



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ»**

**«STATIC ANALYSIS AND SEISMIC DESIGN OF A
REINFORCED CONCRETE BUILDING»**

Ειρήνη Τζανετοπούλου

ΑΜ:20112

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Αγγελική Παπαλού, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια.

Διπλωματική εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του
Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

ΠΑΤΡΑ, 2025.

Πρόλογος

Στη παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται η στατική ανάλυση και ο αντισεισμικός σχεδιασμός ενός μη υφιστάμενου κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο τοποθετείται στην περιοχή του Δήμου Βόλου. Πρόκειται για ένα κτίριο που απαρτίζεται από τρεις ορόφους. Η ανάλυση του θα γίνει με τη χρήση του προγράμματος 3DR STRAD το οποίο μου παραχωρήθηκε δωρεάν από την εταιρία 3DR Engineering Software.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τη καθηγήτρια και επιβλέπουσα στη διπλωματική εργασία μου κ. Παπαλού Αγγελική για την άψογη συνεργασία, την άμεση επικοινωνία και βοήθεια που μου παρείχε όλο το χρονικό διάστημα το οποίο εκπονούσα την εργασία μου. Επίσης εγκάρδιες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στη τεχνική ομάδα του προγράμματος που σε οποίο πρόβλημα αντιμετώπιζα έδιναν άμεσα λύση αλλά και στη κ. Μαρία Χούτα προσωπικά, που μου έδωσε πρόσβαση στο πρόγραμμα όσες φορές χρειάστηκε.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη στατική επίλυση και τον αντισεισμικό σχεδιασμό ενός νεοαναγειρόμενου κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο μελετήθηκε πλήρως με χρήση του λογισμικού 3DR STRAD της εταιρείας 3DR Engineering Software.

Το υπό μελέτη κτίριο είναι πολώροφο και αποτελείται από το ισόγειο, το οποίο προβλέπεται να λειτουργήσει ως κατάστημα, τους υπερκείμενους ορόφους κατοικιών και το υπόγειο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως αποθηκευτικός χώρος. Ο φέρων οργανισμός κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ για τη θεμελίωση επιλέχθηκε η λύση των πεδιλοδοκών (εσχάρα θεμελίωσης). Η επιλογή αυτή κρίθηκε κατάλληλη και ασφαλής, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής του Βόλου (οδός Γλάδστωνος), οι οποίες χαρακτηρίζονται από μέτρια φέρουσα ικανότητα εδάφους.

Η εκπόνηση της μελέτης βασίστηκε στους κανονισμούς που βρίσκονται σήμερα σε ισχύ, και συγκεκριμένα στους Ευρωκώδικες 2 (EC2) και 8 (EC8). Η ανάλυση της κατασκευής περιλαμβάνει τόσο τον στατικό όσο και τον αντισεισμικό έλεγχο και υλοποιήθηκε μέσω του υπολογιστικού πακέτου 3DR STRAD.

Η δομή της εργασίας αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια:

- **Στο πρώτο κεφάλαιό,** γίνεται η περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου και παρουσιάζονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια της μελέτης καθώς και οι ξυλότυποι του φέροντος οργανισμού.
- **Στο δεύτερο κεφάλαιο,** αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο που διέπει τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές και οι απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων 2 και 8, όπως εφαρμόζονται στη σύγχρονη πράξη.
- **Το τρίτο κεφάλαιο,** εστιάζει στη παρουσίαση του λογισμικού 3DR.STRAD, περιγράφοντας το κανονιστικό πλαίσιο που ενσωματώνει, τη μεθοδολογία λειτουργίας του και τη μορφή των αποτελεσμάτων και τευχών μελέτης που παράγει.
- **Στο τέταρτο κεφάλαιο,** αναλύονται οι κανόνες σχεδιασμού του κτιρίου, οι απαιτήσεις, καθώς και οι μέθοδοι ανάλυσης. Επίσης, παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα του φορέα, τα χαρακτηριστικά των υλικών, τα φορτία σχεδιασμού και η τυπολογία των πλακών.
- **Στο πέμπτο κεφάλαιο,** περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία προσομοίωσης και εισαγωγής της κατασκευής στο περιβάλλον του προγράμματος. Παρουσιάζονται τα δεδομένα φόρτισης, τα αποτελέσματα της θεμελίωσης και των οπλισμών, καθώς και η αξιολόγηση της συνολικής στατικής και αντισεισμικής επάρκειας της κατασκευής.
- **Το έκτο κεφάλαιο,** περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης και τη σύγκριση διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού. Παρουσιάζονται τα δεδομένα φόρτισης, τα αποτελέσματα της θεμελίωσης και οπλισμών, καθώς και η αξιολόγηση της συνολικής στατικής και αντισεισμικής επάρκειας της κατασκευής.

- **Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο,** διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση της μελέτης και αξιολογείται ο βαθμός συμμόρφωσης του κτιρίου με τα κριτήρια ασφαλείας και λειτουργικότητας των ισχυόντων κανονισμών.

Abstract

The present diploma thesis focuses on the static analysis and seismic design of a newly constructed reinforced concrete building, which was fully studied using the 3DR STRAD software by 3DR Engineering Software.

The building under study is a multi-story structure consisting of a ground floor intended for commercial use, upper floors designated for residential use, and a basement to be used as storage space. The load-bearing structure is constructed of reinforced concrete, while a system of strip footings (foundation grid) was selected for the foundation. This choice was deemed suitable and safe, taking into account the geotechnical conditions of the Volos area (Gladstonos Street), which are characterized by moderate soil bearing capacity.

The study was based on the regulations currently in force, specifically Eurocodes 2 (EC2) and 8 (EC8). The structural analysis includes both static and seismic verification and was carried out using the 3DR STRAD software package.

The structure of the thesis is developed in seven chapters:

- **In the first chapter**, a description of the building under study is provided, and the architectural drawings of the project, as well as the formwork drawings of the structural system, are presented.
- **In the second chapter**, the theoretical background governing reinforced concrete structures is analyzed, and the basic principles and requirements of Eurocodes 2 and 8, as applied in modern practice, are presented.
- **The third chapter** focuses on the presentation of the 3DR STRAD software, describing the regulatory framework it incorporates, its operating methodology, and the format of the results and design reports it produces.
- **In the fourth chapter**, the design rules of the building, the regulatory requirements, and the analysis methods are analyzed. Furthermore, the structural data, material characteristics, design loads, and slab typology are presented in detail.
- **In the fifth chapter**, the process of simulation and input of the structure into the software environment is described in detail. The procedures for model creation, organization of design strips, execution of checks, and production of final reports are explained step by step.
- **The sixth chapter** includes the analysis results and the comparison between different calculation methods. The loading data, foundation and reinforcement results, as well as the evaluation of the overall static and seismic adequacy of the structure, are presented.
- **Finally, in the seventh and last chapter**, the general conclusions arising from the analysis are formulated, and the extent to which the building meets the safety and serviceability criteria, as defined by the applicable regulations, is evaluated.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Περίληψη	3
Περιεχόμενα.....	6
Εισαγωγή.....	8
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	9
1.1. Σκοπός επιλογής του κτιρίου.....	9
1.2. Τοποθεσία οικοπέδου.....	9
1.3. Διάγραμμα τοπογραφικό και κάλυψης οικοπέδου	10
1.4. Γενικά χαρακτηριστικά κτιρίου.....	11
1.4.1. Γεωμετρική αποτύπωση.....	11
1.4.2. Ισόγειο.....	12
1.4.3. 1 ^{ος} όροφος.....	13
1.4.4. 2 ^{ος} όροφος.....	14
1.4.5. 3 ^{ος} όροφος.....	15
1.4.6. Ξυλότυποι.....	16
1.5. Βασικά τεχνικά δεδομένα	18
1.5.1. Φέρων οργανισμός.....	18
1.5.2. Υλικά	18
1.6. Αντισεισμικός σχεδιασμός	21
1.7. Στάδια υλοποίησης του έργου.....	22
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	23
2.1. Υλικά από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι ιδιότητες του.....	23
2.1.1. Μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος.....	23
2.1.2. Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού.....	24
2.1.3. Ευρωκώδικας 2	26
2.1.4. Ευρωκώδικας 8.....	27
2.1.5. Ευρωκώδικας 7.....	31
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ	
 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	33
3.1.Κανονισμοί.....	33
3.2. Αποτελέσματα.....	34
3.3. Τεύχος μελέτης.....	34
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	35
4.1. Κανόνες.....	35
4.2. Απαιτήσεις.....	35
4.3. Μέθοδοι ανάλυσης.....	36
4.4. Στοιχεία κτιρίου μελέτης.....	36
4.5. Υλικά κατασκευής.....	37
4.6. Φορτία.....	37
4.7. Είδη πλακών.....	38
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ	
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	39
5.1. Εγκατάσταση και περιβάλλοντας χώρος του προγράμματος.....	39
5.2. Νέα μελέτη και επιλογή σταθμών.....	39

5.3. Υποστυλώματα.....	40
5.4. Δοκοί.....	41
5.5. Θεμελίωση.....	42
5.6. Πλάκες – Πρόβολοι – Σκάλες.....	43
5.7. Ζώνες επίλυσης.....	44
5.8. Έλεγχοι.....	45
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	54
6.1.Ανάλυση της μεθόδου Marcus.....	54
6.2.Ανάλυση μεθόδου Cherny.....	55
6.3.Σύγκριση των δυο μεθόδων.....	55
6.4.Δεδομένα γεωμετρικά της κατασκευής και τα φόρτια τους.....	56
6.5.Αποτελέσματα θεμελιώσεως.....	56
6.6.Αποτελέσματα οπλισμών.....	57
6.7.Αποτελέσματα ελέγχων.....	58
7. ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	60
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
9. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	63
10. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	65
11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	66

Εισαγωγή

Στον τομέα των κατασκευών και σύμφωνα με τους κανονισμούς, τα φορτία δράσεις που ασκούνται σε ένα κτίριο διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες.

Η πρώτη περιλαμβάνει τα **Μόνιμα Φορτία (G)**, τα οποία προέρχονται από τη μάζα του φέροντος οργανισμού και των στοιχείων πλήρωσης (τοιχοποιίες, δάπεδα, επικαλύψεις). Συχνά αναφέρονται και ως «νεκρά φορτία», διότι έχουν αμετάβλητη θέση και μέγεθος με την πάροδο του χρόνου.

Η δεύτερη κατηγορία είναι τα **Μεταβλητά ή Κινητά Φορτία (Q)**. Αυτά δεν δρουν μονίμως, αλλά υπολογίζονται βάσει της χρήσης της κατασκευής. Περιλαμβάνουν τα ωφέλιμα φορτία λειτουργίας (βάρος ανθρώπων, επίπλων, εξοπλισμού), καθώς και τις περιβαλλοντικές δράσεις, όπως είναι το χιόνι και ο άνεμος (αν και ο άνεμος έχει δυναμικά χαρακτηριστικά, στις συνήθεις μελέτες αντιμετωπίζεται ως στατική μεταβλητή φόρτιση)

Η τρίτη και κρισιμότερη κατηγορία για την Ελλάδα είναι οι **Σεισμικές Δράσεις (E)**. Πρόκειται για δυναμικά φορτία που προκαλούν ταλάντωση της κατασκευής, μεταβάλλοντας έντονα την ένταση και τη θέση της στον χώρο. Ο αντισεισμικός σχεδιασμός στοχεύει στην ασφαλή παραλαβή αυτών των δυνάμεων.

Τέλος, μέσω της σωστής κατηγοριοποίησης και της εφαρμογής όλων των κατάλληλων συνδυασμών φόρτισης, επιτυγχάνεται η ορθή διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ακεραιότητα του κτιρίου έναντι όλων των πιθανών δράσεων.

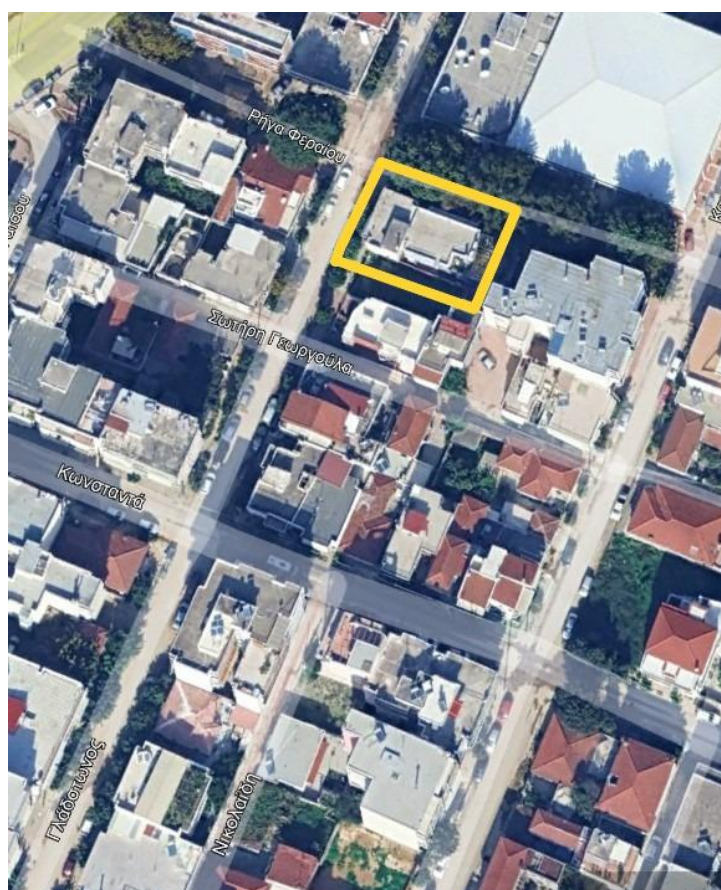
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

1.1. Σκοπός επιλογής του κτιρίου.

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αξιολόγηση της στατικής και αντισεισμικής επάρκειας της προτεινόμενης κατασκευής στην οδό Γλάδστωνος στο Βόλο. Μέσω συνδυασμού γραμμικών και μη γραμμικών αναλύσεων, ελέγχων αντοχής και παραμορφώσεων, και λαμβάνοντας υπόψη τους ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί στα θεμέλια, θα διαπιστωθεί κατά πόσο οι επιλογές των διατομών και οι κατασκευαστικές λύσεις είναι κατάλληλες, παρέχοντας ασφάλεια και λειτουργική συμπεριφορά στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής. Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα εμφανίσουν ανεπάρκεια των δομικών στοιχείων, θα προταθούν τροποποιήσεις του αρχικού σχεδιασμού του φέροντος οργανισμού, με στόχο την πλήρη συμμόρφωση της κατασκευής.

1.2. Τοποθεσία του οικοπέδου.

Το οικόπεδο, στο οποίο μελετάται η κατασκευή κτιρίου τριών επιπέδων, βρίσκεται στην περιοχή του Δήμου Βόλου και πιο συγκεκριμένα στο δρόμο της Γλάδστωνος και Ρήγα Φεραίου (Εικ. 1). Η θέση του οικοπέδου παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη.



Εικόνα 1: Η τοποθεσία του υπό μελέτη μη υφιστάμενου κτιρίου. (Πηγή :Google earth).

1.3. Τοπογραφικό διάγραμμα και κάλυψη οικοπέδου.

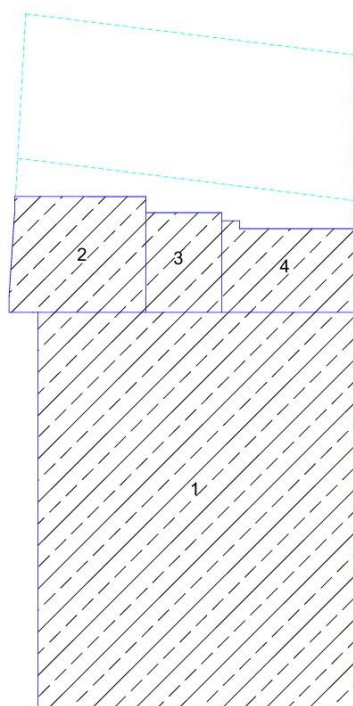
Το οικόπεδο έχει συνολική έκταση 220,60 τ.μ. Η μέγιστη αξιοποιήσιμη επιφάνεια κάλυψης, σύμφωνα με τους ισχύοντες πολεοδομικούς κανονισμούς, ανέρχεται σε 154,35 τ.μ. (Εικ. 3) και χωρίζεται όπως φαίνεται παρακάτω για να υπολογισθεί (Εικ. 2). Το υπόλοιπο τμήμα παραμένει ελεύθερο και προορίζεται για τη διαμόρφωση διαδρομών κυκλοφορίας και χώρων στάθμευσης.

Με δεδομένο το συντελεστή δόμησης (Σ.Δ. = 2.40), η επιτρεπόμενη δόμηση του οικοπέδου ανέρχεται σε 529.44 τ.μ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών των επιφανειών για την υπό μελέτη κατασκευή. Σημειώνεται ότι οι αποστάσεις και τα αποτελέσματα είναι θεωρητικά, καθώς προκύπτουν από τον σχεδιασμό στο λογισμικό AutoCAD, με στόχο την υλοποίηση της παρούσας μελέτης.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα υπολογισμών επιφανειών.

	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ	Α' ΟΡΟΦΟΣ	Β' ΟΡΟΦΟΣ	Γ' ΟΡΟΦΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΝΤΟΣ Σ.Δ.	-	144.525	144.525	141.78	86.43	517.06
ΕΚΤΟΣ Σ.Δ.	151.4	-	-	-	10.83	161.78
ΗΜΙΥΠ. ΧΩΡΟΙ	-	-	-	-	31.05	31.05
ΕΞΩΣΤΕΣ	-	-	24.31	25.47	5.72	55.5



Εικόνα 2: Διάγραμμα τοπογραφικού οικοπέδου. (Πηγή : Σχέδια Autocad).

ΑΡ. ΥΠΟΛ. ΚΑΛΥΨΗΣ

$$\begin{aligned}
 \text{ΕΚΑΛΥΨΗΣ} &= E1 + E2 + E3 + E4 \\
 &= (12.40 \times 9.85) + (0.5 \times 4.25 + 4.08 \times 2.6 + 0.5 \times 4.08 + (0.17 \times 2.6)/2) + (2.35 \times 3.1) \\
 &\quad + (3.6 \times 2.6 + 2.85 \times 0.55) = 122.14 + 14.994 + 7.285 + 10.9275 = \underline{155.3465 \mu^2}
 \end{aligned}$$

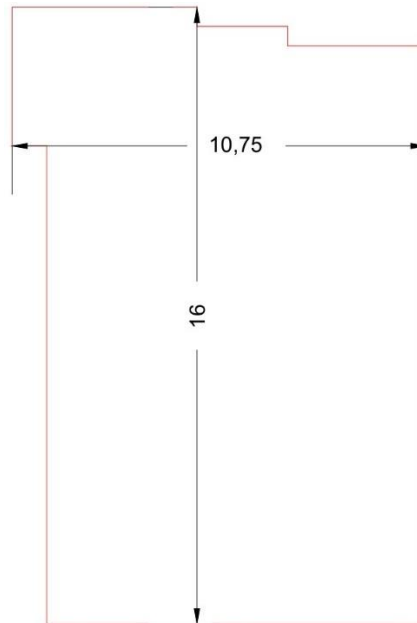
$$\begin{aligned}
 \text{ΕΑΚΑΛΥΠΤΟΥ} &= \text{ΕΟΙΚΟΠΕΔΟΥ} - \text{ΕΚΑΛΥΨΗΣ} = \\
 &= 220.60 - 155.3465 = \underline{65.2535 \mu^2}
 \end{aligned}$$

Εικόνα 3: Εμβαδομέτρηση κάλυψης και ακαλύπτου χώρου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

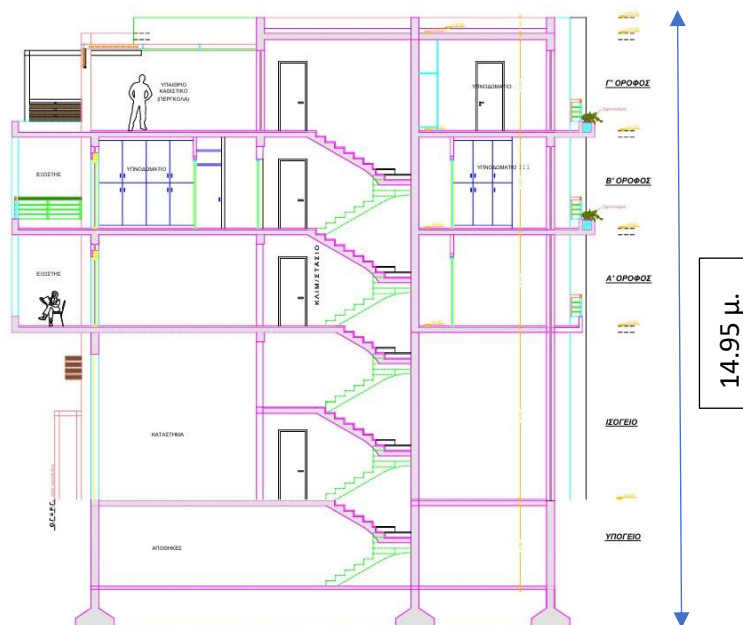
1.4. Γενικά χαρακτηριστικά κτιρίου.

1.4.1. Γεωμετρική αποτύπωση.

Το προτεινόμενο υπό ανέγερση κτίριο θα τοποθετηθεί στα όρια των Δήμων Βόλου και Νέας Ιωνίας (οδό Γλάδστωνος και Ρήγα Φεραίου) και θα διαθέτει τρία επίπεδα και ένα υπόγειο. Το κτήριο θα έχει μήκος 16.05 μ. και πλάτος 10.75 μ (Εικ. 4). Το εμβαδόν του Α' ορόφου ανέρχεται στα 144.525τ.μ., του Β' ορόφου στα 141.78 τ.μ. και του Γ' ορόφου στα 86.43 τ.μ. Το συνολικό ύψος ανέρχεται στα 14.95 μ. (Εικ. 5).



Εικόνα 4: Γεωμετρική αποτύπωση. (Πηγή: Σχέδια Autocad).



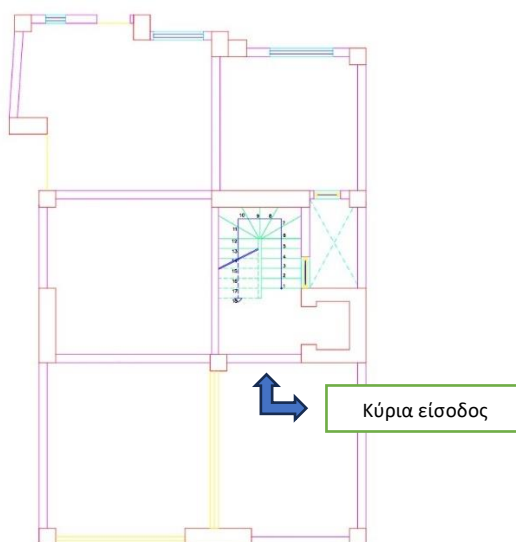
Εικόνα 5: Τομή του κτιρίου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.4.2. Ισόγειο.

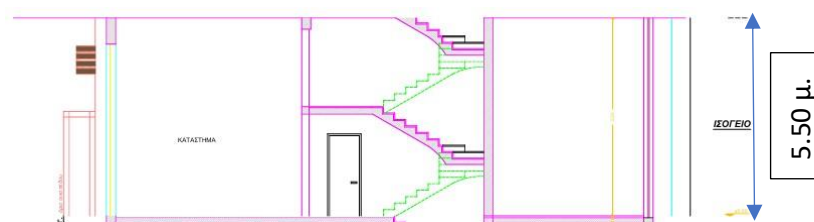
Το ισόγειο του κτιρίου προορίζεται για κατάστημα. Στην αριστερή του πλευρά θα υπάρχει τζαμαρία μήκους 5.50 μ. και πλάτους 5.40 μ., που θα ενισχύει το φυσικό φωτισμό και τη διαφάνεια, διασφαλίζοντας άμεση οπτική σύνδεση με τον αστικό ιστό. Η κεντρική είσοδος του κτιρίου θα βρίσκεται σε απόσταση 5.50 μ. από το όριο δόμησης της (Εικ. 6). Ο χώρος διαθέτει καθαρό ύψος 5.50 μ. (Εικ. 7), χαρακτηριστικό που προσδίδει ευρυχωρία και επιτρέπει ευέλικτες διαρρυθμίσεις, κατάλληλες τόσο για εμπορική όσο και για εκθεσιακή χρήση. Η κύρια όψη του καταστήματος θα αναπτύσσεται επί της οδού Γλάδστωνος, με παράπλευρη ανάπτυξη στην οδό Ρήγα Φεραίου, γεγονός που ενισχύει την προβολή και την προσβασιμότητα της εμπορικής δραστηριότητας.

Στα δεξιά της κεντρικής εισόδου θα βρίσκεται ο ανελκυστήρας, ενώ απέναντί του χωροθετείται η είσοδος του καταστήματος. Ακριβώς απέναντι από τη κύρια είσοδο αναπτύσσεται το κλιμακοστάσιο, το οποίο θα εξασφαλίζει την κατακόρυφη επικοινωνία τόσο με το υπόγειο —όπου βρίσκονται οι αποθηκευτικοί χώροι— όσο και με τους ανώτερους ορόφους. Ο ανελκυστήρας και το κλιμακοστάσιο θα διατάσσονται περιμετρικά του φωταγωγού, ο οποίος συμβάλλει στο φυσικό φωτισμό του χώρου υποδοχής, προσδίδοντας ποιότητα στον εσωτερικό χώρο.

Πέραν της κύριας εισόδου, το ισόγειο θα διαθέτει δύο ακόμη δευτερεύουσες προσβάσεις. Η πρώτη θα βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του κτιρίου και θα συνδέεται με την οδό Ρήγα Φεραίου, ενώ η δεύτερη θα οδηγεί στον ακάλυπτο χώρο και θα είναι προσβάσιμη αποκλειστικά από το εσωτερικό.



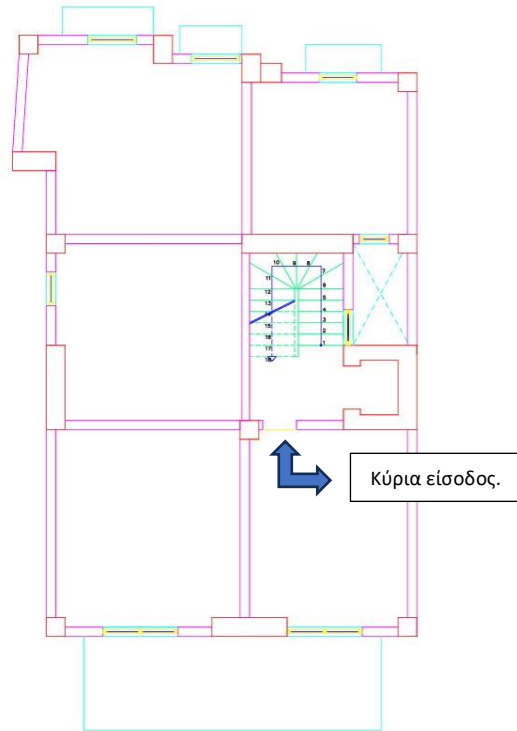
Εικόνα 6: Κάτοψη ισογείου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).



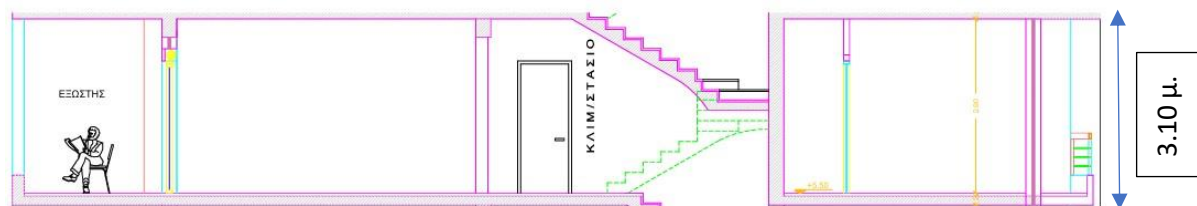
Εικόνα 7: Τομή ισογείου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.4.3. 1^{ος} όροφος.

