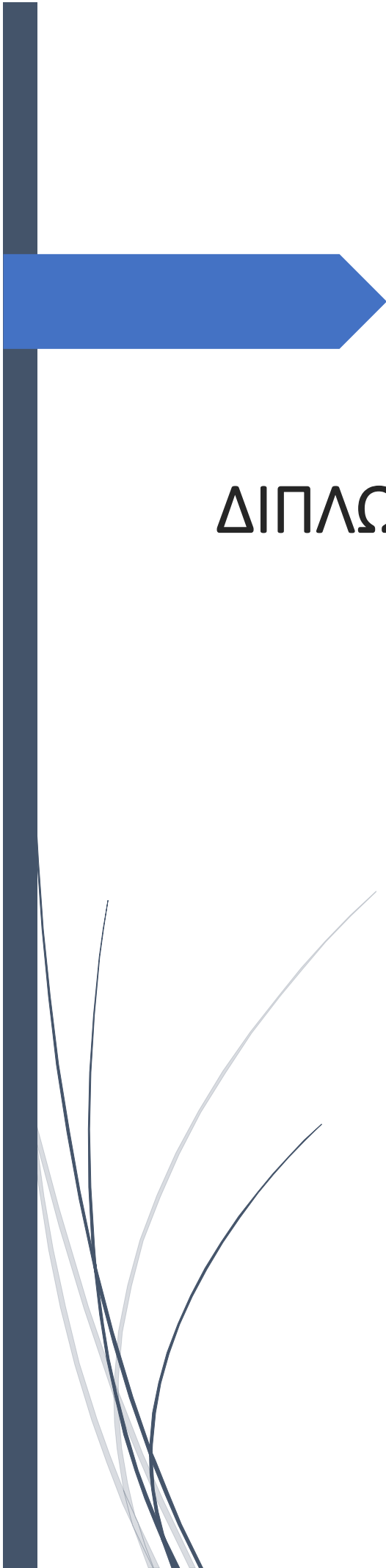




ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ ΦΟΝΤΑΛΗ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Στατική και σεισμική ανάλυση διώροφης κατασκευής από χάλυβα



Φονταλή Μαρία

ΑΜ: 20119

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αγγελική Παπαλού

Πάτρα 2025

Περιεχόμενα

Πίνακας εικόνων	3
Πίνακας πινάκων	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
1. Εισαγωγή	7
1.1. Σκοπός της εργασίας	7
1.2. Ιστορία των μεταλλικών κατασκευών.....	7
1.3. Περιγραφή του κτιρίου	9
2. Δράσεις επί των κατασκευών	15
2.1. Δεδομένα και μέθοδος ανάλυσης.....	15
2.2. Ικανοτικός σχεδιασμός.....	16
2.3. Έλεγχος σύμμικτης πλάκας	17
3. Ανάλυση και διαστασιολόγηση κατασκευής	17
3.1. Πρόγραμμα ανάλυσης και σχεδιασμού	17
3.2. Προσομοίωση δομικών στοιχείων	18
3.2.1.1. Διατομές	18
3.2.1.2. Υλικά	20
3.2.1.3. Φορτία και συνδυασμοί φορτίσεων	21
3.2.1.4. Συνδυασμοί δράσεων	22
3.3. Δράσεις ανέμων	26
4. Σχεδιασμός και ανάλυση του κτιρίου	28
4.1. Εισαγωγή του φορέα.....	28
4.2. Εισαγωγή υποστυλωμάτων και δοκών	28
4.3. Εισαγωγή φορτίων	34
4.4. Θεμελίωση.....	38
4.5. Επίλυση φορέα.....	39
5. Αποτελέσματα	42
6. Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	63

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: κάτοψη ισογείου	10
Εικόνα 2: κάτοψη ορόφου	11
Εικόνα 3: κάτοψη στέγης.....	12
Εικόνα 4: Ανατολική όψη.....	12
Εικόνα 5: Βόρεια όψη.....	13
Εικόνα 6: Νότια όψη.....	13
Εικόνα 7: Τομή Α-Α	14
Εικόνα 8: Τομή Β-Β.....	14
Εικόνα 9: Στοιχεία εδάφους.....	15
Εικόνα 10: Πρόγραμμα 3D.....	18
Εικόνα 11: Διατομές που επιλέχθηκαν στο πρόγραμμα.....	20
Εικόνα 12: Συνδυασμοί φόρτισης.....	26
Εικόνα 13: Δράση ανέμου στο κτίριο μας.....	27
Εικόνα 14: Εισαγωγή δράσης ανέμου	27
Εικόνα 15: Εντολή υποστυλώματος και δοκού	30
Εικόνα 16: Εισαγωγή υποστυλωμάτων και δοκών στο ισόγειο	30
Εικόνα 17: Δυτική πλευρά 3D.....	31
Εικόνα 18: Βόρεια πλευρά 3D.....	31
Εικόνα 19: Ανατολική πλευρά 3D.....	32
Εικόνα 20: Κάτοψη 3D.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 21: μόνιμα φορτία για στάθμη 1	35
Εικόνα 22: μεταβλητά στάθμης 1	36
Εικόνα 23: μεταβλητά για τον εξώστη	36
Εικόνα 24: θεμελίωση.....	39
Εικόνα 25: Κανόνες σχεδιασμού	41
Εικόνα 26: σχεδιασμός διατομών	42
Εικόνα 27: Ξυλότυπος ισογείου	43
Εικόνα 28: Ξυλότυπος στέγης	44
Εικόνα 29: Ξυλότυπος δυτικής πλευράς.....	45
Εικόνα 30: Ξυλότυπος νότιας πλευράς.....	46
Εικόνα 31: Ξυλότυπος θεμελίωσης	47

