το έγχυτο σκυρόδεμα, όπου είναι δυνατές επιτόπιες προσαρμογές, στην προκατασκευή οποιαδήποτε αλλαγή μετά την έναρξη της παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις, επανασχεδιασμό και σημαντική αύξηση του κόστους. Για τον λόγο αυτό απαιτείται υψηλός βαθμός ωριμότητας της μελέτης ήδη από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού.

Ιδιαίτερα σημαντικές είναι και οι δυσκολίες που σχετίζονται με τη μεταφορά των προκατασκευασμένων στοιχείων. Τα στοιχεία σκυροδέματος διαθέτουν μεγάλο βάρος και συχνά αυξημένες διαστάσεις, γεγονός που απαιτεί τη χρήση ειδικών οχημάτων μεταφοράς και προσεκτικό σχεδιασμό της εφοδιαστικής διαδικασίας. Οι περιορισμοί του οδικού δικτύου, οι κανονισμοί μεταφοράς υπερμεγεθών φορτίων, καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ εργοστασίου και εργοταξίου, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τόσο το κόστος όσο και τη χρονική οργάνωση του έργου. Παράλληλα, απαιτείται ακριβής συγχρονισμός μεταξύ παραγωγής, μεταφοράς και τοποθέτησης, ώστε να αποφεύγονται καθυστερήσεις ή προβλήματα αποθήκευσης στο εργοτάξιο.

Η διαδικασία ανέγερσης παρουσιάζει επίσης αυξημένες απαιτήσεις σε ανυψωτικό εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό. Η τοποθέτηση βαρέων προκατασκευασμένων στοιχείων πραγματοποιείται με τη χρήση κινητών γερανών μεγάλης ισχύος, γεγονός που αυξάνει τόσο το οικονομικό κόστος όσο και τις απαιτήσεις ασφάλειας στο εργοτάξιο. Σε περιοχές με περιορισμένο διαθέσιμο χώρο ή δύσκολη πρόσβαση, η χρήση τέτοιου εξοπλισμού μπορεί να καταστήσει την εφαρμογή της μεθόδου ιδιαίτερα απαιτητική.

Ένα ακόμη κρίσιμο ζήτημα αφορά τις συνδέσεις μεταξύ των προκατασκευασμένων στοιχείων. Σε αντίθεση με τις μονολιθικές κατασκευές από έγχυτο σκυρόδεμα, τα προκατασκευασμένα κτίρια αποτελούνται από επιμέρους δομικά στοιχεία που συνδέονται

μεταξύ τους μέσω ειδικών μεταλλικών ή σκυροδετημένων συνδέσεων. Η ποιότητα και η ακρίβεια αυτών των συνδέσεων επηρεάζουν άμεσα τη στατική επάρκεια, τη σεισμική συμπεριφορά και τη συνολική ανθεκτικότητα της κατασκευής. Τυχόν αστοχίες ή κατασκευαστικές αποκλίσεις στις συνδέσεις μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα ευστάθειας, ρηγματώσεις ή μειωμένη δομική απόδοση.

Παράλληλα, η προκατασκευή εμφανίζει περιορισμένη μονολιθικότητα συγκριτικά με το έγχυτο σκυρόδεμα. Η ύπαρξη πολλών επιμέρους στοιχείων και αρμών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη δυσκαμψία και αυξημένη ευαισθησία σε δυναμικές ή σεισμικές καταπονήσεις, ιδιαίτερα όταν οι συνδέσεις δεν σχεδιάζονται ή δεν εκτελούνται επαρκώς. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη στατική ανάλυση και τον αντισεισμικό σχεδιασμό τέτοιων κατασκευών.

Επιπρόσθετα, η μέθοδος απαιτεί εξαιρετικά υψηλό επίπεδο ακρίβειας τόσο κατά την παραγωγή όσο και κατά την τοποθέτηση των στοιχείων. Μικρές αποκλίσεις στις διαστάσεις ή στις θέσεις έδρασης μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα συναρμολόγησης και να οδηγήσουν σε ανάγκη επιτόπιων διορθώσεων, με συνέπεια την αύξηση του χρόνου και του κόστους κατασκευής. Ως εκ τούτου, ο ποιοτικός έλεγχος σε όλα τα στάδια της διαδικασίας είναι καθοριστικής σημασίας.

Τέλος, η επιτυχής εφαρμογή της προκατασκευής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη διαθεσιμότητα παραγωγικής δυναμικότητας. Καθυστερήσεις στην παραγωγή των στοιχείων, προβλήματα μεταφοράς ή αστοχίες στον προγραμματισμό μπορούν να επηρεάσουν άμεσα το συνολικό χρονοδιάγραμμα του έργου. Επιπλέον, η εξάρτηση από συγκεκριμένες μονάδες παραγωγής και προμηθευτές δημιουργεί αυξημένο κατασκευαστικό κίνδυνο, ιδιαίτερα σε περιόδους αυξημένης ζήτησης ή περιορισμένης διαθεσιμότητας πρώτων υλών.

Συνολικά, παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα της προκατασκευής ως προς την ταχύτητα ανέγερσης και τον βιομηχανικό χαρακτήρα της παραγωγής, η μέθοδος συνοδεύεται από σημαντικές τεχνικές και οργανωτικές απαιτήσεις. Η επιτυχής εφαρμογή της προϋποθέτει υψηλό επίπεδο μελετητικής προετοιμασίας, ακριβή συντονισμό όλων των σταδίων της κατασκευαστικής διαδικασίας και εξειδικευμένη τεχνογνωσία τόσο κατά τον σχεδιασμό όσο και κατά την υλοποίηση του έργου.

### 2.1.1 Ιστορικό μεθόδου προκατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η βάση για την ανάπτυξη της προκατασκευής τέθηκε στα τέλη του 1870 με την εφεύρεση του οπλισμένου σκυροδέματος και την έγχυση του σε δοχεία ενισχυμένα με μεταλλικό πλέγμα. Στα τέλη του 19ου αιώνα, ο François Hennebique ανέπτυξε ένα ολοκληρωμένο κατασκευαστικό σύστημα με δοκούς, υποστύλωμα και πλάκες, το οποίο διαδόθηκε διεθνώς. Παράλληλα, εμφανίστηκαν τα πρώτα εργοστασιακά παραγόμενα δομικά στοιχεία, όπως πλάκες, σωλήνες και μικρά δομικά μέλη.

Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι μηχανικοί αναγνώρισαν ότι το σκυρόδεμα μπορούσε να παραχθεί εκτός εργοταξίου, να χυτευθεί και να μεταφερθεί τελικά στο εργοτάξιο ως έτοιμο στοιχείο. Οι εφαρμογές περιλάμβαναν:

- Προκατασκευασμένες πλάκες δαπέδων
- Προκατασκευασμένους δοκούς και στύλους
- Προκατασκευασμένα στοιχεία για γέφυρες και για άλλα τεχνικά έργα

Η ανάπτυξη του προεντεταμένου σκυροδέματος λίγο αργότερα ενίσχυσε σημαντικά τις δυνατότητες της προκατασκευής. Η ενσωμάτωση των προεντεταμένων τενόντων στα προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος έκανε εφικτή τη γρήγορη και ασφαλή τη παραγωγή σε ελεγχόμενο βιομηχανοποιημένο περιβάλλον δοκών και πλακών μεγάλων ανοιγμάτων και σε οποιοδήποτε σχέδιο και σχήμα όσο περίπλοκο και αν ήταν.

Στην περίοδο του μεσοπολέμου (1920-1945) αν και τα αρχιτεκτονική πρωτοπόρα ρεύματα που κυριαρχούσαν τότε στην Ευρώπη προωθούσαν την ιδέα της τυποποίησης και της «κατοικίας ως βιομηχανικό προϊόν» (Le Corbusier) ή υποστήριζαν τη βιομηχανική παραγωγή δομικών στοιχείων και την ενσωμάτωσή τους στα κτίρια (Bauhaus), οι εφαρμογές των δομικών στοιχείων από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα σε κτίρια και τεχνικά έργα παρέμεναν περιορισμένες κυρίως λόγω υψηλού κόστους μεταφοράς των παραγομένων εκτός του εργοταξίου δομικών στοιχείων, της έλλειψης εξειδικευμένου εξοπλισμού για τη βιομηχανοποίηση και την παραγωγή και της περιορισμένης τεχνογνωσίας στις συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων δομικών στοιχείων.

Η εκτεταμένη χρήση δομικών στοιχείων από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα σε κτίρια και τεχνικά έργα παρουσίασε άνθηση στις πρώτες δεκαετίες μετά το πέρας του 2<sup>ου</sup> παγκοσμίου πολέμου (1945). Η ανάγκη για γρήγορη ανοικοδόμηση των πόλεων και των υποδομών τους,

σε συνδυασμό με την ανάγκη για μαζική στέγαση των ανθρώπων που εγκατέλειπαν την ύπαιθρο και την αγροτική ζωή για την μετακόμιση σε αστικές περιοχές οδήγησε σε εκτεταμένη χρήση προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων. Η χρήση τους επεκτάθηκε τόσο στην ανατολική Ευρώπη, όπου αναπτύχθηκαν τα συστήματα «panel buildings» (π.χ. Khrushchyonka), με μεγάλα προκατασκευασμένα τοιχώματα και πλάκες όσο και στη δυτική με τη χρήση μεγάλων συστημάτων από προκατασκευασμένα πάνελ οπλισμένου σκυροδέματος για εργατικές κατοικίες.

Στις επόμενες δεκαετίες (1970-1990) ταυτόχρονα με τη βιομηχανική ωρίμανση και την τυποποίηση η τεχνολογία των προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων εξελίχθηκε με καλύτερες μηχανικές συνδέσεις, αυξημένη χρήση προεντεταμένων στοιχείων, και εξειδικευμένα λογισμικά υπολογισμού και σχεδιασμού. Καθοριστική ήταν η ίδρυση εκείνη την περίοδο του Ινστιτούτου Προκατασκευασμένου/ Προεντεταμένου σκυροδέματος (Precast/Prestressed Concrete Institute) στις ΗΠΑ το οποίο συνέβαλε στη διάδοση προτύπων και τεχνικών οδηγιών.

Στη σύγχρονη εποχή (1990-σήμερα) οι κατασκευές δομικών στοιχείων από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα έχουν εκσυγχρονιστεί πλήρως συνδυάζοντας το Building Information Modeling (BIM), τη ρομποτική παραγωγή, τα αυτοματοποιημένα καλούπια, τη μεγάλη τεχνογνωσία στις συνδέσεις και τα διάφορα νέα και προηγμένα υλικά (πχ αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα) και χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορα και πολύπλοκα τεχνικά έργα όπως: πολυώροφα κτίρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, γέφυρες, στάδια, έργα μετρό κ.α.

### 2.1.2 Η προκατασκευή στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα Το πρώτο οργανωμένο εργοστάσιο προκατασκευασμένων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα λειτούργησε στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Από τότε έως σήμερα αρκετές εταιρείες προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων έχουν εδραιωθεί στη χώρα με σύγχρονα εργοστάσια παραγωγής. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- ΑΡΜΟΣ
- ΑΣΠΡΟΚΑΤ
- ΠΡΟΚΕΛ
- ΣΚΥΡΟΔΟΜΗ

- ΤΑΧΥΔΟΜΗ
- ΟΙΚΟΠΡΟΚΑΤ

Η μέθοδος των προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει εφαρμοστεί σε διαφορά έργα ανά την Ελλάδα τόσο δημόσια όσο και ιδιωτικά. Ενδεικτικά κάποια από αυτά είναι:

- Η γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου όπου χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένα τμήματα καταστρώματος, προεντεταμένες δοκοί και μεγάλα προκατασκευασμένα στοιχεία θεμελίωσης.
- Μετρό Αθήνας και Μετρό Θεσσαλονίκης όπου χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένοι δακτύλιοι για την επένδυση των σηράγγων, προκατασκευασμένοι υποσταθμοί και διαφορά άλλα μικρά τεχνικά έργα πχ φρεάτια).
- Εγνατία οδός όπου χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένα τμήμα γεφυρών (δοκοί, κατάστρωμα), επενδύσεις σηράγγων, τοιχία αντιστήριξης, οχετοί κ.α.
- Εμπορευματικά κέντρα, κέντρα logistics, αποθήκες κλπ σε Ασπρόυργο, Οινόφυτα και αλλού όπου σχεδόν εξολοκλήρου ο φέρων οργανισμός των κτιρίων αυτών αποτελείται από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.
- Μεγάλα ξενοδοχειακά συγκροτήματα σε Κρήτη, Ρόδο κλπ όπου χρησιμοποιούνται κυρίως σε επαναλαμβανόμενες μονάδες κτίρια) δωματίων.

Ο κύκλος εργασιών των εταιρειών παραγωγής προκατασκευασμένων στοιχείων που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα σήμερα κυμαίνεται περίπου στα 500 εκατομμύρια Ευρώ ετησίως, με συνεχείς ανοδικές τάσεις. Οι ανοδικές αυτές τάσεις οφείλονται κυρίως:

- στην ταχύτερη κατασκευή
- στη μείωση του συνολικού κόστους του έργου
- στο υψηλής ποιότητας αισθητικό αποτέλεσμα της προκατασκευής
- στη μείωση του εξειδικευμένου εργατικού προσωπικού στις συμβατικές κατασκευές (κατασκευές από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα)
- στη ραγδαία αύξηση των κατασκευών logistics και data centers
- στις τουριστικές επενδύσεις

- στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα εργοστάσια παρασκευής μιας και το τελευταίο είναι απαραίτητο για την πιστοποίηση του τελικού προϊόντος (κτίριο, τεχνικό έργο κλπ) από διάφορους φορείς (πχ LEED, BREAM) και από την ένταξή του στο ταμείο ανάκαμψης.

### 2.1.3 Μέθοδοι προκατασκευής σε βιομηχανική κλίμακα

Η μέθοδος προκατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι μια βιομηχανική διαδικασία κατά την οποία τα δομικά στοιχεία ενός έργου (π.χ. υποστυλώματα, δοκοί, πλάκες, τοιχώματα) κατασκευάζονται σε εργοστάσιο και στη συνέχεια μεταφέρονται στο εργοτάξιο για συναρμολόγηση.

Κατασκευή Καλουπιών (Μητρών): Στο εργοστάσιο δημιουργούνται μεταλλικά ή ειδικά καλούπια υψηλής ακρίβειας για: υποστυλώματα, δοκούς, πλάκες, τοιχώματα, ειδικά τεμάχια. Τα καλούπια επαναχρησιμοποιούνται πολλές φορές, εξασφαλίζοντας σταθερή ποιότητα.

Κατασκευή Οπλισμού: Οι ράβδοι χάλυβα κόβονται και διαμορφώνονται σύμφωνα με τα σχέδια και συναρμολογούνται σε κλωβούς οπλισμού. Τοποθετούνται επίσης: αναμονές, ένθετα στοιχεία, αγκύρια, υποδοχές συνδέσεων, στοιχεία ανύψωσης.

Σκυροδέτηση: Ο οπλισμός τοποθετείται στο καλούπι και γίνεται έκχυση σκυροδέματος. Χρησιμοποιούνται: σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, δονητές για συμπύκνωση, συστήματα ελέγχου ποιότητας.

Ωρίμανση: Τα στοιχεία παραμένουν σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Συχνά εφαρμόζεται θερμική ωρίμανση ώστε να επιτευχθούν γρήγορα οι απαιτούμενες αντοχές.

Αποκαλούπωση και Έλεγχος: Μετά την επίτευξη της απαιτούμενης αντοχής: αφαιρούνται τα καλούπια, ελέγχονται διαστάσεις και επιφάνειες, πραγματοποιούνται δοκιμές αντοχής.

Αποθήκευση: Τα στοιχεία αποθηκεύονται σε ειδικούς χώρους εντός του εργοστασίου μέχρι τη μεταφορά τους.

Μεταφορά: Η μεταφορά γίνεται με ειδικές νταλίκες και απαιτεί: μελέτη βάρους και διαστάσεων, σχεδιασμό διαδρομής, ειδικές άδειες όταν χρειάζεται.

Ανέγερση στο Εργοτάξιο: Με γερανούς τοποθετούνται: Υποστυλώματα, Δοκοί, Πλάκες, Τοιχώματα. Η συναρμολόγηση είναι ταχεία και με ελάχιστους ξυλότυπους. Είναι απαραίτητο πριν από την ανέγερση να έχουν κατασκευαστεί από έγχυτο σκυρόδεμα τα θεμέλια έδρασης των προκατασκευασμένων στοιχείων. Σπανιότερα τα θεμέλια αυτά αποτελούνται από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.

Συνδέσεις και Ολοκλήρωση: Μετά την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων οι συνδέσεις μεταξύ των θεμελίων ή και άλλων δομικών στοιχείων με τα προκατασκευασμένα στοιχεία γίνεται με χυτεύσεις αρμών, με μεταλλικές πλάκες, με κοχλιώσεις, με συγκολλήσεις, με προένταση. Παλαιότερα για τα υποστυλώματα ως μέσο σύνδεση χρησιμοποιούνταν μια οπή στη θεμελίωση από έγχυτο σκυρόδεμα στη διάσταση του υποστυλώματος η οποία μετά την τοποθέτηση του υποστυλώματος πληρώνονταν με σκυρόδεμα. Η μέθοδος αυτή στις σύγχρονες κατασκευές έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί. Μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων, το σύστημα λειτουργεί ως ενιαίος φέρων οργανισμός.

## **2.2 Κατασκευές από έγχυτο σκυρόδεμα**

Οι κατασκευές από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες τεχνικές δόμησης για κτίρια και τεχνικά έργα, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Η μέθοδος βασίζεται στη διάστρωση νωπού σκυροδέματος μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένους ξυλοτύπους, εντός των οποίων έχει προηγουμένως τοποθετηθεί ο απαιτούμενος χαλύβδινος οπλισμός. Μετά την πήξη και ωρίμανση του υλικού, δημιουργούνται μονολιθικά δομικά στοιχεία υψηλής αντοχής, όπως θεμελιώσεις, υποστυλώματα, δοκοί, πλάκες και τοιχώματα. Το Οπλισμένο σκυρόδεμα αξιοποιεί τη μεγάλη αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη και τη σημαντική αντοχή του χάλυβα σε εφελκυσμό, εξασφαλίζοντας επαρκή φέρουσα ικανότητα, δυσκαμψία και πλαστιμότητα.

Η κατασκευή επί τόπου προσφέρει σημαντική ευελιξία ως προς τη γεωμετρία και τη μορφολογία του φέροντος οργανισμού, επιτρέποντας την προσαρμογή σε σύνθετες αρχιτεκτονικές και λειτουργικές απαιτήσεις. Επιπλέον, η μονολιθική σύνδεση των επιμέρους στοιχείων συμβάλλει στην ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων και στη βελτιωμένη σεισμική συμπεριφορά, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό σε σειсмоγενείς περιοχές όπως η Ελλάδα. Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των κατασκευών από

σκυρόδεμα πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον Eurocode 2, ενώ οι αντισεισμικές απαιτήσεις καθορίζονται από τον Eurocode 8.

Η διαδικασία κατασκευής περιλαμβάνει την προετοιμασία των ξυλοτύπων, την τοποθέτηση του οπλισμού, τη σκυροδέτηση, τη συμπύκνωση με μηχανικά μέσα και την κατάλληλη συντήρηση κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Η ποιότητα του τελικού έργου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ακρίβεια εφαρμογής των μελετών, την ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών και τον αποτελεσματικό ποιοτικό έλεγχο σε όλα τα στάδια της κατασκευής. Η επαρκής κάλυψη του οπλισμού και η σωστή συντήρηση του σκυροδέματος είναι κρίσιμοι παράγοντες για την ανθεκτικότητα της κατασκευής έναντι διάβρωσης, υγρασίας και άλλων περιβαλλοντικών δράσεων.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των κατασκευών από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα περιλαμβάνουν:

- Υψηλή μηχανική αντοχή και δυσκαμψία: Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλιπτικά, καμπτικά και διατμητικά φορτία, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη φέρουσα ικανότητα.
- Άριστη αντισεισμική συμπεριφορά: Όταν σχεδιάζεται σύμφωνα με τις σύγχρονες προδιαγραφές των Ευροκώδικων, προσφέρει υψηλή πλαστιμότητα και αποτελεσματική απορρόφηση σεισμικής ενέργειας.
- Μονολιθική λειτουργία του φέροντος οργανισμού: Η συνεχής σύνδεση μεταξύ δοκών, πλακών και υποστυλωμάτων εξασφαλίζει ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής και ανθεκτικότητα: Με σωστή μελέτη και συντήρηση, οι κατασκευές μπορούν να παραμείνουν λειτουργικές για πολλές δεκαετίες.
- Αντοχή σε πυρκαγιά: Το σκυρόδεμα λειτουργεί ως φυσικό προστατευτικό μέσο για τον οπλισμό, διατηρώντας τη φέρουσα ικανότητα για σημαντικό χρονικό διάστημα.
- Ευελιξία στη διαμόρφωση: Επιτρέπει την κατασκευή σύνθετων γεωμετριών και την προσαρμογή σε διαφορετικές αρχιτεκτονικές απαιτήσεις.
- Καλή ηχομόνωση και θερμική αδράνεια: Η μεγάλη μάζα του υλικού συμβάλλει στη βελτίωση της ακουστικής και στη σταθεροποίηση της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- Ευρεία διαθεσιμότητα υλικών και τεχνογνωσίας: Η τεχνολογία είναι πλήρως καθιερωμένη και υποστηρίζεται από εκτεταμένη εμπειρία στην Ελλάδα και διεθνώς.

- Σχετική οικονομικότητα: Για μεγάλο εύρος κτιριακών έργων αποτελεί μια αποδοτική και οικονομικά ανταγωνιστική λύση.
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης: Όταν η κατασκευή προστατεύεται σωστά από περιβαλλοντικές δράσεις, οι ανάγκες συντήρησης είναι περιορισμένες.

Αντίθετα, ως μειονεκτήματα αναφέρονται:

- Αυξημένο ίδιο βάρος: Το μεγάλο ειδικό βάρος του σκυροδέματος αυξάνει τα κατακόρυφα φορτία και τις σεισμικές δράσεις που αναπτύσσονται στον φέροντα οργανισμό.
- Μεγαλύτερος χρόνος κατασκευής: Απαιτούνται διαδοχικά στάδια, όπως η κατασκευή ξυλοτύπων, η τοποθέτηση οπλισμού, η σκυροδέτηση και η περίοδος ωρίμανσης του σκυροδέματος.
- Ανάγκη για προσωρινές κατασκευές: Η χρήση ξυλοτύπων, υποστυλώσεων και ικριωμάτων αυξάνει το κόστος και την πολυπλοκότητα της κατασκευής.
- Εξάρτηση από τις καιρικές συνθήκες: Υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και βροχοπτώσεις, μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ποιότητα και την εξέλιξη των εργασιών.
- Δυσκολία μελλοντικών επεμβάσεων: Τροποποιήσεις, ενισχύσεις ή κατεδαφίσεις είναι συνήθως πιο απαιτητικές σε σχέση με άλλους τύπους φερόντων οργανισμών.
- Κίνδυνος ρηγματώσεων: Συρρίκνωση, θερμοκρασιακές μεταβολές ή καθιζήσεις μπορεί να προκαλέσουν ρωγμές, εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σχεδιασμού και κατασκευής.
- Πιθανότητα διάβρωσης του οπλισμού: Ελλιπής κάλυψη ή διείσδυση υγρασίας και χλωριόντων μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση του χάλυβα και υποβάθμιση της ανθεκτικότητας.
- Αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα: Η παραγωγή τσιμέντου συνδέεται με σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και υψηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Αυξημένες απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου: Η τελική ποιότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή εκτέλεση όλων των σταδίων και από την αυστηρή επίβλεψη του έργου.

- Περιορισμένη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης: Η αποσυναρμολόγηση και αξιοποίηση των δομικών στοιχείων μετά το τέλος της ζωής του έργου είναι δυσκολότερη σε σχέση με μεταλλικές ή προκατασκευασμένες λύσεις.

Οι σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κατασκευή με τη μέθοδο του έγχυτου οπλισμένου σκυροδέματος είναι:

- Έλεγχος ποιότητας και ψηφιακός μετασχηματισμός: Η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως το Building Information Modeling και αισθητήρων παρακολούθησης συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας, αλλά απαιτεί νέες δεξιότητες και επενδύσεις.
- Αστάθεια στο κόστος υλικών και ενέργειας: Οι διακυμάνσεις στις τιμές τσιμέντου, χάλυβα και καυσίμων επηρεάζουν σημαντικά τον προϋπολογισμό και τον προγραμματισμό των έργων.
- Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού: Η ανάγκη για έμπειρα συνεργεία και τεχνικούς παραμένει κρίσιμη για την ορθή εφαρμογή των μελετών. Στην Ελλάδα σήμωρα, έπειτα από μια περίοδο παρατεταμένης οικονομικής κρίσης και σχεδόν την πλήρη κατάρρευση της οικοδομικής δραστηριότητας τα προηγούμενα χρόνια το εξειδικευμένο προσωπικό είναι ολοένα και πιο σπάνιο ακριβώς διότι οι νέες γενιές εργατοτεχνιτών δεν μπορούσαν να εκπαιδευτούν πάνω στο επάγγελμά τους λόγω της συρρίκνωσης της οικοδομικής δραστηριότητας.
- Αυστηρότερες κανονιστικές απαιτήσεις: Η συνεχής εξέλιξη των ευρωπαϊκών προτύπων, όπως ο Ευροκώδικας, απαιτεί διαρκή ενημέρωση των μηχανικών.
- Ανάγκη για ταχύτερη και αποδοτικότερη κατασκευή: Η πίεση για συντόμευση χρονοδιαγραμμάτων είναι πλέον καθολικό φαινόμενο το οποίο αποτυπώνεται κυρίως στις συμβάσεις των ιδιωτικών έργων.
- Μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος: Η παραγωγή τσιμέντου αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η ανάπτυξη σκυροδεμάτων χαμηλών εκπομπών, η χρήση εναλλακτικών προσθέτων υλών και η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας αποτελούν βασικές προτεραιότητες.

Παρά τα μειονεκτήματα και τις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής, η μέθοδος εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη επιλογή για μεγάλο εύρος εφαρμογών, λόγω της αξιοπιστίας, της οικονομικότητας και της αποδεδειγμένης δομικής της συμπεριφοράς.

## 2.3 Μεταλλικές κατασκευές

Οι μεταλλικές κατασκευές αποτελούν μία από τις σημαντικότερες μεθόδους δόμησης στη σύγχρονη μηχανική, με ευρεία εφαρμογή σε βιομηχανικά κτίρια, εμπορικές εγκαταστάσεις, γέφυρες, αθλητικές εγκαταστάσεις και πολυώροφα κτίρια. Ο φέρων οργανισμός διαμορφώνεται από δομικά στοιχεία χάλυβα, όπως υποστυλώματα, δοκοί, σύνδεσμοι δυσκαμψίας και δικτυώματα, τα οποία κατασκευάζονται συνήθως σε εργοστάσιο και συναρμολογούνται στο εργοτάξιο. Ο Δομικός χάλυβας χαρακτηρίζεται από υψηλή μηχανική αντοχή, σημαντική πλαστιμότητα και ομοιομορφία ιδιοτήτων, γεγονός που τον καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για έργα με αυξημένες απαιτήσεις αξιοπιστίας και ακρίβειας.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των μεταλλικών κατασκευών είναι ο υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος. Η μικρότερη μάζα του φορέα μειώνει τα κατακόρυφα φορτία και τις σεισμικές δράσεις, ενώ παράλληλα επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων ανοιγμάτων χωρίς ενδιάμεσα στηρίγματα. Η προκατασκευή των στοιχείων σε ελεγχόμενο βιομηχανικό περιβάλλον συμβάλλει στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας και στην ταχεία ολοκλήρωση των εργασιών στο εργοτάξιο. Επιπλέον, οι μεταλλικοί φορείς μπορούν να αποσυναρμολογηθούν, να επεκταθούν ή να τροποποιηθούν σχετικά εύκολα, προσφέροντας σημαντική ευελιξία κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.

Ο σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών στην Ευρώπη πραγματοποιείται σύμφωνα με τον Ευροκώδικα 3, ενώ οι απαιτήσεις αντισεισμικού σχεδιασμού καθορίζονται από τον Ευροκώδικα 1. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στον σχεδιασμό των συνδέσεων, στην αποφυγή τοπικού λυγισμού, στην προστασία έναντι διάβρωσης και στην εξασφάλιση επαρκούς πυροπροστασίας, καθώς η αντοχή του χάλυβα μειώνεται σημαντικά σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των μεταλλικών κατασκευών περιλαμβάνουν:

- Υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος: Ο δομικός χάλυβας παρουσιάζει μεγάλη μηχανική αντοχή με σχετικά μικρό ίδιο βάρος, γεγονός που μειώνει τα κατακόρυφα φορτία και τις σεισμικές δράσεις.
- Ταχύτητα κατασκευής: Τα δομικά στοιχεία κατασκευάζονται σε εργοστάσιο και συναρμολογούνται ταχύτατα στο εργοτάξιο, μειώνοντας σημαντικά τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης του έργου.