Ο πρώτος όροφος αποτελείται από ένα ενιαίο διαμέρισμα, του οποίου η είσοδος θα βρίσκεται αριστερά του ανελκυστήρα. Στον όροφο διαμορφώνεται κοινόχρηστος χώρος υποδοχής, παρόμοιος με αυτόν του ισογείου, ο οποίος θα λειτουργεί ως σημείο μετάβασης και θα εξασφαλίζει τη πρόσβαση στο διαμέρισμα (Εικ. 8). Το ύψος του ανέρχεται 3,10 μ. (Εικ. 9). Το διαμέρισμα θα διαθέτει μια κύρια είσοδο, ενώ η όψη του ενισχύεται από έναν εξώστη στην πρόσοψη και τρεις επιπλέον εξώστες που θα αναπτύσσονται στην πλευρά του ακάλυπτου χώρου.



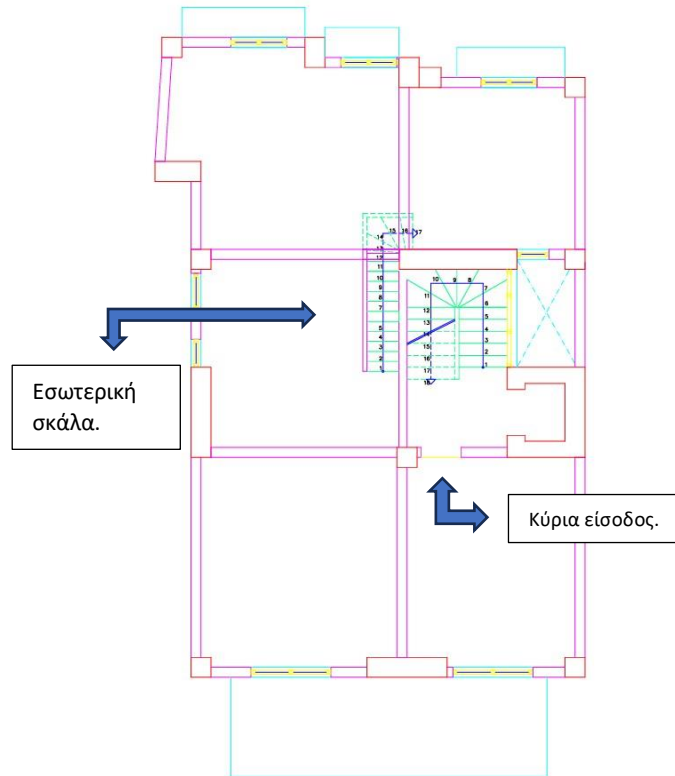
Εικόνα 8: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).



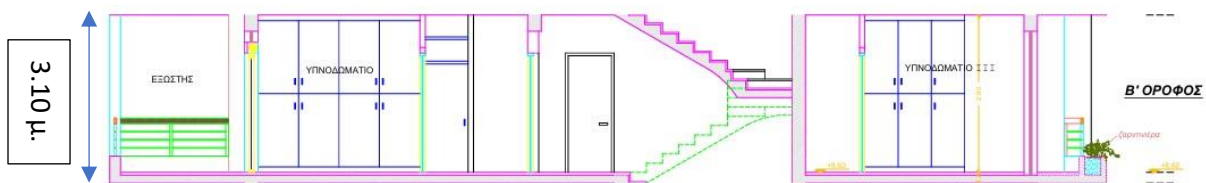
Εικόνα 9: Τομή 1^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.4.4. 2^{ος} όροφος.

Στον δεύτερο όροφο επαναλαμβάνονται τα ίδια κατασκευαστικά στοιχεία με εκείνα του πρώτου ορόφου. Το καθαρό του ύψος θα ανέρχεται στα 3,10 μ. (Εικ. 11). Η μοναδική διαφοροποίηση εντοπίζεται στη διάταξη των κλιμακοστασίων: εκτός από την εξωτερική σκάλα, η οποία θα εξασφαλίζει την επικοινωνία με τους κατώτερους και ανώτερους ορόφους, προβλέπεται και εσωτερικό κλιμακοστάσιο που θα οδηγεί στο τρίτο όροφο, εξασφαλίζοντας άμεση και λειτουργική πρόσβαση (Εικ. 10).



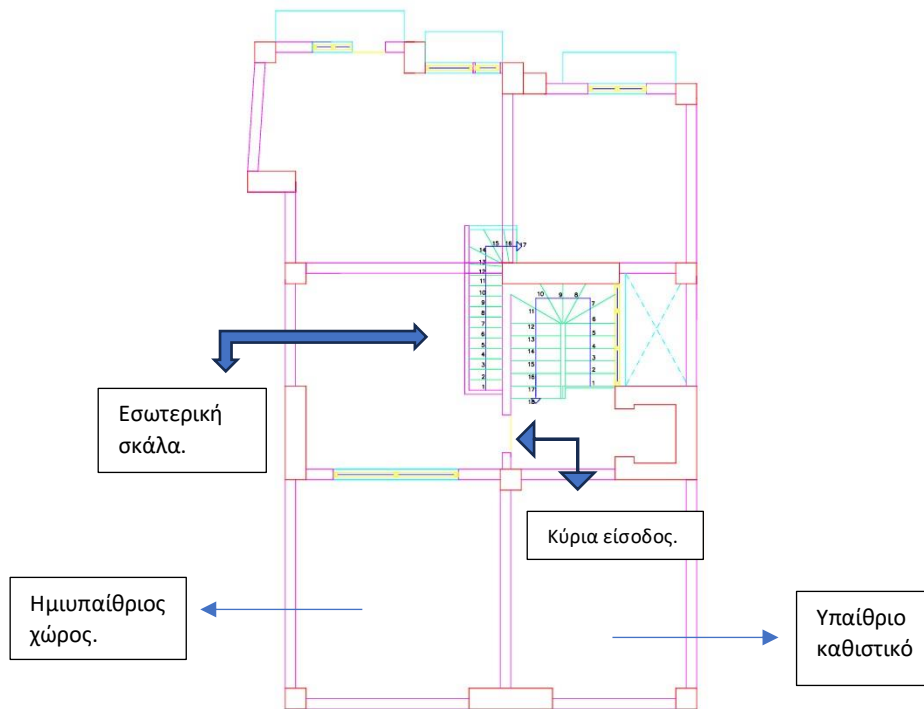
Εικόνα 10: Κάτοψη 2^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).



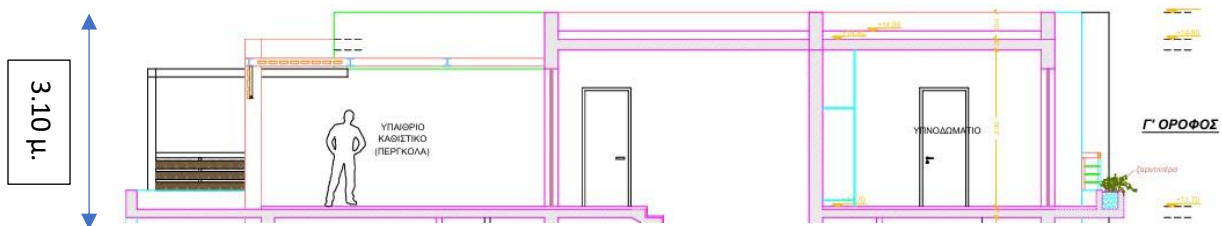
Εικόνα 11: Τομή 2^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.4.5. 3^{ος} όροφος .

Στον τρίτο όροφο θα διαμορφωθεί μικρότερο διαμέρισμα, το οποίο θα διαθέτει είσοδο από το ίδιο σημείο με τους υπόλοιπους ορόφους. Το ύψος και του συγκεκριμένου ορόφου ανέρχεται στα 3,10 μ. (Εικ. 13). Στο πίσω τμήμα του αναπτύσσονται εξώστες, ενώ στην πρόσοψη στεγάζεται, στη δεξιά πλευρά, ημιυπαίθριος χώρος, δίπλα στον οποίο διαμορφώνεται υπαίθριο καθιστικό με πέργκολα. Η πρόσβαση σε αυτό εξασφαλίζεται αποκλειστικά μέσω του ημιυπαίθριου χώρου (Εικ. 12). Επιπλέον, η επικοινωνία με τον δεύτερο όροφο εξυπηρετείται από εσωτερική κλίμακα, που καταλήγει απευθείας στο χώρο του διαμερίσματος.



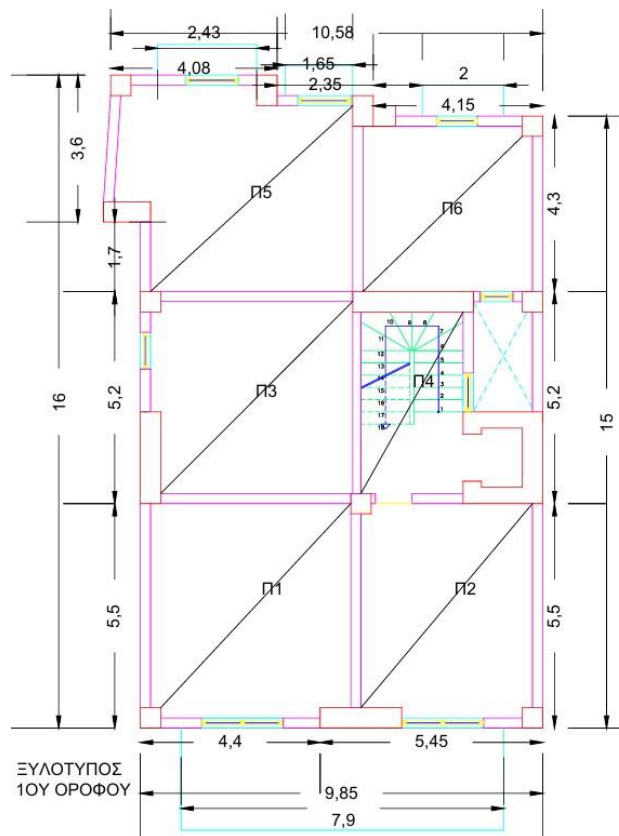
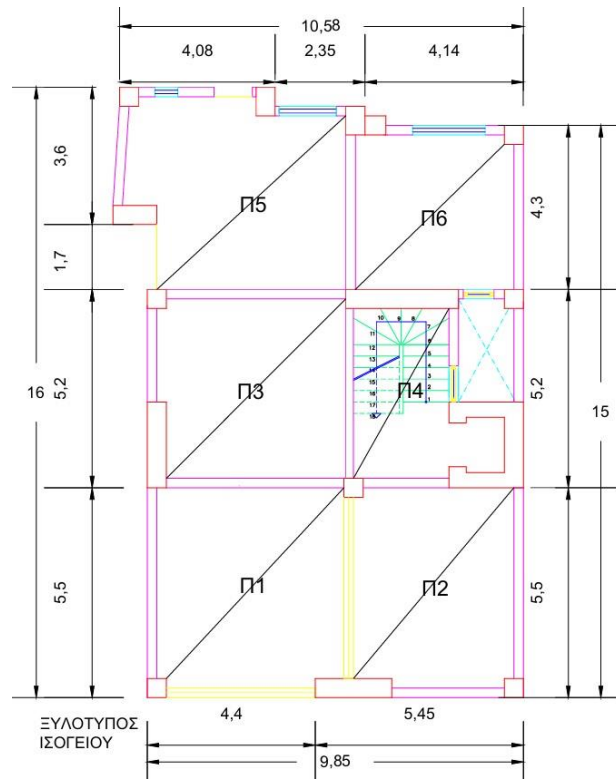
Εικόνα 12: Κάτοψη 3^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

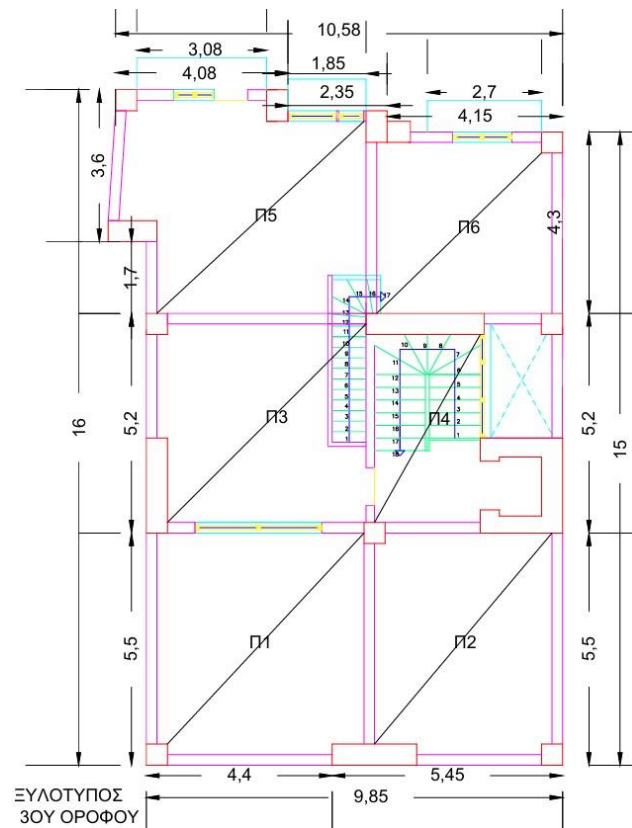
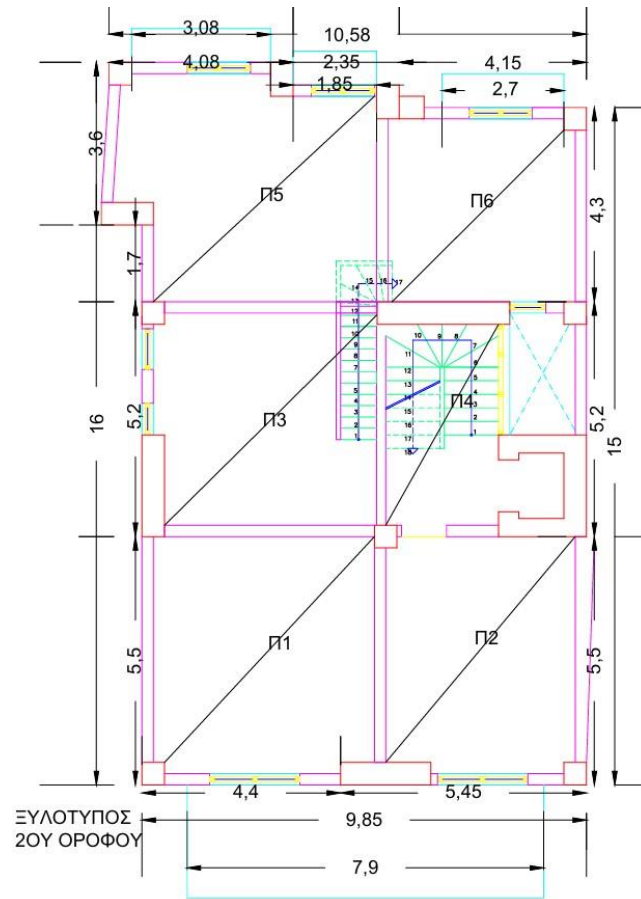


Εικόνα 13: Τομή 3^{ου} ορόφου. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.4.6. Ξυλότυποι.

Παρακάτω παρατίθενται οι ξυλότυποι του ισογείου, του 1^{ου}, 2^{ου}, 3^{ου} ορόφου, στους οποίους διακρίνονται οι πλάκες κάθε επιπέδου, καθώς και οι διαστάσεις τους.





Εικόνα 14 : Ξυλότυποι σχεδίων. (Πηγή: Σχέδια Autocad).

1.5. Βασικά τεχνικά δεδομένα

1.5.1. Φέρων οργανισμός.

Ο φέρων οργανισμός του υπό μελέτη κτιρίου προβλέπεται να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων (EC2, EC8) και του ισχύοντος Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος. Συνεπώς, ο φέρων οργανισμός θα αποτελείται από ένα σύστημα πλαισίων (δοκών – υποστυλωμάτων) και πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Με αυτό τον τρόπο διαμορφώνεται το στατικό σύστημα που μεταφέρει τις δυνάμεις στη θεμελίωση.

1.5.2. Υλικά.

Ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος :

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό που προκύπτει από τη συνεργασία του σκυροδέματος και του χάλυβα. Ο χάλυβας ενσωματώνεται στη μάζα του σκυροδέματος υπό τη μορφή ράβδων, ενισχύοντας σημαντικά την αντοχή του.

Το σκυρόδεμα αποτελείται από τσιμέντο (το βασικό συνδετικό υλικό), αδρανή υλικά (όπως η άμμος και τα χαλίκια, τα οποία προσδίδουν όγκο και αντοχή) και το νερό. Το νερό, στη σωστή δοσολογία, αντιδρά με το τσιμέντο σχηματίζοντας τον πολτό τσιμέντου, ο οποίος συνδέει τα αδρανή μεταξύ τους.

Ως υλικό, το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από υψηλή θλιπτική αντοχή αλλά χαμηλή εφελκυστική αντοχή. Αντίθετα, ο χάλυβας διακρίνεται για τη μεγάλη του αντοχή σε εφελκυσμό και την ολκιμότητά του. Ο συνδυασμός αυτών των δυο υλικών επιτρέπει την παραλαβή τόσο των θλιπτικών όσο και των εφελκυστικών τάσεων. Ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό για την επιτυχή συνεργασία τους είναι ότι οι συντελεστές θερμικής διαστολής του σκυροδέματος και του χάλυβα είναι σχεδόν ίδιοι, εξασφαλίζοντας την αποφυγή εσωτερικών τάσεων λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του οπλισμένου σκυροδέματος είναι η υψηλή φέρουσα ικανότητα, που επιτρέπει την αντιμετώπιση σύνθετων φορτιών, και η μεγάλη διάρκεια ζωής, η οποία οφείλεται στο αλκαλικό περιβάλλον που προστατεύει τον χάλυβα από τη διάβρωση. Επιπλέον, προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό καθώς μπορεί να χυτευθεί σε καλούπια οποιασδήποτε μορφής. Τέλος, αποτελεί ένα οικονομικό και άμεσα διαθέσιμο υλικό, με σχετικά απλή και γρήγορη μεθοδολογία κατασκευής.

Σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες 2 και 8, οι κατασκευές κατατάσσονται σε Κατηγορίες Πλαστιμότητας (Ductility Classes), οι οποίες καθορίζουν και τις απαιτήσεις για την ποιότητα των υλικών:

- **DCM (Medium Ductility Class – Μέση πλαστιμότητα):** Αφορά κατασκευές σχεδιασμένες να παραλαμβάνουν σεισμικές δυνάμεις με μεσαία ικανότητα απορρόφησης ενέργειας. Οι επιτρεπτές κατηγορίες σκυροδέματος κυμαίνονται από C16/20 έως C90/105.
- **DCH (High Ductility Class – Υψηλή πλαστιμότητα):** Αφορά κατασκευές με υψηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας για μέγιστη απορρόφηση σεισμικής ενέργειας. Οι επιτρεπτές κατηγορίες σκυροδέματος είναι ομοίως από C20/25 έως C90/105.

Για το υπό μελέτη κτίριο επιλέχθηκε σκυροδέμα κατηγορίας C25/30 (Πίν. 3). Παρακάτω παρατίθενται οι μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος, όπως ορίζονται από τον Ευρωκώδικα 2 (Πίν. 2).

Πίνακας 2 : Πίνακας μηχανικών ιδιοτήτων σκυροδέματος σε διαφορές κατηγορίες. (Πηγή: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/>).

	Κατηγορία σκυροδέματος													
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
E_{cm} (Gpa)	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ϵ_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
ϵ_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
ϵ_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
ϵ_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
ϵ_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
ϵ_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

Πίνακας 3 : Τιμές αντοχής και παραμόρφωσης του υπό μελέτη κτιρίου. (Πηγή : Παράρτημα / Πίνακα 3.1 του Ευρωκώδικα 2 (EN 1992-1-1)).

C25/30	
f_{ck}	25 Mpa
f_{cm}	33 Mpa
f_{ctm}	2,6 Mpa
E_{cm}	31 Mpa
ϵ_{c1}	2,1 ‰
γ	25 kN/m ³
α	0,85

Όπου,

- f_{ck} : η χαρακτηριστική αντοχή σε θλίψη (κυλινδρικό δοκίμιο).
- f_{cm} : η μέση αντοχή σε θλίψη ($f_{cm} = f_{ck} + 8$ MPa).
- f_{ctm} : η μέση αντοχή σε εφελκυσμό
- E_{cm} : το μέτρο ελαστικότητας
- ϵ_{c1} : η ανηγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος στη μέγιστη τάση.
- γ : το ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος.
- α : συντελεστής για το παραβολικό τμήμα του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων κατά EC2.

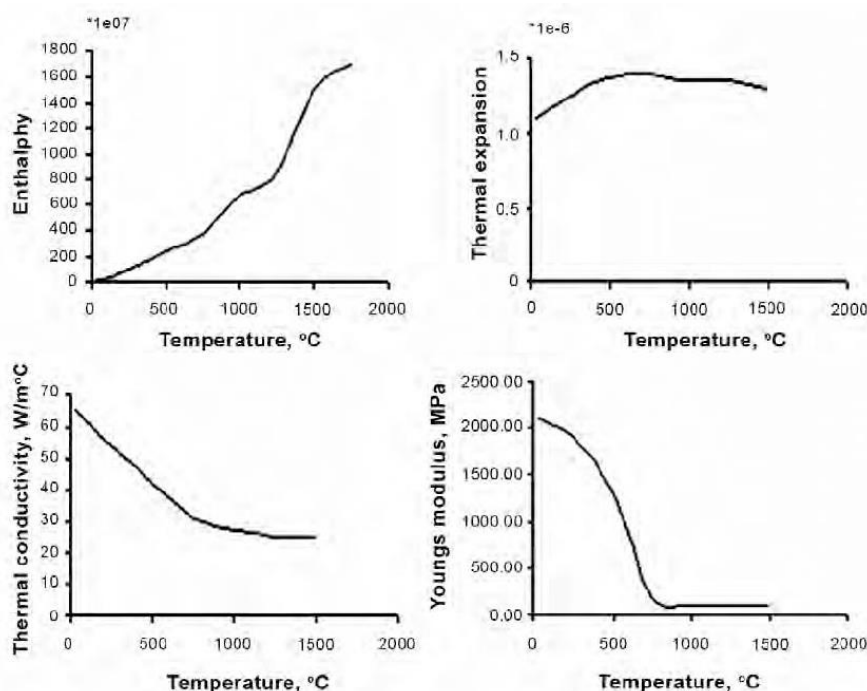
Ιδιότητες χάλυβα οπλισμού :

Ο χάλυβας αποτελεί ένα από τα βασικότερα και ευρύτερα χρησιμοποιούμενα υλικά στις σύγχρονες κατασκευές, καθώς συνδυάζει υψηλή αντοχή, ολκιμότητα και μακροχρόνια ανθεκτικότητα. Οι φυσικές, χημικές και τεχνολογικές του ιδιότητες καθορίζουν τη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής.

Όσον αφορά τις φυσικές του ιδιότητες, ο χάλυβας χαρακτηρίζεται από πυκνότητα ίση με 7.850 kg/m^3 , γεγονός που τον κατατάσσει υλικό στα βαριά δομικά υλικά. Το σημείο τήξης του ανέρχεται στους $1.500 \text{ }^\circ\text{C}$ (Εικ. 15), θερμοκρασία που ορίζει τα όρια της φυσικής του κατάστασης. Παράλληλα, διαθέτει υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, καθιστώντας τον άριστο αγωγό θερμότητας και ηλεκτρισμού. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνεται και ο συντελεστής θερμικής διαστολής, ο οποίος είναι κρίσιμος για την αλληλεπίδραση του χάλυβα με το σκυρόδεμα κατά τις θερμικές μεταβολές, καθώς τα δύο υλικά συστέλλονται και διαστέλλονται με παρόμοιο τρόπο.

Οι χημικές ιδιότητες του χάλυβα συνδέονται με τη χημική σύσταση και την αντοχή του στη διάβρωση. Ο χάλυβας είναι υλικό ευάλωτο στην οξείδωση (σκουριά), ειδικά όταν εκτίθεται σε υγρασία και οξυγόνο. Ωστόσο, παρουσιάζει εξαιρετική χημική συμβατότητα με το σκυρόδεμα, γεγονός που συμβάλλει στη δημιουργία ισχυρού δεσμού (συνάφεια) και επιτρέπει την αποτελεσματική συνεργασία τους στις οπλισμένες κατασκευές.

Από τεχνολογικής πλευράς, ο χάλυβας διαθέτει ιδιότητες που διευκολύνουν την εφαρμογή του στις κατασκευές. Παρουσιάζει καλή συγκολλησιμότητα (υπό συγκεκριμένες προδιαγραφές), ενώ η κατεργασιμότητά του επιτρέπει τη διαμόρφωση (κάμψη και κοπή) χωρίς σημαντική αλλοίωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών.



Εικόνα 15 : Διάγραμμα με τις βασικές φυσικές ιδιότητες του ήπιου χάλυβα. (Πηγή : https://www.researchgate.net/figure/Material-properties-of-mild-steel_fig1_267212006).

1.6. Αντισεισμικός σχεδιασμός.

Βασικές αρχές που ισχύουν στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, όπως είναι γνωστό, κατέχει την πρώτη θέση από πλευράς σεισμικότητας. Αυτό οφείλεται στη γεωγραφική της θέση και στον ιδιαίτερο γεωτεκτονικό της χαρακτήρα. Ανά τα χρόνια, έχουν λάβει χώρα σεισμοί σε διάφορα γεωγραφικά σημεία της επικράτειας, οι οποίοι έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην αναθεώρηση και εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών.

Στον ελλαδικό χώρο έχουν χαρτογραφηθεί 2.472 ενεργά ρήγματα, βάσει της βάσης δεδομένων NOFAULTS 3.0. (Εικ. 16). Από αυτά, τα 171 ρήγματα συνδέονται με σύγχρονη καταγεγραμμένη σεισμικότητα, τα 114 ρήγματα έχουν προκαλέσει ιστορικούς σεισμούς, ενώ 97 εξ αυτών έχουν δώσει ισχυρές σεισμικές δονήσεις, ξεπερνώντας τους 6 βαθμούς της κλίμακας Richter.

Από ιστορικής πλευράς, η χώρα έχει πληγεί από σφοδρούς σεισμούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός στη Ρόδο, στις 26 Ιουνίου του 1926, με ένταση 8 βαθμών Richter. Το συγκεκριμένο γεγονός επηρέασε 10 ακόμα χώρες και κατατάσσεται στους σημαντικότερους σεισμούς παγκοσμίως. Σχεδόν 30 χρόνια αργότερα, η καταστροφική σεισμική ακολουθία στα νησιά του Ιονίου (1953) αποτέλεσε την αιτία για την εισαγωγή του Πρώτου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού το 1959.

Επιπλέον, ο σεισμός στον Κορινθιακό Κόλπο το 1981 συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία του νέου κώδικα (NEAK). Τέλος, ο σεισμός της Αθήνας το 1999, ο οποίο προκάλεσε εκτεταμένες αστικές φθορές, οδήγησε στην αναθεώρηση και τον εκσυγχρονισμό του πλαισίου με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ – 2000/2003).

Φιλοσοφία αντισεισμικού σχεδιασμού

Η απόλυτη αντισεισμική προστασία στην Ελλάδα δεν κρίνεται εφικτή, καθώς θα απαιτούσε εξαιρετικά βαριές και δαπανηρές κατασκευές. Για το λόγο αυτό, η φιλοσοφία σχεδιασμού στηρίζεται στην αρχή της «ελεγχόμενης βλάβης». Αυτό σημαίνει ότι το κτίριο ενδέχεται να υποστεί επισκευάσιμες φθορές αλλά στο σύνολο του θα παραμείνει στατικό και ασφαλές για τους χρήστες, διασφαλίζοντας την αποφυγή κατάρρευσης.