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1: Ιδιότητες διατομών.....	19
Πίνακας 2: συντελεστές ασφαλείας δράσεων	22
Πίνακας 3: πίνακας προτεινόμενων τιμών των συντελεστών ψ_i για κτίρια	25
Πίνακας 4: Ιδιότητες μελών.....	32
Πίνακας 5: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης SW	37
Πίνακας 6: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης ml	37
Πίνακας 7: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης windy.....	37

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η στατική και σεισμική μελέτη ενός μεταλλικού κτιρίου. Η ανάλυση και η μελέτη του κτιρίου έγινε μέσω του προγράμματος 3DR.STEEL της εταιρίας 3DR Engineering software. Στόχος είναι κατανόηση και δημιουργία ενός μεταλλικού διώροφου κτιρίου σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες. Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής αποτελείται από χάλυβα και η θεμελίωση του έχει γίνει με πεδιλοδοκούς.

Αρχικά θα διερευνηθεί το κτίριο τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά. Θα παρουσιαστούν τα υλικά του, οι διαστάσεις του, οι ιδιαιτερότητες του καθώς και μερικά από τα σχέδια του. Έπειτα θα γίνει μια αναφορά στην σχεδίαση των μεταλλικών κατασκευών και στα πλεονεκτήματά τους.

Στην συνέχεια θα αναλυθούν τα αποτελέσματα που έχει βγάλει το πρόγραμμα. Εκεί βρίσκονται τελικά σχέδια του κτιρίου, η θεμελίωση του, μερικά διαγράμματα καθώς και τις διατομές που χρησιμοποιήθηκαν στα υποστυλώματα και στα δοκάρια. Επίσης υπάρχουν και εικόνες από το πρόγραμμα όπου εμφανίζονται τα δεδομένα και οι παράμετροι που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Abstract

The subject of this thesis is the static and seismic analysis of a steel building. The analysis and study of the building were carried out using the 3DR.STEEL software by 3DR Engineering. The objective is to understand and design a two- story steel structure in accordance with the Eurocodes. The load-bearing structure consists of steel elements, and the foundation was designed using pad footing.

Initially, the building will be examined both externally and internally. The materials, dimensions, and particular characteristics of the building will be presented, along with some of its design drawing. Subsequently, a reference will be made to the design of steel structures and their advantages.

Finally, the results obtained from the software will be analyzed. This includes the final design drawing of the building, the foundation, several diagrams, as well as the stresses developed in the columns and beams. In addition, images from the program are included, showing the data and the parameters that were used.

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός της εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μια σεισμική και στατική μελέτη ενός διώροφου κτιρίου, το οποίο λειτουργεί σαν κατοικία. Η κατασκευή αποτελείται από μεταλλικά υποστυλώματα και μεταλλικές δοκούς, πλάκες από χάλυβα και θεμελίωση με πεδιλοδοκούς. Η ανάλυση του έγινε σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες.

Αρχικά θα παρουσιαστούν τα σχέδια του κτιρίου όπως κατόψεις, όψεις και τομές, ένα τρισδιάστατο σχέδιο του και η μόρφωση του. Θα γίνει μια ανάλυση πάνω στον χάλυβα, στις μεταλλικές κατασκευές καθώς και στα δεδομένα βάσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα. Επίσης θα παρουσιαστούν οι έλεγχοι των μελών, οι διατομές των υποστυλωμάτων και των δοκών και τα φορτία που έχουν επιβληθεί. Όλα όσα αναφέρθηκαν συνοδεύονται από φωτογραφίες για την καλύτερη κατανόηση τους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, το 3DR.STEEL, ήταν πολύ βοηθητικό για την επίλυση του κτιρίου και πολύ εύχρηστο.