- Δυνατότητα κάλυψης μεγάλων ανοιγμάτων: Οι μεταλλικοί φορείς μπορούν να γεφυρώσουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς ενδιάμεσα υποστυλώματα, προσφέροντας αυξημένη λειτουργική ευελιξία.
- Υψηλή ακρίβεια και ποιοτικός έλεγχος: Η βιομηχανική παραγωγή εξασφαλίζει ακριβείς διαστάσεις, ομοιομορφία υλικών και αυστηρό έλεγχο ποιότητας.
- Ευκολία μετατροπών και επεκτάσεων: Οι κατασκευές μπορούν να ενισχυθούν, να τροποποιηθούν ή να επεκταθούν σχετικά εύκολα κατά τη διάρκεια ζωής τους.
- Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίησης: Τα μεταλλικά στοιχεία μπορούν να αποξηλωθούν και να χρησιμοποιηθούν εκ νέου σε άλλα έργα.
- Υψηλή ανακυκλωσιμότητα: Ο χάλυβας είναι πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό, συμβάλλοντας στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.
- Μειωμένες απαιτήσεις θεμελίωσης: Το χαμηλότερο ίδιο βάρος οδηγεί συχνά σε μικρότερες και οικονομικότερες θεμελιώσεις.
- Καλή αντισεισμική συμπεριφορά: Η πλαστιμότητα του χάλυβα επιτρέπει αποτελεσματική απορρόφηση και διάχυση της σεισμικής ενέργειας.
- Καθαρό και οργανωμένο εργοτάξιο: Η περιορισμένη χρήση υγρών εργασιών μειώνει τα απόβλητα, τον θόρυβο και την ακαταστασία στο εργοτάξιο.

Αντίθετα, ως μειονεκτήματα αναφέρονται:

- Ανάγκη αντιδιαβρωτικής προστασίας: Ο δομικός χάλυβας είναι ευάλωτος στη διάβρωση όταν εκτίθεται σε υγρασία ή επιθετικά περιβάλλοντα, γεγονός που απαιτεί βαφές, γαλβανισμό ή άλλες προστατευτικές επιστρώσεις.
- Μειωμένη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες: Σε περίπτωση πυρκαγιάς, η μηχανική αντοχή του χάλυβα μειώνεται σημαντικά, καθιστώντας αναγκαία τη λήψη μέτρων πυροπροστασίας (πχ πυράντοχη βαφή)
- Αυξημένη ευαισθησία σε λυγισμό: Τα λεπτότοιχα μεταλλικά στοιχεία μπορεί να παρουσιάσουν τοπικό ή γενικό λυγισμό, απαιτώντας προσεκτικό σχεδιασμό και διαστασιολόγηση.
- Διακυμάνσεις στο κόστος του χάλυβα: Η οικονομικότητα της λύσης επηρεάζεται έντονα από τις μεταβολές στις διεθνείς τιμές πρώτων υλών και ενέργειας.
- Απαιτήσεις υψηλής ακρίβειας στις συνδέσεις: Οι κοχλιωτές και συγκολλητές συνδέσεις απαιτούν εξειδικευμένο σχεδιασμό, κατασκευή και ποιοτικό έλεγχο.

- Ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού: Η κατασκευή και συναρμολόγηση απαιτούν έμπειρους τεχνίτες και εξειδικευμένα συνεργεία.
- Απαιτήσεις συντήρησης: Σε ορισμένα περιβάλλοντα απαιτείται περιοδικός έλεγχος και ανανέωση των προστατευτικών επιστρώσεων.
- Μεγαλύτερη ευαισθησία σε δυναμικές ταλαντώσεις: Λόγω της μικρότερης μάζας, μπορεί να εμφανίζονται εντονότερες δονήσεις ή προβλήματα άνεσης αν δεν προβλεφθούν κατάλληλα μέτρα.
- Περιορισμένη θερμική και ακουστική μάζα: Τα μεταλλικά στοιχεία δεν προσφέρουν από μόνα τους σημαντική θερμική αδράνεια ή ηχομόνωση.
- Ανάγκη εξειδικευμένου εξοπλισμού ανύψωσης: Η τοποθέτηση των στοιχείων απαιτεί γερανούς και οργανωμένο εργοταξιακό σχεδιασμό κάτι που επιφέρει αύξηση του κόστους.

Οι βασικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η μέθοδος των μεταλλικών κατασκευών σήμερα συνοψίζονται παρακάτω:

- Μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος: Παρότι ο δομικός χάλυβας είναι πλήρως ανακυκλώσιμος, η παραγωγή του απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας και συνεπάγεται εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η ανάπτυξη «πράσινου χάλυβα» και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν βασικούς στόχους της βιομηχανίας.
- Αστάθεια στις τιμές πρώτων υλών και ενέργειας: Οι διακυμάνσεις στις διεθνείς τιμές του χάλυβα, της ηλεκτρικής ενέργειας και των μεταφορών επηρεάζουν άμεσα το κόστος των έργων.
- Αυστηρότερες απαιτήσεις βιωσιμότητας: Οι σύγχρονες κατασκευές πρέπει να ικανοποιούν ολοένα αυστηρότερα κριτήρια περιβαλλοντικής αξιολόγησης και πιστοποίησης.
- Ανάγκη για αυξημένη ανθεκτικότητα: Η προστασία από διάβρωση, κόπωση και ακραίες περιβαλλοντικές δράσεις παραμένει κρίσιμο ζήτημα για τη μακροχρόνια απόδοση των φορέων.
- Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού: Η ανάγκη για μηχανικούς, συγκολλητές και τεχνικούς υψηλής κατάρτισης αποτελεί σημαντική πρόκληση για τον κλάδο.

- Σύνθετες εφοδιαστικές αλυσίδες: Η παραγωγή και μεταφορά μεταλλικών στοιχείων εξαρτώνται από διεθνή δίκτυα προμήθειας, τα οποία είναι ευάλωτα σε καθυστερήσεις και διαταραχές.
- Ανάγκη για ταχύτερη και ακριβέστερη κατασκευή: Η πίεση για μικρότερα χρονοδιαγράμματα απαιτεί άριστο συντονισμό μεταξύ μελέτης, παραγωγής και συναρμολόγησης.

### **3 Μελέτη περίπτωσης: κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics)**

#### **3.1 Τα κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics) και η σημασία τους**

Τα κτίρια αποθήκευσης και διαλογής προϊόντων logistics αποτελούν εξειδικευμένες κτιριακές εγκαταστάσεις που σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με σκοπό την υποστήριξη των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε αυτά πραγματοποιούνται δραστηριότητες όπως η παραλαβή, η αποθήκευση, η ταξινόμηση, η συσκευασία και η αποστολή προϊόντων, εξασφαλίζοντας την ομαλή ροή των αγαθών από τον παραγωγό έως τον τελικό καταναλωτή. Η σημασία των εγκαταστάσεων αυτών έχει ενισχυθεί ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της παγκοσμιοποίησης των αγορών, της αύξησης του διεθνούς εμπορίου και της ραγδαίας ανάπτυξης του ηλεκτρονικού εμπορίου.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα κτίρια logistics περιλαμβάνουν διαφορετικές κατηγορίες εγκαταστάσεων, όπως αποθήκες (warehouses), κέντρα διανομής (distribution centers), κέντρα εκπλήρωσης παραγγελιών (fulfillment centers) και εγκαταστάσεις διασταυρούμενης διακίνησης (cross-docking facilities). Παρότι οι κατηγορίες αυτές διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, κοινός τους στόχος είναι η αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων και η ταχεία διανομή των προϊόντων προς τα σημεία κατανάλωσης.

Η συμβολή των κτιρίων logistics στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι καθοριστική. Μέσω της οργανωμένης αποθήκευσης και διαχείρισης των προϊόντων, μειώνεται ο χρόνος παράδοσης, περιορίζονται τα λειτουργικά κόστη και βελτιώνεται η ποιότητα εξυπηρέτησης των πελατών. Παράλληλα, η στρατηγική χωροθέτησή τους κοντά σε βασικές μεταφορικές υποδομές, όπως αυτοκινητοδρόμους, λιμένες, σιδηροδρομικούς σταθμούς και αεροδρόμια, επιτρέπει τη σύνδεσή τους με εθνικά και διεθνή δίκτυα μεταφορών, ενισχύοντας τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος διανομής.

Η οικονομική σημασία των κτιρίων logistics είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αποτελούν επενδύσεις μεγάλης κλίμακας που δημιουργούν θέσεις εργασίας και συμβάλλουν στην ανάπτυξη των περιφερειών στις οποίες εγκαθίστανται. Επιπλέον, ενισχύουν την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων, καθώς επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη

διαχείριση των αποθεμάτων και τη μείωση των καθυστερήσεων στις παραδόσεις. Σε εθνικό επίπεδο, η ανάπτυξη σύγχρονων υποδομών logistics συνδέεται άμεσα με την αύξηση της εμπορικής δραστηριότητας και την προσέλκυση επενδύσεων.

Τα τελευταία χρόνια, ο σχεδιασμός των κτιρίων logistics επηρεάζεται έντονα από τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και της τεχνολογικής καινοτομίας. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών υλικών, η αυτοματοποίηση των διαδικασιών και η αξιοποίηση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης αποτελούν πλέον βασικές τάσεις στον κλάδο. Οι εξελίξεις αυτές συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των εγκαταστάσεων και στην αύξηση της λειτουργικής τους αποτελεσματικότητας.

Τα κτίρια logistics κατασκευάζονται με δομικά συστήματα που ανταποκρίνονται στις αυξημένες απαιτήσεις λειτουργικότητας, αντοχής και ευελιξίας που χαρακτηρίζουν τις σύγχρονες εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διανομής. Ο σχεδιασμός τους αποσκοπεί στη δημιουργία μεγάλων ελεύθερων χώρων χωρίς ενδιάμεσα εμπόδια, στην παραλαβή υψηλών στατικών και δυναμικών φορτίων και στη δυνατότητα προσαρμογής ή επέκτασης του κτιρίου στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό, τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο χάλυβας, το οπλισμένο σκυρόδεμα, τα θερμομονωτικά σύνθετα πάνελ και τα βιομηχανικά δάπεδα υψηλής αντοχής.

Ο φέρων οργανισμός των κτιρίων logistics αποτελείται συνήθως από μεταλλικό σκελετό κατασκευασμένο από δομικό χάλυβα ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, από προκατασκευασμένα στοιχεία οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος. Η χρήση χάλυβα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη, καθώς επιτρέπει την κάλυψη μεγάλων ανοιγμάτων χωρίς την παρεμβολή εσωτερικών υποστυλωμάτων, μειώνει σημαντικά τον χρόνο ανέγερσης και παρέχει αυξημένη ευελιξία ως προς τη μελλοντική αναδιαμόρφωση των χώρων. Αντίστοιχα, τα προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος προσφέρουν υψηλή αντοχή, αυξημένη πυραντίσταση και μεγάλη διάρκεια ζωής, καθιστώντας τα κατάλληλα για εγκαταστάσεις με αυξημένες απαιτήσεις ασφάλειας και φορτίων.

Η θεμελίωση των κτιρίων πραγματοποιείται με στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως μεμονωμένα πέδιλα, συνδεδεμένα πέδιλα ή κοιτοστρώσεις, ανάλογα με τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους και τα αναμενόμενα φορτία. Ιδιαίτερη σημασία έχει το βιομηχανικό δάπεδο, το οποίο κατασκευάζεται από σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και

ενισχύεται συχνά με μεταλλικές ή συνθετικές ίνες. Το δάπεδο αυτό σχεδιάζεται ώστε να αντέχει στις καταπονήσεις που προκαλούνται από τα περονοφόρα οχήματα, τα συστήματα ραφιών υψηλής αποθήκευσης και τον λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό.

Το εξωτερικό περίβλημα των κτιρίων logistics διαμορφώνεται συνήθως με θερμομονωτικά σύνθετα πάνελ τύπου sandwich, τα οποία αποτελούνται από δύο μεταλλικά φύλλα με ενδιάμεσο μονωτικό πυρήνα από πολυουρεθάνη, πολυισοκυανουρικό αφρό (PIR) ή πετροβάμβακα. Τα στοιχεία αυτά προσφέρουν χαμηλό βάρος, υψηλή θερμομονωτική ικανότητα, αντοχή στις καιρικές συνθήκες και ταχύτητα στην τοποθέτηση. Σε εγκαταστάσεις όπου απαιτείται αυξημένη πυροπροστασία, προτιμώνται πάνελ με πυρήνα πετροβάμβακα ή προκατασκευασμένα τοιχεία από σκυρόδεμα.

Η στέγη κατασκευάζεται συνήθως από μεταλλικά στοιχεία και θερμομονωτικά πάνελ, εξασφαλίζοντας στεγανότητα, θερμική προστασία και δυνατότητα ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παράλληλα, στις εγκαταστάσεις προβλέπονται βιομηχανικές θύρες φόρτωσης και εκφόρτωσης, μεταλλικά κουφώματα, καθώς και συστήματα στεγανοποίησης των ραμπών για την προστασία των προϊόντων και τη διατήρηση των εσωτερικών συνθηκών.

Εκτός από τα κύρια δομικά υλικά, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και ο εσωτερικός εξοπλισμός. Στα κτίρια logistics ενσωματώνονται συστήματα πυρανίχνευσης και αυτόματης κατάσβεσης, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ισχύος και φωτισμού, δίκτυα δεδομένων, συστήματα αυτοματισμού και φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Ο εσωτερικός εξοπλισμός, όπως τα συστήματα ραφιών, οι ταινιόδρομοι και τα αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης, κατασκευάζεται κυρίως από γαλβανισμένο χάλυβα υψηλής αντοχής.

Συνολικά, τα κτίρια logistics κατασκευάζονται κυρίως από δομικό χάλυβα, οπλισμένο σκυρόδεμα και θερμομονωτικά σύνθετα πάνελ, υλικά που προσφέρουν υψηλή μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα, ταχύτητα κατασκευής και λειτουργική ευελιξία. Ο συνδυασμός αυτών των υλικών επιτρέπει τη δημιουργία εγκαταστάσεων που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας, εξασφαλίζοντας ασφαλή και αποδοτική λειτουργία σε βάθος χρόνου.

Συνοψίζοντας, τα κτίρια logistics συνιστούν κρίσιμες υποδομές για τη σύγχρονη οικονομία και το διεθνές εμπόριο. Ο κατάλληλος σχεδιασμός, η ορθολογική χωροθέτηση και η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών καθορίζουν την αποτελεσματικότητά τους και ενισχύουν τον στρατηγικό τους ρόλο στην υποστήριξη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η σημασία τους αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω στο μέλλον, καθώς η ανάγκη για ταχύτερη, οικονομικότερη και περιβαλλοντικά βιώσιμη διακίνηση προϊόντων καθίσταται ολοένα και πιο επιτακτική.

### **3.2 Τα κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics) στην Ελλάδα**

Η ανάπτυξη των κτιρίων logistics στην Ελλάδα συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη του εμπορίου, της βιομηχανίας, των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πορεία αυτή χαρακτηρίζεται από μια σταδιακή μετάβαση από τις παραδοσιακές αποθήκες μικρής κλίμακας σε σύγχρονες, τεχνολογικά προηγμένες εγκαταστάσεις μεγάλης επιφάνειας, οι οποίες αποτελούν σήμερα κρίσιμες υποδομές για τη διακίνηση αγαθών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι αποθηκευτικοί χώροι στην Ελλάδα περιορίζονταν κυρίως σε εγκαταστάσεις που εξυπηρετούσαν λιμάνια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, εμπορικές αγορές και βιομηχανικές μονάδες. Οι εγκαταστάσεις αυτές είχαν ως βασικό σκοπό την προσωρινή φύλαξη προϊόντων και πρώτων υλών και χαρακτηρίζονταν από απλό κατασκευαστικό σχεδιασμό, χωρίς εξειδικευμένες τεχνικές προδιαγραφές ή αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης.

Κατά τη μεταπολεμική περίοδο και ιδιαίτερα από τη δεκαετία του 1950 έως τη δεκαετία του 1970, η βιομηχανική ανάπτυξη της χώρας και η δημιουργία οργανωμένων βιομηχανικών περιοχών οδήγησαν στην κατασκευή μεγαλύτερων αποθηκών, κυρίως στις περιοχές της Αθήνας, του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης. Παρά τη βελτίωση των υποδομών, οι εγκαταστάσεις αυτές λειτουργούσαν ακόμη ως συμβατικοί αποθηκευτικοί χώροι και όχι ως ολοκληρωμένα κέντρα logistics.

Η ουσιαστική μετάβαση προς τις σύγχρονες εγκαταστάσεις logistics ξεκίνησε κατά τις δεκαετίες του 1980 και 1990. Η διεύρυνση του λιανικού εμπορίου, η εμφάνιση εταιρειών παροχής υπηρεσιών τρίτων logistics (Third Party Logistics – 3PL) και η ανάγκη για καλύτερη οργάνωση των αποθεμάτων δημιούργησαν αυξημένη ζήτηση για μεγαλύτερες και

λειτουργικότερες αποθήκες. Κατά την περίοδο αυτή, η περιοχή του Ασπροπύργου και γενικότερα η Δυτική Αττική άρχισε να αναπτύσσεται ως ο βασικός χώρος συγκέντρωσης αποθηκών και κέντρων διανομής, χάρη στη διαθεσιμότητα εκτάσεων και στην άμεση πρόσβαση στο κύριο οδικό δίκτυο.

Η δεκαετία του 2000 αποτέλεσε καθοριστικό στάδιο για την ανάπτυξη των κτιρίων logistics στην Ελλάδα. Η ολοκλήρωση σημαντικών έργων υποδομής, όπως η Αττική Οδός, η αναβάθμιση του εθνικού οδικού δικτύου και η λειτουργία του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών, βελτίωσαν σημαντικά τη συνδεσιμότητα της χώρας. Την ίδια περίοδο, άρχισαν να κατασκευάζονται σύγχρονες αποθήκες σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές, με μεταλλικό φέροντα οργανισμό, βιομηχανικά δάπεδα υψηλής αντοχής, θερμομονωτικά πάνελ και προηγμένα συστήματα πυροπροστασίας και διαχείρισης αποθήκης.

Η οικονομική κρίση της περιόδου 2010–2015 περιόρισε προσωρινά τον ρυθμό ανάπτυξης του κλάδου, καθώς οι επενδύσεις σε νέα έργα μειώθηκαν σημαντικά. Ωστόσο, κατά την ίδια περίοδο, η ενίσχυση της διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων μέσω του λιμένα του Πειραιά και η αυξανόμενη σημασία της Ελλάδας ως διαμετακομιστικού κόμβου δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για τη μετέπειτα αναζωογόνηση της αγοράς.

Η ανάπτυξη των κτιρίων logistics στην Ελλάδα έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία από το 2016 και έπειτα, καθώς η χώρα αξιοποιεί τη στρατηγική γεωγραφική της θέση στο σταυροδρόμι Ευρώπης, Ασίας και Αφρικής. Η εγγύτητα στη Διώρυγα του Σουέζ και η λειτουργία του Λιμένας Πειραιά ως ενός από τους σημαντικότερους εμπορευματικούς λιμένες της Μεσογείου έχουν ενισχύσει τον ρόλο της χώρας ως διαμετακομιστικού κόμβου για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη.

Η ελληνική αγορά σύγχρονων αποθηκών και κέντρων διανομής παρουσιάζει έντονη αναπτυξιακή δυναμική. Για το 2026 εκτιμάται ότι θα προστεθούν περίπου 800.000 m<sup>2</sup> νέων αποθηκευτικών εγκαταστάσεων, ενώ οι συνολικές επενδύσεις στον κλάδο αναμένεται να υπερβούν τα 800 εκατ. ευρώ. Η αυξημένη ζήτηση οφείλεται στην ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου, στην αναβάθμιση των λιμενικών και οδικών υποδομών και στη μετατροπή της Ελλάδας σε περιφερειακό κόμβο διανομής.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση κτιρίων logistics παρατηρείται στην περιοχή της Αττικής, όπου βρίσκεται το 60–70% του συνολικού αποθηκευτικού αποθέματος της χώρας. Κύριος

πυρήνας ανάπτυξης αποτελεί το Θριάσιο Πεδίο, το οποίο διαθέτει άμεση πρόσβαση στο λιμάνι του Πειραιά, στο εθνικό οδικό δίκτυο και στο σιδηροδρομικό δίκτυο. Η περιοχή έχει εξελιχθεί στο σημαντικότερο κέντρο logistics της Ελλάδας, φιλοξενώντας εγκαταστάσεις μεγάλων εμπορικών και βιομηχανικών επιχειρήσεων.

Κομβικό έργο για την ελληνική αγορά αποτελεί το Θριάσιο Εμπορευματικό Κέντρο (Thriasio Logistics Park), το οποίο αναπτύσσεται σε έκταση 588 στρεμμάτων και περιλαμβάνει αποθήκες και υποστηρικτικά κτίρια συνολικής επιφάνειας περίπου 265.000 m<sup>2</sup>. Η επένδυση, ύψους άνω των 300 εκατ. ευρώ, αναμένεται να δημιουργήσει χιλιάδες άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας και να ενισχύσει σημαντικά την ανταγωνιστικότητα της χώρας στον τομέα των συνδυασμένων μεταφορών.

Εκτός της Αττικής, σημαντικοί κόμβοι logistics έχουν αναπτυχθεί στα Οινόφυτα, στη Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου, στο Καλοχώρι και στην Θεσσαλονίκη. Οι περιοχές αυτές εξυπηρετούν κυρίως τη βιομηχανική παραγωγή, το χονδρικό εμπόριο και τις διεθνείς μεταφορές προς τις αγορές των Βαλκανίων.

Τα κτίρια logistics στην Ελλάδα ακολουθούν τις διεθνείς τεχνικές προδιαγραφές. Κατασκευάζονται κυρίως με μεταλλικό φέροντα οργανισμό ή προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, διαθέτουν μεγάλο ελεύθερο ύψος, βιομηχανικά δάπεδα υψηλής αντοχής, θερμομονωτικά πάνελ και σύγχρονα συστήματα πυροπροστασίας και αυτοματισμού. Τα νεότερα έργα ενσωματώνουν πρακτικές βιώσιμου σχεδιασμού, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα, φωτισμό LED και πιστοποιήσεις περιβαλλοντικής απόδοσης.

Η ανάπτυξη των υποδομών logistics έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Ενισχύει την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων, μειώνει το κόστος διανομής, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και προσελκύει επενδύσεις στον κλάδο του real estate και των μεταφορών. Παράλληλα, αναβαθμίζει τον γεωοικονομικό ρόλο της Ελλάδας ως βασικής πύλης εισόδου αγαθών προς την ευρωπαϊκή αγορά.

Συμπερασματικά, τα κτίρια logistics στην Ελλάδα αποτελούν έναν από τους πλέον δυναμικούς τομείς της αγοράς ακινήτων και των υποδομών. Η συγκέντρωση σημαντικών επενδύσεων, η ανάπτυξη μεγάλων έργων όπως το Θριάσιο Εμπορευματικό Κέντρο και η στρατηγική θέση της χώρας δημιουργούν ισχυρές προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη του κλάδου τα επόμενα χρόνια.

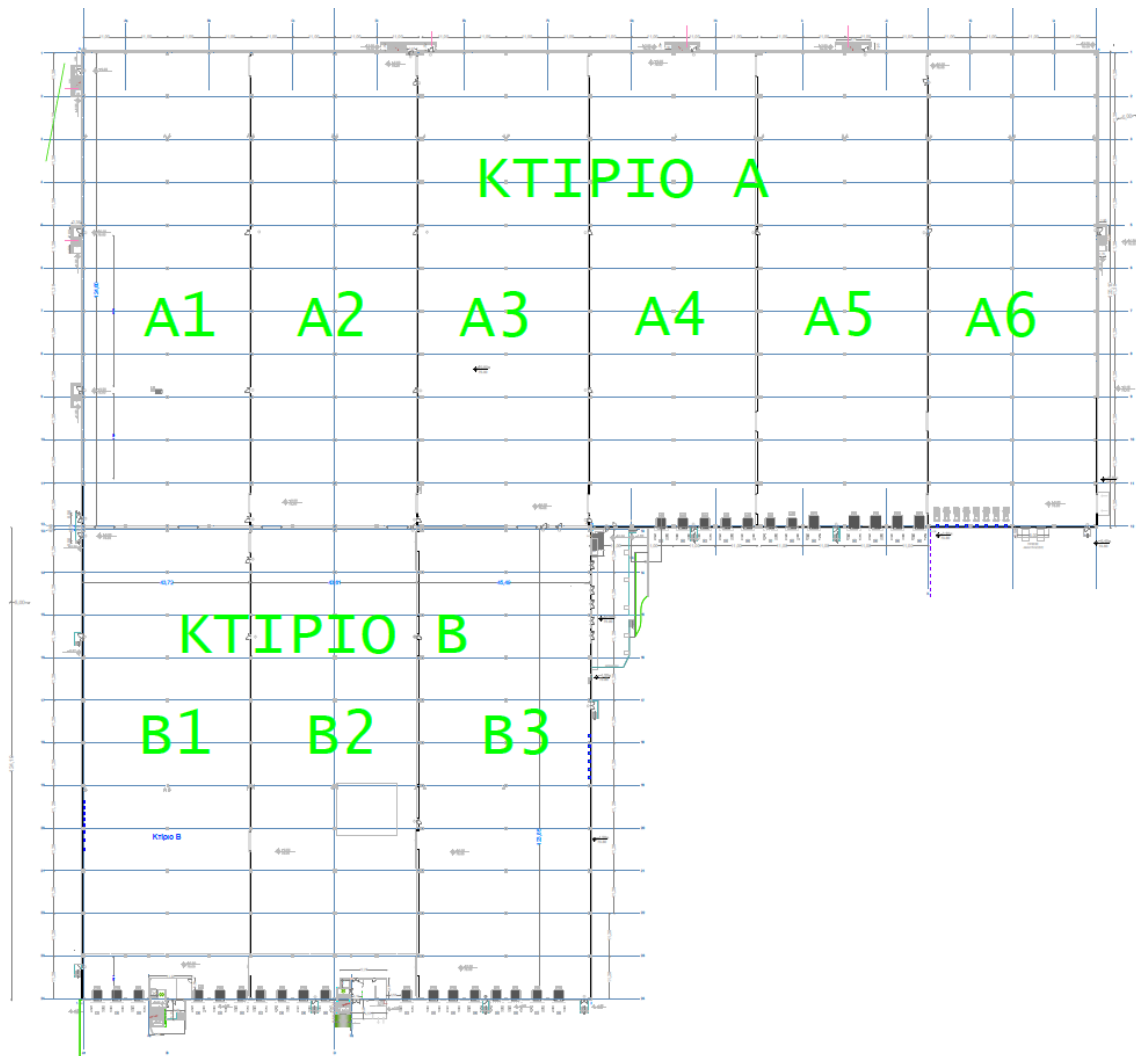
### 3.3 Παρουσίαση του πρότυπου κτιρίου logistics που θα μελετηθεί

Το πρότυπο κτίριο αποθήκευσης και διαλογής (logistics) που θα μελετηθεί βρίσκεται στην περιοχή του Θριασίου και θα εξυπηρετήσει την εφοδιαστική αλυσίδα μεγάλης εταιρείας ανταλλακτικών αυτοκινήτων. Βρίσκεται τοποθετημένο εντός οικοπέδου 120 περίπου στεμάτων και η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι στεγασμένοι χώροι (κτίριο) είναι περίπου 50.000 τμ. Το ίδιο το κτίριο αποτελείται από δύο επιμέρους κτίρια (κτίρια Α και Β). Το κτίριο Α καταλαμβάνει έκταση περίπου 33.500 τμ και έχει ελεύθερο ύψος περίπου 12μ. ώστε να αποθηκεύονται παλέτες με προϊόντα πάνω σε ειδικά μεταλλικά ράφια που θα τοποθετηθούν μελλοντικά. Χωρίζεται σε έξι επιμέρους διαμερίσματα (Α1-Α2-Α3-Α4-Α5-Α6) ίσης επιφάνειας μεταξύ του για λόγους πυρασφάλειας. Το κτίριο Β έχει έκταση περίπου 16.500 τμ και ελεύθερο ύψος περίπου 7μ για να αποθηκεύονται μεγαλύτερες παλέτες επί του δαπέδου ή η μια πάνω από την άλλη. Χωρίζεται σε τρία επιμέρους διαμερίσματα (Β1-Β2-Β3) ίσης επιφάνειας μεταξύ του για λόγους πυρασφάλειας. Το κτίριο επικαλύπτεται με πάνελ πετροβάμβακα τόσο στην οροφή όσο και στους εξωτερικούς περιμετρικούς τοίχους. Τα εσωτερικά χωρίσματα των κτιρίων Α και Β για τη δημιουργία των πυροδιαμερισμάτων κατασκευάζονται και αυτά με πάνελ πετροβάμβακα. Τα δάπεδα του κτιρίου θα κατασκευαστεί από ινοπλισμένο σκυρόδεμα και θα επεργαστεί η επιφάνεια του ώστε να γίνει βιομηχανικού τύπου. Το κτίριο θα περιλαμβάνει όλο τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (ύδρευση, αποχέτευση, πυρόσβεση, ηλεκτρικά ισχυρά και ασθενή ρεύματα).

Η θεμελίωση του κτιρίου θα κατασκευαστεί από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα. Αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα τα οποία συνοδεύονται μεταξύ τους με δοκούς θεμελίωσης (συνδετήριои δοκοί). Στην περίμετρο του κτιρίου κατασκευάζεται τοίχιο από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα για να διαμορφωθούν οι ράμπες φορτοεκφόρτωσης και να αντιμετωπιστούν οι ανισοσταθμίες του εδάφους (ορύγματα, επιχώματα). Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου θα μελετηθεί για να κατασκευαστεί με τρεις διακριτές μεθοδολογίες: από προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα, από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα και από μεταλλικά στοιχεία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν εξετάσεται η επίδραση που θα έχει στο συνολικό χρονοδιάγραμμα και κόστος η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου.