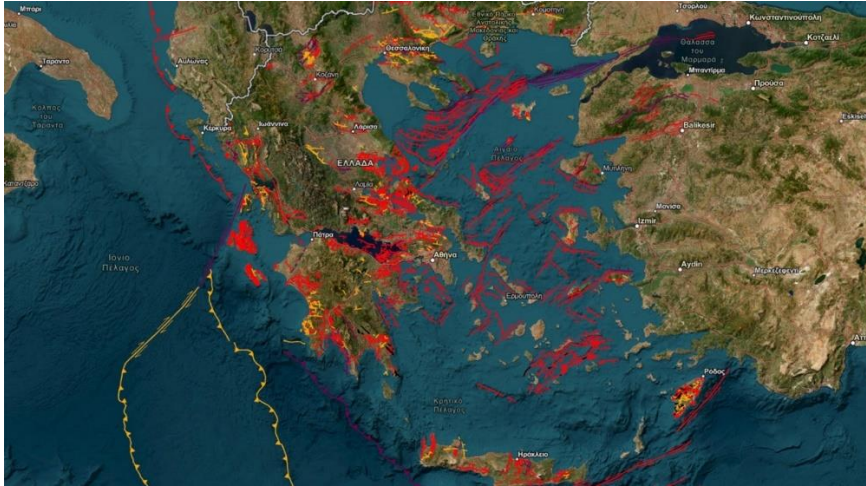
Τα έργα διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη σπουδαιότητα τους. Η πρώτη κατηγορία αφορά κτίρια υψηλής σπουδαιότητας (όπως σχολεία, νοσοκομεία, γέφυρες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κτίρια μεσαίας σπουδαιότητας (όπως γραφεία και κτίρια κατοικιών).

Με βάση τις απαιτήσεις των κανονισμών, η συμπεριφορά μιας κατασκευής διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος της σεισμικής δόνησης :

- Σε σεισμό μικρής έντασης, το κτίριο αναμένεται να συμπεριφερθεί ελαστικά, χωρίς την εμφάνιση φθορών.
- Σε σεισμό μεσαίας έντασης, είναι πιθανό να εμφανιστούν βλάβες στα μη φέροντα στοιχεία (τοιχοποιίες), χωρίς όμως να επηρεαστεί ο φέρων οργανισμός.

- Τέλος, στον σεισμό σχεδιασμού (ισχυρή δόνηση), επιτρέπεται η εμφάνιση βλαβών στον φέροντα οργανισμό, υπό τη βασική προϋπόθεση ότι το κτίριο δεν θα καταρρεύσει.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό, το υπό μελέτη κτίριο θα καταταχθεί στα συνήθη κτίρια (Κατηγορία II) και θα έχει συντελεστή σπουδαιότητας $\gamma_i=1.00$.



Εικόνα 16: Μερικά από τα σεισμικά ενεργά ρήγματα της Ελλάδας. (Πηγή : <https://www.newsbomb.gr/ellada/seismo/story/1639964/poso-pithanos-einai-enas-seismos-ano-ton-7-rixerstin-ellada-ta-epifova-ellinika-rigmata>).

1.7. Στάδια υλοποίησης της υπό μελέτη κατασκευής.

Στον τομέα των κατασκευών ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία μέχρι την υλοποίηση ενός έργου. Υπάρχει μια διαδοχή φάσεων που ξεκινά από το σχεδιασμό και καταλήγει στην ολοκλήρωση και τη παράδοση του έργου.

Στα αρχικά στάδια περιλαμβάνεται η μελέτη της θέσης του οικοπέδου και του τρόπου αξιοποίησής του για την ανέγερση του κτιρίου. Σε αυτό το πλαίσιο εκπονούνται η αρχιτεκτονική μελέτη, καθώς και η στατική και αντισεισμική ανάλυση, ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων 2 και 8. Επίσης, προσδιορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, οι ιδιότητες των υλικών και οι συνθήκες θεμελίωσης, προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα της κατασκευής.

Ακολουθεί το στάδιο της υλοποίησης, όπου ξεκινά η ανέγερση. Αρχικά, πραγματοποιούνται οι χωματουργικές εργασίες και η κατασκευή της θεμελίωσης. Με την ολοκλήρωση αυτών των διαδικασιών, ακολουθεί η κατασκευή του φέροντος οργανισμού (πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα). Σε αυτή τη φάση ενσωματώνονται οι ηλεκτρολογικές και οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις, ενώ πραγματοποιείται και η κατασκευή τοίχων πλήρωσης, ολοκληρώνοντας έτσι τη δομική μορφολογία του κτιρίου.

Για την αποπεράτωση της κατασκευής εκτελούνται οι τελικές εργασίες, όπως τα επιχρίσματα και οι επιστρώσεις δαπέδων. Τέλος, πριν το κτίριο παραδοθεί στους χρήστες, διενεργούνται οι τελικοί έλεγχοι ποιότητας και της κατάστασης των υλικών. Το έργο θεωρείται έτοιμο προς παράδοση, εφόσον πληροί όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1. Υλικά από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι ιδιότητες του.

2.1.1. Μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό, το οποίο συνδυάζει την υψηλή θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος με την εφελκυστική αντοχή του χάλυβα. Η απόδοση του υλικού βασίζεται στη βέλτιστη αξιοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων των επιμέρους συστατικών του.

Το σκυρόδεμα εμφανίζει υψηλή αντοχή σε θλίψη, ωστόσο παρουσιάζει ευπάθεια σε εφελκυστικές και διατμητικές καταπονήσεις. Η αδυναμία αυτή αντιμετωπίζεται με την προσθήκη του χαλύβδινου οπλισμού, ο οποίος ενσωματώνεται στη μάζα του σκυροδέματος και αναλαμβάνει τα αναπτυσσόμενα εφελκυστικά φορτία. Επίσης, λόγω των παρόμοιων συντελεστών θερμικής διαστολής τους, τα δύο υλικά χαρακτηρίζονται ως συμβατά, καθώς παραμορφώνονται από κοινού χωρίς να αναπτύσσονται ανεπιθύμητες εσωτερικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.

Οι βασικές μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος περιλαμβάνουν την αντοχή σε θλίψη, την εφελκυστική και διατμητική αντοχή, καθώς και την ελαστική συμπεριφορά, η οποία περιγράφεται μέσω του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου του Poisson. Επιπλέον, φαινόμενα όπως η συστολή ξήρανσης και ο ερπυσμός καθίστανται ιδιαίτερα κρίσιμα με την πάροδο του χρόνου, επηρεάζοντας τη συμπεριφορά και την απόδοση του σκυροδέματος υπό συνεχή δράση φορτίων.

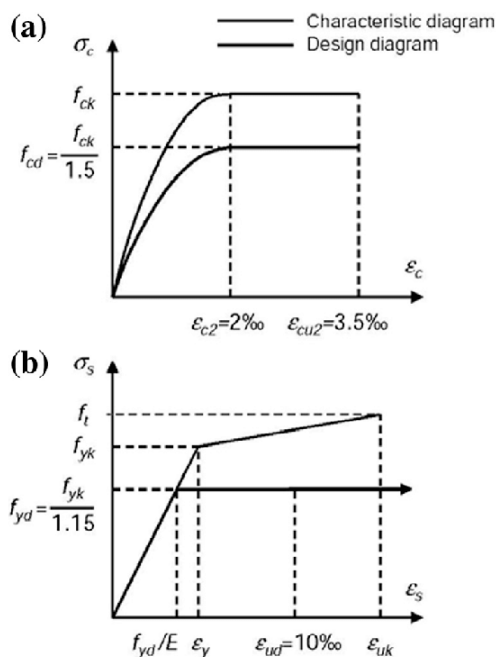
Από την άλλη πλευρά, ο χάλυβας οπλισμού, μέσω της ικανότητας πλαστικής παραμόρφωσης και της υψηλής εφελκυστικής αντοχής, προσδίδει πλαστιμότητας στα δομικά στοιχεία (Εικ. 17). Ο χάλυβας έχει τη δυνατότητα να παραλαμβάνει μεγάλες παραμορφώσεις πριν από την τελική αστοχία, συμβάλλοντας στην αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας της κατασκευής και καθιστώντας το οπλισμένο σκυρόδεμα ένα αξιόπιστο δομικό υλικό.

Συνοψίζοντας, η μηχανική συμπεριφορά του οπλισμένου σκυροδέματος προκύπτει από την αλληλεπίδραση των ιδιοτήτων των υλικών που το απαρτίζουν. Η κατανόηση αυτών των ιδιοτήτων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ορθή ανάλυση, τη σωστή διαστασιολόγηση και τη μακροχρόνια αξιοπιστία των φερόντων στοιχείων μιας κατασκευής.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακα (Πίν. 4), ο οποίος παρουσιάζει τις μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος C25/30. Η κατηγορία αυτή είναι ιδιαίτερα συνηθισμένη και χρησιμοποιείται στο έργο που μελετάται παρούσα διπλωματική :

Πίνακας 4 : Μηχανικές ιδιότητες σκυροδέματος C25/30. (Πηγή : https://www.admie.gr/sites/default/files/inline-files/groups/ADMIE_DNEM/Diakiryeis/DNEM-566_G.M._ORESTIADA-IASMOS_MPETA/Eyropaiko_Protypo_gia_to_skyrodema_ELOT_EN_206-1.pdf).

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ C25/30				
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΧΟΛΙΟ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ	f_{ck}	25	MPa	Στο κύλινδρο 150x300 mm
ΜΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ	f_{cm}	33	MPa	$f_{cm} = f_{ck} + 8$
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ (ΜΕΣΗ)	f_{ctm}	2,6	MPa	Εφελκυστική θράυση.
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	E_{cm}	31.000	MPa	Τυπική τιμή EC2
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ	ϵ_{c1}	2,0‰	Στο μέγιστο της καμπύλης τάσης - παραμόρφωσης (Εικ. 18)	-
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΘΡΑΥΣΗΣ	ϵ_{cu}	3,5‰	Σχεδιαστική τιμή EC2	-
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	γ	25	kN/m ³	Κανονικό σκυρόδεμα



Εικόνα 17 : Παράδειγμα σχεδιαστικού διαγράμματος τάσης–παραμόρφωσης τόσο για το σκυρόδεμα όσο και για το χάλυβα, όπως προβλέπονται από τον Ευρωκώδικα 2. (Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Characteristic-and-design-strength-strain-diagrams-of-a-concrete-b-carbon-steel-and fig1_270968941).

2.1.2. Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού.

Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται για τον οπλισμό του σκυροδέματος έχει την μορφή ράβδων κυκλικής διατομής. Η μηχανική του συμπεριφορά ελέγχεται μέσω δοκιμών σε μονοαξονικό εφελκυσμό. Στο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων (Εικ. 18), η συμπεριφορά του χάλυβα παρουσιάζει διακριτά στάδια. Αρχικά, η συμπεριφορά είναι γραμμική ελαστική, με το μέτρο ελαστικότητας (E_s) να είναι ίσο με 200 GPa.

Μετά το πέρας της ελαστικής περιοχής και την εμφάνιση του φαινομένου της διαρροής, ο χάλυβας εισέρχεται στη φάση της κράτνυσης. Σε αυτό το στάδιο, η τάση

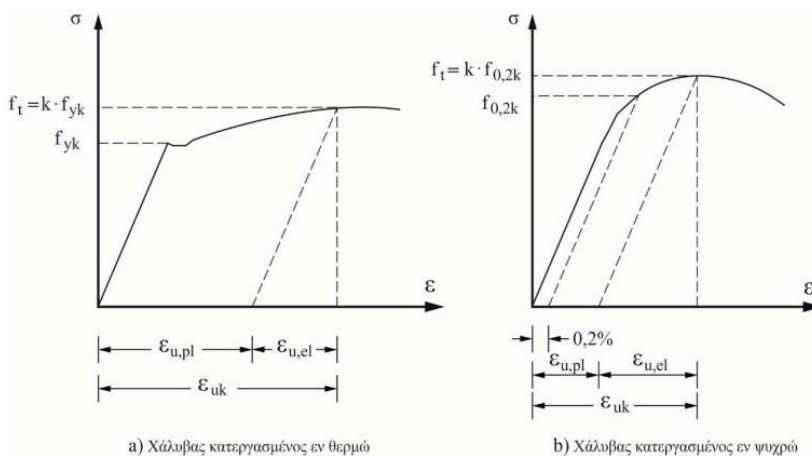
συνεχίζει να αυξάνεται έως ότου φτάσει στη μέγιστη εφελκυστική αντοχή (f_t), η οποία συνοδεύεται από σημαντικές πλαστικές παραμορφώσεις. Ο λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροή (f_t/f_y) αποτελεί τον δείκτη κράτυνσης, ο οποίος εκφράζει το περιθώριο αντοχής του υλικού μετά τη διαρροή. Αντίστοιχα, η τιμή της παραμόρφωσης στη θραύση (ή η παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο, ϵ_{uk}) αποτελεί το βασικό μέτρο της ολκιμότητας, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στην αντισεισμική συμπεριφορά.

Ειδικότερα για τις κατασκευές που καταπονούνται από σεισμικές δράσεις, το βασικό κριτήριο αστοχίας δεν είναι μόνο η αντοχή, αλλά και η ικανότητα παραμόρφωσης. Γι' αυτό τον λόγο, είναι κρίσιμο ο χάλυβας να διαθέτει υψηλή ολκιμότητα, ώστε να επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων παραμορφώσεων χωρίς να επέλθει ψαθυρή θραύση. Επιπλέον, η ολκιμότητα είναι απαραίτητη για την τεχνολογική κατεργασία του χάλυβα, επιτρέποντας την κάμψη των ράβδων για τη διαμόρφωση συνδετήρων (μανδύες) χωρίς ρηγματώσεις.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού B500C. Η συγκεκριμένη ποιότητα χάλυβα χρησιμοποιείται στο έργο που εξετάζεται στη παρούσα διπλωματική :

Πίνακας 5 : Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα οπλισμού B500C. (Πηγή: https://www.esofia.net/sites/default/files/indicative-capital/endeiktiko_kef_6.pdf).

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ C25/30				
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΧΟΛΙΟ
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	f_y	500	MPa	-
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΤΙΜΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	f_{yk}	500	MPa	Τυπική τιμή
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	f_{ym}	575	MPa	$f_{ym}=1,15f_y$
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	f_{tk}	540-630	MPa	$f_t/f_y \geq 1,15$
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	E_s	200	Gpa	-
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗ	ϵ_{sy}	2,5‰	-	Σχεδόν σταθερο
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗ ΘΡΑΥΣΗ	ϵ_u	>75‰	Δείκτης ολκιμότητας	-



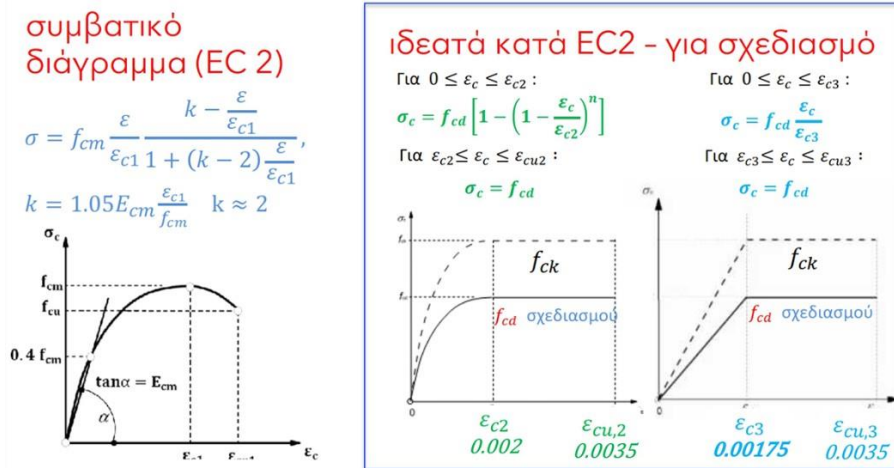
Εικόνα 18 : α) Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων χάλυβα με διακριτό όριο διαρροής. Β) Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων χάλυβα με μη διακριτό όριο διαρροής. (Πηγή: https://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/trezos_eurocodesiteac2.pdf).

2.1.3. Ευρωκώδικας 2 (EC2).

Ο Ευρωκώδικας 2 εντάσσεται στο πλαίσιο των Ευρωκωδίκων, οι οποίοι έχουν ως βασικό στόχο την εναρμόνιση των κανονισμών δόμησης που ισχύουν στην Ευρωπαϊκή ένωση. Ο συγκεκριμένος κώδικας αποτελεί βασικό ευρωπαϊκό πρότυπο για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση κατασκευών από οπλισμένο, άοπλο και προεντεταμένο σκυρόδεμα. Στη πράξη, ο Ευρωκώδικας 2 καθορίζει τα ακόλουθα:

- **Ιδιότητες των υλικών:** Περιγράφονται οι κατηγορίες σκυροδέματος από C12/15 έως C90/105 και οι ιδιότητες που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση. Οι ιδιότητες αυτές περιλαμβάνουν την αντοχή σε θλίψη, την εφελκυστική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας, καθώς και τις χρονικά εξαρτώμενες παραμορφώσεις (ερπυσμός, συστολή).
- **Συντελεστής ασφαλείας:** Εισάγονται μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα υλικά και τις δράσεις, προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι αβεβαιότητες που αφορούν τις ιδιότητες των υλικών και τα επιβαλλόμενα φορτία.
- **Οριακές Καταστάσεις Σχεδιασμού:** Διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες ελέγχων (Εικ. 19).
 1. Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ULS): Αφορά την ασφάλεια έναντι κατάρρευσης και εξασφαλίζει την αντοχή και τη σταθερότητα της κατασκευής.
 2. Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (SLS): Αφορά τη λειτουργία της κατασκευής υπό κανονικές συνθήκες χρήσης, περιορίζοντας τις παραμορφώσεις και το εύρος των ρηγματώσεων.
- **Έλεγχοι σε στοιχεία:** Περιλαμβάνονται οι κανόνες υπολογισμού των δομικών μελών σε κάμψη, εφελκυσμό, διάτμηση, στρέψη και θλίψη. Επίσης, καθορίζονται οι διατάξεις των αγκυρώσεων, η συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και χάλυβα, καθώς και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του οπλισμού.
- **Ανθεκτικότητα:** Καθορίζονται τα κριτήρια για τη προστασία του οπλισμού από τη διάβρωση, διασφαλίζοντας την ανθεκτικότητα της κατασκευής στο χρόνο.
- **Συνδυασμός με τον Αντισεισμικό Κανονισμό 8 (EC8):** Ο EC2 αφορά γενικά τη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων. Ο συνδυασμός με τον Ευρωκώδικα 8 (EC8) είναι απαραίτητος για την κάλυψη των αντισεισμικών απαιτήσεων, οδηγώντας σε αυστηρότερες προϋποθέσεις. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν τη κυρίως την πλαστιμότητα, τον ικανοτικό σχεδιασμό και την κατάταξη του κτιρίου σε κατηγορίες πλαστιμότητας.

Συνεπώς, ο Ευρωκώδικας 2 αποτελεί τον οδηγό για τη σωστή επιλογή υλικών και τους ελέγχους διαστασιολόγησης σε κάθε έργο, εξασφαλίζοντας τη συνοχή, την ασφάλεια και την ορθή διάταξη της τελικής κατασκευής.



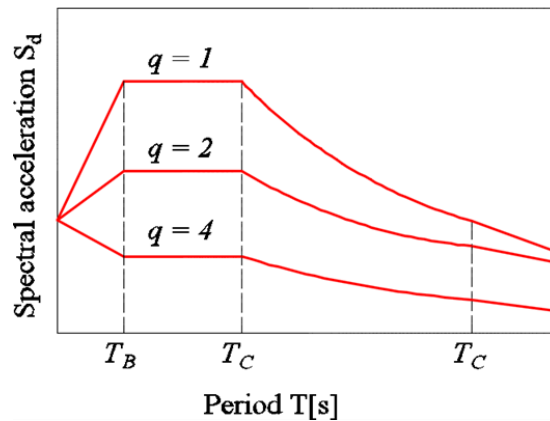
Εικόνα 19 : Διαγράμματα τάσης–παραμόρφωσης σκυροδέματος σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2: (αριστερά) συμβατική καμπύλη, (δεξιά) ιδεατά διαγράμματα για τον σχεδιασμό. (Πηγή: <https://eqialeasciv.gr/2023/02/17/>).

2.1.4. Ευρωκώδικας 8 (EC8).

Κύριος σκοπός του Ευρωκώδικα 8 είναι ο καθορισμός των απαιτήσεων σχεδιασμού των κατασκευών, ώστε να εξασφαλίζεται η επάρκεια τους έναντι σεισμικών δράσεων. Στους στόχους αυτούς περιλαμβάνονται η προστασία της ανθρώπινης ζωής, η αποφυγή της κατάρρευσης, ο περιορισμός των οικονομικών απωλειών και η διατήρηση της λειτουργικότητας σημαντικών υποδομών. Ο EC8 δεν λειτουργεί αυτόνομα, αλλά εφαρμόζεται πάντα σε συνδυασμό με τον Ευρωκώδικα 2 (EC2).

Η φιλοσοφία του κανονισμού δεν στοχεύει στην κατασκευή κτιρίων που θα παραμείνουν άθικτα μετά από έναν ισχυρό σεισμό, αλλά κτιρίων που θα επιδείξουν ελεγχόμενη συμπεριφορά. Αυτό σημαίνει ότι γίνονται αποδεκτές περιορισμένες φθορές σε σειμούς μικρής ή μέτριας έντασης, υπό την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η αποφυγή ολικής κατάρρευσης σε ισχυρούς σειμούς. Στο πλαίσιο αυτό, εισάγονται θεμελιώδεις έννοιες όπως η πλαστιμότητα, η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας και ο ικανοτικός σχεδιασμός.

Βασικό εργαλείο του Ευρωκώδικα 8 αποτελεί η παραδοχή ότι οι κατασκευές πρέπει να είναι ικανές να απορροφούν τη σεισμική ενέργεια μέσω ανελαστικών παραμορφώσεων, χωρίς να υφίστανται ψαθυρή θραύση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο κανονισμός εισάγει τον συντελεστή συμπεριφοράς q (Εικ. 20). Μέσω αυτού, οι σεισμικές δυνάμεις σχεδιασμού μειώνονται σε σχέση με αυτές του ελαστικού φάσματος, λαμβάνοντας υπόψη την πλαστιμότητα και την υπεραντοχή που διαθέτει το κτίριο.



Εικόνα 20 : Σχηματική καμπύλη που δείχνει το φάσμα σχεδιασμού και πώς μειώνεται η σεισμική δράση με το q . (Πηγή: https://www.graitec.com/Help/Advance_Design/De/Behaviour_coefficient_%28seismic_load_case%29.htm).

Το φάσμα σχεδιασμού $S_d(T)$ είναι το κύριο μέσο για τον αντισεισμικό υπολογισμό. Περιγράφει την αναμενόμενη σεισμική απόκριση της κατασκευής (επιτάχυνση) σε συνάρτηση με την ιδιοπερίοδό της, επιτρέποντας τον προσδιορισμό των σεισμικών δυνάμεων που θα ασκηθούν στο φορέα.

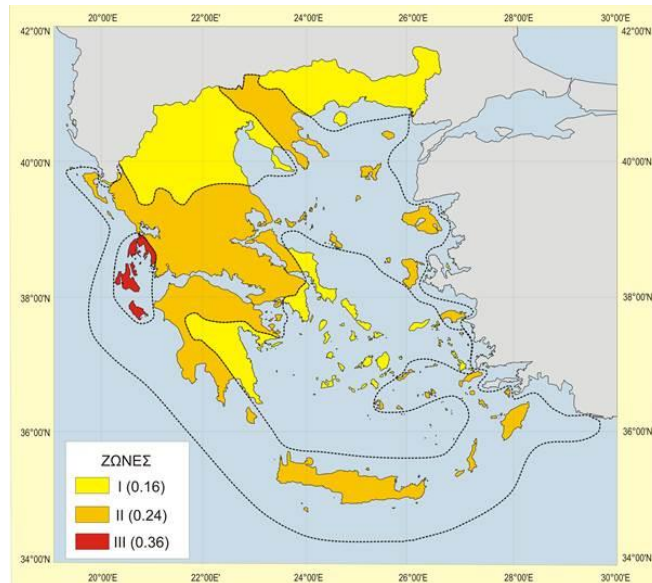
Η διαμόρφωση του φάσματος βασίζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- α) **Σεισμική ζώνη:** Επιλέγεται βάση του Εθνικού Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (Εικ. 21) και καθορίζει τη σχεδιαστική επιτάχυνση αναφοράς a_{gR} . Για τη ζώνη της περιοχής μελέτης, η τιμή είναι $a_{gR} = 0.24g$.
- β) **Κατηγορία εδάφους:** Εκφράζεται μέσω του συντελεστή S , ο οποίος εξαρτάται από τη στρωματογραφία (Κατηγορίες Α – Ε, Πίν. 6) και καθορίζει τις χαρακτηριστικές περιόδους T_B , T_C , T_D που ορίζουν τους κλάδους του φάσματος.

Πίνακας 6 : Κατηγορίες εδάφους. (Πηγή : https://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/1.ek_8_-_sholia_hronopoylos.pdf).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός που περιλαμβάνει το πολύ 5 μ. ασθενέστερου επιφανειακού υλικού.
B	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.
C	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλίκων ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως εκατοντάδες μέτρων.
D	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών), ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά.
E	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ιλύος με τιμές v_s κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5 μ. και 20 μ., με υπόστρωμα από σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s.

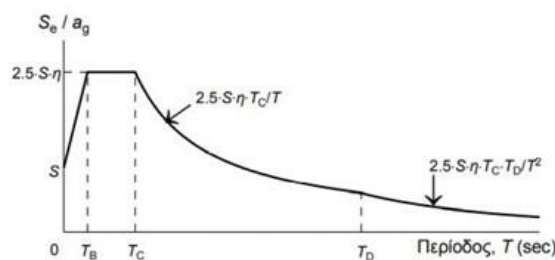
- γ) **Συντελεστής συμπεριφοράς q:** Λαμβάνει υπόψη την ικανότητα της κατασκευής να απορρόφα ενέργεια, μειώνοντας τις δυνάμεις σχεδιασμού σε σχέση με την ελαστική απόκριση.



Εικόνα 21 : Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος. (Πηγή: <https://www.racknroll.gr/rafia-antiseismika/>).

Η μορφή του φάσματος (Εικ. 22) χωρίζεται σε τέσσερις περιοχές:

- **Περιοχή I** ($0 \leq T \leq T_B$): Η απόκριση αυξάνεται γραμμικά με τη περίοδο.
- **Περιοχή II** ($T_B \leq T \leq T_C$): Η απόκριση διατηρείται σταθερή στο μέγιστο επίπεδο.
- **Περιοχή III** ($T_C \leq T \leq T_D$): Η απόκριση μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα της περιόδου.
- **Περιοχή IV** ($T_D \leq T \leq T_L$): Η απόκριση μειώνεται αισθητά ακολουθώντας τον νομό $1/T^2$.



Εικόνα 22 : Γενική μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης. (Πηγή: <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4986/>).

Οι εξισώσεις για τον υπολογισμό της οριζόντιας συνιστώσας του φάσματος σχεδιασμού $S_d(T)$ είναι οι εξής:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_{gR} \cdot S \cdot [2/3 + T/T_B (2.5/q - 2/3)]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_{gR} \cdot S \cdot 2.5/q$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) = a_{gR} \cdot S \cdot 2,5/q \cdot T_C/T$$

$$T_D \leq T \leq T_L: S_d(T) = a_{gR} \cdot S \cdot 2.5/q \cdot T_C \cdot T_D / T^2$$

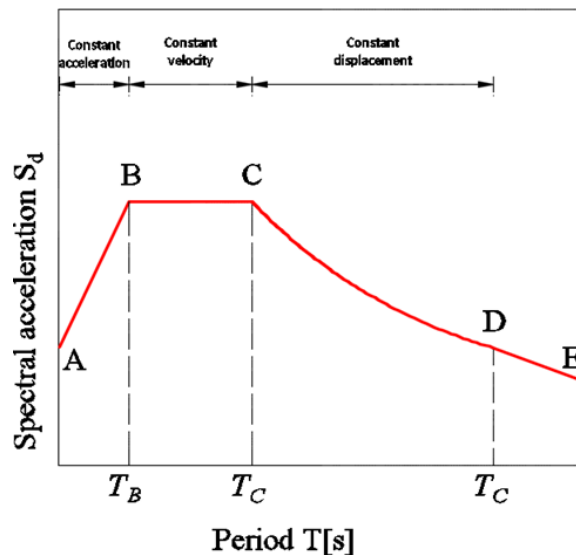
Με την προϋπόθεση ότι η τιμή $S_d(T) \geq \beta \cdot a_{gR}$, όπου ο συντελεστής κατώτατου ορίου για τον ελλαδικό χώρο λαμβάνεται $\beta=0.2$.