1.2. Ιστορία των μεταλλικών κατασκευών

Μετά την βιομηχανική επανάσταση δημιουργήθηκαν νέοι τρόποι οικοδόμησης των κτιρίων μέσω των μεταλλικών κατασκευών. Η παραγωγή όλων μαζί, η διαμόρφωση μεταλλικών ράβδων ποικίλων διατομών, η μείωση του κόστους αλλά και η δημιουργία των ελασμάτων έδωσαν το έναυσμα στην δημιουργία μεγάλων κτιρίων με μεγάλα ανοίγματα και με μεταλλικό σκελετό. Θα μπορούσε να αναφερθεί και σαν πρώτη μορφή προκατασκευής. Είναι πιο ελαφριά από την κατασκευή με

οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά και στις δύο περιπτώσεις η θεμελίωση διαμορφώνεται από οπλισμένο σκυρόδεμα με την βασική μέθοδο της χύτευσης. Τα μέταλλα έχουν ένα βασικό μειονέκτημα τον υψηλό συντελεστή θερμικής διαστολής και ένα βασικό πλεονέκτημα την μεγάλη αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό. Αυτά είναι που έδωσαν και την δυνατότητα δημιουργίας κατασκευών μεγάλου χώρου, με ελάχιστα υποστυλώματα και μεγάλου ύψους.

Κύρια πλεονεκτήματα του χάλυβα:

- Ταχύτητα και ακρίβεια της κατασκευής
- Μεγάλες αντοχές
- Μικρό βάρος
- Ποικιλία στην μορφολογία του
- Δυνατότητα μελλοντικών τροποποιήσεων
- Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίησης σε διαφορετικό χώρο

Κύρια μειονεκτήματα του χάλυβα:

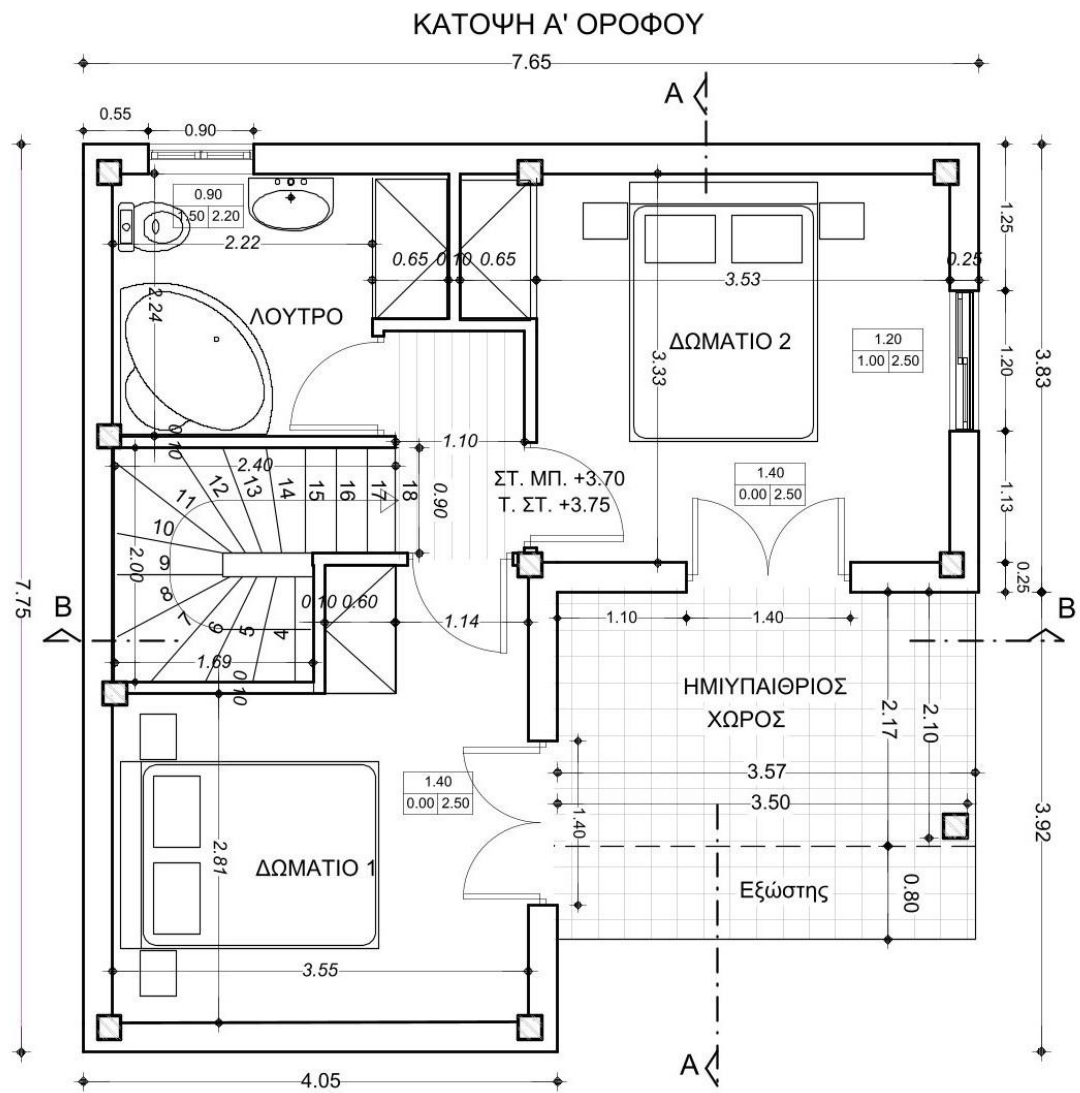
- Μικρή αντοχή σε φωτιά
- Ευαισθησία στην υγρασία
- Υψηλό κόστος