Η γενική διάταξη και η κάτοψη του κτιρίου παρουσιάζονται στο παρακάτω σχέδιο 1:



Σχέδιο 1: Κάτοψη πρότυπου κτιρίου

## 4 Κριτήρια-μέθοδος της έρευνας πάνω στο πρότυπο κτίριο

### 4.1 Μοντέλο χρονικού προγραμματισμού κατασκευής του πρότυπου έργου

#### 4.1.1 Γενική παρουσίαση μοντέλου χρονικού προγραμματισμού κατασκευής

Ο χρονικός προγραμματισμός κατασκευής έργου αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διαδικασίες στη διοίκηση τεχνικών έργων, καθώς επιτρέπει την οργάνωση, τον συντονισμό και τον έλεγχο όλων των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο. Στόχος του είναι η ολοκλήρωση του έργου εντός της προβλεπόμενης προθεσμίας, με τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και με περιορισμό των καθυστερήσεων και του πρόσθετου κόστους.

Η διαδικασία ξεκινά με την ανάλυση του έργου σε επιμέρους δραστηριότητες, όπως χωματουργικές εργασίες, θεμελιώσεις, κατασκευή φέροντος οργανισμού, τοιχοποιίες, ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και τελικές εργασίες. Για κάθε δραστηριότητα προσδιορίζεται η αναμενόμενη διάρκειά της και οι σχέσεις εξάρτησης με άλλες δραστηριότητες. Με αυτόν τον τρόπο καθορίζεται η λογική αλληλουχία των εργασιών και δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο χρονοδιάγραμμα.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο εντοπισμός της κρίσιμης διαδρομής (Critical Path), δηλαδή της αλληλουχίας δραστηριοτήτων που καθορίζει τη συνολική διάρκεια του έργου. Οι δραστηριότητες αυτές δεν διαθέτουν χρονικό περιθώριο καθυστέρησης (float), επομένως οποιαδήποτε μεταβολή στη διάρκειά τους επηρεάζει άμεσα την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου. Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM) χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό αυτών των δραστηριοτήτων και για τη βελτιστοποίηση του προγράμματος.

Η απεικόνιση του χρονοδιαγράμματος πραγματοποιείται συνήθως με διαγράμματα Gantt, στα οποία οι δραστηριότητες παρουσιάζονται σε μορφή οριζόντιων ράβδων πάνω σε χρονικό άξονα, διευκολύνοντας την κατανόηση της διάρκειας και της αλληλοεπικάλυψής τους. Σε πιο σύνθετα έργα χρησιμοποιούνται επίσης δικτυωτά διαγράμματα τύπου PERT και εξειδικευμένα λογισμικά, όπως το Microsoft Project και το Oracle Primavera P6.

Ο χρονικός προγραμματισμός δεν αποτελεί στατικό εργαλείο, αλλά δυναμική διαδικασία που συνοδεύει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του έργου. Κατά την εκτέλεση των εργασιών, το

αρχικό χρονοδιάγραμμα συγκρίνεται με την πραγματική πρόοδο και αναθεωρείται όταν προκύπτουν αποκλίσεις λόγω τεχνικών δυσκολιών, καιρικών συνθηκών, ελλείψεων υλικών ή αλλαγών στη μελέτη. Η συνεχής παρακολούθηση επιτρέπει τη λήψη διορθωτικών μέτρων και τη διατήρηση του έργου εντός των προβλεπόμενων χρονικών ορίων.

Συνολικά, ο χρονικός προγραμματισμός αποτελεί βασικό εργαλείο για την αποτελεσματική διαχείριση κατασκευαστικών έργων. Συμβάλλει στη βελτίωση του συντονισμού μεταξύ των εμπλεκομένων, στη μείωση του κινδύνου καθυστερήσεων και στη διασφάλιση της έγκαιρης και οικονομικά αποδοτικής ολοκλήρωσης του έργου.

### **Οι σχέσεις FS-SS-FF-FS στον χρονικό προγραμματισμό:**

Στον χρονικό προγραμματισμό έργων, οι σχέσεις εξάρτησης μεταξύ δραστηριοτήτων καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο η έναρξη ή η ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας επηρεάζει την έναρξη ή την ολοκλήρωση μιας άλλης. Οι τέσσερις βασικοί τύποι λογικών σχέσεων που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα συστήματα προγραμματισμού είναι οι Finish-to-Start (FS), Start-to-Start (SS), Finish-to-Finish (FF) και Start-to-Finish (SF).

Η σχέση Finish-to-Start (Ολοκλήρωση προς Έναρξη) είναι η συνηθέστερη μορφή εξάρτησης. Σύμφωνα με αυτή, η διάδοχη δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η προκάτοχός της. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα της τοποθέτησης οπλισμού δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η κατασκευή του ξυλοτύπου. Η σχέση αυτή εκφράζει μια αυστηρή διαδοχική ακολουθία εργασιών.

Η σχέση Start-to-Start (Έναρξη προς Έναρξη) σημαίνει ότι η διάδοχη δραστηριότητα μπορεί να ξεκινήσει μόνο αφού ξεκινήσει η προκάτοχος δραστηριότητα. Οι δύο δραστηριότητες μπορούν να εκτελούνται παράλληλα, χωρίς να απαιτείται η ολοκλήρωση της πρώτης. Για παράδειγμα, οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις μπορούν να ξεκινήσουν μόλις αρχίσουν οι εργασίες τοιχοποιίας σε ορισμένους χώρους του κτιρίου.

Η σχέση Finish-to-Finish (Ολοκλήρωση προς Ολοκλήρωση) επιβάλλει ότι η διάδοχη δραστηριότητα δεν μπορεί να ολοκληρωθεί πριν ολοκληρωθεί η προκάτοχος δραστηριότητα. Για παράδειγμα, οι εργασίες ελέγχου ποιότητας δεν μπορούν να ολοκληρωθούν πριν ολοκληρωθεί και η αντίστοιχη κατασκευαστική εργασία που επιθεωρείται.

Η σχέση Start-to-Finish (Έναρξη προς Ολοκλήρωση) είναι η λιγότερο συνηθισμένη μορφή εξάρτησης. Σε αυτήν, η διάδοχη δραστηριότητα δεν μπορεί να ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η προκάτοχος δραστηριότητα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η αντικατάσταση μιας βάρδιας προσωπικού ασφαλείας, όπου η αποχώρηση της τρέχουσας βάρδιας (διάδοχη δραστηριότητα) δεν μπορεί να ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η επόμενη βάρδια (προκάτοχος δραστηριότητα).

Η χρήση αυτών των σχέσεων επιτρέπει την ακριβή αποτύπωση της λογικής αλληλουχίας των εργασιών και τη δημιουργία ρεαλιστικών χρονοδιαγραμμάτων. Επιπλέον, κάθε σχέση μπορεί να συνοδεύεται από χρονική μετατόπιση (lag ή lead), ώστε να εκφράζονται καθυστερήσεις ή επικαλύψεις μεταξύ δραστηριοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, ο χρονικός προγραμματισμός αντανακλά με μεγαλύτερη ακρίβεια τις πραγματικές συνθήκες εκτέλεσης ενός έργου.

### Η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method – CPM)

Αποτελεί μία από τις σημαντικότερες και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες τεχνικές χρονικού προγραμματισμού και ελέγχου έργων. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και εφαρμόζεται εκτενώς στη διαχείριση τεχνικών, κατασκευαστικών και βιομηχανικών έργων. Σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός της ελάχιστης δυνατής διάρκειας ολοκλήρωσης ενός έργου, καθώς και ο εντοπισμός των δραστηριοτήτων που επηρεάζουν άμεσα τη συνολική του διάρκεια.

Η εφαρμογή της μεθόδου βασίζεται στη διάσπαση του έργου σε επιμέρους δραστηριότητες, για καθεμία από τις οποίες προσδιορίζεται η διάρκεια και οι σχέσεις εξάρτησης με τις υπόλοιπες δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες οργανώνονται σε ένα δικτυωτό διάγραμμα, όπου αποτυπώνεται η λογική αλληλουχία και η αλληλεξάρτησή τους. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται δύο βασικοί υπολογισμοί: η εμπρόσθια διέλευση (forward pass), με την οποία προσδιορίζονται οι νωρίτερες δυνατές ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας, και η οπίσθια διέλευση (backward pass), με την οποία υπολογίζονται οι αργότερες επιτρεπτές ημερομηνίες χωρίς να μεταβληθεί η συνολική διάρκεια του έργου.

Η διαφορά μεταξύ των νωρίτερων και αργότερων χρονικών στιγμών καθορίζει το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο ή «ολικό περιθώριο καθυστέρησης» (total float) κάθε δραστηριότητας. Οι δραστηριότητες με μηδενικό περιθώριο συγκροτούν την κρίσιμη διαδρομή, δηλαδή τη

μακρύτερη χρονικά αλληλουχία δραστηριοτήτων από την έναρξη έως την ολοκλήρωση του έργου. Οποιαδήποτε καθυστέρηση σε μία από αυτές τις δραστηριότητες συνεπάγεται ισόχρονη καθυστέρηση στην ολοκλήρωση ολόκληρου του έργου.

$$\text{Total Float} = LS - ES = LF - EF$$

όπου:

- *ES*(Early Start): νωρίτερη έναρξη,
- *EF*(Early Finish): νωρίτερη ολοκλήρωση,
- *LS*(Late Start): αργότερη έναρξη,
- *LF*(Late Finish): αργότερη ολοκλήρωση.

Η μέθοδος CPM προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της συνολικής διάρκειας του έργου, τον εντοπισμό κρίσιμων δραστηριοτήτων, την αξιολόγηση των επιπτώσεων πιθανών καθυστερήσεων και τη λήψη αποφάσεων για επιτάχυνση του προγράμματος μέσω ανακατανομής πόρων. Επιπλέον, αποτελεί τη βάση για τεχνικές βελτιστοποίησης, όπως η συμπίεση διάρκειας (crashing) και η εξομάλυνση πόρων.

Παρά τα πλεονεκτήματά της, η CPM στηρίζεται στην παραδοχή ότι οι διάρκειες των δραστηριοτήτων είναι γνωστές και σταθερές. Για τον λόγο αυτό η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για έργα όπου υπάρχει επαρκής εμπειρία και αξιόπιστα ιστορικά δεδομένα. Σε έργα με υψηλή αβεβαιότητα προτιμάται συχνά η μέθοδος PERT, η οποία χρησιμοποιεί πιθανοτικές εκτιμήσεις διάρκειας.

Συνολικά, η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής αποτελεί θεμελιώδες εργαλείο στη διοίκηση έργων, καθώς παρέχει σαφή εικόνα της χρονικής δομής του έργου και υποστηρίζει τον αποτελεσματικό προγραμματισμό, την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κατασκευαστικής διαδικασίας.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε ένα μοντέλο χρονικού προγραμματισμού του έργου το οποίο περιέχει διακριτά τις διαφορετικές εργασίες που είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση του πρότυπου κτιρίου. Το χρονοδιαγραμματικό μοντέλο περιέχει τις εργασίες των εκσκαφών, των εξυγιάνσεων του εδάφους, της σκυροδέτησης της θεμελίωσης του κτιρίου, την κατασκευή του φέροντα οργανισμού, την επικάλυψη της

οροφής με πάνελ, την περιμετρική πλαγιοκάλυψη του κτιρίου με πάνελ, την κατασκευή των βιομηχανικών δαπέδων από ινοπλισμένο σκυρόδεμα, την τοποθέτηση των εξωτερικών και εσωτερικών πολύσπαστων θυρών την κατασκευή των εσωτερικών πυράντοχων χωρισμάτων, τις εργασίες ύδρευσης, αποχέτευσης και πυρόσβεσης όπως και τις εργασίες ισχυρών και ασθενών ρευμάτων. Λόγω της μεγάλης έκτασης του πρότυπου κτιρίου, εκείνο έχει χωρισθεί σε επιμέρους τμήματα: το Α1-Α2-Α3-Α4-Α5-Α6 για το κτίριο Α και τα Β1-Β2-Β3 για το κτίριο Β τα οποία μεταξύ τους έχουν την ίδια επιφάνεια (ανά κτίριο) Το χρονοδιάγραμμα εκκινεί σε κάθε τμήμα από τις γενικές εκσκαφές και οι επόμενες εργασίες εκκινούν και εκείνες τμηματικά είτε όταν έχει ολοκληρωθεί πλήρως η προηγούμενη είτε ένα τμήμα της ανάλογα με τη σχέση εξάρτησης που έχει επιλεγθεί (FS, SS, FF, SF). Οι επιμέρους εργασίες συνεχίζουν στα επόμενα τμήματα χωρίς να έχει ολοκληρωθεί πλήρως κάποιο τμήμα που έχει ξεκινήσει νωρίτερα.

Στις περιπτώσεις της μεθόδου κατασκευής με στοιχεία προκατασκευασμένου οπλισμένου σκυροδέματος και μεταλλικών στοιχείων το χρονοδιάγραμμα θα εκκινεί ταυτόχρονα με τις εργασίες των εκσκαφών στο εργοτάξιο και της παραγωγής των δομικών στοιχείων στα εργοστάσια παραγωγής τους.

Οι εργασίες που θα έπονται της ολοκλήρωσης του φέροντα οργανισμού σε κάθε τμήμα του κτιρίου θα είναι ίδιες, με την ίδια αλληλουχία και με την ίδια χρονική διάρκεια αποπεράτωσής τους και για τις τρεις μεθόδους κατασκευής.

Ο χρονικός προγραμματισμός του έργου εκπονήθηκε με την παραδοχή ότι οι καιρικές συνθήκες θα είναι οι συνήθεις για την περιοχή του έργου, οι απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις θα είναι διαθέσιμες εγκαίρως, η προμήθεια υλικών και η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού και μηχανικού εξοπλισμού θα είναι συνεχής, δεν θα προκύψουν ουσιώδεις τροποποιήσεις της μελέτης και η χρηματοδότηση του έργου θα εξελίσσεται σύμφωνα με το προβλεπόμενο πρόγραμμα. Οι διάρκειες των επιμέρους εργασιών βασίζονται σε τυπικούς συντελεστές παραγωγικότητας, σε εμπειρικά δεδομένα από αντίστοιχα έργα που έχουν ήδη ολοκληρωθεί, σε αρχεία και ημερολόγια εργοταξίων, σε στοιχεία κατασκευαστικών εταιρειών, σε τεχνικές οδηγίες και βιβλιογραφία.

Για τη σύνταξη των χρονοδιαγραμμάτων κατασκευής χρησιμοποιήθηκε ειδικό λογισμικό χρονικού προγραμματισμού. Η ημέρα εκκίνησης του χρονοδιαγράμματος ορίζεται

ενδεικτικά στις 05/01/2026. Ως εργάσιμες ημέρες υπολογίζονται έξι ανά εβδομάδα (Δευτέρα έως Σάββατο) ενώ έχουν εξαιρεθεί από τις εργάσιμες ημέρες οι επίσημες αργίες.

Για τις τρεις μεθόδους κατασκευής ορίζεται η συνολική διάρκεια του έργου και η κρίσιμη διαδρομή του χρονοδιαγράμματος.

#### **4.1.2 Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.**

Στην περίπτωση κατασκευής του κτιρίου με στοιχεία προκατασκευασμένου σκυροδέματος, ο φέρων οργανισμός αποτελείται από θεμελίωση κατασκευασμένη με έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα και από προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία ανωδομής. Η επιλογή της συγκεκριμένης κατασκευαστικής μεθόδου αποσκοπεί στη μείωση του χρόνου κατασκευής και στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων στοιχείων μέσω βιομηχανικής παραγωγής.

Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του κτιρίου είναι προκατασκευασμένα υποστυλώματα τετραγωνικής διατομής διαστάσεων  $0,80 \times 0,80$  m. Η διάταξή τους καθορίζεται με βάση τη λειτουργικότητα του κτιρίου και τις απαιτήσεις του συστήματος αποθήκευσης και διαλογής. Ειδικότερα, στην περίμετρο του κτιρίου τα υποστυλώματα τοποθετούνται ανά 11,00 m, ενώ στο εσωτερικό του κτιρίου η μεταξύ τους απόσταση ανέρχεται σε 22,00 m, δημιουργώντας μεγάλα ελεύθερα ανοίγματα κατάλληλα για τη λειτουργία εγκαταστάσεων logistics.

Στη στέγη των υποστυλωμάτων που ορίζουν τα ανοίγματα των 22,00 m τοποθετούνται προκατασκευασμένες προεντεταμένες σύνθετες δοκοί-ζευκτά, οι οποίες αποτελούν τα κύρια στοιχεία στήριξης της στέγης. Η χρήση προεντεταμένων στοιχείων επιτρέπει την κάλυψη μεγάλων ανοιγμάτων με περιορισμένες διατομές και αυξημένη φέρουσα ικανότητα, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση του ιδίου βάρους της κατασκευής.

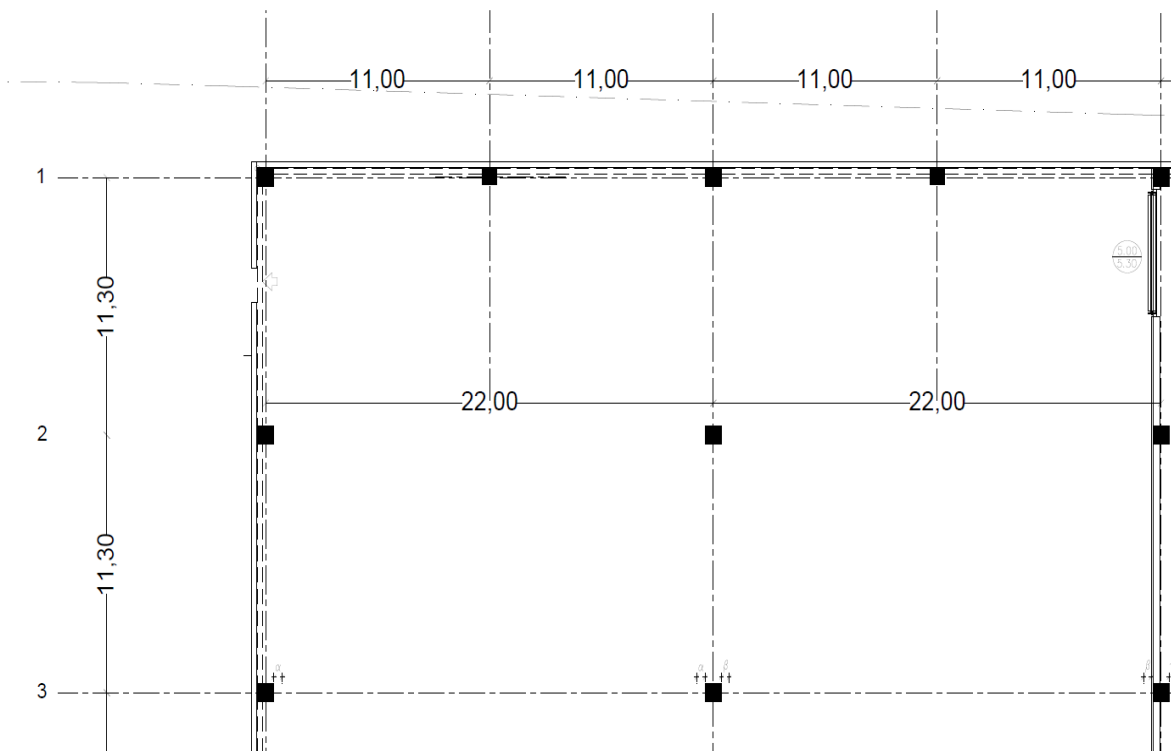
Μεταξύ των περιμετρικών υποστυλωμάτων, όπου το άνοιγμα είναι 11,00 m, τοποθετούνται προκατασκευασμένες μηκίδες διατομής  $0,40 \times 0,40$  m. Οι μηκίδες αυτές λειτουργούν ως δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία και χρησιμοποιούνται για τη στήριξη των πετασμάτων (panels) της εξωτερικής πλαγιοκάλυψης, καθώς και των στοιχείων εσωτερικής πυροδιαμερισμάτωσης του κτιρίου.

Για τη στήριξη της επικάλυψης της στέγης, μεταξύ των κύριων δοκών-ζευκτών τοποθετούνται προκατασκευασμένες τεγίδες διατομής  $0,30 \times 0,30$  m και μήκους 11,00 m.

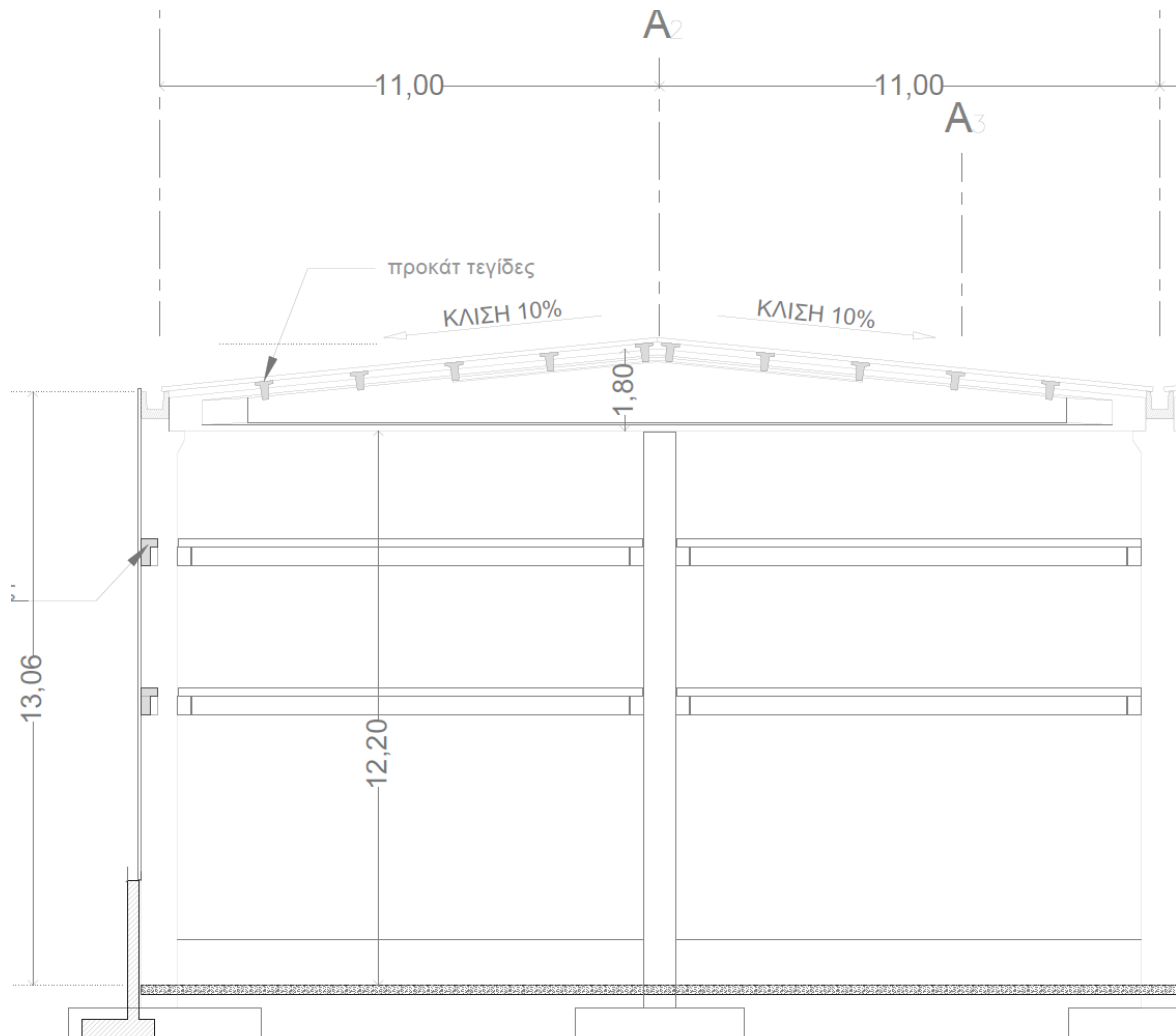
Οι τεγίδες μεταφέρουν τα φορτία της στέγης στα κύρια φέροντα στοιχεία, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη στατική επάρκεια και λειτουργικότητα της κατασκευής.

Η περιγραφόμενη διάταξη του φέροντος οργανισμού εξασφαλίζει μεγάλους ελεύθερους χώρους χωρίς ενδιάμεσα εμπόδια, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διαλογής (logistics), όπου απαιτείται ευελιξία στην κίνηση οχημάτων, μηχανημάτων και συστημάτων αποθήκευσης.

Στα Σχέδια 2 και 3 παρουσιάζονται η κάτοψη και οι βασικές διατάξεις των δομικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού, όπως περιγράφηκαν στην παρούσα ενότητα.



Σχέδιο 2: Λεπτομέρεια διάταξης υποστυλωμάτων



Σχέδιο 3: Λεπτομέρεια διάταξης δοκών-ζευκτών, μηκίδων και τεγίδων στην περίμετρο του κτιρίου

Από την ανάλυση της γεωμετρίας και της στατικής διάταξης των δύο κτιρίων προέκυψαν οι συνολικές απαιτούμενες ποσότητες προκατασκευασμένων στοιχείων για την κατασκευή του φέροντος οργανισμού.

Ειδικότερα, για το Κτίριο Α απαιτείται η παραγωγή και εγκατάσταση 180 προκατασκευασμένων υποστυλωμάτων ύψους 14,00 m, 144 προκατασκευασμένων δοκών-ζευκτών, 250 μηκίδων και 1.320 τεγίδων. Αντίστοιχα, για το Κτίριο Β απαιτούνται 94 προκατασκευασμένα υποστυλώματα ύψους 7,00 m, 72 δοκοί-ζευκτά, 136 μηκίδες και 660 τεγίδες.

Η κατανομή των παραπάνω στοιχείων στα επιμέρους τμήματα των κτιρίων πραγματοποιήθηκε με τρόπο που να ανταποκρίνεται στη γεωμετρική διάταξη του έργου. Δεδομένου ότι τα τμήματα παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς τη μορφή και τις διαστάσεις τους, οι απαιτούμενες ποσότητες προκατασκευασμένων στοιχείων κατανέμονται σχεδόν ισομερώς μεταξύ των επιμέρους κατασκευαστικών ενοτήτων των Κτιρίων Α και Β. Η παραδοχή αυτή διευκολύνει τόσο τον προγραμματισμό της παραγωγής των στοιχείων όσο και την οργάνωση των εργασιών ανέγερσης στο εργοτάξιο.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε το χρονοδιάγραμμα κατασκευής του έργου για την περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου προκατασκευασμένου οπλισμένου σκυροδέματος. Η ανάπτυξη του χρονοδιαγράμματος βασίστηκε στην τμηματική εκτέλεση των εργασιών, με σκοπό τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και τη διατήρηση συνεχούς ροής εργασιών μεταξύ εργοστασίου παραγωγής και εργοταξίου.

Ως βασική στρατηγική κατασκευής επιλέχθηκε η διαδοχική εκτέλεση των εργασιών ανά τμήμα του έργου. Συγκεκριμένα, όλες οι εργασίες ξεκινούν από το τμήμα Α1 και στη συνέχεια εξελίσσονται διαδοχικά στα τμήματα Α2, Β1, Α3, Β2, Α4, Β3, Α5 και Α6. Η συγκεκριμένη αλληλουχία επιτρέπει την ομαλή εξέλιξη των εργασιών και την αποτελεσματική διαχείριση των συνεργειών και του εξοπλισμού.

Ως ημερομηνία έναρξης του έργου ορίστηκε η 05/01/2026. Κατά την έναρξη του χρονοδιαγράμματος εκκινούν ταυτόχρονα δύο βασικές δραστηριότητες: οι εργασίες εκσκαφών στο τμήμα Α1 και η παραγωγή των αντίστοιχων προκατασκευασμένων στοιχείων στο εργοστάσιο. Η παράλληλη εκτέλεση των δύο δραστηριοτήτων αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της προκατασκευασμένης κατασκευής, καθώς επιτρέπει τη σημαντική μείωση του συνολικού χρόνου υλοποίησης του έργου μέσω της αλληλοεπικάλυψης των φάσεων παραγωγής και κατασκευής.

Με την ολοκλήρωση των εργασιών θεμελίωσης κάθε τμήματος, ακολουθεί η μεταφορά και η ανέγερση των προκατασκευασμένων στοιχείων, ενώ παράλληλα συνεχίζεται η παραγωγή των στοιχείων που απαιτούνται για τα επόμενα τμήματα του έργου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται συνεχής ροή εργασιών χωρίς σημαντικούς χρόνους αναμονής, γεγονός που συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση της συνολικής διάρκειας κατασκευής.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια η βασική δομή του χρονοδιαγράμματος κατασκευής:

- Τα προκατασκευασμένα στοιχεία παράγονται στο εργοστάσιο παραγωγής τους. Οι χρόνοι διάρκειας τους εξαρτώνται από την πολυπλοκότητά τους. Πιο συγκεκριμένα για τα υποστυλώματα του κτιρίου Α και για τις δοκούς-ζευκτά απαιτούνται 21 ημέρες λόγω μήκους και χρήσης προντεταμένου χάλυβα. Για τις μηκίδες και τεγίδες αν και είναι πολλές στο πλήθος απαιτούνται 12 και 10 ημέρες αντίστοιχα λόγω τυποποίησης της κατασκευής τους. Η σχέση αλληλουχίας των επιμέρους προκατασκευασμένων στοιχείων των τμημάτων είναι Finish to Start (FS). Η παραγωγή των στοιχείων του τμήματος Α3 εκκινεί 7 η μέρες μετά την εκκίνηση των στοιχείων του τμήματος Β1 (Start to Start-SS + 7d). Αυτό είναι δυνατό διότι υπάρχει αλλαγής της τυποποίησης των στοιχείων του κτιρίου Β και χρησιμοποιούνται διαφορετικά καλούπια από αυτά του κτιρίου Α.
- Οι χωματουργικές εργασίες σε κάθε τμήμα διαρκούν 14 ημέρες οι εκσκαφές και 10 οι επιχώσεις, μιας και όλα τα επιμέρους τμήματα έχουν την ίδια επιφάνεια. Η σχέση εξάρτησης στο χρονοδιάγραμμα είναι Finish to Start (FS).
- Η θεμελίωση κάθε τμήματος εκκινεί 8 ημέρες αργότερα από την αντίστοιχη εκσκαφή κάθε τμήματος (SS+8).
- Τα έγχυτα περιμετρικά τοιχία-στηθαία ολοκληρώνονται σε κάθε τμήμα η ημέρες μετά την αντίστοιχη θεμελίωση με τη σχέση Finish to Finish +4d (FF+4).
- Η ανέγερση των προκατασκευασμένων στοιχείων κάθε τμήματος εκκινεί 4 ημέρες πριν από τη λήξη της αντίστοιχης θεμελίωσης με τη σχέση FS-4 και εξαρτάται από την ολοκλήρωση της παραγωγής του αντίστοιχου τμήματος.
- Η κάλυψη της οροφής με panel εξαρτάται από την ολοκλήρωση του φέροντα οργανισμού κάθε τμήματος με τη σχέση FS. Αντίστοιχα όλες οι επόμενες εργασίες που έπονται (πλαγιοκαλύψεις και εσωτερικά χωρίσματα με panel, κατασκευή βιομηχανικών δαπέδων, τοποθέτηση μεταλλικών ρολών και θυρών, εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης, υδρευσης-αποχέτευσης και ισχυρών και ασθενών ρευμάτων) προγραμματίζονται για κάθε τμήμα με τη σχέση FS σε σχέση με την προηγούμενη εργασία.