Εφαρμογή στην υπό μελέτη κατασκευή: Το κτίριο που μελετάται χωροθετείται στον Δήμο Βόλου, ο οποίος ανήκει στη Σεισμική Ζώνη ΙΙ, με σχεδιαστική επιτάχυνση $a_{gR} = 0,24g$. Το έδαφος θεμελίωσης κατατάσσεται στην Κατηγορία Α (βραχώδες/σκληρό έδαφος). Συνεπώς, ο συντελεστής εδάφους λαμβάνεται $S = 1.0$, ενώ οι χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος είναι $T_B = 0.15 \text{ sec}$ $T_C = 0.40 \text{ sec}$ $T_D = 2.00 \text{ sec}$ (Πίν. 7).

Ο συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma_I = 1.0$ (συνήθη κτίρια). Ο συντελεστής συμπεριφοράς q (Εικ. 23), ο οποίος εξαρτάται από τη πλαστιμότητα και το σύστημα του φέροντος οργανισμού (πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος), επελέγη ίσος με 3.50, εξασφαλίζοντας την ικανότητα του κτιρίου να ανταποκριθεί επιτυχώς στις αναμενόμενες σεισμικές δράσεις.

Πίνακας 7: Τιμές παραμέτρων των φασμάτων ελαστικής απόκρισης.

ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	S	T _B (sec)	T _C (sec)	T _D (sec)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.40	0.15	0.5	2.0



Εικόνα 23 : Διαγραμματική απεικόνιση όπου φαίνεται το πλάτωμα και η περιοχή όπου μειώνεται η απόκριση λόγω q . (Πηγή :

https://www.graitec.com/Help/Advance_Design/De/Behaviour_coefficient_%28seismic_load_case%29.htm).

2.1.5. Ευρωκώδικας 7.

Ο Ευρωκώδικας 7 (EN 1997) αποτελεί το βασικό πλαίσιο αναφοράς για τον γεωτεχνικό σχεδιασμό των έργων του πολιτικού μηχανικού. Είναι το κύριο εργαλείο των γεωτεχνικών μηχανικών, καθώς ο ρόλος του είναι να καθορίζει τις αρχές, τις διαδικασίες και τα κριτήρια ασφάλειας που αφορούν τη θεμελίωση, την ευστάθεια των πρανών, τις αντιστηρίξεις και, γενικότερα, την αλληλεπίδραση του εδάφους την κατασκευή. Ο κανονισμός χωρίζεται σε δύο μέρη:

- Το πρώτο αφορά τους γενικούς κανόνες σχεδιασμού (EN 1997-1).
- Το δεύτερο αφορά τις έρευνες και τις δοκιμές του εδάφους (EN 1997-2).

Η εισαγωγή του συγκεκριμένου Ευρωκώδικα στην ευρωπαϊκή και ελληνική πρακτική σηματοδότησε τη μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους των επιτρεπόμενων τάσεων σε ένα σύστημα σχεδιασμού βάσει των οριακών καταστάσεων. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται μια πιο ολοκληρωμένη και αξιόπιστη αποτίμηση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας των κατασκευών. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι μεταβλητότητες των γεωτεχνικών παραμέτρων, καθώς και οι αβεβαιότητες των δράσεων.

Αν και ο συγκεκριμένος κώδικας αποτελεί την πιο σύγχρονη και διεθνώς αποδεκτή μέθοδο γεωτεχνικού σχεδιασμού, η εφαρμογή του απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή λόγω της πολυπλοκότητας και του εύρους των θεμάτων που μπορεί να καλύπτει. Η παρούσα εργασία επιχειρεί να ερμηνεύσει και να εφαρμόσει τον Ευρωκώδικα 7 σε πρακτικά πλαίσια, παρουσιάζοντας τις βασικές αρχές του κανονισμού και αξιοποιώντας τις θεωρητικές και τεχνικές γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια των σπουδών. Έμφαση δόθηκε στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τιμών των εδαφικών παραμέτρων μέσω των στατικών μεθόδων, οι οποίες αποτελούν βασικό εργαλείο του κανονισμού για ασφαλείς υπολογισμούς.

Ο Ευρωκώδικας 7 βασίζεται στις Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (ULS) και Λειτουργικότητας (SLS), οι οποίες εντάσσονται στο ενιαίο πλαίσιο της γεωτεχνικής αξιολόγησης, των υπολογισμών και των ελέγχων. Παρακάτω συνοψίζονται οι γενικοί κανόνες σχεδιασμού του κανονισμού :

1. **Γεωτεχνική έρευνα και χαρακτηρισμός εδάφους:** Κάθε έργο πρέπει να συνοδεύεται από την κατάλληλη γεωτεχνική έρευνα πεδίου και εργαστηριακές δοκιμές, ώστε να προσδιορίζονται οι παράμετροι του εδάφους.
2. **Κατηγοριοποίηση του εδάφους:** Το έδαφος ταξινομείται στις κατηγορίες (A–E) βάσει της φέρουσας ικανότητας, της συνεκτικότητας και των μηχανικών του ιδιοτήτων. Η επιλογή της κατηγορίας επηρεάζει καθορίστηκα τον σεισμικό σχεδιασμό (συντελεστές φάσματος βάσει EC8) και τη μέθοδο θεμελίωσης που θα επιλεγεί.
3. **Έλεγχοι αστοχίας και λειτουργικότητας :**
 - **ULS (Ultimate Limit States):** Αφορά τον έλεγχο έναντι αστοχίας (π.χ. θραύση, ολίσθηση) θεμελίων, πασσάλων, πρανών και αντιστηρίξεων.
 - **SLS (Serviceability Limit States):** Αφορά τον έλεγχο καθιζήσεων, παραμορφώσεων και διαφορικών μετακινήσεων, ώστε να διασφαλίζεται η κανονική λειτουργία της κατασκευής.

4. **Αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής:** Ο σχεδιασμός οφείλει να λαμβάνει υπόψη τη σχέση εδάφους και ανωδομής. Οι έλεγχοι θεμελίωσης, παραμόρφωσης του εδάφους και δυσκαμψίας της κατασκευής πραγματοποιούνται συνδυαστικά για την ακριβή προσομοίωση της συμπεριφοράς.
5. **Παρακολούθηση και έλεγχος:** Κρίνεται απαραίτητο η συμπεριφορά του έργου να ελέγχεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής μέσω μετρήσεων καθιζήσεων, ελέγχων συμπίκνωσης και δοκιμών φόρτισης.
6. **Τεκμηρίωση και ασφάλεια:** Κάθε γεωτεχνική μελέτη πρέπει να τεκμηριώνεται πλήρως, με σαφείς υπολογισμούς, παραδοχές και περιγραφή των μεθόδων. Οι συντελεστές ασφαλείας επιλέγονται με βάση τη σπουδαιότητα του έργου, το είδος του εδάφους και την αβεβαιότητα των δεδομένων.

Συνεπώς, ο Ευρωκώδικας 7 προσφέρει ένα συνεκτικό και ευέλικτο πλαίσιο γεωτεχνικού σχεδιασμού, ενσωματώνοντας την τεχνική εμπειρία και τη στατική ανάλυση των δεδομένων. Επιτρέπει στον μελετητή, μέσω της ορθής εφαρμογής του, να επιλέξει τον κατάλληλο τύπο θεμελίωσης, να εκτιμήσει σωστά τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους και να εξασφαλίσει την ανθεκτικότητα και την ασφάλεια της κατασκευής σε όλο τον κύκλο ζωής της.

Εφαρμογή στην υπό μελέτη κατασκευή

Στο υπό μελέτη κτίριο, η εφαρμογή του Ευρωκώδικα 7 αφορά κυρίως τον γεωτεχνικό σχεδιασμό θεμελίωσης (EN 1997-1). Η κατασκευή έχει επελέγη να θεμελιωθεί σε εσχάρα πεδילוδοκών, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων και η απαιτούμενη δυσκαμψία της βάσης.

Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση εκτίμησης αντοχής εδάφους (λογισμικό 3DR STRAD) και βάσει των απαιτήσεων των Ευρωκωδίκων, η περιοχή χαρακτηρίζεται από έδαφος Κατηγορίας A, με επιτρεπόμενη τάση 250 kN/m^2 και δείκτη εδάφους $K_s = 50.000 \text{ kN/m}^3$. Η εμπειρία από παρόμοιες κατασκευές στην περιοχή έχει δείξει καλή συμπεριφορά έναντι σεισμικών δονήσεων και απουσία σημαντικών καθιζήσεων, γεγονός που συνηγορεί υπέρ της σταθερότητας και της επάρκειας της προτεινόμενης θεμελίωσης.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του υπό μελέτη κτιρίου είναι το 3DR STRAD. Πρόκειται για ένα σύγχρονο υπολογιστικό εργαλείο που επιτρέπει στον μελετητή την εκπόνηση τόσο στατικών όσο και δυναμικών αναλύσεων σε χωρικούς φορείς (τρισδιάστατα μοντέλα) από οπλισμένο σκυρόδεμα (Εικ. 24).

Το συγκεκριμένο λογισμικό ενσωματώνει τις διατάξεις των Ελληνικών Αντισεισμικών Κανονισμών (ΕΑΚ), τον Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ), καθώς και τους Ευρωκώδικες (EC2 και EC8), οι οποίοι απαιτούνται για την ολοκληρωμένη μελέτη της κατασκευής.

Επιπλέον, διαθέτει προηγμένες δυνατότητες που διευκολύνουν σημαντικά τη διαδικασία της μελέτης, όπως είναι η παραγωγή αναλυτικού τεύχους υπολογισμών και η αυτοματοποιημένη αναγνώριση και εισαγωγή δομικών στοιχείων (υποστυλώματα, δοκοί, τοιχώματα, πλάκες). Τέλος, η εισαγωγή της γεωμετρίας και η διαμόρφωση του προσομοιώματος πραγματοποιείται απευθείας εντός σχεδιαστικού περιβάλλοντος CAD (AutoCAD ή ProgeCAD), εξασφαλίζοντας ταχύτητα και ακρίβεια στον σχεδιασμό.



Εικόνα 24 : Τεχνικά χαρακτηριστικά και το περιβάλλον του προγράμματος. (Πηγή : <https://www.3dr.eu/Proionta/strad-oplismeno-skurodema/>).

3.1. Κανονισμοί.

Στο συγκεκριμένο λογισμικό, η ανάλυση και οι έλεγχοι πραγματοποιούνται βάσει των κανονιστικών διατάξεων που επιλέγει ο χρήστης ως απαραίτητες για την ορθή εκπόνηση της μελέτης. Κατά τη διαδικασία της ανάλυσης, εκτελούνται παράλληλα όλοι οι προβλεπόμενοι έλεγχοι.

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης, οι κανονισμοί που υποστηρίζει και εφαρμόζει το λογισμικό είναι οι εξής:

α) Αντισεισμικοί Κανονισμοί :

- Β.Δ. 1959 (Βασιλικό Διάταγμα)
- Π.Δ. (Προεδρικό Διάταγμα)
- Ν.Ε.Α.Κ. (Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός)
- Ε.Α.Κ. 2000/2003 (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός)
- Σ.Κ.Κ. (Κυπριακός Αντισεισμικός Κανονισμός)
- EC8 (Ευρωκώδικας 8)

β) Κανονισμοί Σκυροδέματος :

- Β.Δ. (Βασιλικό Διάταγμα)
- Ν.Ε.Κ.Ο.Σ. (Νέος Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος)
- Ε.Κ.Ο.Σ. 2000 (Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος)
- CYS 159 (Κυπριακό Πρότυπο)
- EC2 (Ευρωκώδικας 2)

γ) Κανονισμός Γεωτεχνικού Σχεδιασμού / Θεμελιώσεων :

- EC7 (Ευρωκώδικας 7)

δ) Κανονισμός Επεμβάσεων :

- ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Κανονισμός Επεμβάσεων, 2^η και 3^η αναθεώρηση)

Τέλος, οι συνδυασμοί δράσεων για τις Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (ULS) και Λειτουργικότητας (SLS) παράγονται και υπολογίζονται αυτόματα από το λογισμικό.

3.2. Αποτελέσματα.

Το λογισμικό 3DR STRAD παρέχει τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης της κατασκευής και του φορέα. Επιπλέον, παρουσιάζει τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων για όλα τα δομικά στοιχεία, για κάθε μεμονωμένη φόρτιση ή συνδυασμό φορτίσεων.

3.3. Τεύχος μελέτης.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας των στοιχείων του τεύχους, όπως είναι ο τίτλος και το γενικό κείμενο, καθώς και η δημιουργία πίνακα περιεχομένων.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

4.1. Κανόνες.

Σε παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους κανόνες και τις αρχές που πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης και του σχεδιασμού μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο. Το λογισμικό αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάλυσης και διαστασιολόγησης. Ο σχεδιασμός των φορέων πραγματοποιείται βάσει των ισχυόντων κανονισμών σκυροδέματος και αντισεισμικού σχεδιασμού, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα χρησιμοποιεί και υποστηρίζει πλήρως τους κανονισμούς που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Η ανάλυση της κατασκευής δύναται να πραγματοποιηθεί είτε με γραμμική μέθοδο (στατική ή δυναμική φασματική ανάλυση), είτε με μη γραμμική ανάλυση (Pushover). Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από τις απαιτήσεις του εκάστοτε κανονισμού και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του φορέα που προσομοιώνεται. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης ελέγχων επιρροών δεύτερης τάξης (P-Delta), στρεπτικής ευαισθησίας, ελέγχου μετακινήσεων και επάρκειας αρμών. Οι οπλισμοί των δομικών στοιχείων διαστασιολογούνται σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες και τα Εθνικά Προσαρτήματά τους.

Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης επεμβάσεων σε υφιστάμενους φορείς, επιτρέποντας την αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας και την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου ενίσχυσης. Ωστόσο, στην περίπτωση του υπό μελέτη κτιρίου, η διαδικασία αυτή δεν απαιτείται, καθώς πρόκειται για νέα κατασκευή.

4.2. Απαιτήσεις.

Οι κατασκευές πρέπει να σχεδιάζονται και να υλοποιούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη διάρκεια της οικονομικής ζωής τους να ικανοποιούν τα ακόλουθα:

- **Ασφάλεια και Φέρουσα Ικανότητα:** Να είναι σε θέση να παραλαμβάνουν με ασφάλεια όλες τις δράσεις και τις φορτίσεις που ενδέχεται να ασκηθούν κατά τη διάρκεια της ζωής τους, εξασφαλίζοντας τη στατική επάρκεια και αποτρέποντας την κατάρρευση.
- **Λειτουργικότητα:** Να ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις της χρήσης για την οποία προορίζονται, διασφαλίζοντας την άνεση των χρηστών και την ορθή λειτουργία των εγκαταστάσεων (περιορισμός παραμορφώσεων και δονήσεων).
- **Ανθεκτικότητα και Προστασία:** Να σχεδιάζονται με γνώμονα την αποφυγή αστοχιών και προστασία της ανθρώπινης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τήρησης αυστηρών προτύπων κατασκευής και της επιλογής υλικών υψηλής ποιότητας και αντοχής. Παράλληλα, η συστηματική συντήρηση θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη διατήρηση των ιδιοτήτων της κατασκευής στον χρόνο.

4.3. Μέθοδοι ανάλυσης.

Κατά την ανάλυση των κατασκευών, για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών, εφαρμόζονται οι εξισώσεις της στατικής ισορροπίας, ώστε οι εξωτερικές δράσεις και οι εσωτερικές αντιδράσεις να βρίσκονται σε πλήρη ισορροπία. Ταυτόχρονα, γίνεται χρήση της ελαστικής και της πλαστικής ανάλυσης, προκειμένου να διερευνηθεί η συμπεριφορά των υλικών υπό διαφορετικά επίπεδα φόρτισης και να καθοριστούν οι απαιτούμενες διαστάσεις και τα υλικά για την ασφαλή λειτουργία του έργου.

Πλαστική ανάλυση: Στη συγκεκριμένη ανάλυση εξετάζεται η συμπεριφορά της κατασκευής πέραν από του ορίου διαρροής, δηλαδή στην περιοχή των ανελαστικών παραμορφώσεων, πλησιάζοντας την οριακή κατάσταση αστοχίας. Σε αυτή την κατάσταση, οι εντάσεις σταθεροποιούνται (λόγω σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων) και δεν αυξάνονται αναλογικά με το φορτίο. Λόγω της σύνθετης συμπεριφοράς. Η εκτίμηση του φορτίου αστοχίας πραγματοποιείται μέσω ειδικών μεθοδολογιών (π.χ. Pushover).

Ελαστική ανάλυση: Η ανάλυση αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι η σχέση τάσης-παραμόρφωσης παραμένει γραμμική (Νόμος του Hooke). Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η χρήση απλούστερων μαθηματικών μοντέλων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται αξιόπιστος ο υπολογισμός των εσωτερικών μεγεθών και παραμορφώσεων για κατασκευές που παραμένουν εντός της ελαστικής περιοχής λειτουργίας.

Επιρροές παραμορφώσεων (Θεωρίες 1^{ης} και 2^{ης} Τάξης): Οι επιδράσεις των παραμορφώσεων λαμβάνονται υπόψη μέσω των θεωριών πρώτης και δεύτερης τάξης. Συγκεκριμένα, στη θεωρία πρώτης τάξης η ισορροπία εξετάζεται στην παραμορφωτή γεωμετρία, θεωρώντας ότι οι μετατοπίσεις είναι μικρές και δεν επηρεάζουν τα εντατικά μεγέθη. Αντιθέτως, στη θεωρία δεύτερης τάξης, λαμβάνονται υπόψη ότι οι μετατοπίσεις επηρεάζουν την ισορροπία του φορέα, οδηγώντας σε ανακατανομή των δυνάμεων και αύξηση των ροπών γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη λεπτομερή ανάλυση των καταπονήσεων.

Μάζες: Η προσομοίωση των μαζών στο μοντέλο γίνεται είτε με κατανεμημένο είτε με συγκεντρωμένο τρόπο, ώστε να προσδιορίζονται ορθά το κέντρο μάζας και οι ροπές αδράνειας του φορέα. Η σωστή κατανομή της μάζας είναι καθοριστικής σημασίας για τον ακριβή υπολογισμό των ιδιομορφών και των ιδιοπεριόδων της κατασκευής.

Δράσεις: Τα φορτία που επιδρούν στις κατασκευές διακρίνονται σε άμεσα και έμμεσα. Ανάλογα με τη χρονική τους μεταβλητότητα, κατηγοριοποιούνται (βάση Ευρωκώδικα 1) σε μόνιμες, μεταβλητές και τυχηματικές δράσεις (όπως σεισμός ή πυρκαγιά).

4.4. Στοιχεία του κτιρίου μελέτης.

Η υπό μελέτη κατασκευή αποτελείται από υπόγειο, το οποίο θα χρησιμοποιείται ως χώρος αποθήκευσης και ισόγειο που θα λειτουργεί ως κατάστημα. Στην ανωδομή προβλέπονται τρεις ακόμη όροφοι παρόμοιας κάτοψης, με διαστάσεις 16,05μ. x 10.75μ.

Το συνολικό ύψος της κατασκευής ανέρχεται 19.66μ. (Πίν. 8). Το ύψος της θεμελίωσης, σύμφωνα με τις παραδοχές του λογισμικού, ορίζεται στο 1,00μ. Για τη στάθμη του υπογείου, βάσει των προδιαγραφών του 3DR STRAD, ισχύει η σχέση

$h+1.00\mu.$, συνεπώς το τελικό ύψος του διαμορφώνεται στα 4,86μ. Το ισόγειο έχει ύψος 5.50μ., ενώ οι τρεις όροφοι έχουν ύψος 3.10μ. έκαστος. Συνολικά, οι στάθμες του κτιρίου (ισόγειο, υπόγειο και όροφοι) διαμορφώνονται από έξι πλάκες.

Πίνακας 8 : Παράρτημα από την τεχνική έκθεση του 3DR STRAD που περιγράφει και αναλύει τις στάθμες. (Πηγή: Τεχνική έκθεση 3DR STRAD).

ΣΤΑΘΜΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ (m)
1	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	1.00
2	ΥΠΟΓΕΙΟ	4.86
3	ΟΡΟΦΟΣ	10.36
4	ΟΡΟΦΟΣ	13.46
5	ΟΡΟΦΟΣ	16.56
6	ΟΡΟΦΟΣ	19.66

Στον 1^ο και 2^ο όροφο προβλέπονται τέσσερις πρόβολοι (εξώστες), οι οποίοι αναπτύσσονται στην μπροστινή και πίσω όψη αντίστοιχα. Στο τρίτο όροφο διαμορφώνονται τρεις πρόβολοι, οι οποίοι που μόνο στη πίσω όψη. Το πάχος, όλων των πλακών, συμπεριλαμβανομένων των προβόλων, είναι ίσο με $h=20\text{εκ}$. Η επιλογή αυτού του πάχους έγινε με στόχο τον περιορισμό των βέλων κάμψης και την αύξηση της ασφάλειας έναντι των αναμενόμενων σεισμικών δράσεων (διαφραγματική λειτουργία).

Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από υποστυλώματα και δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα, βάσει των Ευρωκωδίκων 2 και 8. Η διάταξη του φορέα εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων, ενώ η πιστή εφαρμογή του αντισεισμικού σχεδιασμού, εγγυάται τη μακροχρόνια λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα της κατασκευής.

4.5. Υλικά κατασκευής και Συντελεστές Ασφαλείας

- Κατηγορία σκυροδέματος: C25/30
- Κατηγορία χάλυβα οπλισμού: B500C
- Κατηγορία χάλυβα συνδετήρων: B500C
- Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος (γ_c): 1.50
- Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα (γ_s): 1.15

4.6. Φορτία Σχεδιασμού

1. Μόνιμα φορτία :

- Ειδικό βάρος οπλισμένου σκυροδέματος: 25 kN/m^3
- Γενικά μόνιμα φορτία (επιστρώσεις/γεμίσματα): 1.50 kN/m^2
- Επικάλυψη δαπέδων με μάρμαρο: 1.50 kN/m^2
- Επικάλυψη δαπέδων με ξύλινο: 1.50 kN/m^2
- Μόνωση δώματος: 1.50 kN/m^2
- Δρομική τοιχοποιία (γραμμικό φορτίο): 5.00 kN/m
- Διπλή δρομική τοιχοποιία (γραμμικό φορτίο): 9.00 kN/m

2. Κινητά φορτία:

- Φορτίο χρήσης πλακών (κατοικία/κατάστημα): 2.00 kN/m^2
- Φορτίο δώματος: 2.00 kN/m^2
- Φορτίο κλιμάκων & πλατύσκαλων: 3.50 kN/m^2
- Φορτίο εξωστών: 5.00 kN/m^2

- Φορτίο δαπέδου ισογείου: 2.00 kN/m²

4.7. Είδη πλακών.

Πίνακας 9 : Κατάταξη των πλακών ανάλογα το είδος της.

ΥΠΟΓΕΙΟ - ΙΣΟΓΕΙΟ - 1ος - 2ος - 3ος ΟΡΟΦΟΣ	
ΕΙΔΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	ΠΛΑΚΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
A	Π1, Π5
B	
Γ	Π2
Δ	Π3
Ε	
ΣΤ	Π6
Z	
Η	Π4
Θ	



Εικόνα 25 : Τύποι ειδών πλακών. (Πηγή : <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/>).

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

5.1. Εγκατάσταση και ο περιβάλλον χώρος του προγράμματος.

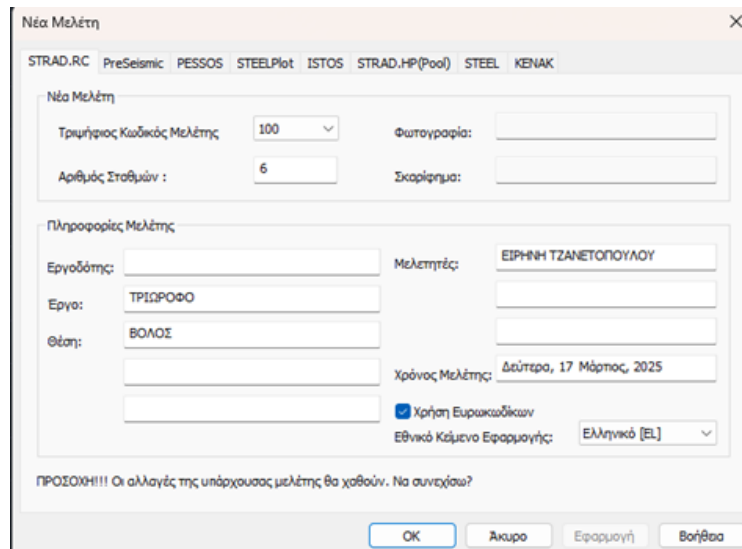
Το πρώτο βήμα για την έναρξη της χρήσης του προγράμματος 3DR STRAD είναι να η εγκατάστασή του στον υπολογιστή (Εικ. 26). Το λογισμικό μπορεί να λειτουργήσει σε συνεργασία με σχεδιαστικές πλατφόρμες, είτε με AutoCAD είτε με ProgeCAD. Στη προκειμένη περίπτωση, για την εκπόνηση της μελέτης, έχει χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον του AutoCAD.



Εικόνα 26 : Έναρξη προγράμματός. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

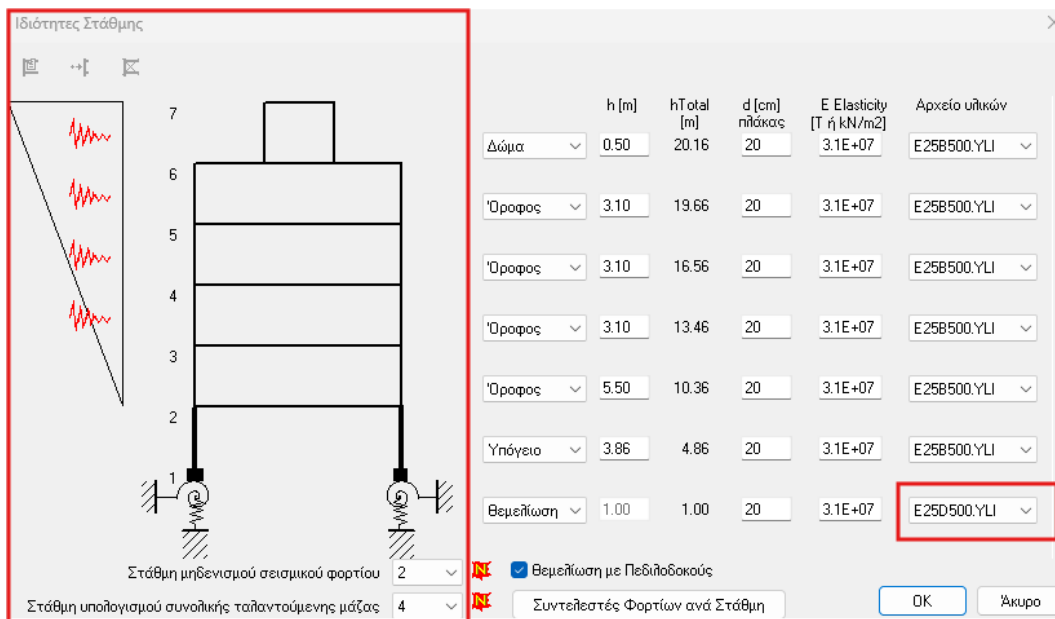
5.2. Δημιουργία μελέτης και καθορισμός σταθμών.

Το πρώτο βήμα κατά την είσοδο στο περιβάλλον του προγράμματος είναι η επιλογή της εντολής «Νέα Μελέτη» (Εικ. 27). Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται, καθορίζεται ο αριθμός των σταθμών, οι οποίες στην περίπτωση του υπό μελέτη κτιρίου είναι έξι. Στη συνέχεια, συμπληρώνονται τα αναγνωριστικά στοιχεία του έργου —όπως το όνομα του μελετητή και η τοποθεσία του έργου— και επιλέγεται η χρήση των Ευρωκωδίκων σε συνδυασμό με το Εθνικό Προσάρτημα (Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής).