Υπάρχουν κάποιοι βασικοί τρόποι κατασκευής. Η πλαισιωτή, με ζευκτά – γραμμικά δικτυώματα και με χωροδικτύωμα. Στην περίπτωση που χρειάζεται να κατασκευαστεί ένα κτίριο με πολλούς ορόφους τότε τα επίπεδα των ορόφων δημιουργούνται με σύμμικτη κατασκευή, η οποία περιλαμβάνει κολώνες και δοκάρια από μέταλλο και πλάκες από ξυλότυπο που δεν αφαιρείται με έκχυτο σκυρόδεμα.

1.3.Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Το μεταλλικό κτίριο που μελετήθηκε αποτελείται από δύο ορόφους (Εικόνες 1,2). Έχει συνολικό ύψος 7,55 m συμπεριλαμβάνοντας και την σκεπή του και κάτοψη 7,65m x 7,75m (Εικόνες 3,7,8). Αποτελείται από δύο ημιυπαίθριους χώρους, που βρίσκονται στο ισόγειο και στον όροφο και ο καθένας έχει εμβαδόν 7,75m.Επίσης, διαθέτει έναν εξώστη 3,60m x 0,8m. Στην όψη ΧΖ (αριστερά) και στην όψη ΥΖ (πίσω) (Εικόνες 4,5,6) έχουν χρησιμοποιηθεί αντιανέμια Χ-δοκάρια SHS διατομής 100 x 100 x 5 τα οποία παραλαμβάνουν τις οριζόντιες δυνάμεις, εμποδίζουν την μετακίνηση και συμβάλουν στην αντίσταση σε ανεμοπιέσεις και σεισμικές δράσεις. Στο επίπεδο της στέγης ή του άνω πατώματος εμφανίζονται επίσης οριζόντια αντιανέμια τα οποία λειτουργούν ως στοιχεία που μεταφέρουν τα οριζόντια φορτία στα κατακόρυφα στοιχεία αντιστήριξης.

Τα υποστυλώματα είναι πακτωμένα στην θεμελίωση, οι δοκοί συνδέουν τα υποστυλώματα και αποτελούν τα δευτερεύοντα στοιχεία της στέγης και ο όροφος φέρει δάπεδο από μεταλλικές δοκούς και σύμμικτη πλάκα από χαλυβδόφυλλα. Επιπλέον τα υποστυλώματα είναι τοποθετημένα σε καννάβο ορθογωνικής διάταξης, έτσι ώστε να προσδιορίζονται τα ανοίγματα του κτιρίου. Η απόσταση μεταξύ τους εξασφαλίζει επαρκή φέρουσα ικανότητα των δοκών και ικανοποιεί τις λειτουργικές απαιτήσεις για τους εσωτερικούς χώρους. Ο συνδυασμός αυτός, υποστυλωμάτων και δοκών με την συγκεκριμένη διάταξη, επιτυγχάνει ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων και απλοποιεί της στατικής επίλυσης.



Εικόνα 2: κάτοψη ορόφου

ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΗΣΗ

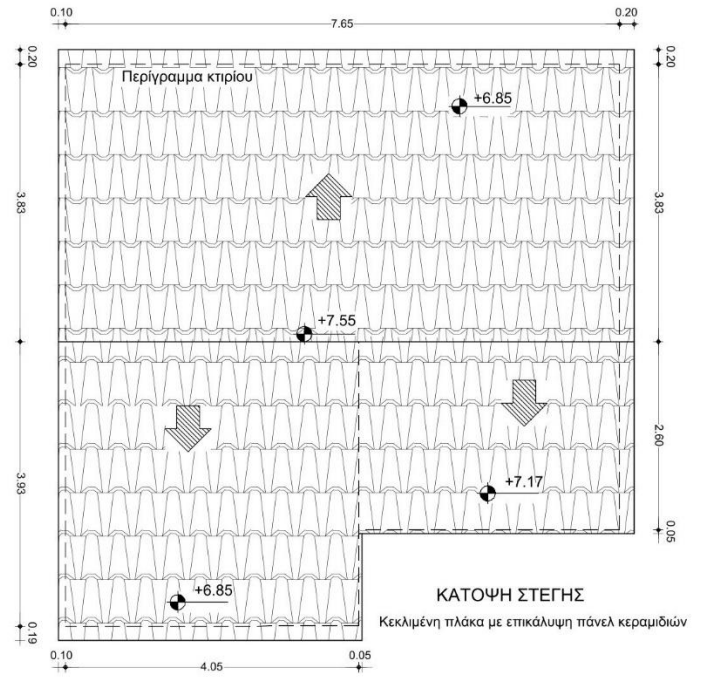
ΙΣΟΓΕΙΟ $7.65 \times 3.83 + 4.05 \times 3.92 + \text{τοιχος } 0.07 \times 4.48 = 45.49 \mu^2$