Οι εργασίες ανά τμήμα, η διάρκειά τους και οι σχέσεις αλληλεξάρτησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.

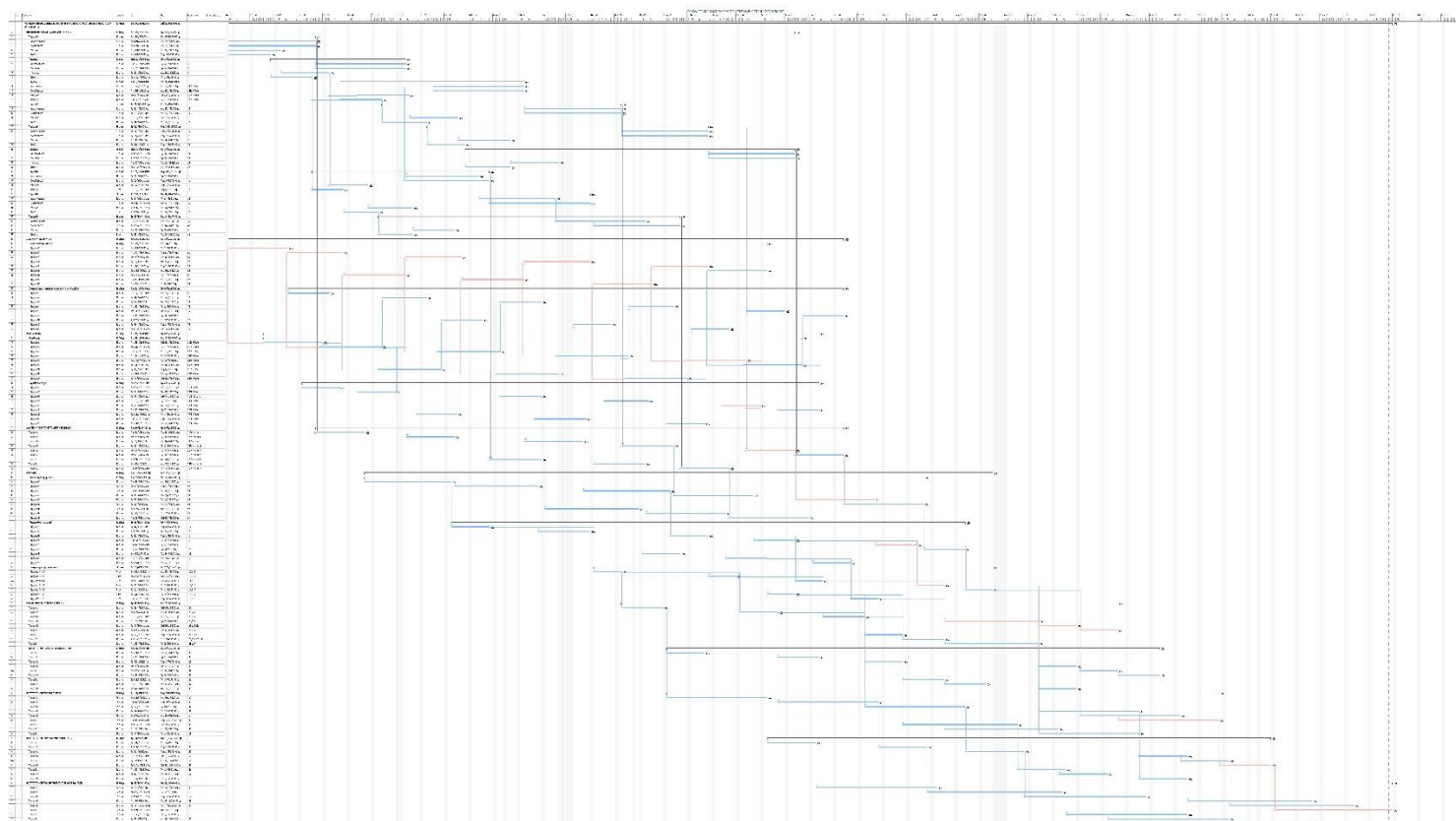




| ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΠΡΟΚΑΤΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ |          |                      |                      |              |  |
|---------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------------|--|
| Task Name                                                           | Duration | Start                | Finish               | Predecessors |  |
| 170 Τμήμα A1                                                        | 30 days  | Τρι 23/6/26 8:00 πμ  | Δευ 27/7/26 5:00 μμ  | 160          |  |
| 171 Τμήμα A2                                                        | 30 days  | Σαβ 25/7/26 8:00 πμ  | Τρι 1/9/26 5:00 μμ   | 161          |  |
| 172 Τμήμα A3                                                        | 30 days  | Σαβ 22/8/26 8:00 πμ  | Παρ 25/9/26 5:00 μμ  | 162          |  |
| 173 Τμήμα A4                                                        | 30 days  | Περ 9/10/26 8:00 πμ  | Περ 12/11/26 5:00 μμ | 163          |  |
| 174 Τμήμα A5                                                        | 30 days  | Τρι 20/10/26 8:00 πμ | Τρι 24/11/26 5:00 μμ | 164          |  |
| 175 Τμήμα A6                                                        | 30 days  | Δευ 2/11/26 8:00 πμ  | Σαβ 5/12/26 5:00 μμ  | 165          |  |
| 176 Τμήμα B1                                                        | 30 days  | Περ 3/9/26 8:00 πμ   | Τετ 7/10/26 5:00 μμ  | 166          |  |
| 177 Τμήμα B2                                                        | 30 days  | Τρι 15/9/26 8:00 πμ  | Δευ 19/10/26 5:00 μμ | 167          |  |
| 178 Τμήμα B3                                                        | 30 days  | Περ 8/10/26 8:00 πμ  | Περ 12/11/26 5:00 μμ | 168          |  |

Σύμφωνα τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει το πέρας των εργασιών που είναι και η ολοκλήρωση του έργου στις 05/12/2026. Ορίζεται επίσης η κρίσιμη διαδρομή. Παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 2 το συνολικό χρονοδιάγραμμα της κατασκευής με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος.

*Πίνακας 2: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με προκατασκευασμένα στοιχεία*



#### 4.1.3 Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με έγχυτο σκυρόδεμα

Στην περίπτωση κατασκευής του κτιρίου με φέροντα οργανισμό από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα, το σύνολο των δομικών στοιχείων της ανωδομής και της θεμελίωσης κατασκευάζεται επιτόπου του έργου, μέσω της χρήσης ξυλοτύπων, οπλισμού και σκυροδέτησης. Η συγκεκριμένη κατασκευαστική μέθοδος εξασφαλίζει υψηλό βαθμό μονολιθικότητας και ακαμψίας της κατασκευής, καθώς όλα τα επιμέρους στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους κατά τη διαδικασία σκυροδέτησης.

Η θεμελίωση του κτιρίου αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων  $4,00 \times 4,00 \times 1,00$  m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδετήριων δοκών. Πάνω στη θεμελίωση εδράζονται υποστυλώματα τετραγωνικής διατομής  $0,80 \times 0,80$  m, τα οποία διαμορφώνουν τον κύριο κατακόρυφο φέροντα οργανισμό του κτιρίου.

Η διάταξη των υποστυλωμάτων ακολουθεί κάναβρο με σταθερή απόσταση 11,00 m τόσο στην περίμετρο όσο και στο εσωτερικό του κτιρίου. Σε σύγκριση με τη λύση του προκατασκευασμένου σκυροδέματος, τα ανοίγματα του φορέα είναι μικρότερα, καθώς οι κύριες δοκοί-ζευκτά κατασκευάζονται από συμβατικό οπλισμένο σκυρόδεμα και όχι από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Ως αποτέλεσμα, η φέρουσα ικανότητα των στοιχείων περιορίζεται σε μικρότερα ανοίγματα, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη τοποθέτησης μεγαλύτερου αριθμού υποστυλωμάτων.

Η στήριξη της οροφής πραγματοποιείται μέσω δοκών-ζευκτών από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα σύνθετης διατομής και μήκους 11,00 m, οι οποίες συνδέουν τα υποστυλώματα και μεταφέρουν τα φορτία της στέγης στον κατακόρυφο φέροντα οργανισμό. Η μορφή των δοκών αυτών επιλέχθηκε ώστε να ανταποκρίνεται στις αυξημένες απαιτήσεις αντοχής και δυσκαμψίας που προκύπτουν από τη χρήση μεγάλων βιομηχανικών χώρων.

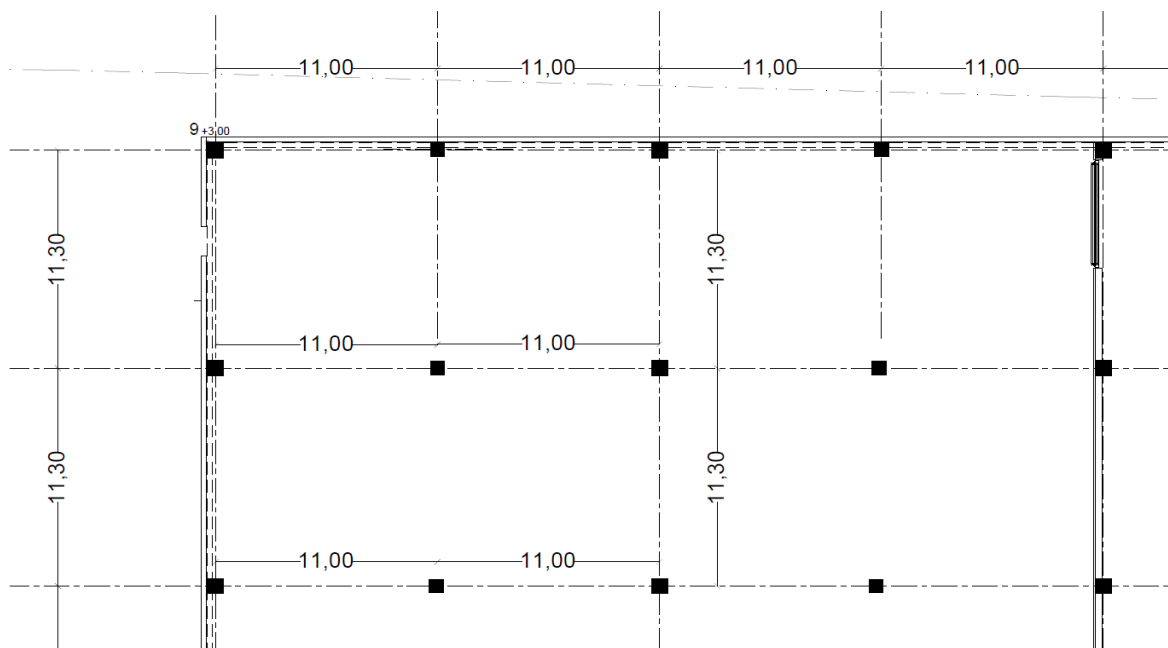
Στην περίμετρο του κτιρίου, καθώς και στα όρια των πυροδιαμερισμάτων, κατασκευάζονται δύο σειρές δοκών από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα διατομής  $0,40 \times 0,40$  m μεταξύ των υποστυλωμάτων. Οι δοκοί αυτές λειτουργούν ως στοιχεία στήριξης των πλευρικών πετασμάτων (sandwich panels) της εξωτερικής πλαγιοκάλυψης και των κατακόρυφων στοιχείων πυροδιαμερισμάτωσης.

Για τη στήριξη της επικάλυψης της οροφής προβλέπεται η κατασκευή δευτερευόντων δομικών στοιχείων, συγκεκριμένα δοκών-τεγίδων από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα

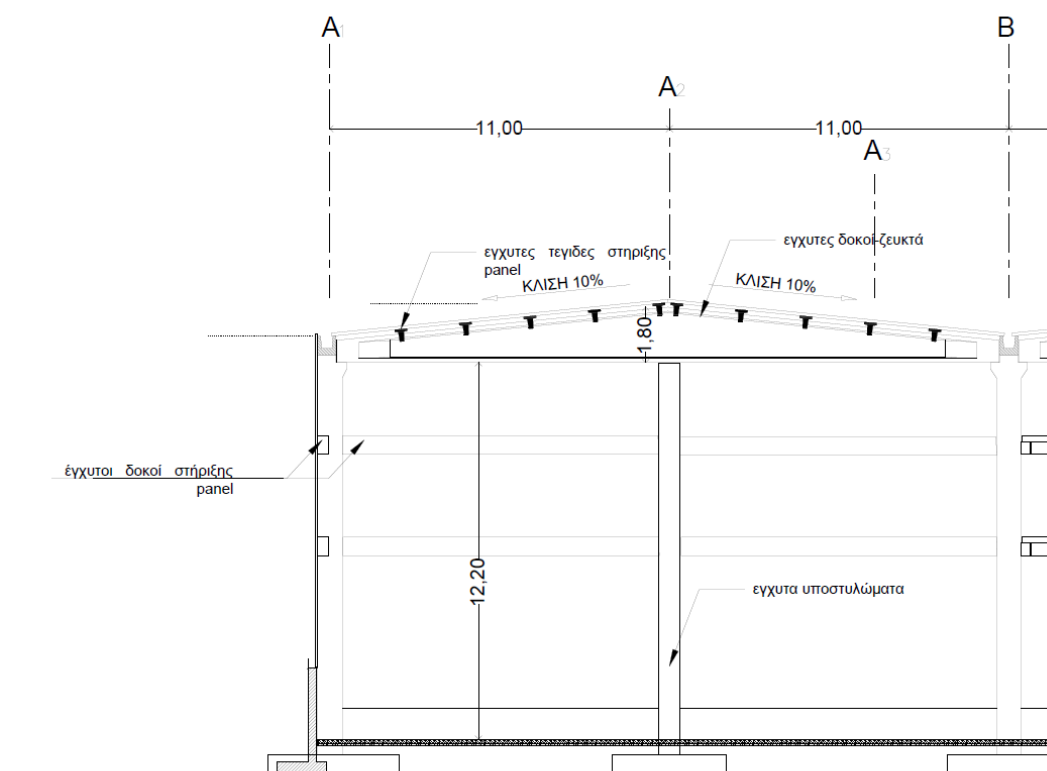
διατομής  $0,30 \times 0,30$  m. Οι τεγίδες τοποθετούνται μεταξύ των κύριων δοκών-ζευκτών και αναλαμβάνουν τη μεταφορά των φορτίων της στέγης προς τον κύριο φέροντα οργανισμό, ενώ παράλληλα αποτελούν τα στοιχεία έδρασης των πάνελ οροφής.

Όλες οι συνδέσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων του φέροντος οργανισμού πραγματοποιούνται μέσω συνεχούς οπλισμού και επιτόπου σκυροδέτησης, με χρήση κατάλληλων ξυλοτύπων και διατάξεων αγκύρωσης. Η κατασκευαστική αυτή προσέγγιση εξασφαλίζει τη μονολιθική λειτουργία του φορέα και την αποτελεσματική μεταφορά των φορτίων μεταξύ των δομικών στοιχείων, προσδίδοντας αυξημένη δυσκαμψία και ανθεκτικότητα στην κατασκευή.

Στα Σχέδια 4 και 5 παρουσιάζονται η κάτοψη και οι βασικές διατάξεις των δομικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως περιγράφηκαν στην παρούσα ενότητα.



Σχέδιο 4: Λεπτομέρεια διάταξης υποστυλωμάτων



Σχέδιο 5: Λεπτομέρεια διάταξης δομικών στοιχείων σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το χρονοδιάγραμμα κατασκευής του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος για την περίπτωση εφαρμογής φέροντος οργανισμού από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα. Για λόγους συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων, διατηρήθηκε η ίδια φιλοσοφία τμηματικής ανάπτυξης του έργου που εφαρμόστηκε και στην περίπτωση της προκατασκευασμένης κατασκευής.

Ειδικότερα, η μεθοδολογία κατασκευής βασίζεται στη διαδοχική εκτέλεση των εργασιών ανά τμήμα του έργου, με σκοπό την ορθολογική κατανομή των διαθέσιμων πόρων και τη διατήρηση συνεχούς ροής εργασιών στο εργοτάξιο. Η ακολουθία κατασκευής των επιμέρους τμημάτων παραμένει αμετάβλητη και ακολουθεί τη σειρά:

**A1 → A2 → B1 → A3 → B2 → A4 → B3 → A5 → A6**

Η επιλογή της συγκεκριμένης αλληλουχίας επιτρέπει την ομαλή εξέλιξη των εργασιών και τη σταδιακή ανάπτυξη του έργου, περιορίζοντας τις απαιτήσεις σε προσωπικό, εξοπλισμό και εργοταξιακούς χώρους.

Ως ημερομηνία έναρξης του έργου ορίστηκε η **05/01/2026**, ίδια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση του προκατασκευασμένου σκυροδέματος. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η άμεση σύγκριση των δύο εναλλακτικών κατασκευαστικών μεθόδων ως προς τη συνολική διάρκεια υλοποίησης του έργου και την κατανομή των εργασιών στον χρόνο.

Σε αντίθεση με την προκατασκευασμένη κατασκευή, όπου η παραγωγή των δομικών στοιχείων μπορεί να πραγματοποιείται παράλληλα με τις εργασίες θεμελίωσης, στην περίπτωση του έγχυτου σκυροδέματος οι εργασίες εκτελούνται αποκλειστικά εντός του εργοταξίου. Ως εκ τούτου, η αλληλουχία των δραστηριοτήτων παρουσιάζει μεγαλύτερη εξάρτηση μεταξύ των επιμέρους φάσεων κατασκευής, καθώς η ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους κάθε σταδίου αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη του επόμενου.

Το χρονοδιάγραμμα αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτούμενες εργασίες εκσκαφών, θεμελίωσης, τοποθέτησης οπλισμών, κατασκευής ξυλοτύπων, σκυροδέτησης, αποξήλωσης ξυλοτύπων και ωρίμανσης του σκυροδέματος, καθώς και τις εργασίες κατασκευής των κύριων και δευτερευόντων στοιχείων του φέροντος οργανισμού. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στους απαιτούμενους χρόνους αναμονής για την ανάπτυξη των αναγκαίων μηχανικών αντοχών του σκυροδέματος, οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική διάρκεια του έργου.

Οι βασικές παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του χρονοδιαγράμματος παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους και αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό της συνολικής διάρκειας κατασκευής του έργου με φέροντα οργανισμό από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Σε κάθε τμήμα οι εργασίες εκκινούν με τις γενικές εκσκαφές οι οποίες διαρκούν 14 ημέρες. Η σχέση αλληλουχίας μεταξύ των τμημάτων είναι FS.
- Οι εργασίες των σκυροδεμάτων εκκινούν σε κάθε τμήμα 8 ημέρες μετά από τις αντίστοιχες των εκσκαφών με τη σχέση SS+8. Αρχικά ξεκινούν τα σκυροδέματα των θεμελιώσεων, έπονται τα σκυροδέματα των περιμετρικών τοιχίων τα οποία κατασκευάζονται σε κάποιο σημείο παράλληλα με εκείνα των θεμελιώσεων και ολοκληρώνονται 4 ημέρες αργότερα με τη σχέση FF+4. Τα σκυροδέματα των υποστυλωμάτων εκκινούν τμηματικά 4 ημέρες πριν το πέρας των θεμελιώσεων με

τη σχέση FS-4 και διαρκούν 30 ημέρες για το κτίριο Α με ύψος 14 μ και 25 ημέρες για το κτίριο Β με ύψος 7 μ . Τα οριζόντια στοιχεία επί των υποστλωμάτων κατασκευάζονται από κάτω προς τα πάνω. Αρχικά κατασκευάζονται οι δοκοί στήριξης των panel πλαγιοκάλυψης οι οποίοι εκκινούν 4 ημέρες πριν το πέρας των δοκών με τη σχέση FS-5. Έχει θεωρηθεί ότι για τη σύνδεσή τους με τους δοκούς χρησιμοποιούνται ειδικά cupler σύνδεσης ώστε να μην αλλάζει η τυποποίηση των καλουπίων των υποστλωμάτων. Οι κεντρικοί δοκοί-ζευκτά εκκινούν 5 ημέρες πριν την ολοκλήρωση των ενδιάμεσων δοκών με τη σχέση FS-5 και διαρκούν 48 ημέρες για κάθε τμήμα του κτιρίου Α λόγω του μεγάλου ύψους και της πολυπλοκότητας του καλουπίου. Αντίστοιχα για το μειωμένο ύψος του κτιρίου Β απαιτούνται 36 ημέρες ανά τμήμα. Τέλος οι δοκοί-τεγίδες εκκινούν σε κάθε τμήμα 5 ημέρες πριν τη λήξη των δοκών-ζευκτών με τη σχέση FS-5

- Οι εργασίες που έπονται με αρχή την κάλυψη της οροφής με panel εξαρτάται από την ολοκλήρωση του φέροντα οργανισμού κάθε τμήματος με τη σχέση FS. Αντίστοιχα όλες οι επόμενες εργασίες που έπονται (πλαγιοκαλύψεις και εσωτερικά χωρίσματα με panel, κατασκευή βιομηχανικών δαπέδων, τοποθέτηση μεταλλικών ρολών και θυρών, εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης, υδρευσης-αποχέτευσης και ισχυρών και ασθενών ρευμάτων) προγραμματίζονται για κάθε τμήμα με τη σχέση FS σε σχέση με την προηγούμενη εργασία. Η ίδια μεθοδολογία και οι διάρκειες ακολουθούνται και στην κατασκευή με προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος

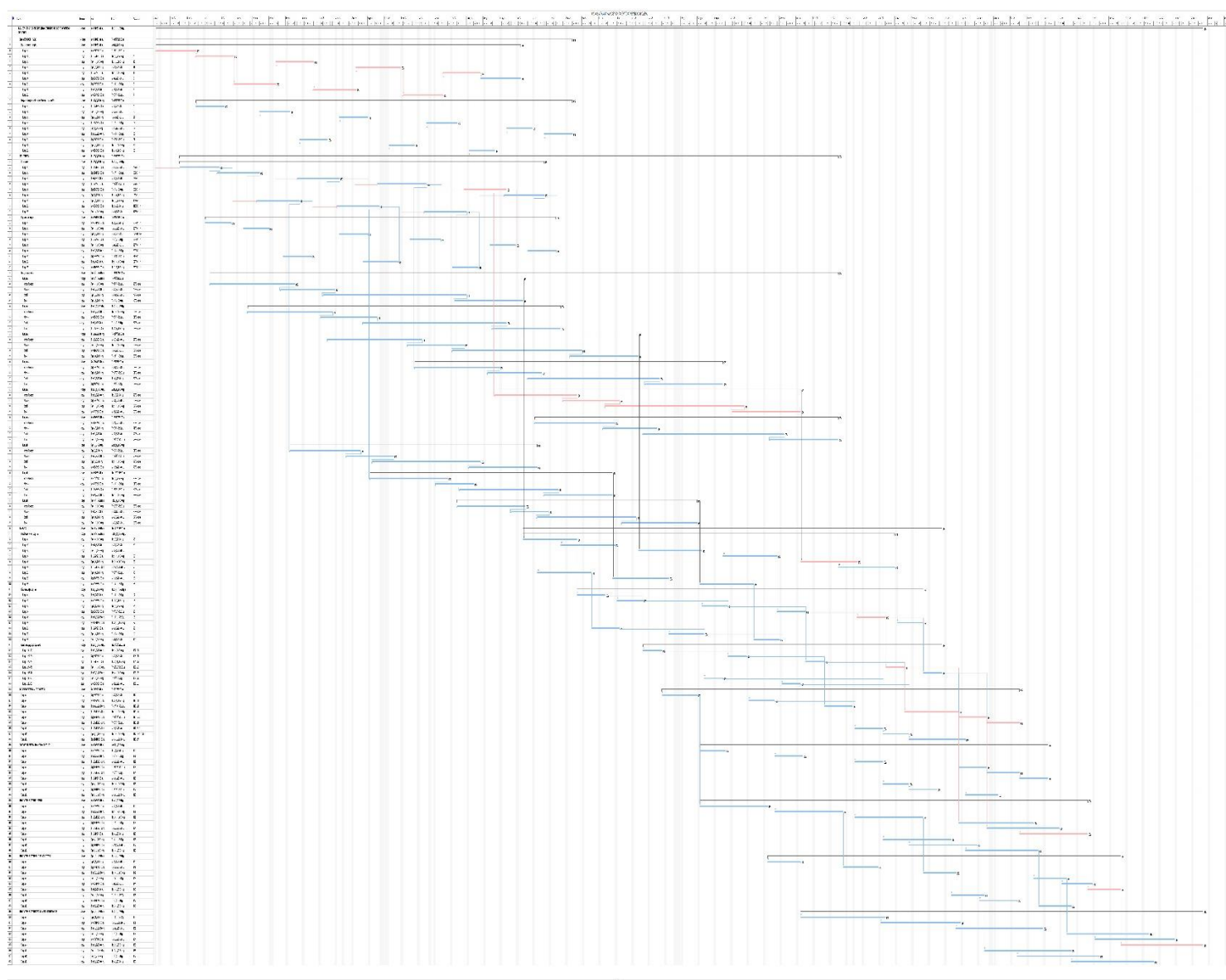
Οι εργασίες ανά τμήμα, η διάρκειά τους και οι σχέσεις αλληλεξάρτησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.



| ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΥΑΣΚΕΥΗΣ ΑΠΟ ΕΓΧΥΤΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ |                                                   |          |                       |                      |                    |  |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|-----------------------|----------------------|--------------------|--|
| Task Name                                                | Duration                                          | Start    | Finish                | Predecessors         | Ref                |  |
| 93                                                       | Τμήμα Α2                                          | 20 days  | Παρ 26/6/26 8:00 πμ.  | Σαβ 18/7/26 5:00 μμ  | 50                 |  |
| 94                                                       | Τμήμα Α3                                          | 20 days  | Τετ 29/7/26 8:00 πμ.  | Δευ 24/8/26 5:00 μμ  | 55                 |  |
| 95                                                       | Τμήμα Α4                                          | 20 days  | Πεμ 3/9/26 8:00 πμ.   | Παρ 25/9/26 5:00 μμ  | 60                 |  |
| 96                                                       | Τμήμα Α5                                          | 20 days  | Τρι 6/10/26 8:00 πμ.  | Πεμ 29/10/26 5:00 μμ | 65                 |  |
| 97                                                       | Τμήμα Α6                                          | 20 days  | Πεμ 22/10/26 8:00 πμ. | Σαβ 14/11/26 5:00 μμ | 70                 |  |
| 98                                                       | Τμήμα Β1                                          | 20 days  | Τρι 16/6/26 8:00 πμ.  | Τετ 8/7/26 5:00 μμ   | 75                 |  |
| 99                                                       | Τμήμα Β2                                          | 20 days  | Σαβ 18/7/26 8:00 πμ.  | Δευ 10/8/26 5:00 μμ  | 80                 |  |
| 100                                                      | Τμήμα Β3                                          | 20 days  | Δευ 24/8/26 8:00 πμ.  | Τρι 15/9/26 5:00 μμ  | 85                 |  |
| 101                                                      | Πλαγιοκαλύψη με panel                             | 122 days | Παρ 3/7/26 8:00 πμ    | Πεμ 26/11/26 5:00 μμ |                    |  |
| 102                                                      | Τμήμα Α1                                          | 10 days  | Παρ 3/7/26 8:00 πμ.   | Τρι 14/7/26 5:00 μμ  | 92                 |  |
| 103                                                      | Τμήμα Α2                                          | 10 days  | Δευ 20/7/26 8:00 πμ.  | Πεμ 30/7/26 5:00 μμ  | 93                 |  |
| 104                                                      | Τμήμα Α3                                          | 10 days  | Τρι 25/8/26 8:00 πμ.  | Παρ 4/9/26 5:00 μμ   | 94                 |  |
| 105                                                      | Τμήμα Α4                                          | 10 days  | Σαβ 26/9/26 8:00 πμ.  | Τετ 7/10/26 5:00 μμ  | 95                 |  |
| 106                                                      | Τμήμα Α5                                          | 10 days  | Παρ 30/10/26 8:00 πμ. | Τρι 10/11/26 5:00 μμ | 96                 |  |
| 107                                                      | Τμήμα Α6                                          | 10 days  | Δευ 16/11/26 8:00 πμ. | Πεμ 26/11/26 5:00 μμ | 97                 |  |
| 108                                                      | Τμήμα Β1                                          | 10 days  | Πεμ 9/7/26 8:00 πμ.   | Δευ 20/7/26 5:00 μμ  | 98                 |  |
| 109                                                      | Τμήμα Β2                                          | 10 days  | Τρι 11/8/26 8:00 πμ.  | Τρι 25/8/26 5:00 μμ  | 99                 |  |
| 110                                                      | Τμήμα Β3                                          | 10 days  | Τετ 16/9/26 8:00 πμ.  | Σαβ 26/9/26 5:00 μμ  | 100                |  |
| 111                                                      | Εσωτερικά χωρίσματα με panel                      | 105 days | Παρ 31/7/26 8:00 πμ   | Παρ 4/12/26 5:00 μμ  |                    |  |
| 112                                                      | Τμήματα Α1-Α2                                     | 7 days   | Παρ 31/7/26 8:00 πμ.  | Παρ 7/8/26 5:00 μμ   | 102, 103           |  |
| 113                                                      | Τμήματα Α2-Α3                                     | 7 days   | Σαβ 5/9/26 8:00 πμ.   | Σαβ 12/9/26 5:00 μμ  | 103, 104           |  |
| 114                                                      | Τμήματα Α3-Α4                                     | 7 days   | Πεμ 8/10/26 8:00 πμ.  | Πεμ 15/10/26 5:00 μμ | 104, 105           |  |
| 115                                                      | Τμήματα Α4-Α5                                     | 7 days   | Τετ 11/11/26 8:00 πμ. | Τετ 18/11/26 5:00 μμ | 105, 106           |  |
| 116                                                      | Τμήματα Α5-Α6                                     | 7 days   | Παρ 27/11/26 8:00 πμ. | Παρ 4/12/26 5:00 μμ  | 106, 107           |  |
| 117                                                      | Τμήματα Β1-Β2                                     | 7 days   | Τετ 26/8/26 8:00 πμ.  | Τετ 2/9/26 5:00 μμ   | 108, 109           |  |
| 118                                                      | Τμήματα Β2-Β3                                     | 7 days   | Δευ 28/9/26 8:00 πμ.  | Δευ 5/10/26 5:00 μμ  | 109, 110           |  |
| 119                                                      | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ                    | 124 days | Σαβ 8/8/26 8:00 πμ    | Τετ 6/1/27 5:00 μμ   |                    |  |
| 120                                                      | Τμήμα Α1                                          | 10 days  | Σαβ 8/8/26 8:00 πμ.   | Σαβ 22/8/26 5:00 μμ  | 112                |  |
| 121                                                      | Τμήμα Α2                                          | 10 days  | Δευ 14/9/26 8:00 πμ.  | Πεμ 24/9/26 5:00 μμ  | 112, 113           |  |
| 122                                                      | Τμήμα Α3                                          | 10 days  | Παρ 16/10/26 8:00 πμ. | Τρι 27/10/26 5:00 μμ | 113, 114           |  |
| 123                                                      | Τμήμα Α4                                          | 20 days  | Πεμ 19/11/26 8:00 πμ. | Παρ 11/12/26 5:00 μμ | 114, 115           |  |
| 124                                                      | Τμήμα Α5                                          | 10 days  | Σαβ 12/12/26 8:00 πμ. | Τετ 23/12/26 5:00 μμ | 115, 116, 123      |  |
| 125                                                      | Τμήμα Α6                                          | 10 days  | Πεμ 24/12/26 8:00 πμ. | Τετ 6/1/27 5:00 μμ   | 116, 124           |  |
| 126                                                      | Τμήμα Β1                                          | 10 days  | Πεμ 29/10/26 8:00 πμ. | Δευ 9/11/26 5:00 μμ  | 117, 121, 122      |  |
| 127                                                      | Τμήμα Β2                                          | 10 days  | Τρι 10/11/26 8:00 πμ. | Παρ 20/11/26 5:00 μμ | 117, 118, 122, 126 |  |
| 128                                                      | Τμήμα Β3                                          | 20 days  | Σαβ 21/11/26 8:00 πμ. | Δευ 14/12/26 5:00 μμ | 118, 127           |  |
| 129                                                      | ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΡΟΛΩΝ ΚΑΙ ΘΥΡΩΝ             | 124 days | Δευ 24/8/26 8:00 πμ   | Δευ 18/1/27 5:00 μμ  |                    |  |
| 130                                                      | Τμήμα Α1                                          | 10 days  | Δευ 24/8/26 8:00 πμ.  | Πεμ 3/9/26 5:00 μμ   | 120                |  |
| 131                                                      | Τμήμα Α2                                          | 10 days  | Παρ 25/9/26 8:00 πμ.  | Τρι 6/10/26 5:00 μμ  | 121                |  |
| 132                                                      | Τμήμα Α3                                          | 10 days  | Πεμ 29/10/26 8:00 πμ. | Δευ 9/11/26 5:00 μμ  | 122                |  |
| 133                                                      | Τμήμα Α4                                          | 10 days  | Σαβ 12/12/26 8:00 πμ. | Τετ 23/12/26 5:00 μμ | 123                |  |
| 134                                                      | Τμήμα Α5                                          | 10 days  | Πεμ 24/12/26 8:00 πμ. | Τετ 6/1/27 5:00 μμ   | 124                |  |
| 135                                                      | Τμήμα Α6                                          | 10 days  | Πεμ 7/1/27 8:00 πμ.   | Δευ 18/1/27 5:00 μμ  | 125                |  |
| 136                                                      | Τμήμα Β1                                          | 10 days  | Τρι 10/11/26 8:00 πμ. | Παρ 20/11/26 5:00 μμ | 126                |  |
| 137                                                      | Τμήμα Β2                                          | 10 days  | Σαβ 21/11/26 8:00 πμ. | Τετ 2/12/26 5:00 μμ  | 127                |  |
| 138                                                      | Τμήμα Β3                                          | 10 days  | Τρι 15/12/26 8:00 πμ. | Δευ 28/12/26 5:00 μμ | 128                |  |
| 139                                                      | ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ                    | 139 days | Δευ 24/8/26 8:00 πμ   | Πεμ 4/2/27 5:00 μμ   |                    |  |
| 140                                                      | Τμήμα Α1                                          | 25 days  | Δευ 24/8/26 8:00 πμ.  | Δευ 21/9/26 5:00 μμ  | 120                |  |
| 141                                                      | Τμήμα Α2                                          | 25 days  | Παρ 25/9/26 8:00 πμ.  | Παρ 23/10/26 5:00 μμ | 121                |  |
| 142                                                      | Τμήμα Α3                                          | 25 days  | Πεμ 29/10/26 8:00 πμ. | Πεμ 26/11/26 5:00 μμ | 122                |  |
| 143                                                      | Τμήμα Α4                                          | 25 days  | Σαβ 12/12/26 8:00 πμ. | Τρι 12/1/27 5:00 μμ  | 123                |  |
| 144                                                      | Τμήμα Α5                                          | 25 days  | Πεμ 24/12/26 8:00 πμ. | Σαβ 23/1/27 5:00 μμ  | 124                |  |
| 145                                                      | Τμήμα Α6                                          | 25 days  | Πεμ 7/1/27 8:00 πμ.   | Πεμ 4/2/27 5:00 μμ   | 125                |  |
| 146                                                      | Τμήμα Β1                                          | 25 days  | Τρι 10/11/26 8:00 πμ. | Τρι 8/12/26 5:00 μμ  | 126                |  |
| 147                                                      | Τμήμα Β2                                          | 25 days  | Σαβ 21/11/26 8:00 πμ. | Σαβ 19/12/26 5:00 μμ | 127                |  |
| 148                                                      | Τμήμα Β3                                          | 25 days  | Τρι 15/12/26 8:00 πμ. | Πεμ 14/1/27 5:00 μμ  | 128                |  |
| 149                                                      | ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΚΕΤΕΥΣΗΣ          | 126 days | Τρι 22/9/26 8:00 πμ   | Πεμ 18/2/27 5:00 μμ  |                    |  |
| 150                                                      | Τμήμα Α1                                          | 12 days  | Τρι 22/9/26 8:00 πμ.  | Δευ 5/10/26 5:00 μμ  | 140                |  |
| 151                                                      | Τμήμα Α2                                          | 12 days  | Σαβ 24/10/26 8:00 πμ. | Σαβ 7/11/26 5:00 μμ  | 141                |  |
| 152                                                      | Τμήμα Α3                                          | 12 days  | Παρ 27/11/26 8:00 πμ. | Πεμ 10/12/26 5:00 μμ | 142                |  |
| 153                                                      | Τμήμα Α4                                          | 12 days  | Τετ 13/1/27 8:00 πμ.  | Τρι 26/1/27 5:00 μμ  | 143                |  |
| 154                                                      | Τμήμα Α5                                          | 12 days  | Δευ 25/1/27 8:00 πμ.  | Σαβ 6/2/27 5:00 μμ   | 144                |  |
| 155                                                      | Τμήμα Α6                                          | 12 days  | Παρ 5/2/27 8:00 πμ.   | Πεμ 18/2/27 5:00 μμ  | 145                |  |
| 156                                                      | Τμήμα Β1                                          | 12 days  | Τετ 9/12/26 8:00 πμ.  | Τρι 22/12/26 5:00 μμ | 146                |  |
| 157                                                      | Τμήμα Β2                                          | 12 days  | Δευ 21/12/26 8:00 πμ. | Τρι 5/1/27 5:00 μμ   | 147                |  |
| 158                                                      | Τμήμα Β3                                          | 12 days  | Παρ 15/1/27 8:00 πμ.  | Πεμ 28/1/27 5:00 μμ  | 148                |  |
| 159                                                      | ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΙΣΧΥΡΩΝ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ | 144 days | Τρι 6/10/26 8:00 πμ.  | Πεμ 25/3/27 5:00 μμ  |                    |  |
| 160                                                      | Τμήμα Α1                                          | 30 days  | Τρι 6/10/26 8:00 πμ.  | Τρι 10/11/26 5:00 μμ | 150                |  |
| 161                                                      | Τμήμα Α2                                          | 30 days  | Δευ 9/11/26 8:00 πμ.  | Σαβ 12/12/26 5:00 μμ | 151                |  |
| 162                                                      | Τμήμα Α3                                          | 30 days  | Παρ 11/12/26 8:00 πμ. | Σαβ 16/1/27 5:00 μμ  | 152                |  |
| 163                                                      | Τμήμα Α4                                          | 30 days  | Τετ 27/1/27 8:00 πμ.  | Τρι 2/3/27 5:00 μμ   | 153                |  |
| 164                                                      | Τμήμα Α5                                          | 30 days  | Δευ 8/2/27 8:00 πμ.   | Σαβ 13/3/27 5:00 μμ  | 154                |  |
| 165                                                      | Τμήμα Α6                                          | 30 days  | Παρ 19/2/27 8:00 πμ.  | Πεμ 25/3/27 5:00 μμ  | 155                |  |
| 166                                                      | Τμήμα Β1                                          | 30 days  | Τετ 23/12/26 8:00 πμ. | Πεμ 28/1/27 5:00 μμ  | 156                |  |
| 167                                                      | Τμήμα Β2                                          | 30 days  | Τετ 6/1/27 8:00 πμ.   | Τρι 9/2/27 5:00 μμ   | 157                |  |
| 168                                                      | Τμήμα Β3                                          | 30 days  | Παρ 29/1/27 8:00 πμ.  | Πεμ 4/3/27 5:00 μμ   | 158                |  |

Σύμφωνα τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει το πέρας των εργασιών που είναι και η ολοκλήρωση του έργου στις 25/03/2027. Ορίζεται επίσης η κρίσιμη διαδρομή. Παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 4 το συνολικό χρονοδιάγραμμα της κατασκευής με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος.

*Πίνακας 4: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με έγχυτο σκυρόδεμα*



#### 4.1.4 Χρονοδιάγραμμα κατασκευής φέροντα οργανισμού με μεταλλικά στοιχεία

Στην περίπτωση κατασκευής του κτιρίου με φέροντα οργανισμό από δομικό χάλυβα, η θεμελίωση διαμορφώνεται με μεμονωμένα πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων  $4,00 \times 4,00 \times 1,00$  m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδετήριων δοκών. Η επιλογή της μεταλλικής κατασκευής επιτρέπει την κάλυψη μεγάλων ανοιγμάτων με περιορισμένο ίδιο βάρος και αυξημένη ταχύτητα ανέγερσης, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για κτίρια αποθήκευσης και διαλογής (logistics).

Ο κύριος φέρων οργανισμός αποτελείται από μεταλλικά υποστυλώματα διατομής HEB 450, τα οποία τοποθετούνται σε κάνναβο με αποστάσεις 22,00 m τόσο στην περίμετρο όσο και στο εσωτερικό του κτιρίου. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει μεγάλους ελεύθερους χώρους, απαραίτητους για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, τη διακίνηση εμπορευμάτων και την κίνηση μηχανολογικού εξοπλισμού.

Επιπλέον, αποκλειστικά στην περίμετρο του κτιρίου, μεταξύ των κύριων υποστυλωμάτων και σε ενδιάμεση απόσταση 11,00 m, τοποθετούνται δευτερεύοντα μεταλλικά υποστυλώματα διατομής HEA 200. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για τη στήριξη της εξωτερικής πλαγιοκάλυψης και τη βελτίωση της συνολικής ευστάθειας του κελύφους.

Στην κορυφή των υποστυλωμάτων προβλέπεται η τοποθέτηση κεφαλοδοκών διατομής IPE 250 σε όλες τις διευθύνσεις του φορέα. Οι κεφαλοδοκοί συνδέουν τα κατακόρυφα στοιχεία μεταξύ τους και συμβάλλουν στην ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων προς τα υποστυλώματα και τη θεμελίωση.

Για τη διαμόρφωση της στέγης τοποθετούνται μεταξύ των κύριων υποστυλωμάτων κεκλιμένες δοκοί (ψαλίδια) διατομής IPE 400. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα κύρια φέροντα μέλη της οροφής και παραλαμβάνουν τα μόνιμα και κινητά φορτία της στέγης, μεταφέροντάς τα στον κύριο φέροντα οργανισμό.

Η εξασφάλιση της πλευρικής δυσκαμψίας και της συνολικής ευστάθειας της κατασκευής επιτυγχάνεται μέσω συστήματος μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας. Συγκεκριμένα, σε κάθε μία από τις τέσσερις πλευρές των Κτιρίων Α και Β, δηλαδή συνολικά σε οκτώ πλευρές, τοποθετούνται χιαστί σύνδεσμοι διατομής SHS  $140 \times 5$  μεταξύ ενός κύριου και ενός δευτερεύοντος υποστυλώματος. Οι σύνδεσμοι αυτοί αναλαμβάνουν την παραλαβή

οριζόντιων φορτίων από άνεμο και σεισμικές δράσεις, βελτιώνοντας τη συμπεριφορά του φορέα έναντι μετακινήσεων.

Το σύστημα δυσκαμψίας συνεχίζεται και στο επίπεδο της οροφής, όπου οι κατακόρυφοι χιαστί σύνδεσμοι συνδέονται μεταξύ τους μέσω αντιανέμιων χιαστί συνδέσμων διατομής CHS 76 × 4. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο χωρικό σύστημα αντιστήριξης, το οποίο συμβάλλει στην αποτελεσματική μεταφορά των οριζόντιων φορτίων προς τα κατακόρυφα συστήματα δυσκαμψίας.

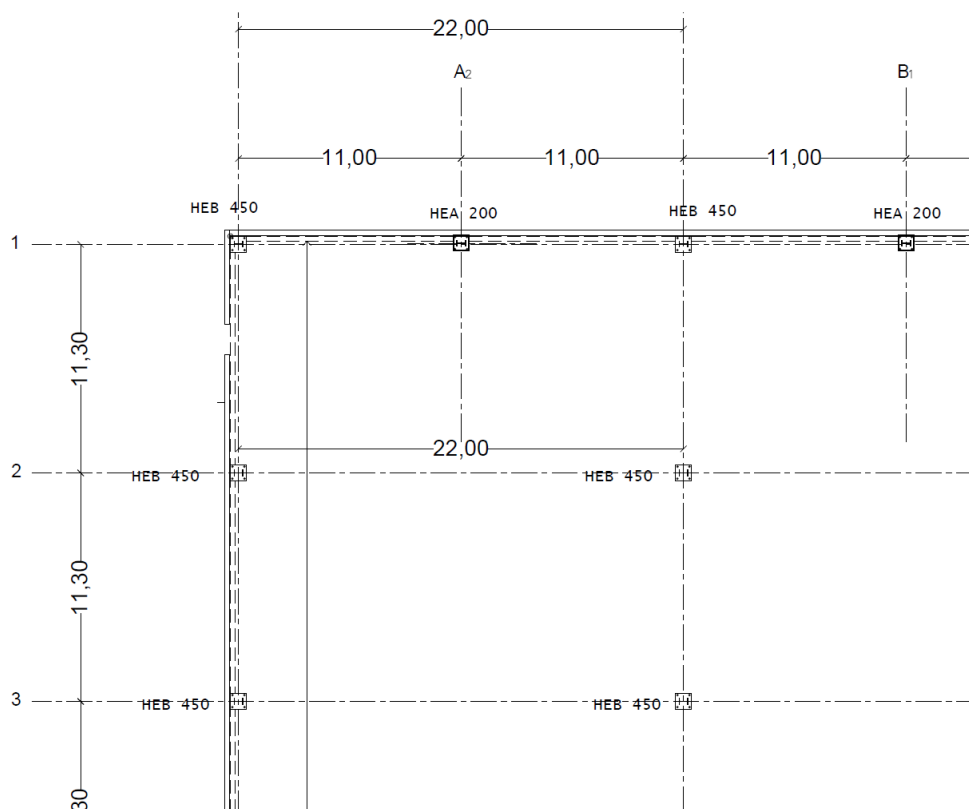
Για τη στήριξη των στοιχείων πλαγιοκάλυψης προβλέπεται η τοποθέτηση μηκίδων διατομής UPN 180 μεταξύ των περιμετρικών υποστυλωμάτων και στα όρια των πυροδιαμερισμάτων. Οι μηκίδες τοποθετούνται ανά 2,00 m καθ' ύψος και αποτελούν τα στοιχεία έδρασης των μεταλλικών πάνελ πλαγιοκάλυψης.

Αντίστοιχα, για τη στήριξη των πάνελ οροφής τοποθετούνται τεγίδες διατομής IPE 160 μεταξύ των κεκλιμένων δοκών της στέγης, με απόσταση 2,00 m μεταξύ τους. Οι τεγίδες μεταφέρουν τα φορτία της επικάλυψης προς τα κύρια φέροντα στοιχεία της οροφής, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη στατική επάρκεια και λειτουργικότητα του συστήματος.

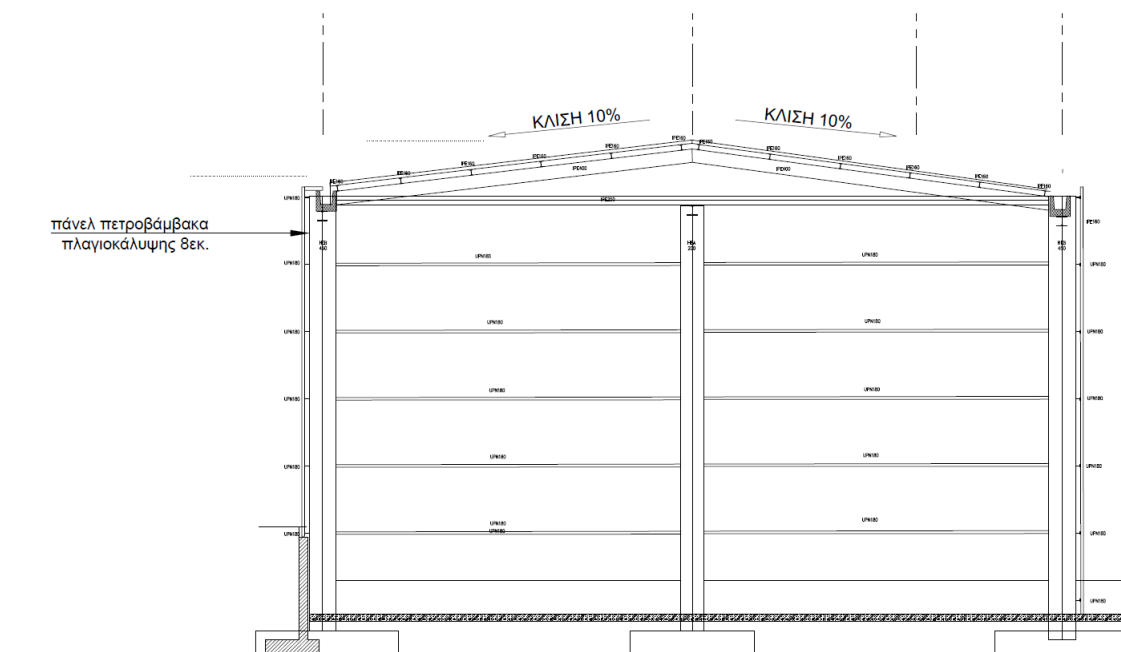
Από την προμέτρηση των επιμέρους στοιχείων του μεταλλικού φορέα προέκυψαν οι συνολικές απαιτούμενες ποσότητες ανά τύπο διατομής. Οι ποσότητες αυτές παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα και αποτελούν τη βάση για την κοστολόγηση και τον προγραμματισμό της μεταλλικής κατασκευής.

| Δομικό στοιχείο  | Διατομή       | ΚΤΙΠΙΟ Α |          | ΚΤΙΠΙΟ Β |        |
|------------------|---------------|----------|----------|----------|--------|
|                  |               | Μήκος    | Πλήθος   | Μήκος    | Πλήθος |
| Υποστύλωμα       | HEB 450       | 14.00    | 156.00   | 7.00     | 84.00  |
| Υποστύλωμα       | HEA 200       | 14.00    | 24.00    | 7.00     | 6.00   |
| Δοκός            | IPE 240       | 22.00    | 144.00   | 22.00    | 72.00  |
| Δοκός            | IPE 240       | 11.30    | 77.00    | 11.30    | 44.00  |
| Δοκός            | IPE 400       | 11.50    | 288.00   | 11.50    | 144.00 |
| Χιαστί συνδ.     | SHS 140*140*5 | 11.80    | 32.00    | 3.80     | 16.00  |
| Ανιανέμιοι συνδ. | CHS 76*4      | 15.50    | 48.00    | 15.50    | 24.00  |
| Μηκίδα           | UPN 180       | 11.00    | 250.00   | 11.00    | 136.00 |
| Τηγίδα           | IPE 160       | 11.00    | 1,584.00 | 11.00    | 792.00 |

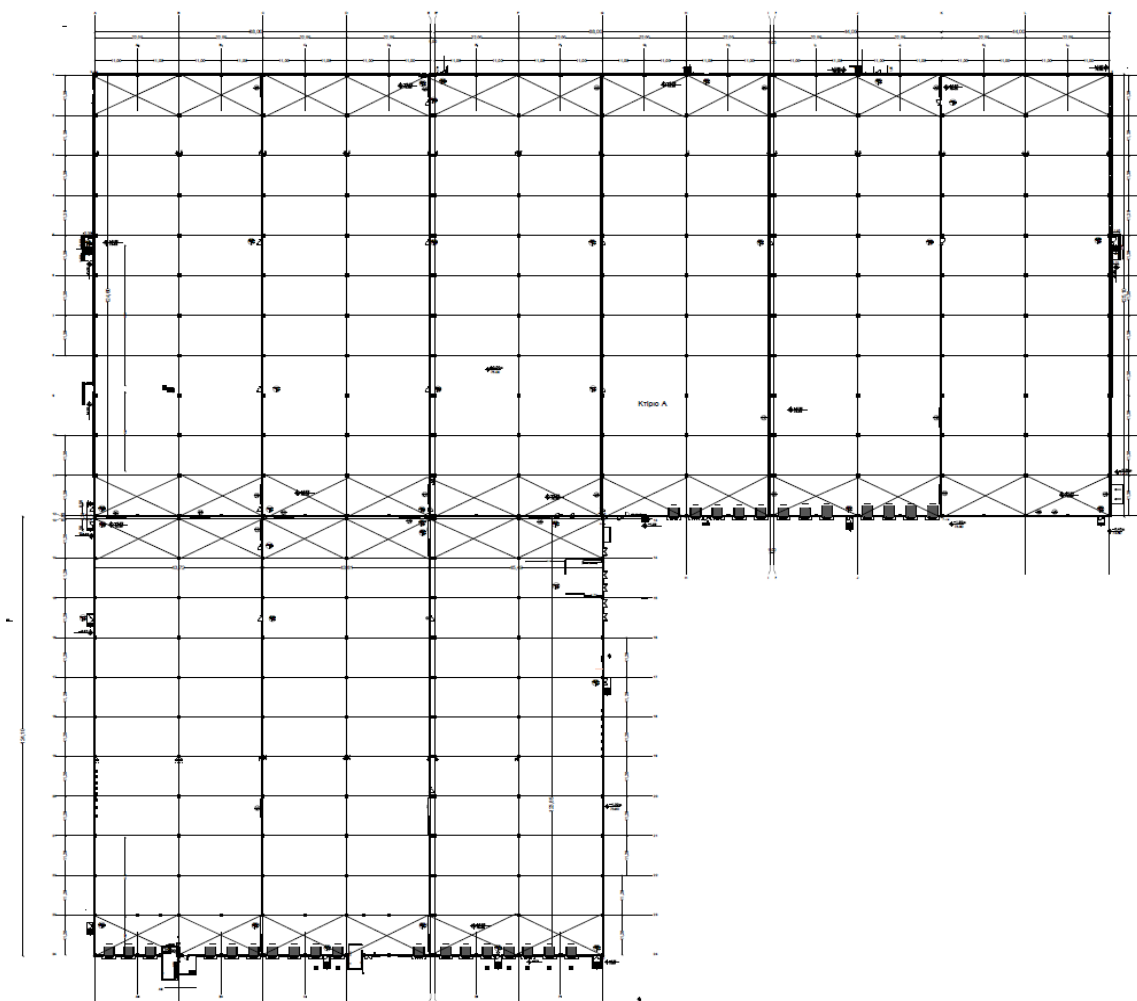
Οι παραπάνω περιγραφόμενες κατασκευαστικές λεπτομερείς παρουσιάζονται στα σχέδια 6,7 και 8.



Σχέδιο 6: Λεπτομέρια διάταξης μεταλλικών υποστυλωμάτων



Σχέδιο 7: Λεπτομέρια διάταξης μεταλλικών μεταλλικών στοιχείων όψεων



Σχέδιο 8: Λεπτομέρια διάταξης αντιανέμιων συνδέσεων οροφής

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το χρονοδιάγραμμα κατασκευής του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος για την περίπτωση εφαρμογής φέροντος οργανισμού από μεταλλικά στοιχεία. Για λόγους συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων, διατηρήθηκε η ίδια τμηματική φιλοσοφία κατασκευής που εφαρμόστηκε στις περιπτώσεις του προκατασκευασμένου και του έγχυτου οπλισμένου σκυροδέματος.

Η ακολουθία κατασκευής των επιμέρους τμημάτων παραμένει αμετάβλητη και στην περίπτωση της μεθόδου βτων μεταλλικών στοιχείων και ακολουθεί τη σειρά:

**A1 → A2 → B1 → A3 → B2 → A4 → B3 → A5 → A6**

Η συγκεκριμένη ακολουθία επιτρέπει τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και τη διατήρηση συνεχούς ροής εργασιών τόσο στο εργοτάξιο όσο και στις εγκαταστάσεις παραγωγής των μεταλλικών στοιχείων.

Ως ημερομηνία έναρξης του έργου ορίστηκε η **05/01/2026**, κοινή και για τις τρεις εξεταζόμενες κατασκευαστικές μεθόδους. Κατά την έναρξη του χρονοδιαγράμματος εκκινούν ταυτόχρονα οι εργασίες εκσκαφών και θεμελίωσης του τμήματος A1, καθώς και η παραγωγή των αντίστοιχων μεταλλικών στοιχείων σε βιομηχανοποιημένες εγκαταστάσεις. Η παράλληλη εκτέλεση των δραστηριοτήτων αυτών αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της μεταλλικής κατασκευής, καθώς επιτρέπει τη μείωση του συνολικού χρόνου υλοποίησης μέσω της αλληλοεπικάλυψης των φάσεων παραγωγής και κατασκευής.

Για κάθε επιμέρους τμήμα του έργου, ο απαιτούμενος χρόνος παραγωγής των μεταλλικών στοιχείων εκτιμήθηκε σε δώδεκα (12) εργάσιμες ημέρες. Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει την κοπή, διαμόρφωση, συγκόλληση, διάτρηση, αντιδιαβρωτική προστασία, πυροπροστασία και τελική προετοιμασία των στοιχείων για μεταφορά και ανέγερση στο εργοτάξιο. Οι σχέσεις αλληλουχίας για την παραγωγή των μεταλλικών στοιχείων που εφαρμόστηκαν στο χρονοδιάγραμμα είναι τύπου **Finish-to-Start (FS)**, εξασφαλίζοντας ότι κάθε δραστηριότητα ξεκινά μετά την ολοκλήρωση της προηγούμενης, σύμφωνα με τους τεχνικούς περιορισμούς για την παραγωγή τους.

Η συνολική λογική προγραμματισμού, οι επιμέρους φάσεις κατασκευής, οι χρονικές σχέσεις εξάρτησης και η ακολουθία των δραστηριοτήτων είναι αντίστοιχες με εκείνες που εφαρμόστηκαν στην περίπτωση της προκατασκευασμένης κατασκευής από σκυρόδεμα. Ωστόσο, διαφοροποίηση παρατηρείται στη διάρκεια της φάσης ανέγερσης του φέροντος οργανισμού.