Εικόνα 27 : Δημιουργία μελέτης στο περιβάλλον του προγράμματος. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

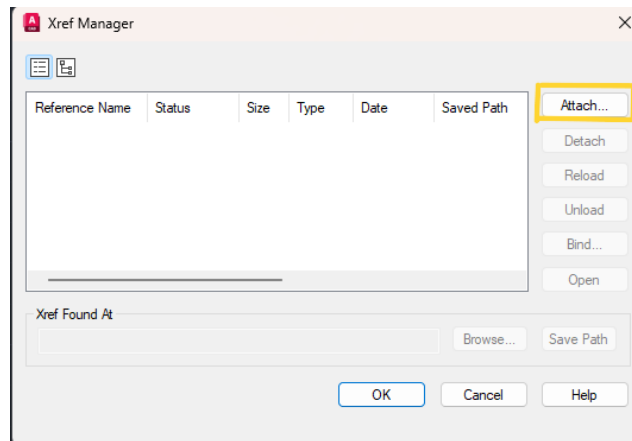
Το επόμενο και βασικό βήμα, πριν την έναρξη της εισαγωγής του φορέα, είναι η παραμετροποίηση των σταθμών (καθορισμός υψών) και η επιλογή των δεδομένων της κατασκευής (Εικ. 28).



Εικόνα 28 : Επεξεργασία σταθμών. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

5.3. Εισαγωγή Υποστυλώματα και Τοιχωμάτων.

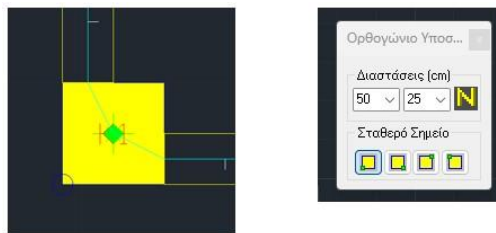
Στη συνέχεια, σε κάθε στάθμη εισάγεται ένα βοηθητικό σχέδιο ως υπόβαθρο (κάτοψη), με χρήση της εντολής **XREF** (Εικ. 29). Η διαδικασία πραγματοποιείται πληκτρολογώντας την εντολή **XREF** στη γραμμή εντολών του AutoCAD και επιλέγοντας την εντολή **Attach**, ώστε να εισαχθεί το αρχιτεκτονικό σχέδιο που αντιστοιχεί συγκεκριμένη στάθμη.



Εικόνα 29 : Εισαγωγή των σχεδίων στον περιβάλλον του 3DR Strad. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

Επί του υποβάθρου, ξεκινά η σχεδίαση των κατακόρυφων στοιχείων ακολουθώντας τη διαδρομή εντολών: **Μοντέλο – Υποστώλωμα – Ορθογώνιο**. Με την ενεργοποίηση της εντολής, εμφανίζεται παράθυρο που παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού των διαστάσεων και εισαγωγής των συντεταγμένων κάθε στοιχείου ως προς ένα σταθερό σημείο (Εικ. 30).

Στο υπό μελέτη κτίριο, οι διαστάσεις των κατακόρυφων στοιχείων ποικίλλουν, κυμαινόμενες από 50x50cm για τυπικά υποστυλώματα, έως 500x25cm για τοιχώματα (σεισμικά τοιχώματα), αναλόγως των στατικών απαιτήσεων κάθε στάθμης.

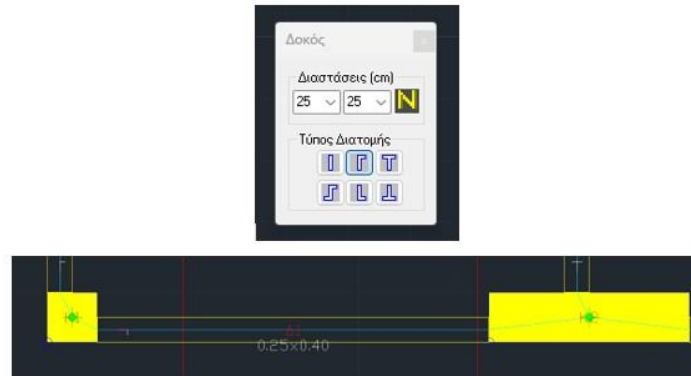


Εικόνα 30 : Τα στοιχεία του υποστυλώματος και η εμφάνιση του στο περιβάλλον του προγράμματος. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

5.4. Εισαγωγή Δοκών και Τοιχίων Υπογείου.

Μετά την ολοκλήρωση των υποστυλωμάτων, ακολουθεί η διαδικασία εισαγωγής των δοκών. Η μεθοδολογία είναι αντίστοιχη, ακολουθώντας τη διαδρομή εντολών: **Μοντέλο – Δοκοί – Σημεία**. Μέσω του σχετικού παραθύρου (Εικ. 31), παρέχεται η δυνατότητα καθορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων.

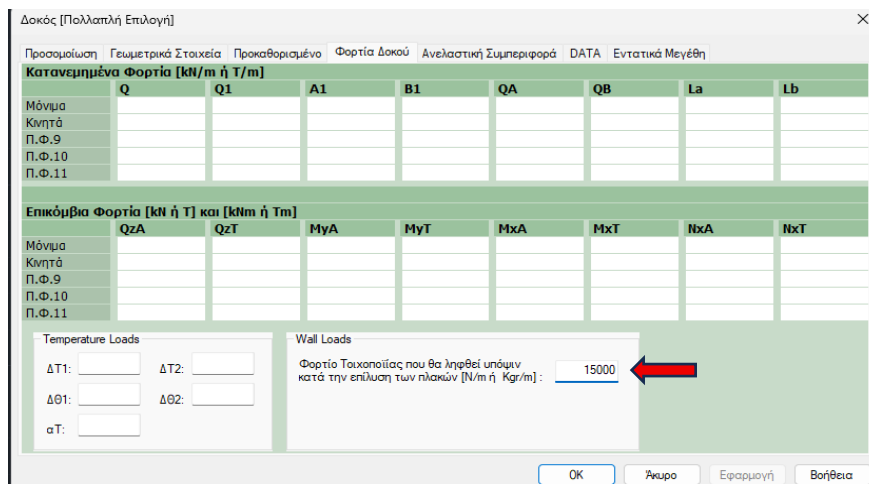
Η διαδικασία σχεδίασης ξεκινά από το πρώτο άκρο της δοκού (π.χ. κάτω δεξιά του υποστυλώματος K1). Στο παράθυρο που εμφανίζεται, ορίζονται οι διαστάσεις και ο τύπος της διατομής. Στη συνέχεια, επιλέγεται το δεύτερο άκρο (π.χ. κάτω δεξιά του υποστυλώματος K2), ολοκληρώνοντας τη δημιουργία του στοιχείου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για το σύνολο των δοκών του φορέα. Στη συγκεκριμένη μελέτη, οι διαστάσεις των δοκών κυμαίνονται από 25x25cm ενώ τα σεισμικά τοιχώματα φτάνουν σε διαστάσεις έως 25x286cm, προσδίδοντας την απαραίτητη δυσκαμψία στην κατασκευή.



Εικόνα 31 : Τα στοιχεία των δοκών και η εμφάνιση του στο περιβάλλον του προγράμματος. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

Στη καρτέλα των φορτίων δοκού, υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής, τροποποίησης ή μηδενισμού των φορτίων. Για την τοιχοποιία του κτιρίου της παρούσας διπλωματικής έχει επιλεγεί η τιμή 15.00 kN/m (Εικ. 32).

Όσον αφορά τη στάθμη 2, όπου χωροθετείται το υπόγειο, απαιτείται η δημιουργία περιμετρικών τοιχίων υπογείου. Η εισαγωγή τους γίνεται μέσω της εντολής: **Μοντέλο – Τοιχία υπογείου**. Αφού δημιουργηθούν, επιλέγονται και μέσω της εντολής «**Μοντέλο – Τοιχία υπογείου – Αλλαγή**», ορίζονται τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να «αντιγραφεί» και να προσαρμοστεί σωστά η γεωμετρία τους στη Στάθμη 1 (θεμελίωση).

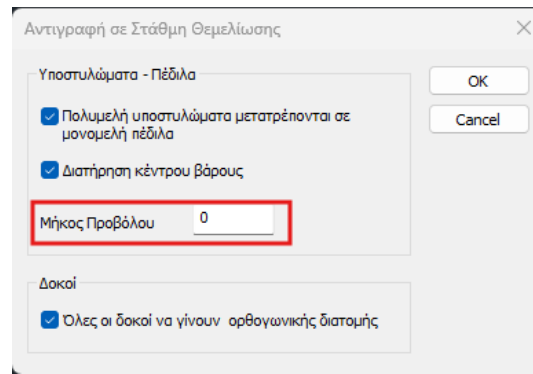


Εικόνα 32 : Φορτία δοκού. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

5.5. Διαμόρφωση Θεμελίωσης (Στάθμη 1).

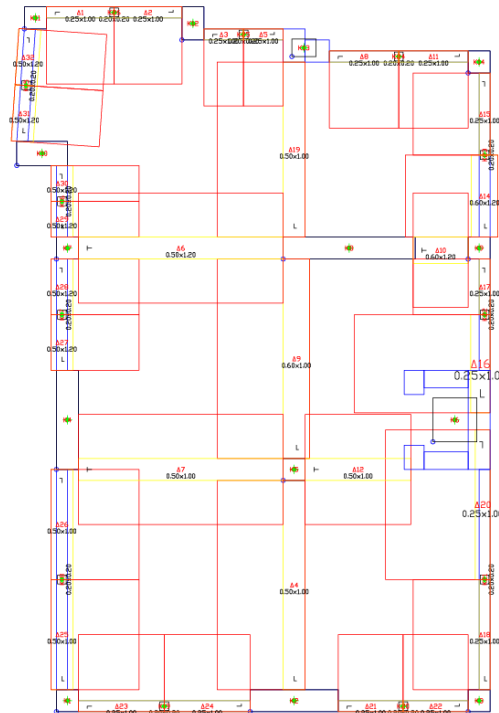
Έχοντας ολοκληρώσει την προετοιμασία της ανωδομής (Στάθμη 2), προχωρούμε στη δημιουργία της θεμελίωσης μέσω της εντολής: **Μοντέλο – Αντιγραφή επιπέδου κτιρίου**. Επιλέγουμε όλα τα στοιχεία της Στάθμης 2 και επιβεβαιώνουμε (Enter), δημιουργώντας έτσι τη Στάθμη 1.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, στο πεδίο «Μήκος Προβόλου», εισάγουμε την τιμή 0 (Εικ. 33). Η επιλογή αυτή γίνεται διότι η θεμελίωση θα διαμορφωθεί με πεδילוδοκούς (συνεχή πέδιλα) και όχι μεμονωμένα πέδιλα. Οι δοκοί που αντιγράφονται θα προσαρμοστούν στη συνέχεια στις διαστάσεις που έχουν επιλεγεί για τη θεμελίωση.



Εικόνα 33 : Αντιγραφή επιπέδου κτιρίου. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

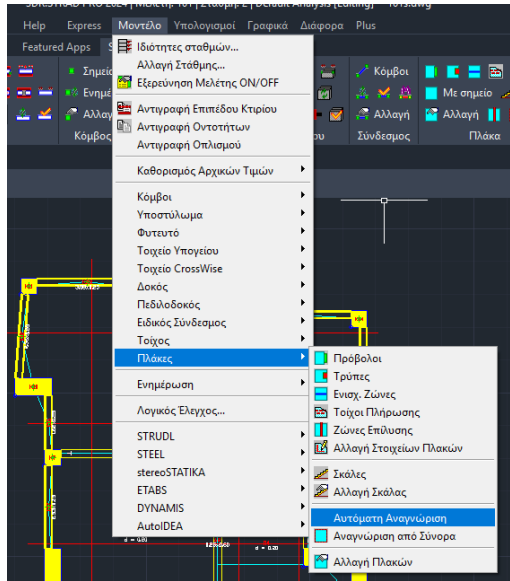
Στην στάθμη 1 (Εικ. 34) αφού πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες τροποποιήσεις ώστε να πληρούνται τα δεδομένα της μελέτης, ακολουθεί η διαδικασία ενημέρωσης και ελέγχου του μοντέλου. Η διαδικασία εκτελείται μέσω της εντολής: Μοντέλο – Ενημέρωση όλων – Λογικός Έλεγχος, ολοκληρώνοντας έτσι το πρώτο στάδιο της προσομοίωσης.



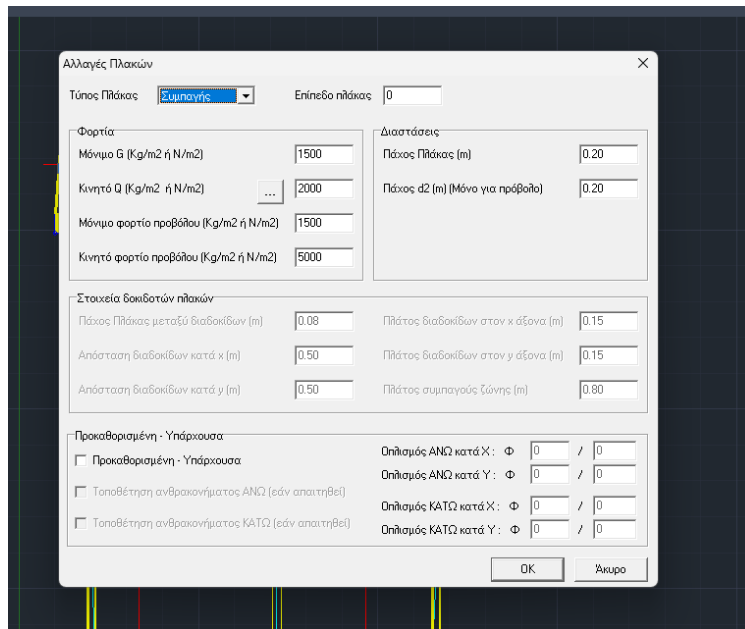
Εικόνα 34 : Στάθμη θεμελίωσης. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

5.6. Εισαγωγή Πλακών, Προβόλων και Κλιμάκων.

- Πλάκες :** Στο δεύτερο στάδιο της προσομοίωσης, πραγματοποιείται η εισαγωγή πλακών σε όλες τις στάθμες της ανωδομής (εξαιρείται η στάθμη της θεμελίωσης) (Εικ. 35). Η διαδικασία εκτελείται μέσω της εντολής: **Μοντέλο – Πλάκες – Αναγνώριση πλακών**. Σε περίπτωση που απαιτείται τροποποίηση του πάχους ή άλλων ιδιοτήτων, χρησιμοποιείται η εντολή: **Μοντέλο – Πλάκες – Αλλαγή** (Εικ. 36).



Εικόνα 35 : Αναγνώριση πλακών. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).



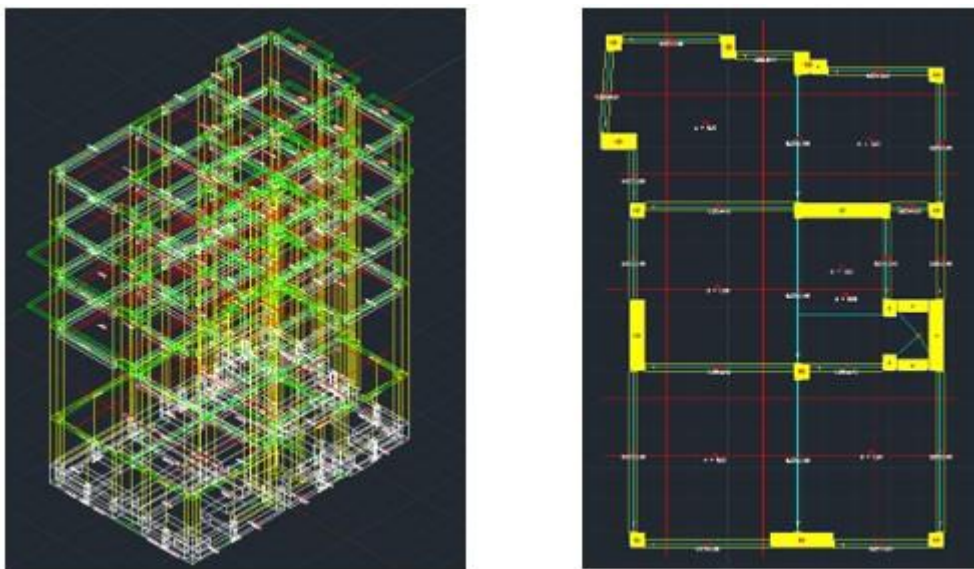
Εικόνα 36 : Καρτέλα επεξεργασίας στοιχείων των πλακών. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

- Πρόβολοι (Εξώστες) :** Οι πρόβολοι σχεδιάζονται στις στάθμες 4,5 και 6 του κτιρίου. Για την δημιουργία τους θα χρησιμοποιείται η εντολή: **Μοντέλο – Πρόβολοι**, μέσω της οποίας καθορίζονται οι γεωμετρικές του διαστάσεις. Η αναγνώριση των πλακών των προβόλων πραγματοποιείται με την ίδια διαδικασία που ακολουθείται για εσωτερικές πλάκες.
- Κλίμακες (Σκάλες):** Το κεντρικό κλιμακοστάσιο της κατασκευής ξεκινά από το υπόγειο και καταλήγει στη Στάθμη 6. Επιπλέον, στις Στάθμες 5 και 6, πέραν του κεντρικού κλιμακοστασίου, προβλέπεται και εσωτερική κλίμακα που συνδέει λειτουργικά τα δυο αυτά επίπεδα. Η σχεδίαση πραγματοποιείται μέσω της εντολής **Μοντέλο – Σκάλες**, επιλέγοντας το σημείο τοποθέτησης στην κάτωψη και ορίζοντας τις γεωμετρικές παραμέτρους (ρίχτι, πάτημα, πλατύσκαλο).

5.7. Ζώνες επίλυσης Πλακών.

Μετά την ολοκλήρωση της αναγνώρισης των πλακών και των προβόλων, απαιτείται η δημιουργία των ζωνών επίλυσης (Εικ. 37), ώστε να ολοκληρωθεί το στάδιο της προσομοίωσης του φορέα.

Οι ζώνες αυτές είναι απαραίτητες για την ανάλυση των πλακών σε κάθε στάθμη, καθώς μέσω αυτών καθορίζεται το πλέγμα υπολογισμού και υπολογίζεται ο απαιτούμενος οπλισμός. Η διαδικασία εκτελείται ακολουθώντας τη διαδρομή εντολών: **Μοντέλο – Πρόβολοι – Ζώνες επίλυσης**.

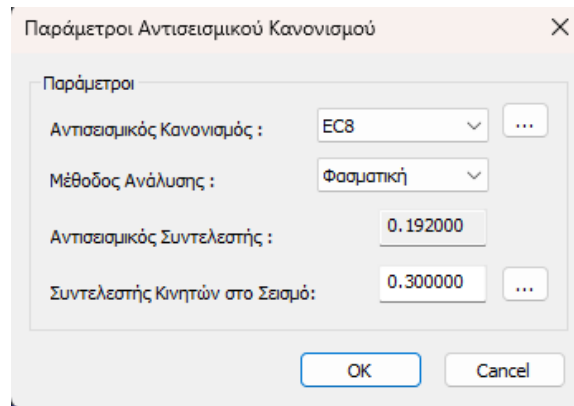


Εικόνα 37 : Κατασκευή των ζωνών επίλυσης. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

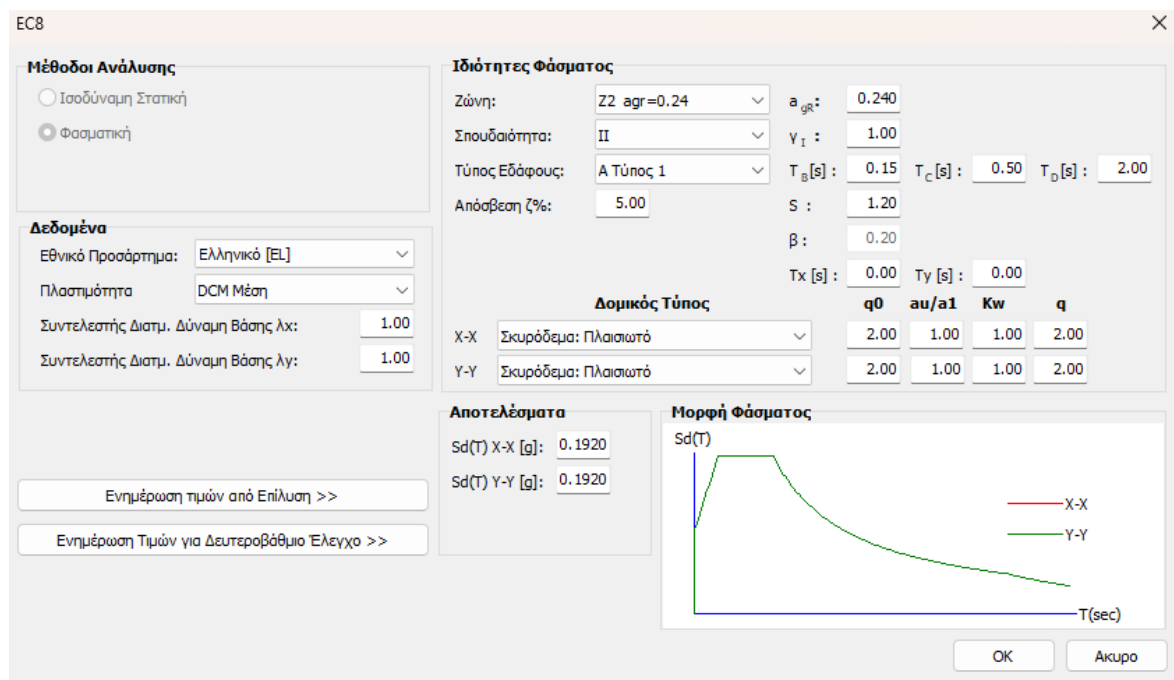
5.8. Διαδικασία Ελέγχων και Ανάλυσης.

Η διαδικασία των ελέγχων ακολουθεί μια συγκεκριμένη σειρά βημάτων, έως ότου εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσης του κτιρίου που μελετάμε.

- **Βήμα 1:** Επιλέγουμε από τη γραμμή των εργαλείων: **Υπολογισμοί – Αντισεισμικός σχεδιασμός** (Εικ. 38). Ως κανονιστικό πλαίσιο έχει επιλεγεί ο Ευρωκώδικας 8 (EC8) και η μέθοδος ανάλυσης είναι η δυναμική φασματική. Σε αυτό το στάδιο προσαρμόζονται οι συντελεστές συμφωνά με τα κριτήρια του κτιρίου, ώστε να υπολογιστεί σωστά ο συντελεστής συμπεριφοράς q (Εικ. 39).



Εικόνα 38 : Παράμετροι του αντισεισμικού σχεδιασμού. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).



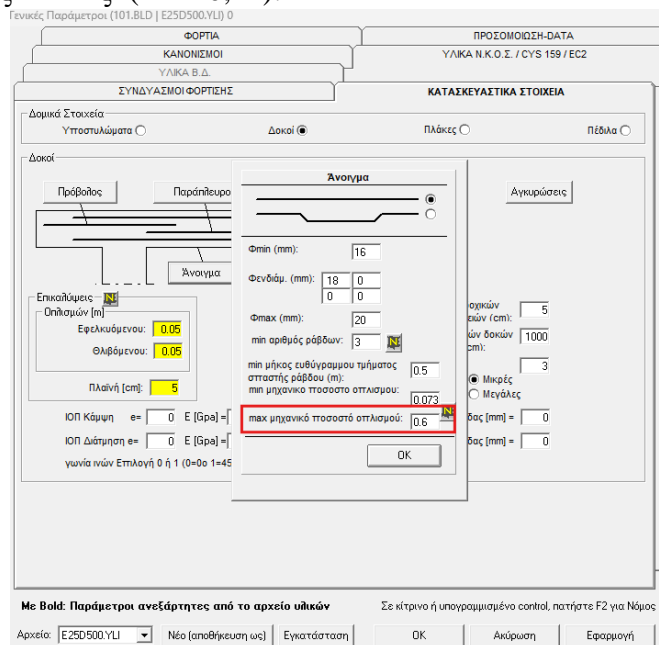
Εικόνα 39 : Παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

Ο Ευρωκώδικας 8 διακρίνει δυο κύρια επίπεδα πλαστιμότητας: την Μέση (DCM) και την υψηλή (DCH). Σύμφωνα με τον κανονισμό, η Υψηλή Πλαστιμότητα αντιστοιχεί συνήθως σε $q > 4$, ενώ η Μέση αντιστοιχεί σε $1.5 < q < 4$ (Πίν. 10). Βάσει της μελέτης του συγκεκριμένου κτιρίου (πλαισιακος φορέας), προέκυψε συντελεστής $q = 3.50$, συνεπώς η κατασκευή κατατάσσεται στην κατηγορία **Μέσης Πλαστιμότητας (DCM)**. Η κατηγορία σπουδαιότητας είναι II, με συντελεστή απόσβεσης 5.00% και Κατηγορία Εδάφους A.

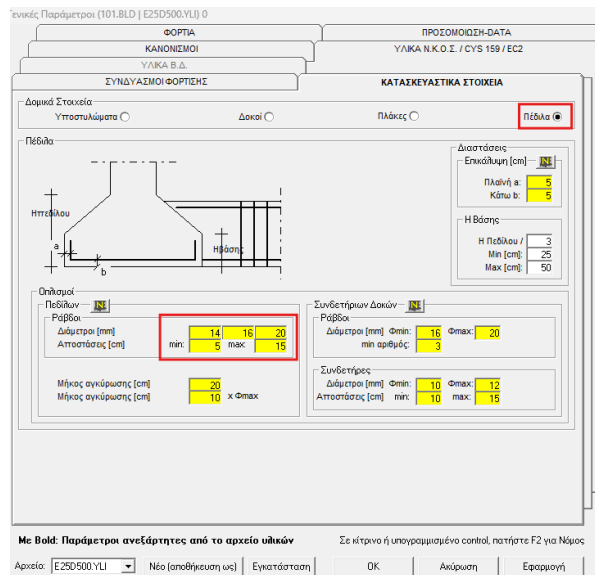
Πίνακας 10 : Βασικός συντελεστής πλαστιμότητας q_0 [EC8 §5.2.2.2]. (Πηγή : <https://www.ktiriaka.gr/default.asp?ch=739>).

Τύπος Στατικού Συστήματος	ΚΠΜ		ΚΠΥ	
	Κανονικό σε όψη	Μη κανονικό σε όψη	Κανονικό σε όψη	Μη κανονικό σε όψη
Φορέας ανεστραμμένου εκκρεμούς (6)	1.5	1.2	2.0	1.6
Στρεπτικά εύκαμπτος φορέας (7)	2.0	1.6	3.0	2.4
Τοιχωματικός φορέας με ασύζευκτα τοιχώματα [μερική περίπτωση(2)]	3.0	2.4	4.0au/a1	3.2au/a1
Πλαισιωτός φορέας (1), διπλό σύστημα (3), (4), σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων (2)	3.0au/a1	2.4au/a1	4.5au/a1	3.6au/a1

- Βήμα 2:** Ακολουθεί ο έλεγχος των Γενικών Παραμέτρων. Μέσω της διαδρομής **Υπολογισμοί – Γενικές Παράμετροι**, εμφανίζονται τα παράθυρα που επιτρέπουν την επεξεργασία των κατασκευαστικών στοιχείων και τυχόν τροποποιήσεις στα πεδία και τους δοκούς. (Εικ.40,41).

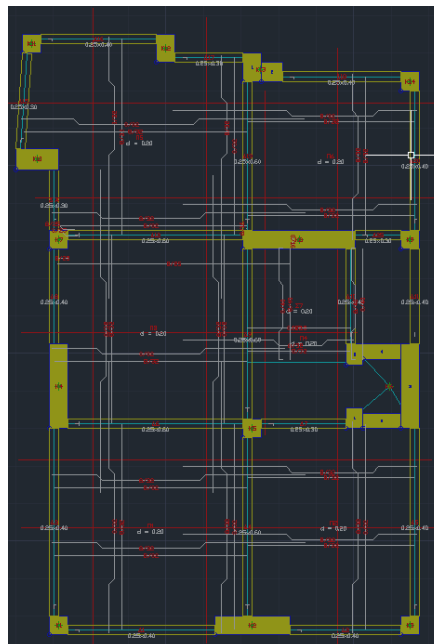


Εικόνα 40 : Γενικές παράμετροι- Κατασκευαστικά στοιχεία – Δοκοί – Άνοιγμα. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).