Ημιυπαίθριος ισόγειου $3.57 \times 2.17 = 7.75 \mu^2$

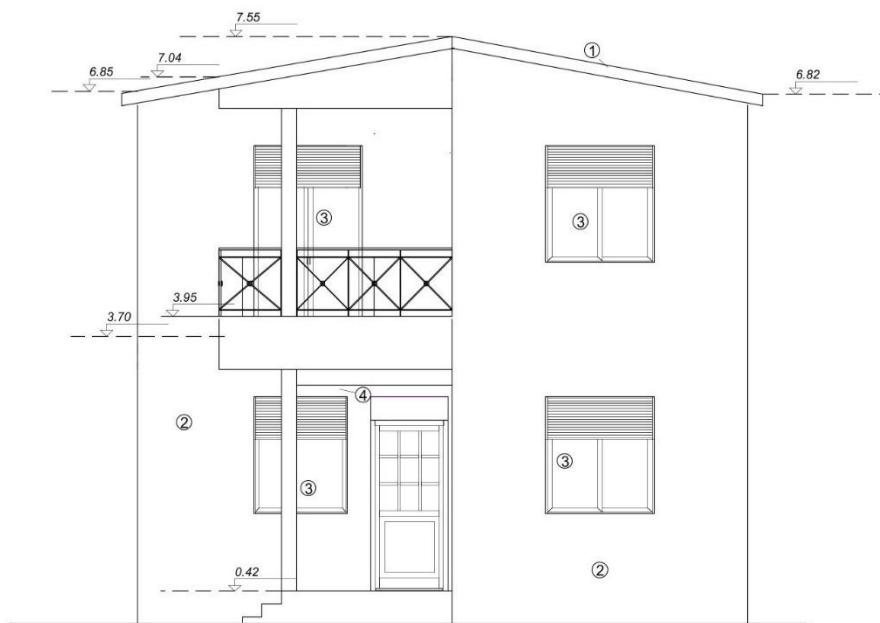
Α' ΟΡΟΦΟΣ $7.65 \times 3.83 + 4.05 \times 3.92 = 45.18 \mu^2$