Συγκεκριμένα, η συναρμολόγηση και ανέγερση των μεταλλικών στοιχείων απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο σε σχέση με την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος, λόγω του αυξημένου αριθμού κοχλιωτών συνδέσεων και της ανάγκης ακριβούς ευθυγράμμισης των επιμέρους στοιχείων κατά την τοποθέτηση. Ως αποτέλεσμα, η διάρκεια ανέγερσης του μεταλλικού φορέα εκτιμήθηκε σε δεκαέξι (16) εργάσιμες ημέρες για κάθε τμήμα του Κτιρίου Α και σε δεκατέσσερις (14) εργάσιμες ημέρες για κάθε τμήμα του Κτιρίου Β.

Η αυξημένη διάρκεια της συγκεκριμένης δραστηριότητας αποτελεί τη βασική διαφοροποίηση του χρονοδιαγράμματος της μεταλλικής κατασκευής σε σχέση με εκείνο της προκατασκευασμένης λύσης. Παρόλα αυτά, η δυνατότητα βιομηχανοποιημένης παραγωγής των στοιχείων και η παράλληλη εξέλιξη των εργασιών θεμελίωσης και κατασκευής συμβάλλουν στη διατήρηση ιδιαίτερα ανταγωνιστικού συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης του έργου.

Οι εργασίες ανά τμήμα, η διάρκειά τους και οι σχέσεις αλληλεξάρτησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.

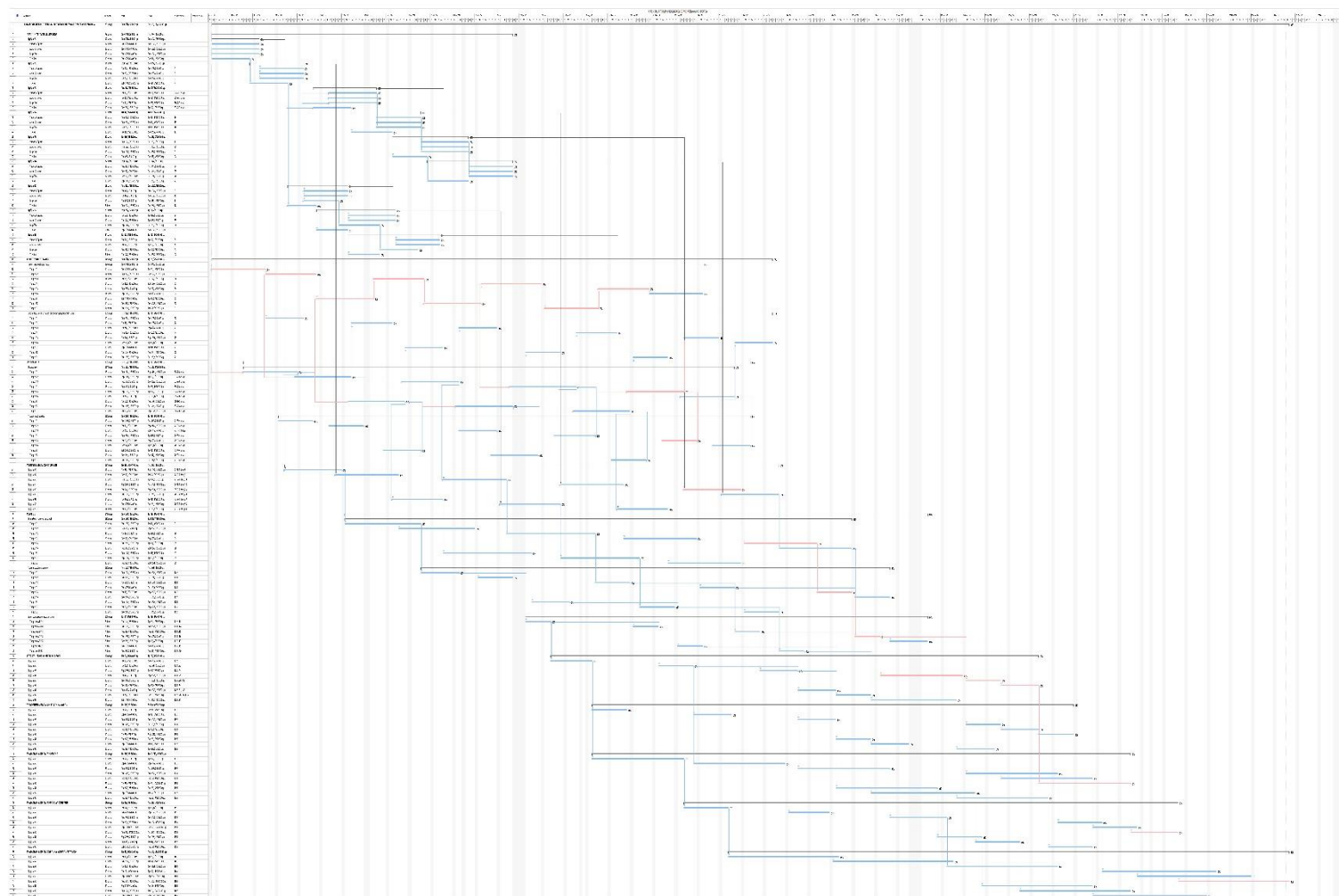
## Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με μεταλλικά στοιχεία

| ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΦΟΡΕΑ                            |          |                     |                      |               |  |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|----------------------|---------------|--|
| Task Name                                                               | Duration | Start               | Finish               | Predecessors  |  |
| 1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΙΡΙΟΥ LOGISTICS ΜΕ ΦΕΡΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ | 281 days | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Πεμ 10/12/26 5:00 μμ |               |  |
| 2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ                                         | 79 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   |               |  |
| 3 Τμήμα Α1                                                              | 12 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Δευ 19/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 4 Υποστυλώματα                                                          | 12 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Δευ 19/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 5 Δοκοί-Ζευκτά                                                          | 12 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Δευ 19/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 6 Μηκίδες                                                               | 12 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Δευ 19/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 7 Τεγίδες                                                               | 10 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Παρ 16/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 8 Τμήμα Α2                                                              | 14 days  | Σαβ 17/1/26 8:00 πμ | Δευ 2/2/26 5:00 μμ   |               |  |
| 9 Υποστυλώματα                                                          | 12 days  | Τρι 20/1/26 8:00 πμ | Δευ 2/2/26 5:00 μμ   | 4             |  |
| 10 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Τρι 20/1/26 8:00 πμ | Δευ 2/2/26 5:00 μμ   | 5             |  |
| 11 Μηκίδες                                                              | 12 days  | Τρι 20/1/26 8:00 πμ | Δευ 2/2/26 5:00 μμ   | 6             |  |
| 12 Τεγίδες                                                              | 10 days  | Σαβ 17/1/26 8:00 πμ | Τετ 28/1/26 5:00 μμ  | 7             |  |
| 13 Τμήμα Α3                                                             | 16 days  | Παρ 6/2/26 8:00 πμ  | Τετ 25/2/26 5:00 μμ  |               |  |
| 14 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Τετ 11/2/26 8:00 πμ | Τετ 25/2/26 5:00 μμ  | 3455+7 days   |  |
| 15 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Τετ 11/2/26 8:00 πμ | Τετ 25/2/26 5:00 μμ  | 3555+7 days   |  |
| 16 Μηκίδες                                                              | 12 days  | Τετ 11/2/26 8:00 πμ | Τετ 25/2/26 5:00 μμ  | 3655+7 days   |  |
| 17 Τεγίδες                                                              | 10 days  | Παρ 6/2/26 8:00 πμ  | Τρι 17/2/26 5:00 μμ  | 3755+7 days   |  |
| 18 Τμήμα Α4                                                             | 18 days  | Τετ 18/2/26 8:00 πμ | Τετ 11/3/26 5:00 μμ  |               |  |
| 19 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Πεμ 26/2/26 8:00 πμ | Τετ 11/3/26 5:00 μμ  | 14            |  |
| 20 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Πεμ 26/2/26 8:00 πμ | Τετ 11/3/26 5:00 μμ  | 15            |  |
| 21 Μηκίδες                                                              | 12 days  | Πεμ 26/2/26 8:00 πμ | Τετ 11/3/26 5:00 μμ  | 16            |  |
| 22 Τεγίδες                                                              | 10 days  | Τετ 18/2/26 8:00 πμ | Δευ 2/3/26 5:00 μμ   | 17            |  |
| 23 Τμήμα Α5                                                             | 20 days  | Τρι 3/3/26 8:00 πμ  | Πεμ 26/3/26 5:00 μμ  |               |  |
| 24 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Πεμ 12/3/26 8:00 πμ | Πεμ 26/3/26 5:00 μμ  | 19            |  |
| 25 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Πεμ 12/3/26 8:00 πμ | Πεμ 26/3/26 5:00 μμ  | 20            |  |
| 26 Μηκίδες                                                              | 12 days  | Πεμ 12/3/26 8:00 πμ | Πεμ 26/3/26 5:00 μμ  | 21            |  |
| 27 Τεγίδες                                                              | 10 days  | Τρι 3/3/26 8:00 πμ  | Παρ 13/3/26 5:00 μμ  | 22            |  |
| 28 Τμήμα Α6                                                             | 22 days  | Σαβ 14/3/26 8:00 πμ | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   |               |  |
| 29 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Παρ 27/3/26 8:00 πμ | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   | 24            |  |
| 30 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Παρ 27/3/26 8:00 πμ | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   | 25            |  |
| 31 Μηκίδες                                                              | 12 days  | Παρ 27/3/26 8:00 πμ | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   | 26            |  |
| 32 Τεγίδες                                                              | 10 days  | Σοβ 14/3/26 8:00 πμ | Πεμ 26/3/26 5:00 μμ  | 27            |  |
| 33 Τμήμα Β1                                                             | 16 days  | Πεμ 29/1/26 8:00 πμ | Δευ 16/2/26 5:00 μμ  |               |  |
| 34 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Τρι 3/2/26 8:00 πμ  | Δευ 16/2/26 5:00 μμ  | 9             |  |
| 35 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Τρι 3/2/26 8:00 πμ  | Δευ 16/2/26 5:00 μμ  | 10            |  |
| 36 Μηκίδες                                                              | 10 days  | Τρι 3/2/26 8:00 πμ  | Παρ 13/2/26 5:00 μμ  | 11            |  |
| 37 Τεγίδες                                                              | 8 days   | Πεμ 29/1/26 8:00 πμ | Παρ 6/2/26 5:00 μμ   | 12            |  |
| 38 Τμήμα Β2                                                             | 20 days  | Σαβ 7/2/26 8:00 πμ  | Τρι 3/3/26 5:00 μμ   |               |  |
| 39 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Τρι 17/2/26 8:00 πμ | Τρι 3/3/26 5:00 μμ   | 34            |  |
| 40 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Τρι 17/2/26 8:00 πμ | Τρι 3/3/26 5:00 μμ   | 35            |  |
| 41 Μηκίδες                                                              | 10 days  | Σαβ 14/2/26 8:00 πμ | Πεμ 26/2/26 5:00 μμ  | 36            |  |
| 42 Τεγίδες                                                              | 8 days   | Σαβ 7/2/26 8:00 πμ  | Δευ 16/2/26 5:00 μμ  | 37            |  |
| 43 Τμήμα Β3                                                             | 24 days  | Τρι 17/2/26 8:00 πμ | Τρι 17/3/26 5:00 μμ  |               |  |
| 44 Υποστυλώματα                                                         | 12 days  | Τετ 4/3/26 8:00 πμ  | Τρι 17/3/26 5:00 μμ  | 39            |  |
| 45 Δοκοί-Ζευκτά                                                         | 12 days  | Τετ 4/3/26 8:00 πμ  | Τρι 17/3/26 5:00 μμ  | 40            |  |
| 46 Μηκίδες                                                              | 10 days  | Παρ 27/2/26 8:00 πμ | Τρι 10/3/26 5:00 μμ  | 41            |  |
| 47 Τεγίδες                                                              | 8 days   | Τρι 17/2/26 8:00 πμ | Πεμ 26/2/26 5:00 μμ  | 42            |  |
| 48 ΧΩΜΑΤΟΜΟΡΦΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ                                              | 145 days | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Τρι 30/6/26 5:00 μμ  |               |  |
| 49 Γενικές ενσωμαφές κτιρίου                                            | 126 days | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Δευ 8/6/26 5:00 μμ   |               |  |
| 50 Τμήμα Α1                                                             | 14 days  | Δευ 5/1/26 8:00 πμ  | Τετ 21/1/26 5:00 μμ  |               |  |
| 51 Τμήμα Α2                                                             | 14 days  | Πεμ 22/1/26 8:00 πμ | Παρ 6/2/26 5:00 μμ   | 50            |  |
| 52 Τμήμα Α3                                                             | 14 days  | Τετ 25/2/26 8:00 πμ | Πεμ 12/3/26 5:00 μμ  | 56            |  |
| 53 Τμήμα Α4                                                             | 14 days  | Τρι 31/3/26 8:00 πμ | Σαβ 18/4/26 5:00 μμ  | 57            |  |
| 54 Τμήμα Α5                                                             | 14 days  | Πεμ 7/5/26 8:00 πμ  | Παρ 22/5/26 5:00 μμ  | 58            |  |
| 55 Τμήμα Α6                                                             | 14 days  | Σαβ 23/5/26 8:00 πμ | Δευ 8/6/26 5:00 μμ   | 54            |  |
| 56 Τμήμα Β1                                                             | 14 days  | Σαβ 7/2/26 8:00 πμ  | Τρι 24/2/26 5:00 μμ  | 51            |  |
| 57 Τμήμα Β2                                                             | 14 days  | Παρ 13/3/26 8:00 πμ | Δευ 30/3/26 5:00 μμ  | 52            |  |
| 58 Τμήμα Β3                                                             | 14 days  | Δευ 20/4/26 8:00 πμ | Τετ 6/5/26 5:00 μμ   | 53            |  |
| 59 Ενσωματώσεις έως τη στάθμη σκυροδέτησης των δαπέδων                  | 131 days | Πεμ 22/1/26 8:00 πμ | Τρι 30/6/26 5:00 μμ  |               |  |
| 60 Τμήμα Α1                                                             | 10 days  | Πεμ 22/1/26 8:00 πμ | Δευ 2/2/26 5:00 μμ   | 50            |  |
| 61 Τμήμα Α2                                                             | 10 days  | Τετ 18/2/26 8:00 πμ | Δευ 2/3/26 5:00 μμ   | 72            |  |
| 62 Τμήμα Α3                                                             | 10 days  | Τρι 24/3/26 8:00 πμ | Σαβ 4/4/26 5:00 μμ   | 73            |  |
| 63 Τμήμα Α4                                                             | 10 days  | Πεμ 30/4/26 8:00 πμ | Τρι 12/5/26 5:00 μμ  | 74            |  |
| 64 Τμήμα Α5                                                             | 10 days  | Τετ 3/6/26 8:00 πμ  | Σαβ 13/6/26 5:00 μμ  | 75            |  |
| 65 Τμήμα Α6                                                             | 10 days  | Παρ 19/6/26 8:00 πμ | Τρι 30/6/26 5:00 μμ  | 76            |  |
| 66 Τμήμα Β1                                                             | 10 days  | Σαβ 7/3/26 8:00 πμ  | Τετ 18/3/26 5:00 μμ  | 77            |  |
| 67 Τμήμα Β2                                                             | 10 days  | Τρι 14/4/26 8:00 πμ | Παρ 24/4/26 5:00 μμ  | 78            |  |
| 68 Τμήμα Β3                                                             | 10 days  | Δευ 18/5/26 8:00 πμ | Πεμ 28/5/26 5:00 μμ  | 79            |  |
| 69 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ                                                          | 131 days | Πεμ 15/1/26 8:00 πμ | Τρι 23/6/26 5:00 μμ  |               |  |
| 70 Θεμελίωση                                                            | 127 days | Πεμ 15/1/26 8:00 πμ | Πεμ 18/6/26 5:00 μμ  |               |  |
| 71 Τμήμα Α1                                                             | 15 days  | Πεμ 15/1/26 8:00 πμ | Σαβ 31/1/26 5:00 μμ  | 5055+8 days   |  |
| 72 Τμήμα Α2                                                             | 15 days  | Σοβ 31/1/26 8:00 πμ | Τρι 17/2/26 5:00 μμ  | 5155+8 days   |  |
| 73 Τμήμα Α3                                                             | 15 days  | Παρ 6/3/26 8:00 πμ  | Δευ 23/3/26 5:00 μμ  | 5255+8 days   |  |
| 74 Τμήμα Α4                                                             | 15 days  | Πεμ 9/4/26 8:00 πμ  | Τετ 29/4/26 5:00 μμ  | 5355+8 days   |  |
| 75 Τμήμα Α5                                                             | 15 days  | Σοβ 16/5/26 8:00 πμ | Τρι 2/6/26 5:00 μμ   | 5455+8 days   |  |
| 76 Τμήμα Α6                                                             | 15 days  | Τρι 2/6/26 8:00 πμ  | Πεμ 18/6/26 5:00 μμ  | 5555+8 days   |  |
| 77 Τμήμα Β1                                                             | 15 days  | Τρι 17/2/26 8:00 πμ | Παρ 6/3/26 5:00 μμ   | 5655+8 days   |  |
| 78 Τμήμα Β2                                                             | 15 days  | Δευ 23/3/26 8:00 πμ | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ   | 5755+8 days   |  |
| 79 Τμήμα Β3                                                             | 15 days  | Τετ 29/4/26 8:00 πμ | Σαβ 16/5/26 5:00 μμ  | 5855+8 days   |  |
| 80 Περιμετρικά τοιχεία                                                  | 122 days | Δευ 26/1/26 8:00 πμ | Τρι 23/6/26 5:00 μμ  |               |  |
| 81 Τμήμα Α1                                                             | 10 days  | Δευ 26/1/26 8:00 πμ | Πεμ 5/2/26 5:00 μμ   | 71FF+4 days   |  |
| 82 Τμήμα Α2                                                             | 10 days  | Τετ 11/2/26 8:00 πμ | Σαβ 21/2/26 5:00 μμ  | 72FF+4 days   |  |
| 83 Τμήμα Α3                                                             | 10 days  | Τετ 24/3/26 8:00 πμ | Σαβ 4/4/26 5:00 μμ   | 73FF+10 days  |  |
| 84 Τμήμα Α4                                                             | 10 days  | Πεμ 23/4/26 8:00 πμ | Τρι 5/5/26 5:00 μμ   | 74FF+4 days   |  |
| 85 Τμήμα Α5                                                             | 10 days  | Τετ 27/5/26 8:00 πμ | Σαβ 6/6/26 5:00 μμ   | 75FF+4 days   |  |
| 86 Τμήμα Α6                                                             | 10 days  | Παρ 12/6/26 8:00 πμ | Τρι 23/6/26 5:00 μμ  | 76FF+4 days   |  |
| 87 Τμήμα Β1                                                             | 10 days  | Σαβ 28/2/26 8:00 πμ | Τετ 11/3/26 5:00 μμ  | 77FF+4 days   |  |
| 88 Τμήμα Β2                                                             | 10 days  | Παρ 3/4/26 8:00 πμ  | Παρ 17/4/26 5:00 μμ  | 78FF+4 days   |  |
| 89 Τμήμα Β3                                                             | 10 days  | Δευ 11/5/26 8:00 πμ | Πεμ 21/5/26 5:00 μμ  | 79FF+4 days   |  |
| 90 ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ                                        | 128 days | Τετ 28/1/26 8:00 πμ | Πεμ 2/7/26 5:00 μμ   |               |  |
| 91 Τμήμα Α1                                                             | 16 days  | Τετ 28/1/26 8:00 πμ | Σαβ 14/2/26 5:00 μμ  | 71FS-4 days,3 |  |
| 92 Τμήμα Α2                                                             | 16 days  | Παρ 13/2/26 8:00 πμ | Τετ 4/3/26 5:00 μμ   | 72FS-4 days,8 |  |

| ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΦΟΡΕΑ |                                                        |                 |                            |                             |                 |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| ID                                           | Task Name                                              | Duration        | Start                      | Finish                      | Predecessors    |
| 93                                           | Τμήμα Α3                                               | 16 days         | Πεμ 19/3/26 8:00 πμ        | Τρι 7/4/26 5:00 μμ          | 73FS-4 days,13  |
| 94                                           | Τμήμα Α4                                               | 16 days         | Σαβ 25/4/26 8:00 πμ        | Πεμ 14/5/26 5:00 μμ         | 74FS-4 days,18  |
| 95                                           | Τμήμα Α5                                               | 16 days         | Τετ 3/6/26 8:00 πμ         | Σαβ 20/6/26 5:00 μμ         | 85FS-4 days,23  |
| 96                                           | Τμήμα Α6                                               | 16 days         | Δευ 15/6/26 8:00 πμ        | Πεμ 2/7/26 5:00 μμ          | 76FS-4 days,28  |
| 97                                           | Τμήμα Β1                                               | 14 days         | Τρι 3/3/26 8:00 πμ         | Τετ 18/3/26 5:00 μμ         | 77FS-4 days,33  |
| 98                                           | Τμήμα Β2                                               | 14 days         | Δευ 6/4/26 8:00 πμ         | Παρ 24/4/26 5:00 μμ         | 78FS-4 days,38  |
| 99                                           | Τμήμα Β3                                               | 14 days         | Τετ 13/5/26 8:00 πμ        | Πεμ 28/5/26 5:00 μμ         | 79FS-4 days,43  |
| 100                                          | <b>ΚΑΛΥΨΕΙΣ</b>                                        | <b>149 days</b> | <b>Δευ 16/2/26 8:00 πμ</b> | <b>Τρι 18/8/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 101                                          | Επικάλυψη στέγης με panel                              | <b>132 days</b> | <b>Δευ 16/2/26 8:00 πμ</b> | <b>Σαβ 25/7/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 102                                          | Τμήμα Α1                                               | 20 days         | Δευ 16/2/26 8:00 πμ        | Τετ 11/3/26 5:00 μμ         | 91              |
| 103                                          | Τμήμα Α2                                               | 20 days         | Πεμ 5/3/26 8:00 πμ         | Σαβ 28/3/26 5:00 μμ         | 92              |
| 104                                          | Τμήμα Α3                                               | 20 days         | Τετ 8/4/26 8:00 πμ         | Τρι 5/5/26 5:00 μμ          | 93              |
| 105                                          | Τμήμα Α4                                               | 20 days         | Παρ 15/5/26 8:00 πμ        | Σαβ 6/6/26 5:00 μμ          | 94              |
| 106                                          | Τμήμα Α5                                               | 20 days         | Δευ 22/6/26 8:00 πμ        | Τρι 14/7/26 5:00 μμ         | 95              |
| 107                                          | Τμήμα Α6                                               | 20 days         | Παρ 3/7/26 8:00 πμ         | Σαβ 25/7/26 5:00 μμ         | 96              |
| 108                                          | Τμήμα Β1                                               | 20 days         | Πεμ 19/3/26 8:00 πμ        | Τετ 15/4/26 5:00 μμ         | 97              |
| 109                                          | Τμήμα Β2                                               | 20 days         | Σαβ 25/4/26 8:00 πμ        | Τρι 19/5/26 5:00 μμ         | 98              |
| 110                                          | Τμήμα Β3                                               | 20 days         | Παρ 29/5/26 8:00 πμ        | Σαβ 20/6/26 5:00 μμ         | 99              |
| 111                                          | <b>Πλαγιοκαλύψη με panel</b>                           | <b>122 days</b> | <b>Πεμ 12/3/26 8:00 πμ</b> | <b>Πεμ 6/8/26 5:00 μμ</b>   |                 |
| 112                                          | Τμήμα Α1                                               | 10 days         | Πεμ 12/3/26 8:00 πμ        | Δευ 23/3/26 5:00 μμ         | 102             |
| 113                                          | Τμήμα Α2                                               | 10 days         | Δευ 30/3/26 8:00 πμ        | Πεμ 9/4/26 5:00 μμ          | 103             |
| 114                                          | Τμήμα Α3                                               | 10 days         | Τετ 6/5/26 8:00 πμ         | Σαβ 16/5/26 5:00 μμ         | 104             |
| 115                                          | Τμήμα Α4                                               | 10 days         | Δευ 8/6/26 8:00 πμ         | Πεμ 18/6/26 5:00 μμ         | 105             |
| 116                                          | Τμήμα Α5                                               | 10 days         | Τετ 15/7/26 8:00 πμ        | Σαβ 25/7/26 5:00 μμ         | 106             |
| 117                                          | Τμήμα Α6                                               | 10 days         | Δευ 27/7/26 8:00 πμ        | Πεμ 6/8/26 5:00 μμ          | 107             |
| 118                                          | Τμήμα Β1                                               | 10 days         | Πεμ 16/4/26 8:00 πμ        | Δευ 27/4/26 5:00 μμ         | 108             |
| 119                                          | Τμήμα Β2                                               | 10 days         | Τετ 20/5/26 8:00 πμ        | Σαβ 30/5/26 5:00 μμ         | 109             |
| 120                                          | Τμήμα Β3                                               | 10 days         | Δευ 22/6/26 8:00 πμ        | Πεμ 2/7/26 5:00 μμ          | 110             |
| 121                                          | <b>Εσωτερικά χωρίσματα με panel</b>                    | <b>105 days</b> | <b>Τρι 14/4/26 8:00 πμ</b> | <b>Τρι 18/8/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 122                                          | Τμήματα Α1-Α2                                          | 7 days          | Τρι 14/4/26 8:00 πμ        | Τρι 21/4/26 5:00 μμ         | 112,113         |
| 123                                          | Τμήματα Α2-Α3                                          | 7 days          | Δευ 18/5/26 8:00 πμ        | Δευ 25/5/26 5:00 μμ         | 113,114         |
| 124                                          | Τμήματα Α3-Α4                                          | 7 days          | Παρ 19/6/26 8:00 πμ        | Παρ 26/6/26 5:00 μμ         | 114,115         |
| 125                                          | Τμήματα Α4-Α5                                          | 7 days          | Δευ 27/7/26 8:00 πμ        | Δευ 3/8/26 5:00 μμ          | 115,116         |
| 126                                          | Τμήματα Α5-Α6                                          | 7 days          | Παρ 7/8/26 8:00 πμ         | Τρι 18/8/26 5:00 μμ         | 116,117         |
| 127                                          | Τμήματα Β1-Β2                                          | 7 days          | Δευ 1/6/26 8:00 πμ         | Δευ 8/6/26 5:00 μμ          | 118,119         |
| 128                                          | Τμήματα Β2-Β3                                          | 7 days          | Παρ 3/7/26 8:00 πμ         | Παρ 10/7/26 5:00 μμ         | 119,120         |
| 129                                          | <b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ</b>                  | <b>128 days</b> | <b>Τετ 22/4/26 8:00 πμ</b> | <b>Τρι 22/9/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 130                                          | Τμήμα Α1                                               | 10 days         | Τετ 22/4/26 8:00 πμ        | Δευ 4/5/26 5:00 μμ          | 122             |
| 131                                          | Τμήμα Α2                                               | 10 days         | Τρι 26/5/26 8:00 πμ        | Παρ 5/6/26 5:00 μμ          | 122,123         |
| 132                                          | Τμήμα Α3                                               | 10 days         | Σαβ 27/6/26 8:00 πμ        | Τετ 8/7/26 5:00 μμ          | 123,124         |
| 133                                          | Τμήμα Α4                                               | 20 days         | Τρι 4/8/26 8:00 πμ         | Σαβ 29/8/26 5:00 μμ         | 124,125         |
| 134                                          | Τμήμα Α5                                               | 10 days         | Δευ 31/8/26 8:00 πμ        | Πεμ 10/9/26 5:00 μμ         | 125,126,133     |
| 135                                          | Τμήμα Α6                                               | 10 days         | Παρ 11/9/26 8:00 πμ        | Τρι 22/9/26 5:00 μμ         | 126,134         |
| 136                                          | Τμήμα Β1                                               | 10 days         | Πεμ 9/7/26 8:00 πμ         | Δευ 20/7/26 5:00 μμ         | 127,131,132     |
| 137                                          | Τμήμα Β2                                               | 10 days         | Τρι 21/7/26 8:00 πμ        | Παρ 31/7/26 5:00 μμ         | 127,128,132,136 |
| 138                                          | Τμήμα Β3                                               | 20 days         | Σαβ 1/8/26 8:00 πμ         | Πεμ 27/8/26 5:00 μμ         | 128,137         |
| 139                                          | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΡΟΛΩΝ ΚΑΙ ΘΥΡΩΝ</b>           | <b>128 days</b> | <b>Τρι 5/5/26 8:00 πμ</b>  | <b>Σαβ 3/10/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 140                                          | Τμήμα Α1                                               | 10 days         | Τρι 5/5/26 8:00 πμ         | Παρ 15/5/26 5:00 μμ         | 130             |
| 141                                          | Τμήμα Α2                                               | 10 days         | Σαβ 6/6/26 8:00 πμ         | Τετ 17/6/26 5:00 μμ         | 131             |
| 142                                          | Τμήμα Α3                                               | 10 days         | Πεμ 9/7/26 8:00 πμ         | Δευ 20/7/26 5:00 μμ         | 132             |
| 143                                          | Τμήμα Α4                                               | 10 days         | Δευ 31/8/26 8:00 πμ        | Πεμ 10/9/26 5:00 μμ         | 133             |
| 144                                          | Τμήμα Α5                                               | 10 days         | Παρ 11/9/26 8:00 πμ        | Τρι 22/9/26 5:00 μμ         | 134             |
| 145                                          | Τμήμα Α6                                               | 10 days         | Τετ 23/9/26 8:00 πμ        | Σαβ 3/10/26 5:00 μμ         | 135             |
| 146                                          | Τμήμα Β1                                               | 10 days         | Τρι 21/7/26 8:00 πμ        | Παρ 31/7/26 5:00 μμ         | 136             |
| 147                                          | Τμήμα Β2                                               | 10 days         | Σαβ 1/8/26 8:00 πμ         | Τετ 12/8/26 5:00 μμ         | 137             |
| 148                                          | Τμήμα Β3                                               | 10 days         | Παρ 28/8/26 8:00 πμ        | Τρι 8/9/26 5:00 μμ          | 138             |
| 149                                          | <b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ</b>                  | <b>143 days</b> | <b>Τρι 5/5/26 8:00 πμ</b>  | <b>Τετ 21/10/26 5:00 μμ</b> |                 |
| 150                                          | Τμήμα Α1                                               | 25 days         | Τρι 5/5/26 8:00 πμ         | Τρι 2/6/26 5:00 μμ          | 130             |
| 151                                          | Τμήμα Α2                                               | 25 days         | Σαβ 6/6/26 8:00 πμ         | Σαβ 4/7/26 5:00 μμ          | 131             |
| 152                                          | Τμήμα Α3                                               | 25 days         | Πεμ 9/7/26 8:00 πμ         | Πεμ 6/8/26 5:00 μμ          | 132             |
| 153                                          | Τμήμα Α4                                               | 25 days         | Δευ 31/8/26 8:00 πμ        | Δευ 28/9/26 5:00 μμ         | 133             |
| 154                                          | Τμήμα Α5                                               | 25 days         | Παρ 11/9/26 8:00 πμ        | Παρ 9/10/26 5:00 μμ         | 134             |
| 155                                          | Τμήμα Α6                                               | 25 days         | Τετ 23/9/26 8:00 πμ        | Τετ 21/10/26 5:00 μμ        | 135             |
| 156                                          | Τμήμα Β1                                               | 25 days         | Τρι 21/7/26 8:00 πμ        | Παρ 21/8/26 5:00 μμ         | 136             |
| 157                                          | Τμήμα Β2                                               | 25 days         | Σαβ 1/8/26 8:00 πμ         | Τετ 2/9/26 5:00 μμ          | 137             |
| 158                                          | Τμήμα Β3                                               | 25 days         | Παρ 28/8/26 8:00 πμ        | Παρ 25/9/26 5:00 μμ         | 138             |
| 159                                          | <b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ</b>        | <b>130 days</b> | <b>Τετ 3/6/26 8:00 πμ</b>  | <b>Πεμ 5/11/26 5:00 μμ</b>  |                 |
| 160                                          | Τμήμα Α1                                               | 12 days         | Τετ 3/6/26 8:00 πμ         | Τρι 16/6/26 5:00 μμ         | 150             |
| 161                                          | Τμήμα Α2                                               | 12 days         | Δευ 6/7/26 8:00 πμ         | Σαβ 18/7/26 5:00 μμ         | 151             |
| 162                                          | Τμήμα Α3                                               | 12 days         | Παρ 7/8/26 8:00 πμ         | Δευ 24/8/26 5:00 μμ         | 152             |
| 163                                          | Τμήμα Α4                                               | 12 days         | Τρι 29/9/26 8:00 πμ        | Δευ 12/10/26 5:00 μμ        | 153             |
| 164                                          | Τμήμα Α5                                               | 12 days         | Σαβ 10/10/26 8:00 πμ       | Παρ 23/10/26 5:00 μμ        | 154             |
| 165                                          | Τμήμα Α6                                               | 12 days         | Πεμ 22/10/26 8:00 πμ       | Πεμ 5/11/26 5:00 μμ         | 155             |
| 166                                          | Τμήμα Β1                                               | 12 days         | Σαβ 22/8/26 8:00 πμ        | Παρ 4/9/26 5:00 μμ          | 156             |
| 167                                          | Τμήμα Β2                                               | 12 days         | Πεμ 3/9/26 8:00 πμ         | Τετ 16/9/26 5:00 μμ         | 157             |
| 168                                          | Τμήμα Β3                                               | 12 days         | Σαβ 26/9/26 8:00 πμ        | Παρ 9/10/26 5:00 μμ         | 158             |
| 169                                          | <b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΙΣΧΥΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ</b> | <b>148 days</b> | <b>Τετ 17/6/26 8:00 πμ</b> | <b>Πεμ 10/12/26 5:00 μμ</b> |                 |
| 170                                          | Τμήμα Α1                                               | 30 days         | Τετ 17/6/26 8:00 πμ        | Τρι 21/7/26 5:00 μμ         | 160             |
| 171                                          | Τμήμα Α2                                               | 30 days         | Δευ 20/7/26 8:00 πμ        | Τετ 26/8/26 5:00 μμ         | 161             |
| 172                                          | Τμήμα Α3                                               | 30 days         | Τρι 25/8/26 8:00 πμ        | Δευ 28/9/26 5:00 μμ         | 162             |
| 173                                          | Τμήμα Α4                                               | 30 days         | Τρι 13/10/26 8:00 πμ       | Τρι 17/11/26 5:00 μμ        | 163             |
| 174                                          | Τμήμα Α5                                               | 30 days         | Σαβ 24/10/26 8:00 πμ       | Σαβ 28/11/26 5:00 μμ        | 164             |
| 175                                          | Τμήμα Α6                                               | 30 days         | Παρ 6/11/26 8:00 πμ        | Πεμ 10/12/26 5:00 μμ        | 165             |
| 176                                          | Τμήμα Β1                                               | 30 days         | Σαβ 5/9/26 8:00 πμ         | Παρ 9/10/26 5:00 μμ         | 166             |
| 177                                          | Τμήμα Β2                                               | 30 days         | Πεμ 17/9/26 8:00 πμ        | Τετ 21/10/26 5:00 μμ        | 167             |
| 178                                          | Τμήμα Β3                                               | 30 days         | Σαβ 10/10/26 8:00 πμ       | Σαβ 14/11/26 5:00 μμ        | 168             |