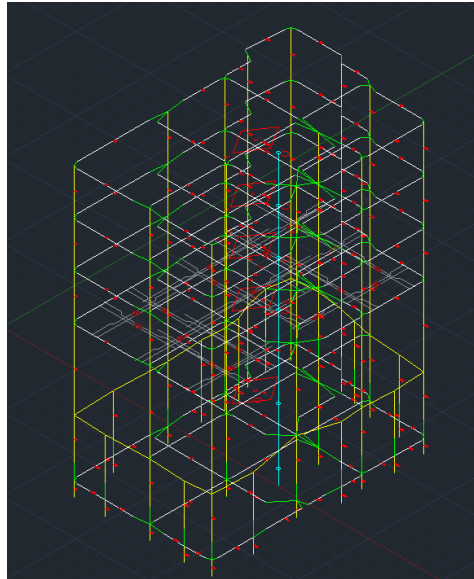
Εικόνα 41 : Γενικές παράμετροι- Κατασκευαστικά στοιχεία – Πέδιλα. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

- Βήμα 3:** Σε επομένη φάση ακολουθεί η ανάλυση των πλακών μέσω της επιλογής: **Υπολογισμοί – Πλάκες – Επίλυση πλακών – Εμφάνιση οπλισμών**. Με τη διαδικασία αυτή υπολογίζονται και εμφανίζονται οι απαιτούμενοι οπλισμοί. Το βήμα αυτό επαναλαμβάνεται σε όλες τις στάθμες όπου κρίνεται αναγκαίο (Εικ.42).



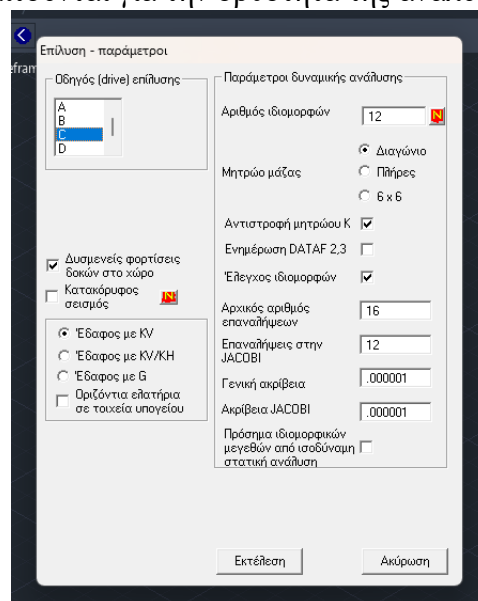
Εικόνα 42 : Ο οπλισμός του κτιρίου. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

- Βήμα 4:** Αφού αναγνωριστούν οι πλάκες και καθοριστεί ο οπλισμός τους, προχωράμε στον γενικό προέλεγχο της κατασκευής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία του χωρικού μοντέλου από την καρτέλα: **Υπολογισμούς – Χωρικό Μοντέλο** (βλ.Εικ.43).



Εικόνα 43: Χωρικό μοντέλο της κατασκευής. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

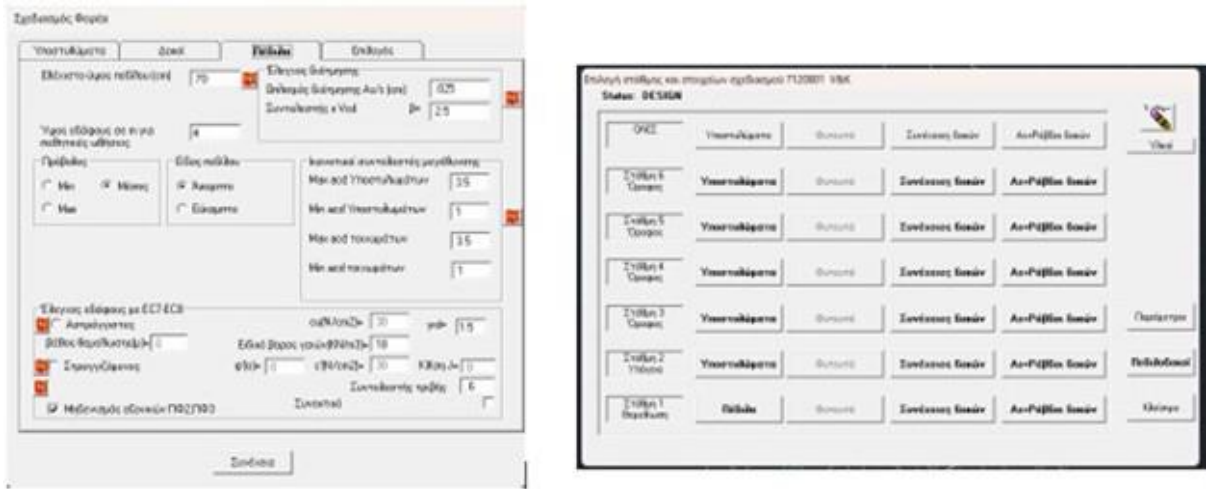
- **Βήμα 5:** Στο βήμα αυτό πραγματοποιείται η επίλυση της κατασκευής μέσω της εντολής: Υπολογισμοί – Επίλυση, λαμβάνοντας υπόψη και ρυθμίζοντας τυχόν παραμέτρους που απαιτούνται για την ορθότητα της ανάλυσης (Εικ. 44).



Εικόνα 44 : Επίλυση και παράμετροι. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

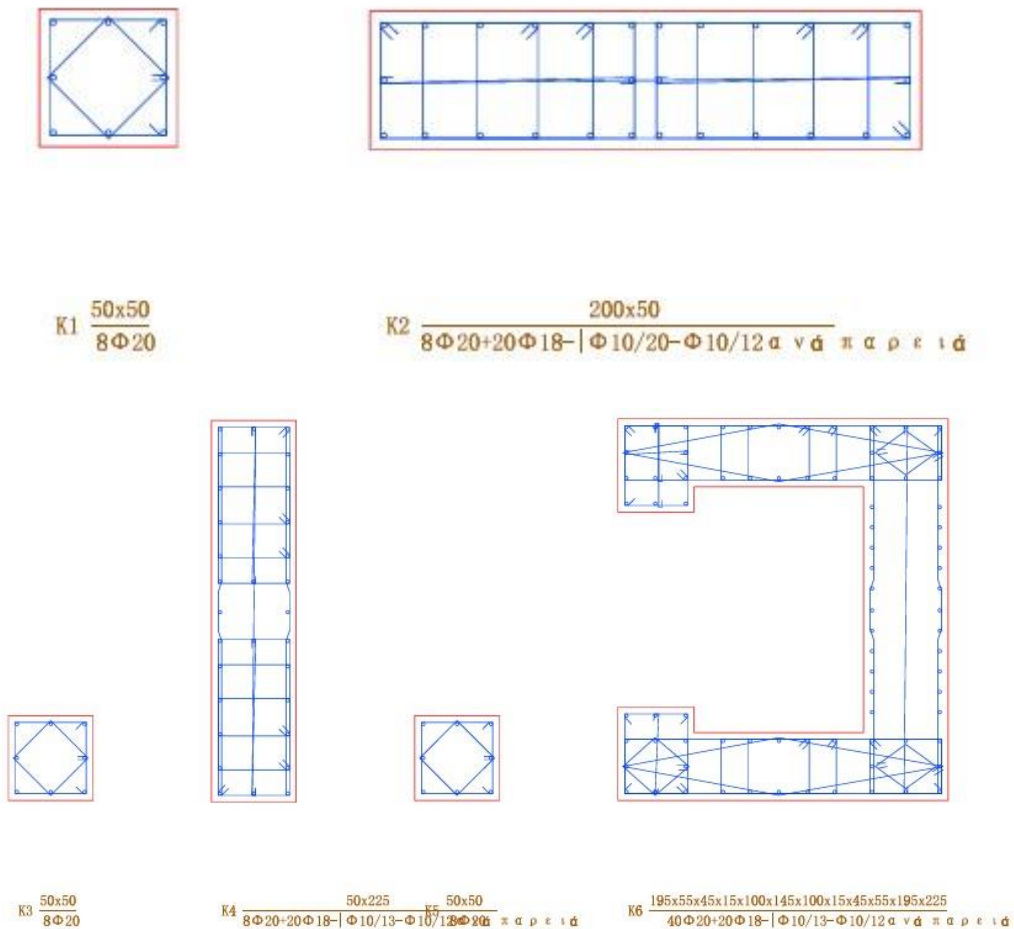
- **Βήμα 6:** Μετά την ολοκλήρωση της επίλυσης, διενεργείται έλεγχος του φορέα μέσω της επιλογής: Υπολογισμοί – Έλεγχος Φορέα. Τέλος, εκτελείται ο σχεδιασμός (διαστασιολόγηση) από τη διαδρομή Υπολογισμοί – Σχεδιασμός (Εικ. 45). Στο παράθυρο σχεδιασμού εμφανίζονται οι στάθμες και επιλέγονται τα δομικά στοιχεία, τα οποία υπολογίζονται ξεχωριστά. Μέσω αυτής της διεργασίας ελέγχεται η επάρκεια των διατομών (δοκών και υποστυλωμάτων) και η ορθότητα των ζωνών επίλυσης. Στη συγκεκριμένη ανάλυση, γίνεται βελτιστοποίηση των παραμέτρων για την επίτευξη αποτελέσματος.
- **Βήμα 7:** Στο τελικό στάδιο, και αφού έχουν οριστικοποιηθεί οι αλλαγές, μέσω της επιλογής Υπολογισμοί – BIM Reports, επιλέγονται τα απαραίτητα στοιχεία

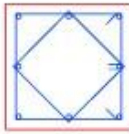
για τη δημιουργία του Τεύχους Υπολογισμών. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη χρήση της καρτέλας **Διαφορά – Δημιουργία Σχεδίων – STRADPLOT**. Με αυτόν τον τρόπο παράγονται τα τελικά σχέδια της κατασκευής και οι ξυλότυποι, τα οποία είναι έτοιμα προς εκτύπωση και αξιοποίηση (Εικ.46).



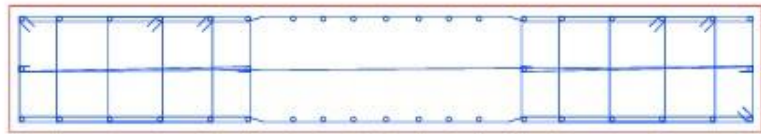
Εικόνα 45 : Σχεδιασμός και παράμετροι σχεδιασμού. (Πηγή : Περιβάλλον προγράμματος).

Παρακάτω εμφανίζονται τα εκτυπωμένα σχέδια του προγράμματος μέσω STRADPLOT.

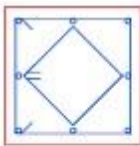




K7 $\frac{50 \times 50}{8 \Phi 20}$



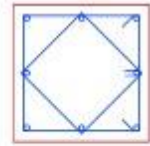
K8 $\frac{300 \times 50}{8 \Phi 20 + 20 \Phi 18 - | \Phi 10 / 13 - \Phi 10 / 12}$ ανά περίοδο



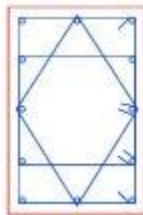
K9 $\frac{50 \times 50}{8 \Phi 20}$



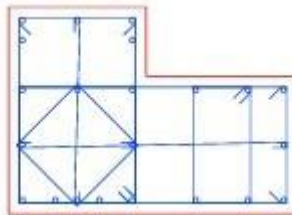
K10 $\frac{115 \times 55}{22 \Phi 20}$



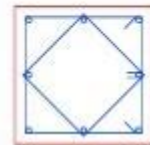
K11 $\frac{50 \times 50}{8 \Phi 20}$



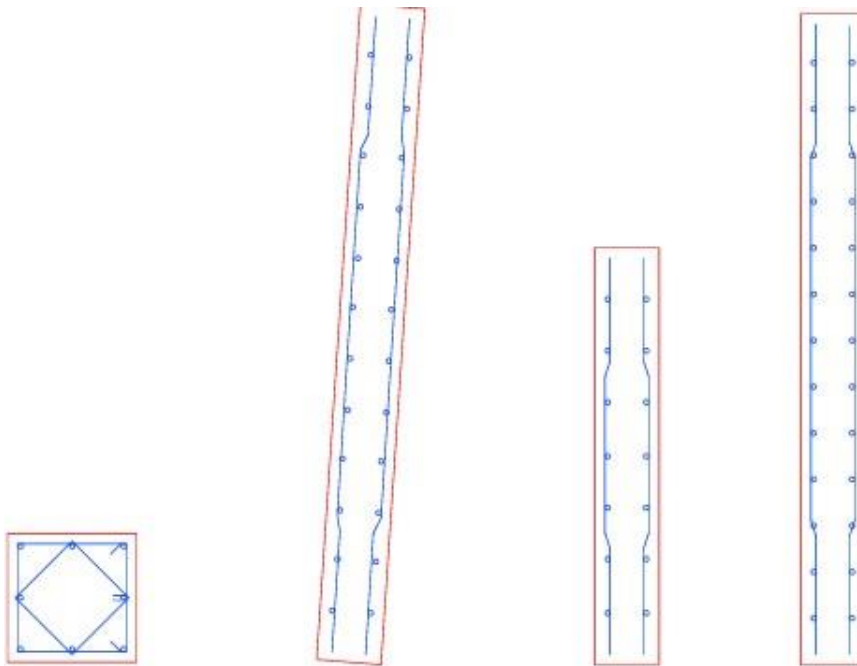
K12 $\frac{50 \times 75}{12 \Phi 20}$



K13 $\frac{105 \times 50 \times 55 \times 25 \times 50 \times 75}{22 \Phi 20}$



K14 $\frac{50 \times 50}{8 \Phi 20}$

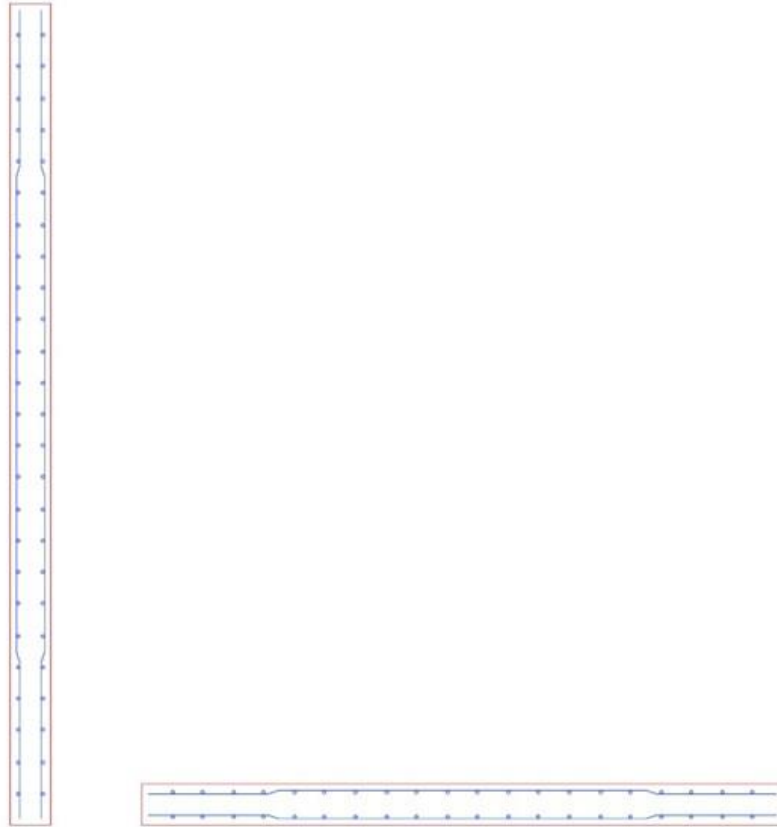


K14 $\frac{50 \times 50}{8 \Phi 20}$

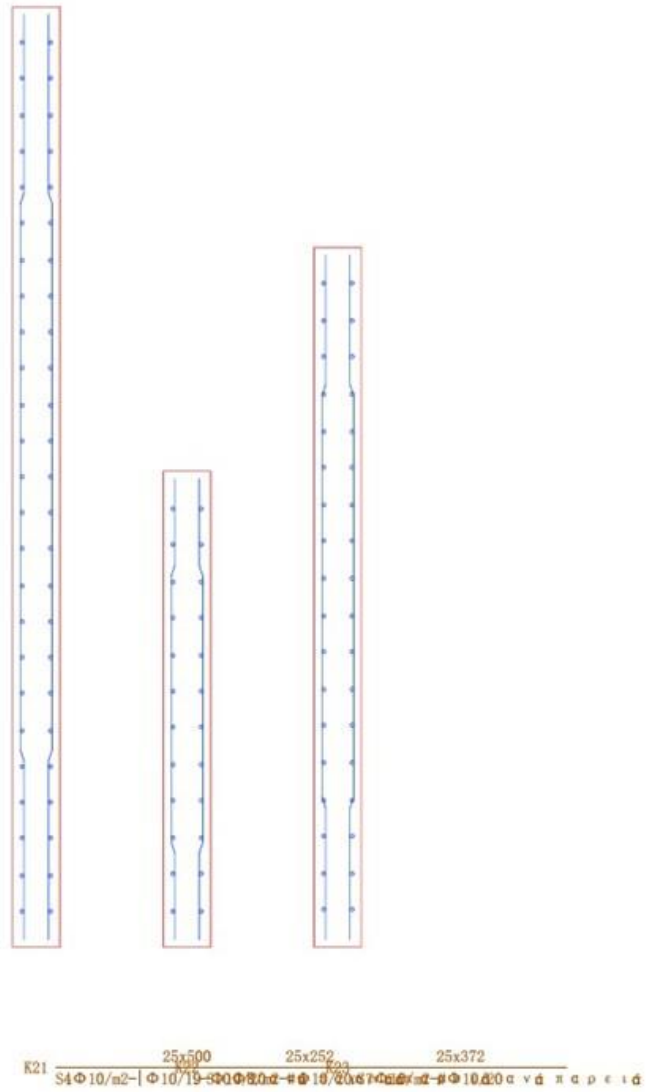
K15 $\frac{25 \times 256}{S8 \Phi 10/m2 - \# \Phi 10/20 \alpha \nu \acute{\alpha} \rho \epsilon \iota \acute{\alpha}}$ K16 $\frac{25 \times 162}{S4 \Phi 10/m2 - \# \Phi 10/20 \alpha \nu \acute{\alpha} \rho \epsilon \iota \acute{\alpha}}$ K17 $\frac{25 \times 162}{S4 \Phi 10/m2 - \# \Phi 10/20 \alpha \nu \acute{\alpha} \rho \epsilon \iota \acute{\alpha}}$



K20 $\frac{295 \times 25}{S7 \Phi 10/m2 - \# \Phi 10/20 \alpha \nu \acute{\alpha} \rho \epsilon \iota \acute{\alpha}}$



25x252 25x500 25x390
+ | ⌀ 10/18 - ⌀ 40/20 α | ⌀ 10/18 - ⌀ 40/20 α | ⌀ 10/18 - ⌀ 10/20 α γ δ ε ρ ε ι δ



Εικόνα 46 : Τα σχέδια όπως τα εμφανίζει το πρόγραμμα μέσω της εντολής STARDPLOT.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1. Ανάλυση με τη Μέθοδο Marcus.

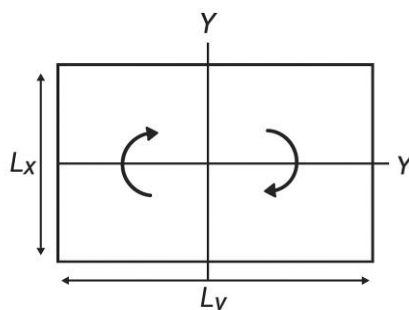
Η μέθοδος Marcus χρησιμοποιείται για την προσεγγιστική στατική ανάλυση ορθογωνικών πλακών οπλισμένου σκυροδέματος, αποτελώντας εξέλιξη της θεωρίας Rankine – Grashoff με την εισαγωγή διορθωτικών συντελεστών για τη συστροφή στις γωνίες. Η μέθοδος βασίζεται στη παραδοχή ότι η πλάκα αντικαθίσταται από δύο διασταυρωμένες λωρίδες μοναδιαίου πλάτους, οι οποίες τοποθετούνται κατά τις διευθύνσεις x και y και τέμνονται στο κέντρο της, έχοντας κοινό βέλος κάμψης στο σημείο αυτό (βλ. Εικ. 47).

Κάθε λωρίδα προσομοιώνεται ως γραμμικό στοιχείο (δοκός) και αναλύεται αναλόγως των συνθήκων στήριξης των άκρων της:

- **Αμφιέριστη:** Όταν και τα δύο άκρα θεωρούνται αρθρωτά (ελεύθερη στροφή).
- **Μόνοπακτη:** Όταν η λωρίδα είναι πακτωμένη στο ένα άκρο και αρθρωτή στο άλλο (συνέχεια πλάκας μόνο από τη μία πλευρά).
- **Αμφίπακτη:** Όταν η λωρίδα θεωρείται πακτωμένη και στα δύο άκρα (συνέχεια πλάκας εκατέρωθεν).

Η διαδικασία της μεθόδου εξελίσσεται στα ακόλουθα στάδια:

1. **Αντικατάσταση της πλάκας:** Η πλακοειδής επιφάνεια θεωρείται ότι λειτουργεί ως σύστημα δύο διασταυρωμένων λωρίδων (κατά τις διευθύνσεις x και y), οι οποίες έχουν κοινό βέλος κάμψης στο κέντρο.
2. **Κατηγοριοποίηση των λωρίδων:** Κάθε λωρίδα ταξινομείται με βάση τις γεωμετρικές της διαστάσεις και τις συνθήκες στήριξης στα άκρα της (στήριξη σε δοκό, συνέχεια με άλλη γειτονική πλάκα κ.λπ.).
3. **Ανάλυση των λωρίδων:** Κάθε λωρίδα αναλύεται ως δοκός, κατανέμοντας τα φορτία της πλάκας στις δύο διευθύνσεις (q_x , q_y) με βάση την απαίτηση ισότητας των βελών κάμψης στις διευθύνσεις x και y .
4. **Υπολογισμός ροπών:** Μετά την ανάλυση, παράγονται διαγράμματα ροπών κάμψης. Στη μέθοδο Marcus, οι ροπές αυτές διορθώνονται με κατάλληλους συντελεστές (συντελεστές Marcus) για να ληφθεί υπόψη η συστροφή των γωνιών και η μείωση της ροπής στο άνοιγμα, προσδιορίζοντας έτσι τον τελικό οπλισμό.



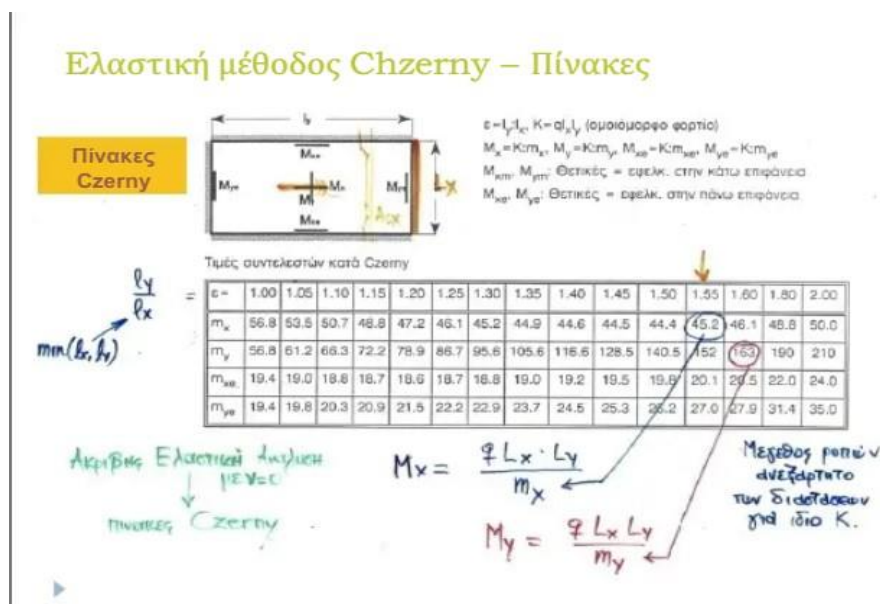
MARCUS METHOD

Εικόνα 47 : Διάταξη πλάκας με την μέθοδο Marcus. (Πηγή : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00161-022-01115-6>).

6.2. Ανάλυση με τη Μέθοδο Czerny.

Η μέθοδος Czerny αποτελεί μία από τις πλέον κλασικές και διαδεδομένες μεθόδους για τη στατική επίλυση ορθογωνικών πλακών οπλισμένου σκυροδέματος. Η μεθοδολογία της βασίζεται στη χρήση έτοιμων πινάκων με αδιάστατους συντελεστές ροπών, οι οποίοι προκύπτουν ανάλογα με τη γεωμετρία της πλάκας (λόγο πλευρών $\epsilon = l_y/l_x$) και τις συνθήκες στήριξης στα άκρα της (Εικ. 48).

Η εφαρμογή της μεθόδου δε απαιτεί πολύπλοκους μαθηματικούς υπολογισμούς, ενώ παρέχει άμεσα μια αξιόπιστη εικόνα της ελαστικής συμπεριφοράς των πλακών. Θεωρείται ιδιαίτερα εύχρηστη και γρήγορη, ενώ τα αποτελέσματά της χαρακτηρίζονται ως συντηρητικά (προς την πλευρά της ασφάλειας), οδηγώντας συχνά σε ελαφρώς αυξημένες τιμές ροπών και οπλισμού σε σύγκριση με μεθόδους που λαμβάνουν υπόψη την πλαστική ανακατανομή των εντάσεων.



Εικόνα 48 : Πίνακας Czerny για τετραέριστη πλάκα. (Πηγή : <https://www.slideserve.com/beau-ferrell/12>).

6.3. Σύγκριση των μεθόδων Marcus και Czerny.

Από τη σύγκριση των δυο μεθόδων προκύπτει ότι η **μέθοδος Marcus** αποτελεί μια προσεγγιστική τεχνική ανάλυσης πλακών, η οποία βασίζεται στη θεωρία των διασταυρούμενων λωρίδων (μέθοδος Rankine-Grashoff), την οποία εξελίσσει μέσω της χρήσης διορθωτικών συντελεστών. Με τον τρόπο αυτό, λαμβάνεται ρεαλιστικά υπόψη η συνεργασία της πλάκας και στις δυο κυρίες διευθύνσεις, καθώς και η επιρροή της στρεπτικής δυσκαμψίας στις γωνίες. Για τις συνθήκες αναλογίες πλευρών (l_x/l_y) και τις τυπικές συνθήκες στήριξης, η μέθοδος Marcus προσφέρει αξιόπιστα και πρακτικά αποτελέσματα ως προς την κατανομή των καμπτικών ροπών, γεγονός που εξηγεί την ευρεία εφαρμογή της στη μελέτη κτιριακών έργων.

Αντιθέτως, η μέθοδος Czerny βασίζεται στην «ακριβή» ελαστική ανάλυση της πλάκας (Θεωρία Ελαστικότητας) και αποδίδει με μεγαλύτερη ακρίβεια την κατανομή των ροπών και των παραμορφώσεων. Ωστόσο, επειδή αγνοεί την ανακατανομή των εντάσεων που συμβαίνει μετά τη ρηγμάτωση του σκυροδέματος, σε αρκετές περιπτώσεις οδηγεί σε αυξημένες τιμές ροπών σχεδιασμού σε σχέση με

προσεγγιστικές μεθόδους (όπως η Marcus). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε έναν πιο συντηρητικό και λιγότερο οικονομικό οπλισμό.