Ημιυπαίθριος ορόφου $3.57 \times 2.17 = 7.75 \mu^2$

Εξώστης ορόφου $3.60 \times 0.80 = 2.88 \mu^2$

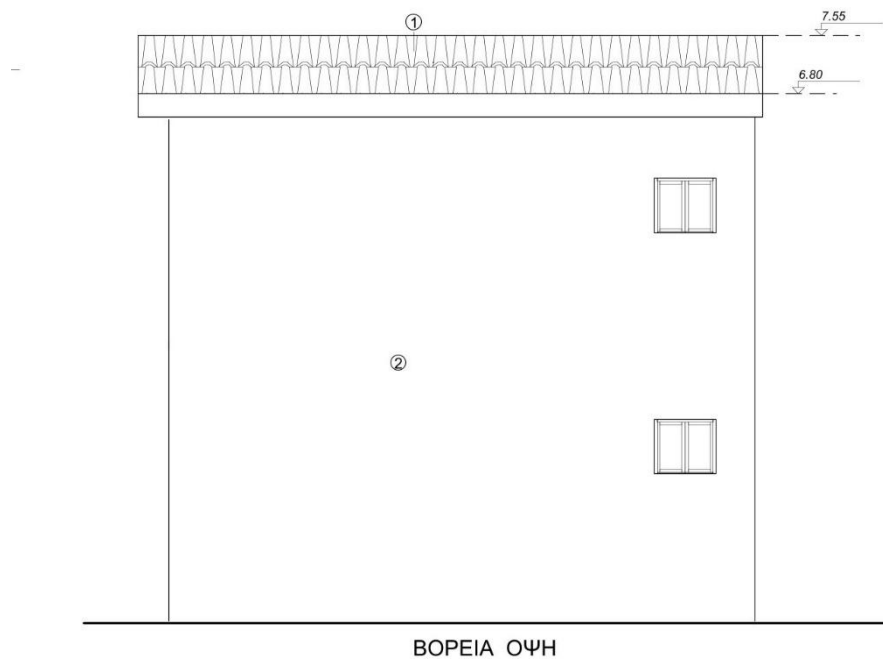


Εικόνα 3: κάτοψη στέγης

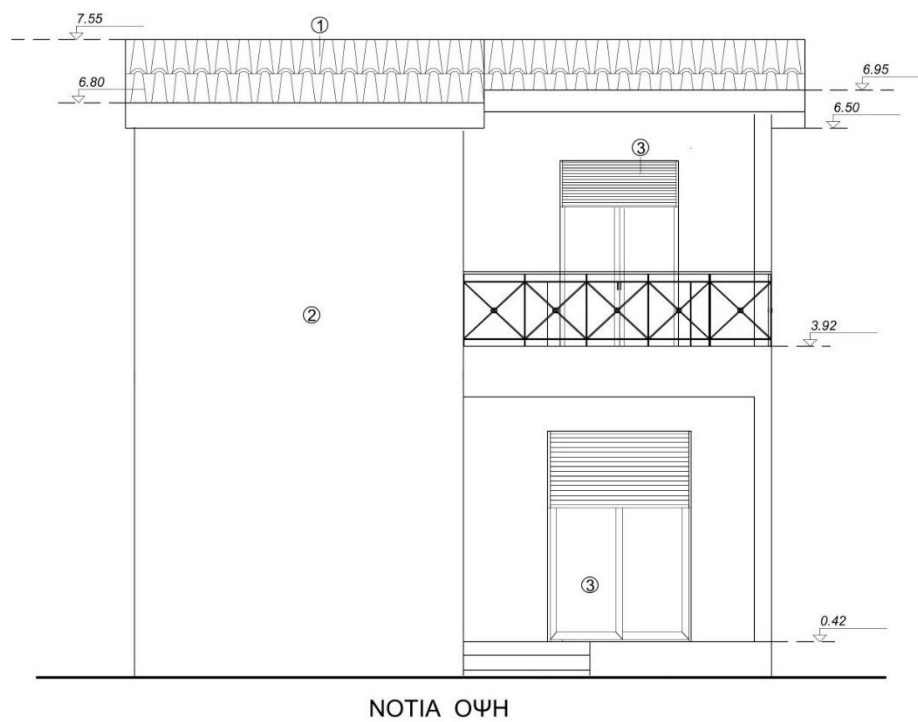


ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ [πρόσοψη]

Εικόνα 4: Ανατολική όψη



Εικόνα 5: Βόρεια όψη



Εικόνα 6: Νότια όψη

2. Δράσεις επί των κατασκευών

2.1. Δεδομένα και μέθοδος ανάλυσης

Το έδαφος θεωρήθηκε κατηγορίας C σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (1998-1). Με επιτρεπόμενη τάση εδάφους $\sigma_{\text{επ}}=150 \text{ KN/m}^2$ και δείκτη εδάφους $K_s=50000 \text{ KN/m}^3$. Τα εδάφη κατηγορίας C αποτελούνται από κοκκώδη υλικά μέσης πυκνότητας ή από συνεκτικούς αργίλους. Η παρακάτω εικόνα 9 υποδεικνύει τι αλλαγές μπορεί να κάνει το πρόγραμμα ώστε να προσαρμοστεί στον τύπο εδάφους της κάθε κατασκευής.