Σύμφωνα τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει το πέρας των εργασιών που είναι και η ολοκλήρωση του έργου στις 10/12//2026. Ορίζεται επίσης η κρίσιμη διαδρομή. Παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 6 το συνολικό χρονοδιάγραμμα της κατασκευής με τη μέθοδο των μεταλλικών στοιχείων.

*Πίνακας 6: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής με μεταλλικά στοιχεία*



#### 4.1.5 Αποτελέσματα σύγκρισης χρονικής διάρκειας

Με βάση τα παραπάνω χρονοδιαγράμματα προκύπτει ότι η χρήση της μεθόδου κατασκευής του φέροντα οργανισμού του κτιρίου:

- με προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση του κτιρίου σε 277 εργάσιμες ημέρες (11 μήνες).

- με έγχυτα σκυροδέματα έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση του κτιρίου σε 369 εργάσιμες ημέρες (14 μήνες και 20 ημέρες).
- με μεταλλικά στοιχεία έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση του κτιρίου σε 281 εργάσιμες ημέρες (11 μήνες και 5 ημέρες).

Η μέθοδος των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος αποδεικνύεται η πιο γρήγορη (277 ημέρες), ακολουθεί εκείνη των μεταλλικών στοιχείων με μία αύξηση, σε σχέση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος, της τάξεως του 1,44% (281 ημέρες) η οποία γενικά σε ένα χρονοδιάγραμμα παράδοσης ενός κτιρίου θεωρείται ανεκτή και μη κρίσιμη για την οικονομία του έργου. Τέλος η χρήση των έγχυτων σκυροδεμάτων αναδύκνεται η πιο χρονοβόρα (369 ημέρες) μιας και παρουσιάζει αύξηση, σε σχέση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος, της τάξεως του 32,49% και 30,6% σε σχέση με τη μέθοδο των μεταλλικών στοιχείων.

## **4.2 Μοντέλο κοστολόγησης φέροντα οργανισμού του πρότυπου έργου**

### **4.2.1 Γενική παρουσίαση μοντέλου κοστολόγησης**

Η κοστολόγηση του πρότυπου κτιρίου αφορά τη συστηματική εκτίμηση όλων των δαπανών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του. Σε συνέχεια αυτού το έργο διασπάται σε επιμέρους ομάδες εργασιών με τη χρήση της Δομής Ανάλυσης Εργασιών (Work Breakdown Structure – WBS) στις οποίες προμετρώνται οι ποσότητες των υλικών που απαιτούνται για κάθε εργασία. Για τις προμετρούμενες ποσότητες εκτιμάται μια τιμή μονάδας η οποία περιλαμβάνει τόσο το υλικό όσο και το κόστος εργασίας για να ενσωματωθεί το υλικό στο έργο. Το γινόμενο της ποσότητας με την τιμή μονάδας μας δίνει το επιμέρους κόστος κάθε άρθρου της Ανάλυσης Εργασιών. Οι τιμές μονάδας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ΜΔΕ είναι προϊόν πραγματικής έρευνας αγοράς τη δεδομένη χρονική στιγμή στην Ελλάδα.

Τα βασικά άρθρα της Δομής Ανάλυσης Εργασιών (WPS) που χρησιμοποιούνται και στις τρεις μεθόδους κατασκευής που θα εξεταστούν είναι τα:

1. Χωματουργικές εργασίες-γενικές εκσκαφές εδαφών
2. Κατασκευή φέροντα οργανισμού
3. Μονώσεις
4. Επικαλύψεις & Πλαγιοκαλύψεις με σύνθετα panel

5. Βιομηχανικά δάπεδα σκυροδέματος
6. Μεταλλικά ρολά και θύρες
7. Επιχρίσματα-Χρωματισμοί
8. Ύδρευση-Αποχέτευση
9. Πυρόσβεση
10. Καλωδιώσεις Ισχυρών και Ασθενών ρευμάτων
11. Γενικές δαπάνες και γενικά έξοδα εργοταξίου

Και στις τρεις περιπτώσεις κατασκευής οι ΗΜ εργασίες θα αφορούν τις βασικές υποδομές (σωληνώσεις, σχάρες, καλωδιώσεις κλπ) και δεν θα περιλαμβάνουν τα τελικά συστήματα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν (αντλητικά συγκροτήματα, φωτιστικά σώματα, κλιματιστικές μονάδες, σύστημα πυρανίχνευσης, κάμερες, ηχεία κλπ) διότι δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας ΜΔΕ και η τελική τοποθέτηση και σύνδεσή τους στα εγκαταστημένα βασικά δίκτυα θα έχει το ίδιο οικονομικό και χρονικό αποτύπωμα και στις τρεις εξεταζόμενες μεθόδους κατασκευής.

Η κοστολόγηση αφορά το άμεσο κόστος του έργου, το οποίο περιλαμβάνει:

1. την αγορά, μεταφορά και αποθήκευση των υλικών,
2. το κόστος εργασίας περιλαμβανομένων των ασφαλιστικών εισφορών των εργατοτεχνιτών,
3. το κόστος των χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων και εξοπλισμού, περιλαμβανομένων των χειριστών τους, την ενοικίαση των μηχανημάτων και τα καύσιμα.

Το άμεσο κόστος περιλαμβάνει επίσης τις γενικές δαπάνες και έξοδα του εργοταξίου. Σε αυτές εντάσσονται:

1. το κόστος των μηχανικών του έργου. Στο έργο χρησιμοποιούνται ένας μηχανικός ως εργοταξιάρχης, τρεις μηχανικοί με τις ειδικότητες του πολιτικού μηχανικού, του τοπογράφου και του μηχανολόγου αντίστοιχα ως μηχανικοί πεδίου και μια γραμματειακή υποστήριξη για όσο διαρκεί το έργο. Οι αμοιβές που χρησιμοποιήθηκαν ανταποκρίνονται στη σημερινή αγορά εργασίας στην Ελλάδα, έπειτα από έρευνα.

2. Το κόστος ενοικίασης των εργοταξιακών γραφείων και τα αναλώσιμα που χρειάζεται το εργοτάξιο.
3. Το κόστος των καταναλώσεων σε ρεύμα, νερό και internet για όσο διαρκεί το έργο. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν εξάχθηκαν ως μέσες τιμές από διάφορα έργα αντίστοιχου μεγέθους έπειτα από έρευνα.

Γίνεται φανερό ότι η διάρκεια κατασκευής του έργου επηρεάζει άμεσα τις γενικές δαπάνες και τα γενικά έξοδα του εργοταξίου μιας και όσο διαρκεί και το έργο εκείνα συνεχίζουν να βαραίνουν τον προϋπολογισμό.

Στην κοστολόγηση δεν λαμβάνεται υπόψιν καθόλου τα έμμεσα κόστη (μηχανικοί που εργάζονται στα κεντρικά γραφεία της εταιρείας που πραγματοποιεί την κατασκευή, λογιστήριο, άδειες, ασφάλιση κλπ) όπως και οι απρόβλεπτες εργασίες και το εργολαβικό όφελος.

#### 4.2.2 Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα

Στην περίπτωση κατασκευής του φέροντα οργανισμού του κτιρίου με προκατασκευασμένα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος γίνεται εκτίμηση του συνολικού κόστους κατασκευής. Για κάθε στοιχείο προσμετράται από τα σχέδια η ποσότητά του και υπολογίζεται η συνολική του δαπάνη ως το γινόμενο της ποσότητας επί της τιμής μονάδας του με τις εξής παραδοχές:

- Χωματοργικές εργασίες: Πραγματοποιείται εκσκαφή στην επιφάνεια του οικοπέδου όπου θα κατασκευαστεί το κτίριο των 50.000 τμ κατά 2μ κατά μέσο όρο ώστε να θεμελιωθεί το νέο κτίριο. Η τιμή μονάδας της εκσκαφής και απομάκρυνσης των υλικών από τον χώρο ορίζεται στα 15€/m<sup>3</sup>. Τα υλικά εκσκαφής (ΑΕΚΚ) ανακυκλώνονται σε πιστοποιημένους χώρους απόθεσης με δαπάνη 1,80€/tn. Το ειδικό βάρος των υλικών εκσκαφής θεωρείται ότι είναι 1,6. Έπειτα από τη θεμελίωση πραγματοποιείται επανεπίχωση της επιφάνειας του κτιρίου κατά 1μ μέσο όρο. Η τιμή μονάδας για την προμήθεια των υλικών και για την εργασία επανεπίχωσης ανέρχεται στα 16,5€/m<sup>3</sup>.
- Κατασκευή φέροντα οργανισμού: Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από θεμελίωση και περιμετρικά τοιχία εγκιβωτισμού με έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία

ανωδομής (υποστυλώματα, δοκοί ζευκτά, μηκίδες, τεγίδες) από προκατασκευασμένο προεντεταμένο σκυρόδεμα. Τα έγχυτα σκυροδέματα της θεμελίωσης αποτελούνται από μεμονωμένα πέδιλα διαστάσεων 4,0μ \*4,0μ \*1,0μ τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς διαστάσεων 0,30\*0,30\*0,60μ και από περιμετρικό τοίχιο μέσων διαστάσεων 0,30\*1,50μ. Η τιμή μονάδας για τα σκυροδέματα των θεμελίωσης εκτιμάται στα 126€/m<sup>3</sup> (77€ η προμήθεια του σκυροδέματος + 9€ η χρήση αντλίας σκυροδέτησης + 40€ η εργασία) και των τοιχίων στα 176€/m<sup>3</sup> (77€ η προμήθεια του σκυροδέματος + 9€ η χρήση αντλίας σκυροδέτησης + 90€ η εργασία). Η τιμή μονάδας του χάλυβα οπλισμού εκτιμήθηκε στα 1,21 €/kg (0,93€ η προμήθεια του χάλυβα +0,08€ η εργασία τοποθέτησης) Για τα προκατασκευασμένα στοιχεία του κτιρίου Α, το οποίο έχει ύψος 14μ τα υποστυλώματα εκτιμώνται στα 6.800€/τμχ, οι δοκοί- ζευκτά στα 7.800€/τμχ, οι μηκίδες στα 2.900€/ τμχ και οι τεγίδες στα 700€/τμχ. Για τη σύνδεση μεταξύ θεμελίων και υποστυλωμάτων χρησιμοποιήθηκαν μηχανικοί σύνδεσμοι (cuplers) με συνολική δαπάνη 90.000€.

- Μονώσεις: Θεωρήθηκε ότι τα περιμετρικά τοιχία θα μονωθούν με επαφειφόμενα υλικά έναντι της υγρασίας με τιμή μονάδας στα 18€/m<sup>2</sup>.
- Πλαγιοκαλύψεις-επικαλύψεις με σύνθετα panel: Η οροφή του κτιρίου θα επικαλυφθεί με μεταλλικό panel πετροβάμβακα με εκτιμώμενη τιμή μονάδας 47,35€/m<sup>2</sup> (προμήθεια υλικού + εργασία). Περιμετρικά του κτιρίου και μεταξύ των πυροδιαμερισμάτων θα τοποθετηθεί ως χώρισμα panel περοβάμβακα με δαπάνη 41,5€/m<sup>2</sup> και 40,75€/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.
- Βιομηχανικό δάπεδο σκυροδέματος: Το δάπεδο του κτιρίου θα κατασκευαστεί από πλωτές εδαφόπλακες ινοπλισμένου σκυροδέματος οι οποίες θα υποστούν επιφανειακή επεξεργασία, σε όλη την επιφάνεια του κτιρίου. Η τιμή μονάδας εκτιμάται στα 42,30€/m<sup>2</sup> (υλικά + εργασία)
- Μεταλλικά ρολά και θύρες: Η πρόσβαση για τα προϊόντα αποθήκευσης στο κτίριο θα γίνεται με ράμπες φορτοεκφόρτωσης και ρολά. Η τιμή μονάδας τους εκτιμάται στα 6.700€/τμχ. Η επικοινωνία μεταξύ των πυροδιαμερισμάτων του κτιρίου θα γίνεται μέσω ανοιγμάτων μεταξύ των πυράντοχων panel. Τα ανοίγματα αυτά κλείνουν με μεταλλικά πυράντοχα ρολά των οποίων η τιμή μονάδας εκτιμάται στα

22.000€/τμχ και με μεταλλικές πυράντοχες θύρες των οποίων η τιμή μονάδας εκτιμάται στα 1.100€/τμχ.

- Επιχρίσματα και χρωματισμοί: Τα τοιχία σκυροδέματος θα επιχρίονται και θα χρωματίζονται τόσο εξωτερικά με τιμή μονάδας 9,8€/m<sup>2</sup> όσο και εσωτερικά με τιμή μονάδας 10,20€/m<sup>2</sup>.
- Εγκατάσταση ύδρευσης-αποχέτευσης: Υπολογίζεται ότι η εγκατάσταση των δικτύων ύδρευσης ανέρχεται στα 25.000€ και της αποχέτευσης στα 28.000€ για όλο το κτίριο. Οι δαπάνες αυτές αφορούν μόνο τα δίκτυα (σωληνώσεις, αποχετεύσεις) και δεν περιλαμβάνουν τις αποχετεύσεις των όμβριων υδάτων της οροφής.
- Εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης: Υπολογίζεται η δαπάνη της εγκατάστασης του δικτύου πυρόσβεσης του κτιρίου στα 1.400.000€ δίχως να περιλαμβάνονται τα αντλητικά συγκροτήματα και λοιπός ΗΜ εξοπλισμός.
- Καλωδιώσεις ισχυρών και ασθενών ρευμάτων: Η εγκατάσταση των σχαρών και καλωδιώσεων για τα ισχυρά και ασθενή ρεύματα εκτιμάγεται σε 750.000€ και 140.000€ αντίστοιχα.
- Γενικές δαπάνες εργοταξίου: Αφορούν τις δαπάνες μισθοδοσίας των μηχανικών του έργου και εκτιμώνται σε 16.500€/μήνα (6.000€ εργοταξιάρχης + 2\*4.000€ μηχανικοί έργου + 2.500€ γραμματειακή υποστήριξη), των δαπανών ενοικίασης των εργοταξιακών γραφείων και των αναλωσίμων τους που εκτιμώνται σε 5.000€/μήνα και στις διάφορες καταναλώσεις (ΔΕΗ, νερό, internet, κλπ) που εκτιμώνται σε 2.500€/μήνα.

Με βάση τα παραπάνω συντάχθηκε και παρουσιάζεται ο πίνακας 7 με το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου με τη μέθοδο κατασκευής με προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος.

Πίνακας 7:Κοστολόγηση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος

**ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

| A/A | Περιγραφή                     | Ποσότητα   | M.M.           | Τιμή Μονάδας | Δαπάνη         |
|-----|-------------------------------|------------|----------------|--------------|----------------|
| 1   | ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ        |            |                |              |                |
| 1.1 | Γενικές εκσκαφές εδαφών       | 100,000.00 | m <sup>3</sup> | 15.00        | 1,500,000.00 € |
| 1.2 | Διαχείριση προϊόντων εκσκαφής | 160,000.00 | tn             | 1.80         | 288,000.00 €   |
| 1.2 | Επιχώσεις                     | 50,000.00  | m <sup>3</sup> | 16.50        | 825,000.00 €   |

|       |                                                                |            |                |            |                |
|-------|----------------------------------------------------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| 2     | ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ                                               |            |                |            |                |
| 2.1   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματος θεμελίωσης C30/37           | 4,300.00   | m <sup>3</sup> | 126.00     | 541,800.00 €   |
| 2.2   | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού θεμελίωσης              | 516,000.00 | kg             | 1.21       | 624,360.00 €   |
| 2.3   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματος περιμετρικών τοιχίων C30/37 | 750.00     | m <sup>3</sup> | 176.00     | 132,000.00 €   |
| 2.4   | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού περιμετρικών τοιχίων    | 82,500.00  | kg             | 1.21       | 99,825.00 €    |
| 2.5   | Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος κτ. Α                  |            |                |            |                |
| 2.5.1 | Υποστυλώματα                                                   | 180.00     | τμχ            | 6,800.00   | 1,224,000.00 € |
| 2.5.2 | Δοκοί-Ζευκτά                                                   | 144.00     | τμχ            | 7,800.00   | 1,123,200.00 € |
| 2.5.3 | Μηκίδες                                                        | 250.00     | τμχ            | 2,900.00   | 725,000.00 €   |
| 2.5.4 | Τεγίδες                                                        | 1,320.00   | τμχ            | 700.00     | 924,000.00 €   |
| 2.5.5 | Μηχανικοί σύνδεσμοι                                            | 1.00       | κα             | 180,000.00 | 180,000.00 €   |
| 2.6   | Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος κτ. Β                  |            |                |            |                |
| 2.6.1 | Υποστυλώματα                                                   | 94.00      | τμχ            | 4,000.00   | 376,000.00 €   |
| 2.6.2 | Δοκοί-Ζευκτά                                                   | 72.00      | τμχ            | 7,800.00   | 561,600.00 €   |
| 2.6.3 | Μηκίδες                                                        | 136.00     | τμχ            | 2,900.00   | 394,400.00 €   |
| 2.6.4 | Τεγίδες                                                        | 660.00     | τμχ            | 700.00     | 462,000.00 €   |
| 2.6.5 | Μηχανικοί σύνδεσμοι                                            | 1.00       | κα             | 90,000.00  | 90,000.00 €    |
| 3     | ΜΟΝΩΣΕΙΣ                                                       |            |                |            |                |
| 3.1   | Υγρομονώσεις περιμετρικών τοιχίων                              | 850.00     | m <sup>2</sup> | 18.00      | 15,300.00 €    |
| 4     | ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΕΙΣ-ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ PANEL                    |            |                |            |                |
| 4.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel επικάλυψης οροφής               | 50,000.00  | m <sup>2</sup> | 47.35      | 2,367,500.00 € |
| 4.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πυροδιαμερισμάτων               | 10,900.00  | m <sup>2</sup> | 40.75      | 444,175.00 €   |
| 4.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πλαγιοκάλυψης                   | 11,200.00  | m <sup>2</sup> | 41.50      | 464,800.00 €   |
| 5     | ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ                                             |            |                |            |                |
| 5.1   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέτησης βιομηχανικού δαπέδου        | 50,000.00  | m <sup>2</sup> | 42.30      | 2,115,000.00 € |
| 6     | ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΡΟΛΑ-ΘΥΡΕΣ                                           |            |                |            |                |
| 6.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση εξωτερικών ρολών φορτοεκφόρτωσης      | 30.00      | τμχ            | 6,700.00   | 201,000.00 €   |
| 6.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων ρολών           | 14.00      | τμχ            | 22,000.00  | 308,000.00 €   |
| 6.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων θυρών           | 38.00      | τμχ            | 1,100.00   | 41,800.00 €    |
| 7     | ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ-ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ                                        |            |                |            |                |
| 7.1   | Εσωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδέματος                    | 850.00     | m <sup>2</sup> | 10.20      | 8,670.00 €     |

|               |                                                        |        |                |              |                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|--------|----------------|--------------|------------------------|
| 7.2           | Εξωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδεμάτων            | 850.00 | m <sup>2</sup> | 9.80         | 8,330.00 €             |
| 8             | <b>ΥΔΡΕΥΣΗ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ</b>                              |        |                |              |                        |
| 8.1           | Εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης                           | 1.00   | κα             | 25,000.00    | 25,000.00 €            |
| 8.2           | Εγκατάσταση δικτύων αποχέτευσης                        | 1.00   | κα             | 28,000.00    | 28,000.00 €            |
| 9             | <b>ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ</b>                                       |        |                |              |                        |
| 9.1           | Εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης                         | 1.00   | κα             | 1,400,000.00 | 1,400,000.00 €         |
| 10            | <b>ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΙΣΧΥΡΩΝ &amp; ΑΣΘΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ</b>      |        |                |              |                        |
| 10.1          | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ισχυρών ρευμάτων               | 1.00   | κα             | 750,000.00   | 750,000.00 €           |
| 10.2          | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ασθενών ρευμάτων               | 1.00   | κα             | 140,000.00   | 140,000.00 €           |
| 11.           | <b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ</b>                      |        |                |              |                        |
| 11.1          | Δαπάνες μισθοδοσίας μηχανικών έργου                    | 11.00  | μην            | 16,500.00    | 181,500.00 €           |
| 11.2          | Δαπάνη ενοικίασης εργοταξιακών γραφείων και αναλωσίμων | 11.00  | μην            | 5,000.00     | 55,000.00 €            |
| 11.3          | Καταναλώσεις (ρεύμα, νερό, internet)                   | 11.00  | μην            | 2,500.00     | 27,500.00 €            |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> |                                                        |        |                |              | <b>18,652,760.00 €</b> |

#### 4.2.3 Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από έγχυτο σκυρόδεμα

Για την περίπτωση κατασκευής του φέροντος οργανισμού από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόστηκε η ίδια μεθοδολογία κοστολόγησης που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο για την περίπτωση των προκατασκευασμένων στοιχείων. Ειδικότερα, υιοθετήθηκαν οι ίδιες βασικές παραδοχές και τιμές μονάδας για όλες τις κοινές ομάδες εργασιών, ώστε να εξασφαλιστεί η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων μεταξύ των διαφορετικών κατασκευαστικών μεθόδων.

Η βασική διαφοροποίηση εντοπίζεται στην κατασκευή του φέροντος οργανισμού. Η θεμελίωση του κτιρίου αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα διαστάσεων 4,00 × 4,00 × 1,00 m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς διατομής 0,30 × 0,60 m, καθώς και από περιμετρικό τοίχιο μέσων διαστάσεων 0,30 × 1,50 m. Οι τιμές μονάδας των παραπάνω στοιχείων θεωρήθηκαν ίδιες με εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση της προκατασκευασμένης κατασκευής. Ωστόσο, οι συνολικές ποσότητες σκυροδέματος και οπλισμού εμφανίζονται αυξημένες, λόγω του μεγαλύτερου αριθμού υποστυλωμάτων και των θεμελίων τους που απαιτούνται για τη διαμόρφωση του φέροντος οργανισμού από έγχυτο σκυρόδεμα.

Για τη σκυροδέτηση των υποστυλωμάτων και των δοκών του φέροντος οργανισμού, εξαιτίας των σημαντικών υψών εργασίας και των αυξημένων απαιτήσεων κατασκευής, εκτιμήθηκε τιμή μονάδας ίση με 236 €/m<sup>3</sup>. Η τιμή αυτή αναλύεται σε 77 €/m<sup>3</sup> για την προμήθεια σκυροδέματος, 9 €/m<sup>3</sup> για τη χρήση αντλίας σκυροδέτησης και 150 €/m<sup>3</sup> για το κόστος εργασίας.

Αντίστοιχα, για τη σκυροδέτηση των δοκών-ζευκτών και των τεγίδων υιοθετήθηκε τιμή μονάδας 286 €/m<sup>3</sup>. Η αυξημένη αυτή τιμή οφείλεται στην ιδιαίτερη πολυπλοκότητα των συγκεκριμένων κατασκευαστικών στοιχείων, καθώς και στην ανάγκη χρήσης πολλαπλών πύργων υποστήριξης και ειδικών μέτρων προσωρινής αντιστήριξης λόγω των μεγάλων υψών κατασκευής. Η τιμή αυτή περιλαμβάνει 77 €/m<sup>3</sup> για την προμήθεια σκυροδέματος, 9 €/m<sup>3</sup> για τη χρήση αντλίας σκυροδέτησης και 200 €/m<sup>3</sup> για το κόστος εργασίας.

Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη συνολική διάρκεια κατασκευής της λύσης του έγχυτου σκυροδέματος επηρέασε άμεσα το κόστος των γενικών δαπανών του έργου. Για τον λόγο αυτό, το αντίστοιχο κεφάλαιο του προϋπολογισμού αναπροσαρμόστηκε ως προς τις απαιτούμενες ποσότητες και τη χρονική επιβάρυνση, λαμβάνοντας υπόψη την αυξημένη διάρκεια λειτουργίας του εργοταξίου και τις πρόσθετες απαιτήσεις διοίκησης, επίβλεψης και υποστήριξης του έργου.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια ο πίνακας 8 με το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου με τη μέθοδο κατασκευής με έγχυτο σκυροδέμα:

Πίνακας 8:Κοστολόγηση με τη μέθοδο έγχυτο σκυροδέματος

**ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΕΓΧΥΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

| A/A | Περιγραφή                                                      | Ποσότητα   | M.M.           | Τιμή Μονάδας | Δαπάνη         |
|-----|----------------------------------------------------------------|------------|----------------|--------------|----------------|
| 1   | ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ                                         |            |                |              |                |
| 1.1 | Γενικές εκσκαφές εδαφών                                        | 100,000.00 | m <sup>3</sup> | 15.00        | 1,500,000.00 € |
| 1.2 | Διαχείριση προϊόντων εκσκαφής                                  | 160,000.00 | tn             | 1.80         | 288,000.00 €   |
| 1.2 | Επιχώσεις                                                      | 50,000.00  | m <sup>3</sup> | 16.50        | 825,000.00 €   |
| 2   | ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ                                               |            |                |              |                |
| 2.1 | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματων θεμελίωσης C30/37           | 6,020.00   | m <sup>3</sup> | 126.00       | 758,520.00 €   |
| 2.2 | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού θεμελίωσης              | 722,400.00 | kg             | 1.21         | 874,104.00 €   |
| 2.3 | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματων περιμετρικών τοιχίων C30/37 | 750.00     | m <sup>3</sup> | 176.00       | 132,000.00 €   |

|       |                                                             |              |                |           |                |
|-------|-------------------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------|----------------|
| 2.4   | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού περιμετρικών τοιχίων | 82,500.00    | kg             | 1.21      | 99,825.00 €    |
| 2.5   | Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος κτ. Α               |              |                |           |                |
| 2.5.1 | Υποστυλώματα                                                | 2,956.80     | m <sup>3</sup> | 236.00    | 697,804.80 €   |
| 2.5.2 | Δοκοί-Ζευκτά                                                | 2,478.96     | m <sup>3</sup> | 286.00    | 708,982.56 €   |
| 2.5.3 | Μηκίδες                                                     | 458.48       | m <sup>3</sup> | 236.00    | 108,201.28 €   |
| 2.5.4 | Τεγίδες                                                     | 1,610.93     | m <sup>3</sup> | 286.00    | 460,725.41 €   |
| 2.5.5 | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού                      | 1,576,085.28 | kg             | 1.21      | 1,907,063.19 € |
| 2.6   | Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος κτ. Β               |              |                |           |                |
| 2.6.1 | Υποστυλώματα                                                | 1,537.54     | m <sup>3</sup> | 236.00    | 362,858.50 €   |
| 2.6.2 | Δοκοί-Ζευκτά                                                | 1,239.48     | m <sup>3</sup> | 286.00    | 354,491.28 €   |
| 2.6.3 | Μηκίδες                                                     | 254.14       | m <sup>3</sup> | 236.00    | 59,977.98 €    |
| 2.6.4 | Τεγίδες                                                     | 805.46       | m <sup>3</sup> | 286.00    | 230,362.70 €   |
| 2.6.5 | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού                      | 805,691.04   | kg             | 1.21      | 974,886.16 €   |
| 3     | ΜΟΝΩΣΕΙΣ                                                    |              |                |           |                |
| 3.1   | Υγρομονώσεις περιμετρικών τοιχίων                           | 850.00       | m <sup>2</sup> | 18.00     | 15,300.00 €    |
| 4     | ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΕΙΣ-ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ PANEL                 |              |                |           |                |
| 4.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel επικάλυψης οροφής            | 50,000.00    | m <sup>2</sup> | 47.35     | 2,367,500.00 € |
| 4.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πυροδιαμερισμάτων            | 10,900.00    | m <sup>2</sup> | 40.75     | 444,175.00 €   |
| 4.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πλαγιοκάλυψης                | 11,200.00    | m <sup>2</sup> | 41.50     | 464,800.00 €   |
| 5     | ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ                             |              |                |           |                |
| 5.1   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέτησης βιομηχανικού δαπέδου     | 50,000.00    | m <sup>2</sup> | 42.30     | 2,115,000.00 € |
| 6     | ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΡΟΛΑ-ΘΥΡΕΣ                                        |              |                |           |                |
| 6.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση εξωτερικών ρολών φορτοεκφόρτωσης   | 30.00        | τμχ            | 6,700.00  | 201,000.00 €   |
| 6.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων ρολών        | 14.00        | τμχ            | 22,000.00 | 308,000.00 €   |
| 6.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων θυρών        | 38.00        | τμχ            | 1,100.00  | 41,800.00 €    |
| 7     | ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ-ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ                                     |              |                |           |                |
| 7.1   | Εσωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδέματων                 | 850.00       | m <sup>2</sup> | 10.20     | 8,670.00 €     |
| 7.2   | Εξωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδεμάτων                 | 850.00       | m <sup>2</sup> | 9.80      | 8,330.00 €     |
| 8     | ΥΔΡΕΥΣΗ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ                                          |              |                |           |                |
| 8.1   | Εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης                                | 1.00         | κα             | 25,000.00 | 25,000.00 €    |
| 8.2   | Εγκατάσταση δικτύων αποχέτευσης                             | 1.00         | κα             | 28,000.00 | 28,000.00 €    |

|      |                                                        |       |     |              |                |
|------|--------------------------------------------------------|-------|-----|--------------|----------------|
| 9    | ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ                                              |       |     |              |                |
| 9.1  | Εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης                         | 1.00  | κα  | 1,400,000.00 | 1,400,000.00 € |
| 10   | ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΙΣΧΥΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ               |       |     |              |                |
| 10.1 | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ισχυρών ρευμάτων               | 1.00  | κα  | 750,000.00   | 750,000.00 €   |
| 10.2 | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ασθενών ρευμάτων               | 1.00  | κα  | 140,000.00   | 140,000.00 €   |
| 11.  | ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ                             |       |     |              |                |
| 11.1 | Δαπάνες μισθοδοσίας μηχανικών έργου                    | 14.67 | μην | 16,500.00    | 242,055.00 €   |
| 11.2 | Δαπάνη ενοικίασης εργοταξιακών γραφείων και αναλωσίμων | 14.67 | μην | 5,000.00     | 73,350.00 €    |
| 11.3 | Καταναλώσεις (ρεύμα, νερό, internet)                   | 14.67 | μην | 2,500.00     | 36,675.00 €    |

|               |                        |
|---------------|------------------------|
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>19,012,457.86 €</b> |
|---------------|------------------------|

#### 4.2.4 Κοστολόγηση κατασκευής με φέροντα οργανισμό από μεταλλικά στοιχεία

Για την περίπτωση κατασκευής του φέροντος οργανισμού με μεταλλικά στοιχεία εφαρμόστηκε η ίδια μεθοδολογία κοστολόγησης που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 4.2.1, προκειμένου να διασφαλιστεί η ομοιομορφία και η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων μεταξύ των εξεταζόμενων κατασκευαστικών λύσεων. Για τις κοινές ομάδες εργασιών υιοθετήθηκαν οι ίδιες παραδοχές και τιμές μονάδας που χρησιμοποιήθηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Η κύρια διαφοροποίηση αφορά την κατασκευή του φέροντος οργανισμού, ο οποίος αποτελείται από μεταλλικά στοιχεία. Ο μεταλλικός φορέας εδράζεται σε θεμελίωση από μεμονωμένα πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων  $4,00 \times 4,00 \times 1,00$  m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς διατομής  $0,30 \times 0,60$  m. Επιπλέον, περιμετρικά του κτιρίου κατασκευάζεται τοιχίο μέσων διαστάσεων  $0,30 \times 1,50$  m. Η διάταξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της θεμελίωσης είναι όμοια με εκείνα της λύσης του προκατασκευασμένου σκυροδέματος, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται οι ίδιες τιμές μονάδας για τις αντίστοιχες εργασίες.

Η σύνδεση των μεταλλικών υποστυλωμάτων με τη θεμελίωση πραγματοποιείται μέσω ειδικών αγκυρίων (anchor bolts), τα οποία τοποθετούνται κατά τη φάση κατασκευής των πεδύλων. Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των αγκυρίων θεωρήθηκε ισοδύναμο με το αντίστοιχο κόστος των μεταλλικών συνδέσεων που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος.

Για την κοστολόγηση του μεταλλικού φέροντος οργανισμού υπολογίστηκε αρχικά το συνολικό βάρος των επιμέρους μεταλλικών στοιχείων, όπως υποστυλώματα, κύριες και δευτερεύουσες δοκοί, ζευκτά και τεγίδες. Η αποτίμηση του κόστους πραγματοποιήθηκε με βάση το συνολικό βάρος του χάλυβα σε χιλιόγραμμα (kg), εφαρμόζοντας ενιαία τιμή μονάδας για όλα τα μεταλλικά στοιχεία.

Η τιμή μονάδας εκτιμήθηκε σε 4,26 €/kg και περιλαμβάνει το σύνολο των απαιτούμενων εργασιών για την ολοκλήρωση του μεταλλικού φορέα. Ειδικότερα, ποσό 3,45 €/kg αντιστοιχεί στην προμήθεια του χάλυβα, τη βιομηχανοποίηση των στοιχείων στο εργοστάσιο, τη μεταφορά τους στο εργοτάξιο και την ανέγερση του μεταλλικού φορέα. Επιπλέον, ποσό 0,81 €/kg αφορά την εφαρμογή πυράντοχης βαφής με δείκτη πυραντίστασης 120 λεπτών (R120), σύμφωνα με τις απαιτήσεις πυροπροστασίας του κτιρίου.

Η επιλογή της ενιαίας τιμής μονάδας για όλα τα μεταλλικά στοιχεία κρίθηκε επαρκής για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, καθώς επιτρέπει την αξιόπιστη αποτίμηση του συνολικού κόστους της μεταλλικής κατασκευής και τη σύγκρισή της με τις εναλλακτικές λύσεις του προκατασκευασμένου και του έγχυτου σκυροδέματος. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αντανakλά τις συνήθειες πρακτικές κοστολόγησης βιομηχανικών και αποθηκευτικών κτιρίων, όπου το κόστος του μεταλλικού φορέα προσδιορίζεται κυρίως βάσει του συνολικού βάρους χάλυβα και των απαιτήσεων πυροπροστασίας.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια ο πίνακας 9 με το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου με τη μέθοδο κατασκευής με μεταλλικά στοιχεία:

*Πίνακας 9: Κοστολόγηση με τη μέθοδο των μεταλλικών στοιχείων*

**ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

| A/A | Περιγραφή                                            | Ποσότητα   | M.M.           | Τιμή Μονάδας | Δαπάνη         |
|-----|------------------------------------------------------|------------|----------------|--------------|----------------|
| 1   | ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ                               |            |                |              |                |
| 1.1 | Γενικές εκσκαφές εδαφών                              | 100,000.00 | m <sup>3</sup> | 15.00        | 1,500,000.00 € |
| 1.2 | Διαχείριση προϊόντων εκσκαφής                        | 160,000.00 | tn             | 1.80         | 288,000.00 €   |
| 1.2 | Επιχώσεις                                            | 50,000.00  | m <sup>3</sup> | 16.50        | 825,000.00 €   |
| 2   | ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ                                     |            |                |              |                |
| 2.1 | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματος θεμελίωσης C30/37 | 4,300.00   | m <sup>3</sup> | 126.00       | 541,800.00 €   |
| 2.2 | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού θεμελίωσης    | 516,000.00 | kg             | 1.21         | 624,360.00 €   |

|       |                                                                |            |                |            |                |
|-------|----------------------------------------------------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| 2.3   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέματων περιμετρικών τοιχίων C30/37 | 750.00     | m <sup>3</sup> | 176.00     | 132,000.00 €   |
| 2.4   | Προμήθεια και εργασία σιδηρού οπλισμού περιμετρικών τοιχίων    | 82,500.00  | kg             | 1.21       | 99,825.00 €    |
| 2.5   | Πυράντοχα μεταλλικά στοιχεία κτ. Α                             |            |                |            |                |
| 2.5.1 | Υποστυλώματα HEB 450                                           | 373,464.00 | kg             | 4.26       | 1,590,956.64 € |
| 2.5.2 | Υποστυλώματα HEA 200                                           | 20,596.80  | kg             | 4.26       | 87,742.37 €    |
| 2.5.3 | Δοκοί IPE250                                                   | 105,798.22 | kg             | 4.26       | 450,700.42 €   |
| 2.5.4 | Δοκοί IPE400                                                   | 219,684.96 | kg             | 4.26       | 935,857.93 €   |
| 2.5.5 | Χιαστί SHS 140*140*5                                           | 8,005.12   | kg             | 4.26       | 34,101.81 €    |
| 2.5.6 | Αντιανέμια CHS 76*4                                            | 10,650.00  | kg             | 4.26       | 45,369.00 €    |
| 2.5.7 | Μηκίδες UPN 180                                                | 65,780.00  | kg             | 4.26       | 280,222.80 €   |
| 2.5.8 | Τεγίδα IPE160                                                  | 275,299.20 | kg             | 4.46       | 1,227,834.43 € |
| 2.5.9 | Μηχανικοί σύνδεσμοι                                            | 1.00       | κα             | 180,000.00 | 180,000.00 €   |
| 2.6   | Πυράντοχα μεταλλικά στοιχεία κτ. Β                             |            |                |            |                |
| 2.6.1 | Υποστυλώματα HEB 450                                           | 100,548.00 | kg             | 4.26       | 428,334.48 €   |
| 2.6.2 | Υποστυλώματα HEA 200                                           | 2,574.60   | kg             | 4.26       | 10,967.80 €    |
| 2.6.3 | Δοκοί IPE250                                                   | 54,527.44  | kg             | 4.26       | 232,286.89 €   |
| 2.6.4 | Δοκοί IPE400                                                   | 109,842.48 | kg             | 4.26       | 467,928.96 €   |
| 2.6.5 | Χιαστί SHS 140*140*5                                           | 1,288.96   | kg             | 4.26       | 5,490.97 €     |
| 2.6.6 | Αντιανέμια CHS 76*4                                            | 5,325.00   | kg             | 4.26       | 22,684.50 €    |
| 2.6.7 | Μηκίδες UPN 180                                                | 35,420.00  | kg             | 4.26       | 150,889.20 €   |
| 2.6.8 | Τεγίδα IPE160                                                  | 137,649.60 | kg             | 4.46       | 613,917.22 €   |
|       | Μηχανικοί σύνδεσμοι                                            | 1.00       | κα             | 90,000.00  | 90,000.00 €    |
| 3     | ΜΟΝΩΣΕΙΣ                                                       |            |                |            |                |
| 3.1   | Υγρομονώσεις περιμετρικών τοιχίων                              | 850.00     | m <sup>2</sup> | 18.00      | 15,300.00 €    |
| 4     | ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΕΙΣ-ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ PANEL                    |            |                |            |                |
| 4.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel επικάλυψης οροφής               | 50,000.00  | m <sup>2</sup> | 47.35      | 2,367,500.00 € |
| 4.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πυροδιαμερισμάτων               | 10,900.00  | m <sup>2</sup> | 40.75      | 444,175.00 €   |
| 4.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση panel πλαγιοκάλυψης                   | 11,200.00  | m <sup>2</sup> | 41.50      | 464,800.00 €   |
| 5     | ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ                                |            |                |            |                |
| 5.1   | Προμήθεια και εργασία σκυροδέτησης βιομηχανικού δαπέδου        | 50,000.00  | m <sup>2</sup> | 42.30      | 2,115,000.00 € |
| 6     | ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΡΟΛΑ-ΘΥΡΕΣ                                           |            |                |            |                |
| 6.1   | Προμήθεια και τοποθέτηση εξωτερικών ρολών φορτοεκφόρτωσης      | 30.00      | τμχ            | 6,700.00   | 201,000.00 €   |
| 6.2   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων ρολών           | 14.00      | τμχ            | 22,000.00  | 308,000.00 €   |
| 6.3   | Προμήθεια και τοποθέτηση εσωτερικών πυράντοχων θυρών           | 38.00      | τμχ            | 1,100.00   | 41,800.00 €    |
| 7     | ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ-ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ                                        |            |                |            |                |
| 7.1   | Εσωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδέματων                    | 850.00     | m <sup>2</sup> | 10.20      | 8,670.00 €     |

|      |                                                        |        |                |              |                |
|------|--------------------------------------------------------|--------|----------------|--------------|----------------|
| 7.2  | Εξωτερικοί χρωματισμοί τοιχίων σκυροδεμάτων            | 850.00 | m <sup>2</sup> | 9.80         | 8,330.00 €     |
| 8    | ΥΔΡΕΥΣΗ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ                                     |        |                |              |                |
| 8.1  | Εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης                           | 1.00   | κα             | 25,000.00    | 25,000.00 €    |
| 8.2  | Εγκατάσταση δικτύων αποχέτευσης                        | 1.00   | κα             | 28,000.00    | 28,000.00 €    |
| 9    | ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ                                              |        |                |              |                |
| 9.1  | Εγκατάσταση δικτύων πυρόσβεσης                         | 1.00   | κα             | 1,400,000.00 | 1,400,000.00 € |
| 10   | ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΙΣΧΥΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ               |        |                |              |                |
| 10.1 | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ισχυρών ρευμάτων               | 1.00   | κα             | 750,000.00   | 750,000.00 €   |
| 10.2 | Εγκατάσταση καλωδιώσεων ασθενών ρευμάτων               | 1.00   | κα             | 140,000.00   | 140,000.00 €   |
| 11.  | ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ                             |        |                |              |                |
| 11.1 | Δαπάνες μισθοδωσίας μηχανικών έργου                    | 11.00  | μην            | 16,500.00    | 181,500.00 €   |
| 11.2 | Δαπάνη ενοικίασης εργοταξιακών γραφείων και αναλωσίμων | 11.00  | μην            | 5,000.00     | 55,000.00 €    |
| 11.3 | Καταναλώσεις (ρεύμα, νερό, internet)                   | 11.00  | μην            | 2,500.00     | 27,500.00 €    |

|               |                        |
|---------------|------------------------|
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>19,447,845.42 €</b> |
|---------------|------------------------|

#### 4.2.5 Αποτελέσματα σύγκρισης κοστολογήσεων της κατασκευής

Με βάση τις παραπάνω κοστολογήσεις της κατασκευής προκύπτει ότι η συνολική δαπάνη του έργου με τη χρήση της μεθόδου κατασκευής του φέροντα οργανισμού του κτιρίου:

- με προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος είναι 18.803.960,00€
- με έγχυτα σκυροδέματα είναι 19.012.457,86€.
- με μεταλλικά στοιχεία στοιχεία είναι 19.477.845,42€

Η μέθοδος των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος αποδεικνύεται η πιο οικονομική (18.803.960,00€), ακολουθεί εκείνη των έγχυτων σκυροδεμάτων (19.012.457,86€.) η οποία παρουσιάζει αύξηση, σε σχέση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων, της τάξεως του 1,10%. Τέλος η χρήση των μεταλλικών στοιχείων αναδεικνύεται η πιο κοστοβόρα (19.477.845,42€) μιας και παρουσιάζει αύξηση, σε σχέση με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων στοιχείων, της τάξεως του 3,42% και 2,29% σε σχέση με τη μέθοδο των έγχυτων σκυροδεμάτων.

## 5 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως κύριο αντικείμενο τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκεί η επιλογή της μεθόδου κατασκευής του φέροντος οργανισμού στον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό ενός σύγχρονου κέντρου αποθήκευσης και διαλογής (logistics). Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε συγκριτική ανάλυση τριών διαφορετικών κατασκευαστικών λύσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή βιομηχανικών κτιρίων: του προκατασκευασμένου σκυροδέματος, του έγχυτου επί τόπου σκυροδέματος και της μεταλλικής κατασκευής. Η έρευνα επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο κάθε κατασκευαστική μέθοδος επηρεάζει τη συνολική διάρκεια υλοποίησης του έργου, το κόστος κατασκευής, καθώς και την οργάνωση και αλληλουχία των επιμέρους εργασιών. Για καθεμία από τις τρεις εναλλακτικές λύσεις αναπτύχθηκε αντίστοιχος χρονικός προγραμματισμός και πραγματοποιήθηκε οικονομική ανάλυση, ώστε να καταστεί δυνατή η αντικειμενική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αντικατοπτρίζουν την τρέχουσα εικόνα της ελληνικής πραγματικότητας και αγοράς όσον αφορά τις τιμές των υλικών αλλά και τη διαθεσιμότητα των ανθρωπίνων πόρων.

Μέσα από τη συγκριτική αξιολόγηση αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί κάθε συστήματος ως προς την ταχύτητα κατασκευής, την αποδοτικότητα στη διαχείριση των πόρων και τη συνολική οικονομική βιωσιμότητα του έργου. Με τον τρόπο αυτό, η εργασία συμβάλλει στην τεκμηριωμένη επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου κατασκευής για έργα του συγκεκριμένου τύπου, παρέχοντας χρήσιμα συμπεράσματα τόσο για τους μελετητές όσο και για τους κατασκευαστές και τους φορείς λήψης αποφάσεων.

Από την ανάλυση των χρονοδιαγραμμάτων προέκυψε ότι η μέθοδος των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος αποτελεί την ταχύτερη λύση, με συνολική διάρκεια κατασκευής 277 ημερών. Η μεταλλική κατασκευή ακολουθεί με διάρκεια 281 ημερών, παρουσιάζοντας οριακή αύξηση της τάξεως του 1,44% σε σχέση με την προκατασκευή. Η διαφορά αυτή κρίνεται πρακτικά αμελητέα για έργα της συγκεκριμένης κλίμακας και δεν αναμένεται να επηρεάσει ουσιωδώς την οικονομική απόδοση ή τον χρόνο

έναρξης λειτουργίας της εγκατάστασης. Αντίθετα, η μέθοδος του έγχυτου επί τόπου σκυροδέματος αναδείχθηκε σημαντικά πιο χρονοβόρα, με συνολική διάρκεια κατασκευής 369 ημερών, παρουσιάζοντας αύξηση 32,49% σε σχέση με την προκατασκευή και 30,60% σε σχέση με τη μεταλλική κατασκευή. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει ότι οι πρόσθετες εργασίες που απαιτούνται για τη διαμόρφωση ξυλοτύπων, την τοποθέτηση οπλισμών, τη σκυροδέτηση και την ωρίμανση του σκυροδέματος επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική διάρκεια του έργου.

Όσον αφορά την οικονομική διάσταση, η μέθοδος των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος παρουσίασε το χαμηλότερο συνολικό κόστος κατασκευής, το οποίο ανήλθε σε 18.803.960,00 €. Η λύση του έγχυτου σκυροδέματος κατέλαβε τη δεύτερη θέση με συνολικό κόστος 19.012.457,86 €, εμφανίζοντας μικρή αύξηση της τάξεως του 1,10% σε σχέση με την προκατασκευή. Αντίθετα, η μεταλλική κατασκευή αποδείχθηκε η ακριβότερη επιλογή με συνολικό κόστος 19.477.845,42 €, παρουσιάζοντας αύξηση 3,42% σε σχέση με την προκατασκευή και 2,29% σε σχέση με το έγχυτο σκυρόδεμα.

Η συνδυαστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος των προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος αποτελεί τη βέλτιστη λύση για το υπό εξέταση έργο, καθώς επιτυγχάνει ταυτόχρονα τον μικρότερο χρόνο ολοκλήρωσης και το χαμηλότερο κόστος κατασκευής. Επιπλέον, παρέχει αυξημένη ανθεκτικότητα και χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη κατάλληλης βιομηχανικής υποδομής παραγωγής και από τις δυνατότητες μεταφοράς και ανύψωσης των προκατασκευασμένων στοιχείων. Η μεταλλική κατασκευή εμφανίζει ιδιαίτερα ανταγωνιστική απόδοση ως προς τον χρόνο υλοποίησης, καθώς η διαφορά των τεσσάρων ημερών σε σχέση με την προκατασκευή θεωρείται πρακτικά αμελητέα. Παράλληλα, προσφέρει μεγάλη ευελιξία στη διαμόρφωση των χώρων και δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για τις σύγχρονες εγκαταστάσεις logistics. Ωστόσο, το υψηλότερο κατασκευαστικό κόστος περιορίζει το συνολικό πλεονέκτημά της από οικονομικής πλευράς. Το κόστος κατασκευής επηρεάζεται σημαντικά από τις διακυμάνσεις των τιμών του χάλυβα και τις απαιτήσεις αντιδιαβρωτικής και πυροπροστατευτικής προστασίας. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος του έγχυτου επί τόπου σκυροδέματος, παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει σχετικά μικρή οικονομική απόκλιση από την προκατασκευή, εμφανίζει

σημαντική υστέρηση ως προς τον χρόνο ολοκλήρωσης, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ταχύτητα απόδοσης της επένδυσης και την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης.

Συνεπώς, για έργα κέντρων αποθήκευσης και διαλογής όπου η έγκαιρη παράδοση και η βέλτιστη αξιοποίηση των επενδυτικών κεφαλαίων αποτελούν βασικούς στόχους, η επιλογή του προκατασκευασμένου σκυροδέματος φαίνεται να προσφέρει τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κόστους και χρόνου κατασκευής. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας αναδεικνύουν τη σημασία της έγκαιρης αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων κατασκευής κατά τη φάση του σχεδιασμού, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη τεχνικοοικονομική λύση ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε έργο.

Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης αφορούν τα κτίρια logistics και γενικότερα βιομηχανικά κτίρια στα οποία η χρήση τους απαιτεί μεγάλα ανοίγματα μεταξύ των υποστυλωμάτων και μεγάλα ύψη χωρίς ενδιάμεσες πλάκες ενώ παράλληλα η αρχιτεκτονική τους είναι σχετικά απλή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εργασίες κατασκευής του φέροντα οργανισμού να καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος της κρίσιμης διαδρομής του χρονοδιαγράμματος κατασκευής του έργου. Τα συμπεράσματα αυτά γενικά δεν μπορούν να επεκταθούν σε κατασκευές άλλων τύπων κτιρίων (πχ οικιστικά, εμπορικά, ξενοδοχειακά κλπ) δίχως την πρότερη μελέτη περίπτωσης.

## 6 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στη συγκριτική αξιολόγηση τριών διαφορετικών μεθόδων κατασκευής του φέροντος οργανισμού ενός κέντρου αποθήκευσης και διαλογής (logistics), εξετάζοντας κυρίως τις επιπτώσεις τους στον χρόνο και στο κόστος κατασκευής. Παρότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό αντίστοιχων έργων, υπάρχουν πεδία που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης.

Αρχικά, θα ήταν χρήσιμη η επέκταση της ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό κτιριακών τύπων και διαφορετικών γεωμετρικών διαμορφώσεων εγκαταστάσεων logistics, ώστε να αξιολογηθεί κατά πόσο τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να γενικευθούν σε διαφορετικές κλίμακες και λειτουργικές απαιτήσεις έργων.

Επιπλέον, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να ενσωματώσουν παράγοντες που δεν εξετάστηκαν εκτενώς στην παρούσα εργασία, όπως το κόστος συντήρησης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου, η ανθεκτικότητα των κατασκευών σε περιβαλλοντικές και σεισμικές δράσεις, καθώς και η δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων ή τροποποιήσεων των εγκαταστάσεων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάθε κατασκευαστικής μεθόδου μέσω ανάλυσης κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Η εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος, της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τη βιωσιμότητα των εξεταζόμενων λύσεων.

Παράλληλα, η αξιοποίηση σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων, όπως η Μεθοδολογία Δομικής Πληροφορικής Μοντελοποίησης (Building Information Modeling – BIM) και οι τεχνικές 4D και 5D προγραμματισμού, θα μπορούσε να συμβάλει στην ακριβέστερη εκτίμηση του χρόνου και του κόστους κατασκευής, καθώς και στη βελτίωση της διαχείρισης των κατασκευαστικών έργων.

Τέλος, κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση της επίδρασης εξωγενών παραγόντων, όπως οι διακυμάνσεις στις τιμές των δομικών υλικών, η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού, οι συνθήκες της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι οικονομικές μεταβολές της αγοράς, καθώς οι παράγοντες αυτοί μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την τελική επιλογή της κατασκευαστικής μεθόδου.

Η περαιτέρω μελέτη των παραπάνω θεμάτων αναμένεται να ενισχύσει την κατανόηση των τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων που συνδέονται με την κατασκευή σύγχρονων εγκαταστάσεων logistics και να συμβάλει στη λήψη αποτελεσματικότερων αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση αντίστοιχων έργων.

## Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Τσουκαντάς, Σ. (2001). «Η εφαρμογή της προκατασκευής στα βιομηχανικά κτίρια», Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2178, σσ.107-116

Χασιακός, Α., Θεοδορακόπουλος, Δ.,(2003). Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός Έργων. Ε.Α.Π

Πολύζος,Σ., (2018). Διοίκηση και διαχείριση των έργων

Maravas A., Pantouvakis J.P. and Lambropoulos S. (2014) An Integrated Information System for Monitoring Construction Works, International Journal of Information Technology in Project Management

Pantouvakis, J.P. (2010) Proceedings of the Fifth Scientific Conference on Project Management (PM-05) - Advancing Project Management for the 21<sup>st</sup> Century, Concepts, Tools & Techniques for Managing Successful Projects

Feng, Q., Li, J., & Wang, Y. (2018). Research on Cost Comparison between Precast and Cast-in-Place Based on Analysis and Statistics. *Construction Economy*, 39, 49–53.

Pawluk, K. (2024). Sustainable Design and Construction Cost of Warehouse Facilities. *Sustainability*, 16(7), 3002.

Salih, A. (2025). A Case-Study-Based Comparative Analysis of Using Prefabricated and Conventional Structural Systems. *Buildings*, 15(14), 2416.

Wahyuni, et al. (2023). Comparative Analysis of Construction Cost Between Concrete Structures and Steel Structures Buildings. *Journal of Infrastructure and Construction Engineering*.

**Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:**

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.