Συμπερασματικά, η μέθοδος Marcus μπορεί να θεωρηθεί ως μια πρακτική, ημι-εμπειρική προσέγγιση, η οποία διατηρεί υψηλό επίπεδο ασφάλειας ενώ ταυτόχρονα απλοποιεί σημαντικά τους υπολογισμούς. Η επιλογή της είναι συμβατή με τη φιλοσοφία των σύγχρονων κανονισμών (Ευρωκώδικες 2 και 8), οι οποίοι επιτρέπουν τη χρήση τεκμηριωμένων προσεγγιστικών μεθόδων, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνεται επαρκώς υπόψη η αλληλεπίδραση πλακών και δοκών, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την οικονομική διαστασιολόγηση της κατασκευής.

6.4. Γεωμετρικά Στοιχεία και Φόρτια Δομικών Μελών.

Το παρόν κεφάλαιο αφορά την παρουσίαση γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων (υποστυλώματα, δοκοί, πλάκες) της κατασκευής που εξετάζεται καθώς και των φορτίων που αυτά παραλαμβάνουν. Τα στοιχεία αυτά περιγράφουν το προσομοίωμα που αναλύθηκε μέσω του λογισμικού 3DR STRAD και αποτέλεσαν τη βάση για τη διεξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων (εντατικά μεγέθη, οπλισμοί).

Οι αναλυτικοί πίνακες με τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρατίθενται στα Παραρτήματα της παρούσας εργασίας, όπως ακριβώς εξήχθησαν από την τεχνική έκθεση υπολογισμών που παρήγαγε το λογισμικό.

6.5. Αποτελέσματα Θεμελίωσης.

Η θεμελίωση της κατασκευής υλοποιήθηκε με σύστημα πεδילוδοκών (εσχάρα θεμελίωσης), ακολουθώντας τις απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων EC2 και EC8. Για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο της θεμελίωσης, ελήφθη υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι και αποτελέσματα:

- **Φέρουσα ικανότητα εδάφους:** Οι τάσεις έδρασης που αναπτύσσονται κάτω από τις πεδילוδοκούς κυμαίνονται μεταξύ 150 – 200 kN/m². Οι τιμές αυτές είναι μικρότερες από την επιτρεπόμενη τάση εδάφους ($\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$, Πίν. 11). Συνεπώς, δεν υφίσταται κίνδυνος υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας ή διατμητική αστοχίας εδάφους.
- **Καθιζήσεις:** Οι καθιζήσεις που υπολογίστηκαν από το λογισμικό, σε συνάρτηση με το μέτρο αντίδρασης (δείκτη) του εδάφους, κυμαίνονται εντός των αποδεκτών ορίων. Βάσει των αποτελεσμάτων, δεν αναμένονται έντονες διαφορικές καθιζήσεις ικανές να επηρεάσουν τη στατική επάρκεια ή τη λειτουργία του φορέα.
- **Αλληλεπίδραση Ανωδομής και Θεμελίωσης:** Η κατανομή των φορτίων στη θεμελίωση είναι ομοιόμορφη, γεγονός που οφείλεται στη συμμετρία της κάτοψης και στην κανονικότητα του φορέα. Επιπλέον, η ισχυρή ακαμψία των πεδילוδοκών εξασφαλίζει τη σωστή σύνδεση των κατακόρυφων στοιχείων, συμβάλλοντας στην ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων και στον περιορισμό των στροφών και των παραμορφώσεων στη βάση της κατασκευής.

Πίνακας 11 : Δεδομένα εδάφους θεμελίωσης. (Πηγή: Τεχνική έκθεση 3DR STRAD).

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΔΑΦΟΥΣ		
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	250	kN/m ²
ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ K _s	50.000	kN/m ³
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (EC8)	A	-
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ E	10000.00	kN/m ²
ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	3.00	-

6.6. Αποτελέσματα οπλισμών.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης και οι προτάσεις όπλισης των δομικών στοιχείων, όπως προέκυψαν από το λογισμικό 3DR STRAD και επαληθεύτηκαν όπου απαιτήθηκε (π.χ. έλεγχος πλακών).

Πλάκες: Για τις πλάκες, ο απαιτούμενος οπλισμός κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα, επιβεβαιώνοντας την επάρκεια του επιλεγμένου πάχους των 20 cm. Η συνήθης διάταξη περιλαμβάνει οπλισμό με ράβδους Φ8, με αποστάσεις που ποικίλλουν ανάλογα με την ένταση (π.χ. Φ8/15 στις περιοχές μεγάλων ροπών). Παρατηρείται μεγαλύτερη πύκνωση του οπλισμού στις πλάκες με μεγάλα ανοίγματα και στις στηρίξεις (άνω οπλισμός), ενώ στις λιγότερο καταπονημένες περιοχές και ως οπλισμός διανομής τοποθετούνται ράβδοι σε μεγαλύτερες αποστάσεις (έως και Φ8/30). Οι παραμορφώσεις (βέλη κάμψης) παραμένουν εντός των επιτρεπτών ορίων.

Δοκοί: Οι δοκοί παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις σε διαμήκη οπλισμό, ιδιαίτερα στις χαμηλότερες στάθμες. Στις εφελκόμενες ίνες (κάτω ίνες στα ανοίγματα, άνω ίνες στις στηρίξεις) τοποθετούνται ράβδοι διαμέτρου Φ16 έως Φ20 (π.χ. 4Φ16, 2Φ20 κ.λπ.), ανάλογα με το διάγραμμα ροπών. Οι συνδετήρες (εγκάρσιος οπλισμός Φ8 ή Φ10) τοποθετούνται σε πυκνότερη διάταξη (μικρότερα διαστήματα) στις κρίσιμες περιοχές κοντά στα υποστυλώματα, εξασφαλίζοντας την παραλαβή των τεμνουσών δυνάμεων και τον απαιτούμενο εγκιβωτισμό, σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό.

Υποστυλώματα και Τοιχώματα: Στα κατακόρυφα στοιχεία, η ανάγκη για διαμήκη οπλισμό είναι εντονότερη στους κατώτερους ορόφους, όπου συγκεντρώνονται τα μέγιστα αξονικά φορτία. Οι διατάξεις περιλαμβάνουν συνήθως 8 έως 12 ράβδους διαμέτρου Φ16 ή Φ20, ανάλογα με τη γεωμετρία της διατομής. Οι συνδετήρες τοποθετούνται με μικρή απόστασή στις κρίσιμες περιοχές (πόδας και κεφαλή υποστυλώματος) για την εξασφάλιση της πλαστιμότητας (κατηγορία DCM). Η μείωση του οπλισμού στους ανώτερους ορόφους αντικατοπτρίζει την ορθή κατανομή και απομείωση των φορτίων καθ' ύψος.

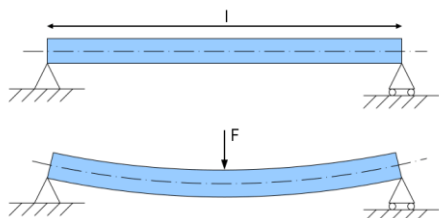
Θεμελίωση: Στη θεμελίωση, και συγκεκριμένα στις πεδילוδοκούς, παρατηρείται ισχυρή όπλιση με ράβδους διαμέτρου Φ14 έως Φ20, λόγω των σημαντικών φορτίων που μεταφέρονται στο έδαφος και της ανάγκης για ακαμψία. Οι αναπτυσσόμενες τάσεις στο έδαφος παραμένουν χαμηλότερες από την επιτρεπόμενη τιμή, και ο τοποθετούμενος οπλισμός υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις ασφαλείας.

Συνολικά, οι οπλισμοί που προέκυψαν κρίνονται ρεαλιστικοί και συμβατοί με τις σύγχρονες κατασκευαστικές πρακτικές, ακολουθώντας τη λογική της μείωσης των απαιτήσεων από τις κατώτερες προς τις ανώτερες στάθμες.

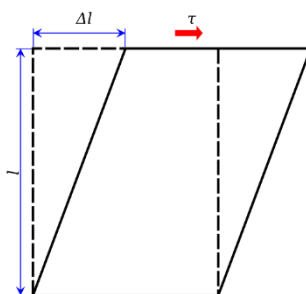
6.7. Αποτελέσματα Ελέγχων Ασφαλείας και Λειτουργικότητας.

Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης του φέροντος οργανισμού, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι έλεγχοι ασφαλείας και λειτουργικότητας σύμφωνα με τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων EC2 και EC8. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ως εξής:

- **Έλεγχοι αντοχής (ULS : Ultimate Limit State):** Όλοι οι έλεγχοι των δομικών στοιχείων έναντι κάμψης (Εικ. 49), διάτμησης (Εικ. 50) και αξονικών δυνάμεων κρίθηκαν ικανοποιητικοί. Οι οπλισμοί που προτάθηκαν και υπολογίστηκαν από το λογισμικό επαρκούν πλήρως για την κάλυψη των απαιτήσεων αντοχής σε κάθε εξεταζόμενο μέλος του φορέα.

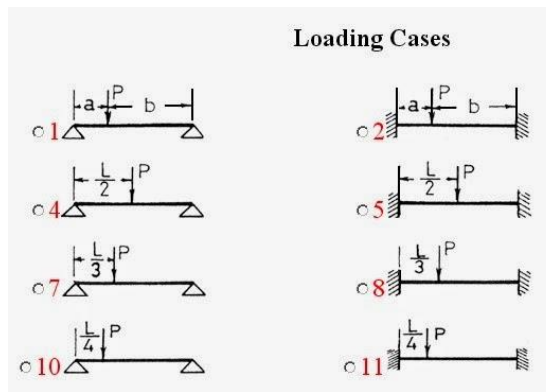


Εικόνα 49 : Κάμψη δοκού. (Πηγή : <https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/MRE250/02>).



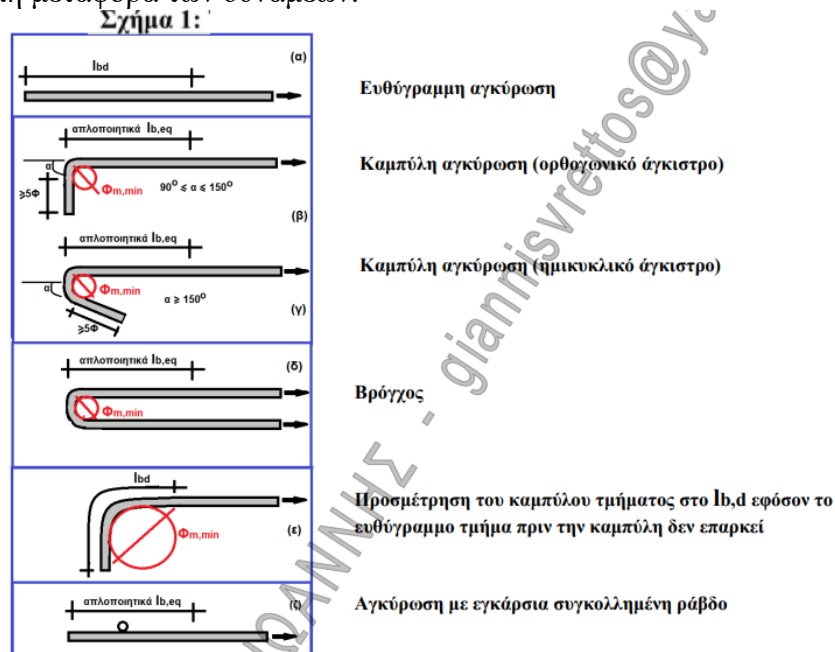
Εικόνα 50 : Αποτέλεσμα διάτμησης. (Πηγή : <https://el.wikipedia.org/wiki/>).

- **Έλεγχοι Λειτουργικότητας (SLS : Serviceability Limit State):** Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι τα βέλη κάμψης (παραμορφώσεις) στις πλάκες και τις δοκούς παραμένουν εντός των επιτρεπτών ορίων (Εικ. 51). Συνεπώς, δεν αναμένονται προβλήματα λειτουργικότητας ή υπερβολικής ρηγματώσεως πέραν των ορίων που θέτουν οι κανονισμοί.



Εικόνα 51 : Βέλη κάμψης σε δοκούς. (Πηγή : https://www.researchgate.net/figure/Details-of-the-numerical-examples-1-2-and-3_tbl1_385595013).

- **Ελάχιστος Οπλισμός ($A_{s,min}$):** Το πρόγραμμα πραγματοποίησε έλεγχο σε όλα τα δομικά στοιχεία και διαπιστώθηκε η αυστηρή τήρηση των ελάχιστων ποσοστών οπλισμού. Οι απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 2 (EC2) έχουν καλυφθεί, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη πλαστιμότητα και τον περιορισμό του εύρους των ρωγμών.
- **Αγκυρώσεις και Μήκη Επικάλυψης:** Οι υπολογισμοί περιλαμβάνουν τους ελέγχους για τα απαιτούμενα μήκη αγκύρωσης και τα μήκη μάτισης (επικάλυψης) των ράβδων οπλισμού (Εικ. 52). Οι διατάξεις που προέκυψαν είναι κατασκευαστικά υλοποιήσιμες και πληρούν όλες τις κανονίστηκες απαιτήσεις για την ασφαλή μεταφορά των δυνάμεων.



Εικόνα 52 : Διάφοροι τρόποι αγκύρωσης. (Πηγή : <https://mpeton2.weebly.com/uploads/2/3/7/7/23778197/>).

- **Θεμελίωση:** Πραγματοποιήθηκε έλεγχος των πεδילוδοκών έναντι κάμψης και διάτμησης, καθώς και έλεγχος επάρκειας των διατομών τους. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις έδρασης στο έδαφος είναι μικρότερες από την επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα, εξασφαλίζοντας την ασφαλή θεμελίωση της κατασκευής χωρίς κίνδυνο αστοχίας τους εδάφους.

7. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Η μελέτη του κτιρίου επί της οδού Γλάδστωνος ολοκληρώθηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές των ισχυόντων κανονισμών, δηλαδή του Ευρωκώδικα 2 (EC2) για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και του Ευρωκώδικα 8 (EC8) για τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Από την ανάλυση και τους ελέγχους που διενεργήθηκαν, προκύπτει ότι η κατασκευή διαθέτει την απαιτούμενη στατική επάρκεια, αντοχή και πλαστιμότητα.

Ειδικότερα:

- **Πλάκες (Μέθοδος Marcus):** Η εφαρμογή της μεθόδου Marcus για την επαλήθευση των πλακών κατέδειξε ότι τα στοιχεία αυτά παραλαμβάνουν και μεταβιβάζουν ασφαλώς τα επιβαλλόμενα φορτία στα κατακόρυφα στοιχεία. Δεν παρατηρήθηκαν υπερβολικές παραμορφώσεις ή τοπικές αστοχίες, γεγονός που επιβεβαιώνει την ορθότητα της διαστασιολόγησης και του επιλεγμένου πάχους.
- **Δοκοί και Υποστυλώματα:** Η διαστασιολόγηση των γραμμικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε ώστε να ανταποκρίνονται πλήρως στους συνδυασμούς φορτίσεων (μόνιμα, κινητά, σεισμικά). Οι επιλεγμένες διατομές και οι διατάξεις οπλισμού (Παράρτημα – Τεχνική Έκθεση 3DR STRAD) εξασφαλίζουν την απαιτούμενη αντοχή και την ικανότητα του φορέα να αναπτύξει την απαραίτητη πλαστιμότητα (κατηγορία DCM, $q = 3.50$).
- **Σεισμική Συμπεριφορά:** Η δυναμική φασματική ανάλυση κατέδειξε ικανοποιητική κατανομή ακαμψιών και μαζών, με αποτέλεσμα την ομαλή απόκριση του φορέα στη σεισμική δράση. Οι οριζόντιες μετακινήσεις των ορόφων παραμένουν εντός των αυστηρών ορίων του κανονισμού, εξασφαλίζοντας τον περιορισμό των βλαβών στα μη φέροντα στοιχεία. Επιπλέον, οι έλεγχοι για φαινόμενα 2^{ης} τάξης (P-Delta) και στρεπτικής ευαισθησίας δεν υπέδειξαν κίνδυνο αστάθειας.
- **Θεμελίωση:** Η θεμελίωση κρίνεται ασφαλής, καθώς οι αναπτυσσόμενες τάσεις έδρασης στο έδαφος παραμένουν χαμηλότερες από την επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα. Η επιλογή του συστήματος των πεδילוδοκών (εσχάρα θεμελίωσης) εξασφαλίζει την ισχυρή σύνδεση των υποστυλωμάτων στη βάση, την ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων και την αποφυγή διαφορικών καθιζήσεων.

Συνολικό Συμπέρασμα: Το κτίριο κρίνεται στατικά επαρκές και αντισεισμικά αξιόπιστο. Όλα τα δομικά στοιχεία (πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα) ικανοποιούν τους ελέγχους Οριακής Κατάστασης Αστοχίας (ULS) και Λειτουργικότητας (SLS). Η γενική εικόνα του φορέα είναι ισορροπημένη, συνδυάζοντας την απαιτούμενη δυσκαμψία για τον περιορισμό των παραμορφώσεων με την απαραίτητη πλαστιμότητα για την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Beton-Arme.gr. (n.d.). *Τα βασικά του οπλισμένου σκυροδέματος: σύνθεση και χρήση*. Διαθέσιμο στο: <https://beton-arme.gr/ta-vasika-tou-oplismenou-skyrodematos-synthesi-kai-chrisi> (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Μαρτίου 2025).
- BuildingHow. (n.d.). *Slabs – Analysis using tables*. Διαθέσιμο στο: <https://buildinghow.com/en-us/Products/Books/Volume-B/Slabs/Analysis-using-tables> (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Μαρτίου 2025).
- BuildingHow. (n.d.). *Δοκοί και υποστυλώματα*. Διαθέσιμο στο: <https://buildinghow.com/el-gr/Προϊόντα/Βιβλία/Τόμος-Α/Ο-σκελετός-του-κτιρίου/Λειτουργία-σκελετού/Δοκοί-και-υποστυλώματα> (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Μαρτίου 2025).
- Delta Engineering. (2021, 22 Ιανουαρίου). *Αντισεισμικός σχεδιασμός και σεισμική συμπεριφορά κατασκευών*. Διαθέσιμο στο: <https://www.deltaengineering.gr/αντισεισμικός-σχεδιασμός-και-σεισμι> (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Μαρτίου 2025).
- EgialeasCiv. (2023, 17 Φεβρουαρίου). *Μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος και σεισμικός σχεδιασμός του σκυροδέματος*. Διαθέσιμο στο: <https://egialeasciv.gr/2023/02/17/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 29 Απριλίου 2025).
- EgialeasCiv. (2023, 1 Μαρτίου). *Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού και χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος*. Διαθέσιμο στο: <https://egialeasciv.gr/2023/03/01/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 29 Απριλίου 2025).
- Engineering Apps. (2014, 14 Απριλίου). *Βέλη κάμψης σε δοκούς ενός ανοίγματος*. Διαθέσιμο στο: https://engineering-apps.blogspot.com/2014/04/blog-post_14.html (Ημερομηνία πρόσβασης: 29 Απριλίου 2025).
- Ktiriaka.gr. (n.d.). *Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας και συντελεστής qo EC8 §5.2.2.2*. Διαθέσιμο στο: <https://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=20> και <https://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=739> (Ημερομηνία πρόσβασης: 1 Μαΐου 2025).
- Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. (n.d.). *Κάμψη – Στρέψη* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/MRE250/02_%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/09_Kampsi_strepsi.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Μαΐου 2025).
- Παπαλού, Α. (n.d.). *[Σημειώσεις / σεμινάριο Eurocode 2]* [PDF]. ΤΕΕ. Διαθέσιμο στο: https://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/trezos_eurocodesiteaec2.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Μαΐου 2025).
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). (n.d.). *1. EK8 – Σχόλια Χρονόπουλος* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/1.ek_8_-_sholia_hronopoylos.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Νοεμβρίου 2025).
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). (n.d.). *Eurocode 2 – Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2_6.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Μαΐου 2025).
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). (n.d.). *Eurocode 8 – Αντισεισμικός σχεδιασμός* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2_15.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 9 Ιουνίου 2025).
- ΤΕΕ. (n.d.). *Οδηγός υλικών: Χάλυβες κατασκευών ME12t* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/METAL_KATASK/me12t.htm (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Ιουνίου 2025).
- 3DR Engineering Software. (n.d.). *3DR.STRAD – Οπλισμένο σκυρόδεμα* [Λογισμικό και τεχνική τεκμηρίωση]. Διαθέσιμο στο: <https://www.3dr.eu/Proionta/strad-oplismeno-skurodema/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Ιουλίου 2025).
- ΑΔΜΗΕ. (n.d.). *Ευρωπαϊκό πρότυπο για το σκυρόδεμα ΕΛΟΤ EN 206-1* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://www.admie.gr/sites/default/files/inline-files/groups/ADMIE_DNEM/Diakiryxeis/DNEM-566_G.M. ORESTIADA-IASMOΣ_MPETA/Eyropaiko_Protypo_gia_to_skyrodema_ELOT_EN_206-1.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 8 Αυγούστου 2025).

- eSofia. (n.d.). *Ενδεικτικό Κεφάλαιο 6 – Χάλυβες B500C* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://www.esofia.net/sites/default/files/indicative-capital/endeiktiko_kef_6.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Αυγούστου 2025).
- Γκουτζίκης, Γ. (n.d.). *[Διπλωματική εργασία για θεμελιώσεις / εδάφη]* [PDF]. ΙΚΕΕ – Ψηφιακή Βιβλιοθήκη ΑΠΘ. Διαθέσιμο στο: <https://ikee.lib.auth.gr/record/112725/files/Γκουτζίκης%20ελευθερία.pdf>
- Palpanis, V. (n.d.). *[Τίτλος εργασίας]* [PDF]. ΙΚΕΕ – Ψηφιακή Βιβλιοθήκη ΑΠΘ. Διαθέσιμο στο: <https://ikee.lib.auth.gr/record/300886/files/Vangel%60is%20Palpanis.pdf> (Ημερομηνία πρόσβασης: 16 Σεπτεμβρίου 2025).
- RacknRoll. (n.d.). *Ράφια αντισεισμικά – Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ελλάδος*. Διαθέσιμο στο: <https://www.racknroll.gr/rafia-antiseismika/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 16 Σεπτεμβρίου 2025).
- ResearchGate. (n.d.). *Material properties of mild steel* [Διάγραμμα]. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/figure/Material-properties-of-mild-steel_fig1_267212006 (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Οκτωβρίου 2025).
- ResearchGate. (n.d.). *Characteristic and design strength–strain diagrams of a concrete, carbon steel and...* [Διάγραμμα]. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/figure/Characteristic-and-design-strength-strain-diagrams-of-a-concrete-b-carbon-steel-and_fig1_270968941 (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Οκτωβρίου 2025).
- Newsbomb.gr. (n.d.). *Πόσο πιθανός είναι ένας σεισμός άνω των 7 Ρίχτερ στην Ελλάδα; Τα επίφοβα ελληνικά ρήγματα*. Διαθέσιμο στο: <https://www.newsbomb.gr/ellada/seismo/story/1639964/poso-pithanos-einai-enas-seismos-ano-ton-7-rixter-stin-ellada-ta-epifova-ellinika-rigmata> (Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Οκτωβρίου 2025).
- TEI Δυτικής Ελλάδας (Repository). (n.d.). *Υπολογισμός της αντοχής και ικανότητας παραμόρφωσης μελών οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8* [PDF]. Διαθέσιμο στο: <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4986/> (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Νοεμβρίου 2025).
- Wikipedia. (n.d.). *Διάτμηση*. Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/Διάτμηση> (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Νοεμβρίου 2025).
- Wikipedia. (n.d.). *Eurocode 2: Design of concrete structures*. Διαθέσιμο στο: https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocode_2_Design_of_concrete_structures (Ημερομηνία πρόσβασης: 18 Νοεμβρίου 2025).
- Wikipedia. (n.d.). *Properties of concrete*. Διαθέσιμο στο: https://en.wikipedia.org/wiki/Properties_of_concrete (Ημερομηνία πρόσβασης: 18 Νοεμβρίου 2025).
- Mpeton2.weebly.com. (n.d.). *Αγκυρώσεις και ενώσεις οπλισμού* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://mpeton2.weebly.com/uploads/2/3/7/7/2377_αγκυρώσεις_και_ενώσεις.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 5 Δεκεμβρίου 2025).
- Mpeton2.weebly.com. (n.d.). *Αγκυρώσεις και ενώσεις οπλισμού* [PDF]. Διαθέσιμο στο: https://mpeton2.weebly.com/uploads/2/3/7/7/2377_αγκυρώσεις_και_ενώσεις.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 5 Δεκεμβρίου 2025).
- NTUA. (n.d.). *Σχεδιασμός πολύροφου μεταλλικού κτιρίου γραφείων με πλαίσια ροπής και συνδέσμους δυσκαμψίας* [PDF]. Διαθέσιμο στο: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/46578/...> (Ημερομηνία πρόσβασης: 5 Δεκεμβρίου 2025).

9. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:

Εικόνα 1: Η τοποθεσία του υπό μελέτη μη υφιστάμενου κτιρίου.....	9
Εικόνα 2: Διάγραμμα τοπογραφικού του οικοπέδου.....	10
Εικόνα 3: Εμβαδομέτρηση κάλυψης και ακάλυπτου χώρου.....	10
Εικόνα 4: Γεωμετρική αποτύπωση.....	11
Εικόνα 5: Τομή του κτιρίου.....	11
Εικόνα 6: Κάτοψη ισογείου.....	12
Εικόνα 7: Τομή ισογείου.....	12
Εικόνα 8: Κάτοψη 1ου ορόφου.....	13
Εικόνα 9: Τομή 1ου ορόφου.....	13
Εικόνα 10: Κάτοψη 2ου ορόφου.....	14
Εικόνα 11: Τομή 2ου ορόφου.....	14
Εικόνα 12: Κάτοψη 3ου ορόφου.....	15
Εικόνα 13: Τομή 3ου ορόφου.....	15
Εικόνα 14 : Ξυλότυποι σχεδίων.....	16-17
Εικόνα 15 : Διάγραμμα με τις βασικές φυσικές ιδιότητες του ήπιου χάλυβα.....	20
Εικόνα 16: Μερικά από τα σεισμικά ενεργά ρήγματα της Ελλάδας.....	22
Εικόνα 17: Παράδειγμα σχεδιαστικού διαγράμματος τάσης-παραμόρφωσης τόσο για το σκυρόδεμα όσο και για τον χάλυβα, όπως προβλέπονται από τον Ευρωκώδικα 2.....	24
Εικόνα 18 : α) Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων χάλυβα με διακριτό όριο διαρροής. β) Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων χάλυβα με μη διακριτό όριο διαρροής.....	25
Εικόνα 19 : Διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης σκυροδέματος σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2: (αριστερά) συμβατική καμπύλη, (δεξιά) ιδεατά διαγράμματα για τον σχεδιασμό.....	27
Εικόνα 20: Σχηματική καμπύλη που δείχνει το φάσμα σχεδιασμού και πώς μειώνεται η σεισμική δράση με το q	28
Εικόνα 21: Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος.....	29
Εικόνα 22: Γενική μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης.....	29
Εικόνα 23 : Διαγραμματική απεικόνιση όπου φαίνεται το πλάτωμα και η περιοχή όπου μειώνεται η απόκριση λόγω q	30
Εικόνα 24: Τεχνικά χαρακτηριστικά και το περιβάλλον του προγράμματος.....	33
Εικόνα 25 : Τύποι ειδών πλακών.....	38
Εικόνα 26 : Έναρξη προγράμματός.....	39
Εικόνα 27: Δημιουργία μελέτης στο περιβάλλον του προγράμματος.....	39
Εικόνα 28 : Επεξεργασία σταθμών.....	40
Εικόνα 29 : Εισαγωγή των σχεδίων στον περιβάλλον του 3DR Strad.....	40
Εικόνα 30 : Τα στοιχεία του υποστυλώματος και η εμφάνιση του στο περιβάλλον του Προγράμματος.....	41

Εικόνα 31 : Τα στοιχεία των δοκών και η εμφάνιση του στο περιβάλλον του προγράμματος.....	41
Εικόνα 32 : Φόρτια δοκού.....	42
Εικόνα 33 : Αντιγραφή επιπέδου κτιρίου.....	42
Εικόνα 34 : Στάθμη θεμελίωσης.....	43
Εικόνα 35 : Αναγνώριση πλακών.....	43
Εικόνα 36 : Καρτέλα επεξεργασίας στοιχείων των πλακών.....	44
Εικόνα 37 : Κατασκευή των ζωνών επίλυσης.....	45
Εικόνα 38 : Παράμετροι του αντισεισμικού σχεδιασμού.....	45
Εικόνα 39: : Παράμετροι του αντισεισμικού σχεδιασμού.....	46
Εικόνα 40 : Γενικές παράμετροι- Κατασκευαστικά στοιχεία – Δοκοί – Άνοιγμα.....	47
Εικόνα 41 : Γενικές παράμετροι- Κατασκευαστικά στοιχεία – Πέδιλα.....	47
Εικόνα 42 : Ο οπλισμός του κτιρίου.....	48
Εικόνα 43: Χωρικό μοντέλο της κατασκευής.....	48
Εικόνα 44 : Επίλυση και παράμετροι.....	49
Εικόνα 45: Σχεδιασμός και παράμετροι σχεδιασμού.....	49
Εικόνα 46 : Τα σχέδια όπως τα εμφανίζει το πρόγραμμα μέσω της εντολής STARDPLOT.....	50 - 53
Εικόνα 47 : Διάταξη πλάκας με την μέθοδο Marcus.....	54
Εικόνα 48 : Πίνακας Cherny για τετραέριστη πλάκα.....	55
Εικόνα 49 : Κάμψη δοκού.....	58
Εικόνα 50: Αποτέλεσμα διάτμησης.....	58
Εικόνα 51 : Βέλη κάμψης σε δοκούς.....	59
Εικόνα 52 : Διάφοροι τρόποι αγκύρωσης.....	59

10. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ :

Πίνακας 1: Αποτελέσματα υπολογισμών επιφανειών.....	10
Πίνακας 2: Πίνακας μηχανικών ιδιοτήτων σκυροδέματος σε διαφορές κατηγορίες.....	19
Πίνακας 3: Τιμές αντοχής και παραμόρφωσης του υπό μελέτη κτιρίου.....	19
Πίνακας 4: Μηχανικές ιδιότητες σκυροδέματος C25/30.....	24
Πίνακας 5: Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα σπλισμού B500C.....	25
Πίνακας 6 : Κατηγορίες εδαφών.....	28
Πίνακας 7: Τιμές παραμέτρων των φασμάτων ελαστικής απόκρισης.....	30
Πίνακας 8 : Παράρτημα από την τεχνική έκθεση του 3DR STRAD που περιγράφει και αναλύει τις στάθμες.....	37
Πίνακας 9 : Κατάταξη των πλακών ανάλογα το είδος της.....	38
Πίνακας 10 : Βασικός συντελεστής πλαστιμότητας φ_0 [EC8 §5.2.2.2].....	46
Πίνακας 11 : Δεδομένα εδάφους κατασκευής.....	57

11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

Δεδομένα Υποστυλωμάτων

Πεδίο	Περιγραφή
A/A	Αύξων αριθμός υποστυλώματος
Αρ. Τμ	Αριθμός τμημάτων
Τμ	Τμήμα
B(cm), D(cm)	Διαστάσεις υποστυλώματος
Γωνία [ο]	Γωνία υποστυλώματος
Στ	Σταθερό σημείο, σύμφωνα με το σχήμα: <pre> 23 21 +-----+ +-----+ 34 41 </pre>
Υστ. (m), Χστ. (m)	Συντεταγμένες σταθερού σημείου υποστυλώματος κατά Y και X αντίστοιχα
Υκβ. (m), Χκβ. (m)	Συντεταγμένες κέντρου βάρους υποστυλώματος κατά Y και X αντίστοιχα
A	Συνθήκες στήριξης υποστυλώματος, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα: <pre> ---- 0 ---- ---- 1 ---- o---- 2 ---- o---- 3 ---- </pre> Κωδικός 0: Μέλος αμφίπακτο Κωδικός 1: Μέλος με πάκτωση στην αρχή και με άρθρωση στο τέλος Κωδικός 2: Μέλος με άρθρωση στην αρχή και πάκτωση στο τέλος Κωδικός 3: Μέλος αμφιαρθρωτό
ny, nz	Συντελεστές διάτμησης κατά Y και Z αντίστοιχα

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 1

A/A	no	Τμ	B	D	Γωνία	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	A	ny	nz
			[cm]	[cm]	[ο]		[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80
3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	1	1	100	100	0.0	0	9.13	10.95	9.13	10.95	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	1	1	55	40	0.0	0	17.57	7.52	17.57	7.52	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80
15	1	1	20	20	86.1	34	16.61	1.30	16.72	1.21	0.00	0.80	0.80
16	1	1	20	20	90.0	34	13.99	2.13	14.09	2.03	0.00	0.80	0.80
17	1	1	20	20	90.0	34	11.41	2.13	11.51	2.03	0.00	0.80	0.80
18	1	1	20	20	90.0	34	5.40	2.13	5.50	2.03	0.00	0.80	0.80
19	1	1	20	20	0.0	34	2.53	4.25	2.63	4.35	0.00	0.80	0.80
20	1	1	20	20	0.0	34	2.53	9.68	2.63	9.77	0.00	0.80	0.80
21	1	1	20	20	90.0	34	5.40	11.73	5.50	11.63	0.00	0.80	0.80
22	1	1	20	20	90.0	34	11.41	11.73	11.51	11.63	0.00	0.80	0.80
23	1	1	20	20	90.0	34	15.04	11.73	15.14	11.63	0.00	0.80	0.80
24	1	1	20	20	0.0	34	17.27	9.57	17.38	9.68	0.00	0.80	0.80
25	1	1	20	20	0.0	34	17.77	6.05	17.88	6.15	0.00	0.80	0.80
26	1	1	20	20	0.0	34	18.28	3.11	18.38	3.21	0.00	0.80	0.80

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 2

A/A	no	Τμ	B	D	Γωνία	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	A	ny	nz
			[cm]	[cm]	[ο]		[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΡΗΝΗΣ ΤΖΑΝΕΤΟΠΟΥΛΟΥ

3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	5	1	45	55	0.0	34	8.00	9.80	8.27	10.02	0.00	0.80	0.80
6	5	2	100	40	0.0	34	8.00	10.25	8.20	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	3	50	225	0.0	34	8.00	11.25	9.13	11.50	0.00	0.80	0.80
6	5	4	100	40	0.0	34	9.85	10.25	10.05	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	5	45	55	0.0	34	9.70	9.80	9.98	10.02	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	2	1	50	75	0.0	34	17.25	7.05	17.63	7.30	0.00	0.80	0.80
13	2	2	55	50	0.0	34	17.25	7.55	17.50	7.82	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80
15	1	1	256	25	86.1	34	15.43	1.25	16.72	1.21	0.00	0.80	0.80
16	1	1	163	25	90.0	34	13.27	2.15	14.09	2.03	0.00	0.80	0.80
17	1	1	253	25	90.0	34	10.25	2.15	11.51	2.03	0.00	0.80	0.80
18	1	1	500	25	90.0	34	3.00	2.15	5.50	2.03	0.00	0.80	0.80
19	1	1	390	25	0.0	34	2.50	2.40	2.63	4.35	0.00	0.80	0.80
20	1	1	295	25	0.0	34	2.50	8.30	2.63	9.77	0.00	0.80	0.80
21	1	1	500	25	90.0	34	3.00	11.75	5.50	11.63	0.00	0.80	0.80
22	1	1	253	25	90.0	34	10.25	11.75	11.51	11.63	0.00	0.80	0.80
23	1	1	372	25	90.0	34	13.27	11.75	15.14	11.63	0.00	0.80	0.80
24	1	1	315	25	0.0	34	17.25	8.10	17.38	9.68	0.00	0.80	0.80
25	1	1	180	25	0.0	34	17.75	5.25	17.88	6.15	0.00	0.80	0.80
26	1	1	308	25	0.0	34	18.25	1.67	18.38	3.21	0.00	0.80	0.80

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 3

Α/Α	no	Τμ	B	D	Γωνία	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	Α	ny	nz
			[cm]	[cm]	[ο]		[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80
3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	5	1	45	55	0.0	34	8.00	9.80	8.27	10.02	0.00	0.80	0.80
6	5	2	100	40	0.0	34	8.00	10.25	8.20	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	3	50	225	0.0	34	8.00	11.25	9.13	11.50	0.00	0.80	0.80
6	5	4	100	40	0.0	34	9.85	10.25	10.05	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	5	45	55	0.0	34	9.70	9.80	9.98	10.02	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	2	1	50	75	0.0	34	17.25	7.05	17.63	7.30	0.00	0.80	0.80
13	2	2	55	50	0.0	34	17.25	7.55	17.50	7.82	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 4

Α/Α	no	Τμ	B	D	Γωνία	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	Α	ny	nz
			[cm]	[cm]	[ο]		[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80
3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	5	1	45	55	0.0	34	8.00	9.80	8.27	10.02	0.00	0.80	0.80

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΡΗΝΗΣ ΤΖΑΝΕΤΟΠΟΥΛΟΥ

6	5	2	100	40	0.0	34	8.00	10.25	8.20	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	3	50	225	0.0	34	8.00	11.25	9.13	11.50	0.00	0.80	0.80
6	5	4	100	40	0.0	34	9.85	10.25	10.05	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	5	45	55	0.0	34	9.70	9.80	9.98	10.02	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	2	1	50	75	0.0	34	17.25	7.05	17.63	7.30	0.00	0.80	0.80
13	2	2	55	50	0.0	34	17.25	7.55	17.50	7.82	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 5

Α/Α	no	Τμ	B	D	Γωνία [ο]	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	Α	ny	nz
			[cm]	[cm]			[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80
3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	5	1	45	55	0.0	34	8.00	9.80	8.27	10.02	0.00	0.80	0.80
6	5	2	100	40	0.0	34	8.00	10.25	8.20	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	3	50	225	0.0	34	8.00	11.25	9.13	11.50	0.00	0.80	0.80
6	5	4	100	40	0.0	34	9.85	10.25	10.05	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	5	45	55	0.0	34	9.70	9.80	9.98	10.02	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	2	1	50	75	0.0	34	17.25	7.05	17.63	7.30	0.00	0.80	0.80
13	2	2	55	50	0.0	34	17.25	7.55	17.50	7.82	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80

Δεδομένα Υποστυλωμάτων Στάθμης 6

Α/Α	no	Τμ	B	D	Γωνία [ο]	Στ.	Υστ	Χστ	Υκβ	Χκβ	Α	ny	nz
			[cm]	[cm]			[m]	[m]	[m]	[m]			
1	1	1	50	50	0.0	34	2.50	1.90	2.75	2.15	0.00	0.80	0.80
2	1	1	200	50	0.0	34	2.50	6.30	2.75	7.30	0.00	0.80	0.80
3	1	1	50	50	0.0	34	2.50	11.25	2.75	11.50	0.00	0.80	0.80
4	1	1	50	225	0.0	34	8.00	1.90	9.13	2.15	0.00	0.80	0.80
5	1	1	50	50	0.0	34	7.75	7.05	8.00	7.30	0.00	0.80	0.80
6	5	1	45	55	0.0	34	8.00	9.80	8.27	10.02	0.00	0.80	0.80
6	5	2	100	40	0.0	34	8.00	10.25	8.20	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	3	50	225	0.0	34	8.00	11.25	9.13	11.50	0.00	0.80	0.80
6	5	4	100	40	0.0	34	9.85	10.25	10.05	10.75	0.00	0.80	0.80
6	5	5	45	55	0.0	34	9.70	9.80	9.98	10.02	0.00	0.80	0.80
7	1	1	50	50	0.0	34	12.77	1.90	13.02	2.15	0.00	0.80	0.80
8	1	1	300	50	0.0	34	12.77	7.05	13.02	8.55	0.00	0.80	0.80
9	1	1	50	50	180.0	21	12.77	11.25	13.02	11.50	0.00	0.80	0.80
10	1	1	115	55	0.0	34	14.90	1.00	15.18	1.58	0.00	0.80	0.80
11	1	1	50	50	0.0	34	18.00	1.17	18.25	1.42	0.00	0.80	0.80
12	1	1	50	75	0.0	34	17.75	4.75	18.13	5.00	0.00	0.80	0.80
13	2	1	50	75	0.0	34	17.25	7.05	17.63	7.30	0.00	0.80	0.80
13	2	2	55	50	0.0	34	17.25	7.55	17.50	7.82	0.00	0.80	0.80
14	1	1	50	50	0.0	34	17.00	11.25	17.25	11.50	0.00	0.80	0.80

Πλάκες

Φορτία

Δεδομένα Συμπαγών Πλακών και Προβόλων

Πεδίο		Περιγραφή
A/A		Αύξων αριθμός πλάκας
d (cm)		Το πάχος της πλάκας
Περιβάλλουσες Δοκοί		Οι δοκοί και οι τοίχοι που περιβάλλουν την πλάκα
Φορτία (N/m ²)	Ίδιο	Το ίδιο βάρος της πλάκας
	Μόνιμο	Το μόνιμο φορτίο της πλάκας
	Κινητό	Το κινητό φορτίο της πλάκας
	Ολικό	Το συνολικό φορτίο της πλάκας (Ίδιο + Μόνιμο + Κινητό)
Ακραίο (N/m)		Φορτίο στο ακραίο άκρο του προβόλου

Δεδομένα Πλακών με Νευρώσεις

Πεδίο		Περιγραφή
A/A		Αύξων αριθμός πλάκας
b (cm)	X	Το πλάτος των διαδοκίδων στον άξονα X'
	Y	Το πλάτος των διαδοκίδων στον άξονα Y'
d (cm)	1	Το ολικό πάχος της πλάκας
	2	Το πάχος της πλάκας μεταξύ των διαδοκίδων
	S	Το πλάτος της συμπαγούς ζώνης
w (cm)	X	Η απόσταση των διαδοκίδων κατά τον άξονα X'
	Y	Η απόσταση των διαδοκίδων κατά τον άξονα Y'
Περιβάλλουσες δοκοί		Οι δοκοί που περιβάλλουν την πλάκα
Φορτία (N/m ²)	Ίδιο	Το ίδιο βάρος της πλάκας
	Μόνιμο	Το μόνιμο φορτίο της πλάκας
	Κινητό	Το κινητό φορτίο της πλάκας
	Ολικό	Το συνολικό φορτίο της πλάκας

Δεδομένα Φορτίων Δοκών

Πεδίο		Περιγραφή
A/A		Αύξων αριθμός πλάκας ή προβόλου
bxd (cm)		Διαστάσεις δοκού (Πλάτος x Ύψος)
Πλάκες	P1	Αύξων αριθμός πλάκας αριστερά της δοκού
	P2	Αύξων αριθμός πλάκας δεξιά της δοκού
Φορτία (N/m)	Ίδιο	Ίδιο βάρος της δοκού
	G(P1-P2)	Το φορτίο της δοκού από τα μόνιμα φορτία των πλακών
	Q(P1-P2)	Το φορτίο της δοκού από τα κινητά φορτία των πλακών
	Τοίχοι	Το φορτίο της δοκού από τις υπερκείμενες τοιχοπληρώσεις
	Ολικό	Το συνολικό φορτίο της δοκού (Ίδιο + Μόνιμο + Κινητό + Τοίχοι)

Στάθμη 2: Συμπαγείς πλάκες και πρόβολοι

	d(cm)	Περιβάλλουσες	Ίδιο	Μόνιμο	Κινητό	Ακραίο	Ολικό
a/a	d1	δοκοί	N/m ²	N/m ²	N/m ²	N/m	φορτίο
Π1	20	Δ12-Δ19-Δ1001-Δ1002-Δ1003	5000	1500	2000		8500
Π2	20	Δ13-Δ19-Δ1017-Δ1018-Δ1019	5000	1500	2000		8500
Π3	20	Δ6-Δ9-Δ12-Δ1005-Δ1006	5000	1500	2000		8500
Π4	20	Δ7-Δ9-Δ10	5000	1500	2000		8500
Π5	20	Δ4-Δ6-Δ1007-Δ1008-Δ1009-Δ	5000	1500	2000		8500
Π6	20	Δ4-Δ7-Δ1011-Δ1012-Δ1013-Δ	5000	1500	2000		8500
Σ2	16	Δ1025	4000.000 000	1500	3500		0

Στάθμη 2: Φορτία δοκών

	b x d	Πλάκα	Πλάκα	Ίδιο	G(P1-P2)	Q(P1-P2)	Τοιχοπ.	Ολικό
--	-------	-------	-------	------	----------	----------	---------	-------

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΡΗΝΗΣ ΤΖΑΝΕΤΟΠΟΥΛΟΥ

α/α	(cm)	Π1	Π2	N/m	N/m	N/m	N/m	φορτίο
4	25x60	5	6	3750	24637	7581	15000	50968
6	25x60	3	5	3750	20407	6279	15000	45436
7	25x30	4	6	1875	5354	1647	15000	23876
9	25x60	3	4	3750	16243	4998	15000	39991
10	25x40	4		2500	5210	1603	9000	18313
12	25x60	1	3	3750	23658	7279	15000	49687
13	25x30	2		1875	6500	2000	9000	19375
19	25x60	1	2	3750	22419	6898	15000	48067
1001	25x286	1		17875	6500	2000	0	26375
1002	25x286	1		17875	4995	1537	0	24407
1003	25x286	1		17875	5931	1825	0	25631
1004	25x286	1		17875	6500	2000	0	26375
1005	25x286	3		17875	4109	1264	0	23249
1006	25x286	3		17875	6500	2000	0	26375
1007	25x286	5		17875	7178	2209	0	27261
1008	25x286	5		17875	7299	2246	0	27420
1009	25x286	5		17875	6096	1876	0	25847
1010	25x286	5		17875	6500	2000	0	26375
1011	25x286	6		17875	5354	1647	0	24876
1012	25x286	6		17875	6500	2000	0	26375
1013	25x286	6		17875	7456	2294	0	27625
1014	25x286	6		17875	7359	2264	0	27498
1017	25x286	2		17875	7567	2328	0	27770
1018	25x286	2		17875	7616	2343	0	27835
1019	25x286	2		17875	4451	1370	0	23696
1020	25x286	2		17875	6500	2000	0	26375
1021	25x286	1		17875	6500	2000	0	26375
1022	25x286	1		17875	6500	2000	0	26375
1023	25x286	1		17875	6500	2000	0	26375
1024	25x286	1		17875	7935	2441	0	28251
1025	20x50			2500	8236	5241	0	15978

Στάθμη 3: Συμπαγείς πλάκες και πρόβολοι

α/α	d(cm)	Περιβάλλουσες δοκοί	Ιδίο N/m ²	Μόνιμο N/m ²	Κινητό N/m ²	Ακραίο N/m	Ολικό φορτίο
Π1	20	Δ1-Δ3-Δ4-Δ6	5000	1500	2000		8500
Π2	20	Δ2-Δ4-Δ5-Δ7	5000	1500	2000		8500
Π3	20	Δ6-Δ8-Δ9-Δ12	5000	1500	2000		8500
Π4	20	Δ7-Δ9-Δ10	5000	1500	2000		8500
Π5	20	Δ12-Δ14-Δ15-Δ16-Δ17-Δ19	5000	1500	2000		8500
Π6	20	Δ18-Δ19-Δ20-Δ25	5000	1500	2000		8500
Σ2	16	Δ1001	4000.000 000	1500	3500		0

Στάθμη 3: Φορτία δοκών

α/α	b x d (cm)	Πλάκα Π1	Πλάκα Π2	Ιδίο N/m	G(Π1-Π2) N/m	Q(Π1-Π2) N/m	Τοιχοπ. N/m	Ολικό φορτίο
1	25x40	1		2500	6042	1859	9000	19401
2	25x40	2		2500	5362	1650	9000	18512
3	25x40	1		2500	7184	2210	9000	20894
4	25x60	1	2	3750	24504	7540	15000	50794
5	25x40	2		2500	7486	2303	9000	21289
6	25x60	1	3	3750	20456	6294	15000	45500
7	25x30	2	4	1875	5362	1650	15000	23887
8	25x40	3		2500	4026	1239	9000	16764
9	25x60	3	4	3750	16108	4956	15000	39815
10	25x40	4		2500	5221	1607	9000	18328
12	25x60	3	5	3750	25249	7769	15000	51767
14	25x30	5		1875	6475	1992	9000	19342
15	25x30	5		1875	5370	1652	9000	17898
16	25x40	5		2500	8595	2644	9000	22739

17	25x30	5		1875	8817	2713	9000	22405
18	25x40	6		2500	4457	1371	9000	17329
19	25x60	5	6	3750	23080	7101	15000	48931
20	25x40	6		2500	7425	2285	9000	21210
25	30x35	6		2625	6500	2000	9000	20125
1001	20x50			2500	8236	5241	0	15977

Στάθμη 4: Συμπαγείς πλάκες και πρόβολοι

	d(cm)	Περιβάλλουσες	Ιδίο	Μόνιμο	Κινητό	Ακραίο	Ολικό
α/α	d1	δοκοί	N/m2	N/m2	N/m2	N/m	φορτίο
ΠΡ1	20	Δ1-Δ1001-Δ1002-Δ1003-Δ100	5000	1500	5000	1000	11500
Π2	20	Δ1-Δ3-Δ4-Δ6-Δ1003-Δ1004-Δ	5000	1500	2000		8500
Π3	20	Δ4-Δ5-Δ7-Δ1001-Δ1002-Δ100	5000	1500	2000		8500
Π4	20	Δ6-Δ8-Δ9-Δ12	5000	1500	2000		8500
Π5	20	Δ7-Δ9-Δ10	5000	1500	2000		8500
Π6	20	Δ12-Δ14-Δ15-Δ16-Δ17-Δ19	5000	1500	2000		8500
Π7	20	Δ13-Δ18-Δ19-Δ20	5000	1500	2000		8500
ΠΡ8	20	Δ16-Δ1012-Δ1013-Δ1014	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ9	20	Δ17-Δ1015-Δ1016-Δ1017	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ10	20	Δ1018-Δ1019-Δ1020-Δ18	5000	1500	5000	1000	11500
Σ2	16	Δ1007	4000.000 000	1500	3500		0

Στάθμη 4: Φορτία δοκών

	b x d	Πλάκα	Πλάκα	Ιδίο	G(Π1-Π2)	Q(Π1-Π2)	Τοιχοπ.	Ολικό
α/α	(cm)	Π1	Π2	N/m	N/m	N/m	N/m	φορτίο
1	25x40	ΠΡ1	2	2500	32582	19793	9000	63876
3	25x40	2		2500	4934	1518	9000	17952
4	25x60	2	3	3750	17969	5529	15000	42248
5	25x40	3		2500	5864	1804	9000	19169
6	25x60	2	4	3750	17044	2399	15000	38194
7	25x30	3	5	1875	3780	594	15000	21249
8	25x40	4		2500	4026	1239	9000	16764
9	25x60	4	5	3750	16108	4956	15000	39815
10	25x40	5		2500	5221	1607	9000	18328
12	25x60	4	6	3750	28281	9196	15000	56227
13	35x40	7		3500	6500	2000	9000	21000
14	25x30	6		1875	4356	1340	9000	16571
15	25x30	6		1875	3242	997	9000	15114
16	25x40	6	ΠΡ8	2500	14161	6256	9000	31917
17	25x30	6	ΠΡ9	1875	15716	6976	9000	33567
18	25x40	7		2500	9507	4527	9000	25534
19	25x60	6	7	3750	15578	4793	15000	39121
20	25x40	7		2500	5111	1573	9000	18183
1001	20x50	ΠΡ1	3	2500	30861	18795	0	52156
1002	20x50	ΠΡ1	3	2500	13000	7000	0	22500
1003	20x50	ΠΡ1	2	2500	13000	7000	0	22500
1004	20x50	2		2500	6500	2000	0	11000
1005	20x50	2		2500	6500	2000	0	11000
1006	20x50	3		2500	6500	2000	0	11000
1007	20x50			2500	8236	5241	0	15978
1008	20x50	3		2500	6500	2000	0	11000

Στάθμη 5: Συμπαγείς πλάκες και πρόβολοι

	d(cm)	Περιβάλλουσες	Ιδίο	Μόνιμο	Κινητό	Ακραίο	Ολικό
α/α	d1	δοκοί	N/m2	N/m2	N/m2	N/m	φορτίο
ΠΡ3	20	Δ1-Δ2-Δ1003-Δ1004-Δ1005	5000	1500	5000	1000	11500
Π4	20	Δ1-Δ3-Δ4-Δ6	5000	1500	2000		8500
Π5	20	Δ2-Δ4-Δ5-Δ7	5000	1500	2000		8500
Π6	20	Δ6-Δ8-Δ9-Δ12	5000	1500	2000		8500

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΡΗΝΗΣ ΤΖΑΝΕΤΟΠΟΥΛΟΥ

Π7	20	Δ7-Δ9-Δ10	5000	1500	2000		8500
Π8	20	Δ12-Δ14-Δ15-Δ16-Δ17-Δ19	5000	1500	2000		8500
Π9	20	Δ13-Δ18-Δ19-Δ20	5000	1500	2000		8500
ΠΡ10	20	Δ16-Δ1006-Δ1007-Δ1008	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ11	20	Δ17-Δ1009-Δ1010-Δ1011	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ12	20	Δ18-Δ1012-Δ1013-Δ1014	5000	1500	5000	1000	11500
Σ2	16	Δ1001	4000.000 000	1500	3500		0
Σ2	16	Δ1002	4000.000 000	1500	3500		0

Στάθμη 5: Φορτία δοκών

α/α	b x d (cm)	Πλάκα Π1	Πλάκα Π2	Ιδιο N/m	G(Π1-Π2) N/m	Q(Π1-Π2) N/m	Τοιχοπ. N/m	Ολικό φορτίο
1	25x40	ΠΡ3	4	2500	28404	17256	9000	57160
2	25x40	ΠΡ3	5	2500	26153	15928	9000	53582
3	25x40	4		2500	4934	1518	9000	17952
4	25x60	4	5	3750	17969	5529	15000	42248
5	25x40	5		2500	5864	1804	9000	19169
6	25x60	4	6	3750	16985	2423	15000	38157
7	25x30	5	7	1875	3780	594	15000	21249
8	25x40	6		2500	3989	1227	9000	16717
9	25x60	6	7	3750	9814	3020	15000	31584
10	25x40	7		2500	5827	1793	9000	19120
12	25x60	6	8	3750	28293	9200	15000	56243
13	30x35	9		2625	6500	2000	9000	20125
14	25x30	8		1875	4356	1340	9000	16571
15	25x30	8		1875	3259	1003	9000	15137
16	25x40	8	ΠΡ10	2500	17951	7931	9000	37382
17	25x30	8	ΠΡ11	1875	17675	7844	9000	36394
18	25x40	9	ΠΡ12	2500	13096	6233	9000	30829
19	25x60	8	9	3750	15578	4793	15000	39121
20	25x40	9		2500	5108	1572	9000	18180
1001	20x50			2500	8236	5241	0	15978
1002	20x50			2500	0	0	0	2500

Στάθμη 6: Συμπαγείς πλάκες και πρόβολοι

α/α	d(cm) d1	Περιβάλλουσες δοκοί	Ιδιο N/m2	Μόνιμο N/m2	Κινητό N/m2	Ακραίο N/m	Ολικό φορτίο
Π4	20	Δ1-Δ3-Δ4-Δ6	5000	1500	2000		8500
Π5	20	Δ2-Δ4-Δ5-Δ7	5000	1500	2000		8500
Π6	20	Δ6-Δ8-Δ9-Δ12	5000	1500	2000		8500
Π7	20	Δ7-Δ9-Δ10	5000	1500	2000		8500
Π8	20	Δ12-Δ14-Δ15-Δ16-Δ17-Δ19	5000	1500	2000		8500
Π9	20	Δ13-Δ18-Δ19-Δ20	5000	1500	2000		8500
ΠΡ10	20	Δ16-Δ1003-Δ1004-Δ1005	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ11	20	Δ17-Δ1006-Δ1007-Δ1008	5000	1500	5000	1000	11500
ΠΡ12	20	Δ18-Δ1009-Δ1010-Δ1011	5000	1500	5000	1000	11500
Σ2	16	Δ1001	4000.000 000	1500	3500		0
Σ2	16	Δ1002	4000.000 000	1500	3500		0
Σ1	16	Δ19	4000.000 000	1500	3500		0
Σ2	16	Δ19	4000.000 000	1500	3500		0