Στοιχείο Εδάφους

Παράμετροι Εδαφικού Υλικού Ανάλυσης

ID Στοιχείου: 1

Όνομα: Default Soil

E Εδάφους: 10000

Poisson Εδάφους: 0.3

Ειδικό Βάρος: 18

Πολλαπλ. Ksoil για Δυναμική Ανάλυση: 50000

Συντελεστής Ksoil για Δυναμική Ανάλυση: 1

Βάθος Εδάφους: 1000

Συμπιεστό Στρώμα Εδάφους: No

Συντελεστής Στρεπτικής Δυσκαμψίας (2 ή 4 του E/L): 2

Τύπος προσομοίωσης: Vertical and Horizontal Sp

Παράμετροι Σχεδιασμού Εδαφικού Υλικού

Ευαισθησία Υψηλής Πύκνωσης: No

Μέθοδος Σχεδιασμού: Εμπειρική

Επιτρεπόμενη Τάση: 150

Su Εδάφους: 30

c Εδάφους: 10

φ Εδάφους: 20

Συντελ. Τριβής (Εδάφους - Θεμελίωσης): 0.4

Δημιουργία Νέου Αποθήκευση/Τροποποίηση Διαγραφή Εφαρμογή

Εικόνα 9: Στοιχεία εδάφους

2.2. Ικανοτικός σχεδιασμός

Για τον ικανοτικό έλεγχο δυσκαμψίας ελέγχονται οι κατακόρυφοι σύνδεσμοι. Αυτοί οι σύνδεσμοι τοποθετούνται ανάμεσα στα υποστυλώματα και λαμβάνουν τα φορτία από τις δοκούς που τοποθετούνται πάνω από τα υποστυλώματα και τα μεταφέρουν στην θεμελίωση. Οι κύριες λειτουργίες τους είναι η παροχή μιας ευστάθειας στην κατασκευή και η παροχή πλευρικής στήριξης στα υποστυλώματα της. Συνολικά οι έλεγχοι που γίνονται είναι οι εξής: έλεγχος λυγηρότητας, έλεγχος υποστυλωμάτων και έλεγχος κεφαλοδοκού.

Γενικά, στις μεταλλικές κατασκευές, ο ικανοτικός έλεγχος αφορά την σχέση αντοχών μεταξύ των δοκών, των συνδέσεων και τον υποστυλωμάτων. Στο συγκεκριμένο κτίριο που στα πλαίσια έχουν χρησιμοποιηθεί διαγώνιοι σύνδεσμοι αυτοί είναι υπεύθυνα για την διαχείριση της πλαστικής παραμόρφωσης ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία λειτουργούν ελαστικά σύμφωνα με τις αντοχές τους. Οι ικανοτικές δυνάμεις υπολογίζονται όταν πολλαπλασιαστεί η αντοχή των πλαστικών στοιχείων με συντελεστές υπεραντοχής. Οι τιμές αυτές των συντελεστών καθορίζονται από τον Ευρωκώδικα 8 – μέρος 3 (EN 1998-1).

Ο έλεγχος λυγηρότητας αποτελεί έναν βασικό έλεγχο διότι διασφαλίζει τα στοιχεία έναντι καμπτικού λυγισμού. Ο έλεγχος των υποστυλωμάτων διασφαλίζει τα υποστυλώματα να παραμείνουν ελαστικά κατά την ανάπτυξη των πλαστικών αρθρώσεων έτσι ώστε να διασφαλίζεται 'ισχυρό υποστυλώμα - ασθενή δοκός'. Τέλος η κεφαλοδοκός αποτελεί κρίσιμο στοιχείο στην μεταφορά κατακόρυφων και σεισμικών φορτίων. Ο έλεγχος της κεφαλοδοκού στοχεύει στην αποδοχή των δυνάμεων που προκύπτουν από την πλαστικοποίηση των συνδεδεμένων στοιχείων, ώστε η κεφαλοδοκός να παραμείνει εντός της ελαστικής αντοχής.

2.3. Έλεγχος σύμμικτης πλάκας

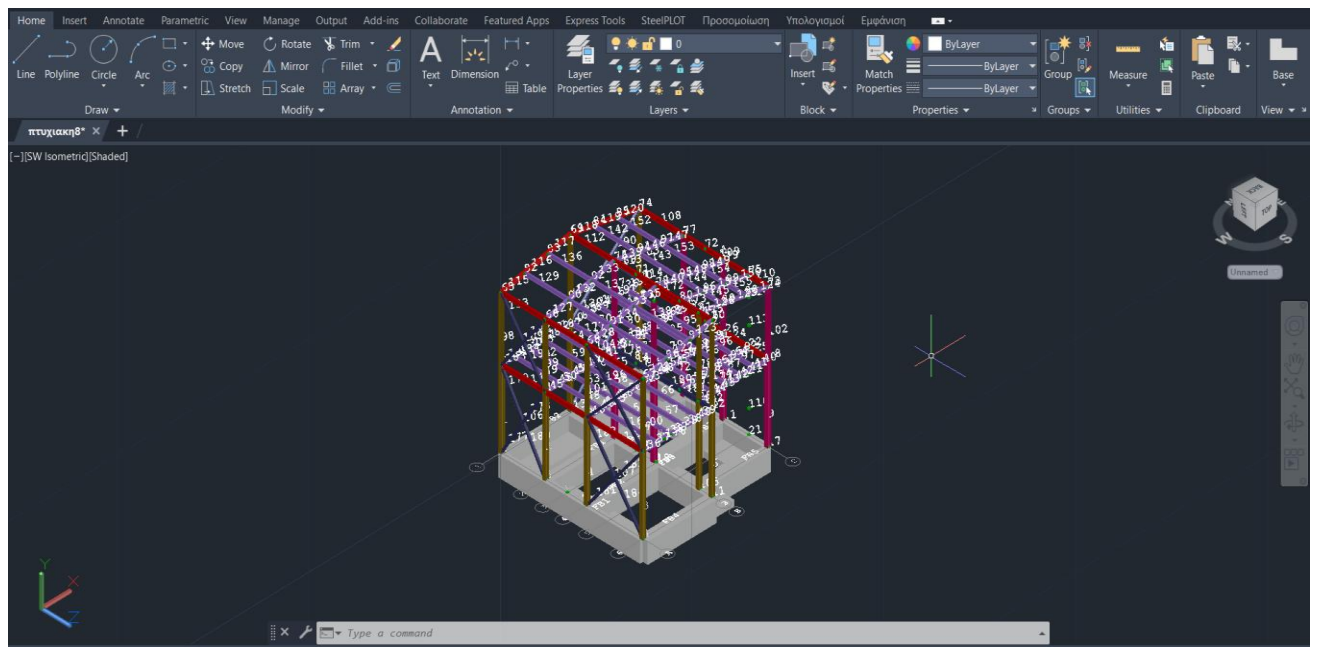
Επιπλέον, ένας ακόμη σημαντικός έλεγχος που γίνεται είναι ο έλεγχος της σύμμικτης πλάκας. Στα μεταλλικά κτίρια οι σύμμικτες πλάκες έχουν διάφορες μορφές και χρησιμοποιούνται είτε σαν στοιχεία παραλαβής και μεταφοράς των φορτίων στις δοκούς είτε σαν πέλμα των δοκών. Η μελέτη γίνεται με βάση τον Ευρωκώδικα 4 και αποτελείται από δύο φάσεις την φάση κατασκευής και την φάση λειτουργίας. Συγκεκριμένα στην πρώτη φάση ο σχεδιασμός γίνεται με βάση τις οριακές καταστάσεις λειτουργίας και αστοχίας, ενώ στην φάση λειτουργίας ελέγχεται αν ικανοποιείται η παραλαβή της έντασης της πλάκας έναντι αρνητικής, θετικής ροπής κάμψης και έναντι διαμήκους διάτμησης. Η σύμμικτη πλάκα μπορεί να αστοχήσει μέσω καμπτικής αστοχίας και διαμήκους και κατακόρυφης διατμητικής αστοχίας. Το χαλυβδόφυλλο παρέχει στήριξη κατά την σκυροδέτηση και, όταν συνεργάζεται με το σκυρόδεμα, αυξάνει την αντοχή και την ακαμψία του συστήματος. Στόχος του ελέγχου αυτού είναι να εξασφαλιστεί ότι το χαλυβδόφυλλο επαρκεί για την κατασκευαστική φάση, η πλάκα να εμφανίζει αρκετή αντοχή και δυσκαμψία στην λειτουργία της και η συνεργασία των υλικών να είναι ασφαλής και πλήρης.

3. Ανάλυση και διαστασιολόγηση κατασκευής

3.1. Πρόγραμμα ανάλυσης και σχεδιασμού

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το 3DR.STEEL (Εικόνα 10). Είναι ένα πρόγραμμα ευρέως γνωστό και αρκετά εύχρηστο λογισμικό, το οποίο δίνει στον χρήστη την

δυνατότητα είτε σχεδιασμού από την αρχή μιας κατασκευής είτε επεξεργάζοντας ένα ήδη έτοιμο σχέδιο (dxf,dwg). Το συγκεκριμένο είναι εξειδικευμένο για μεταλλικές κατασκευές. Ανοίγει μέσω του προγράμματος AutoCAD ή progeCad, επιτρέποντας την χρήση όλων των εργαλείων τους. Η εργαλειοθήκη του είναι πλούσια σε εντολές τόσο για το σχεδιαστικό κομμάτι του όσο και για το μορφολογικό. Τέλος όταν έχει αναλυθεί όλος ο φορέα εμφανίζει ένα BIM report όπου μέσα σε αυτό εμφανίζονται όλα τα δεδομένα, οι παράμετροι, τα φορτία, οι διατομές, όλα όσα χρειάζεσαι για μια στατική μελέτη. Όσον αφορά τα τελικά σχέδια τα εμφανίζει μέσω του SteelPLOT με μια εξίσου απλή διαδικασία (Εικόνες 27-30).



Εικόνα 10: Πρόγραμμα 3D

3.2. Προσομοίωση δομικών στοιχείων

3.2.1.1. Διατομές

Για τα υποστυλώματα χρησιμοποιήθηκαν διατομές HEA180 και HEA200 (Εικόνα 11). Οι διατομές αυτές χαρακτηρίζονται από παράλληλες πλευρές πέλματος και σχετικά μικρό πάχος κορμού, πράγμα που εξασφαλίζει μια ικανοποιητική αντοχή σε θλίψη και κάμψη. Η επιλογή αυτή έγινε με βάση τα κατακόρυφα φορτία και τις αποστάσεις των πλαισίων. Η μορφή των διατομών αυτών εξασφαλίζει αποτελεσματική αντίσταση σε λύγισμα και συμβάλει στην σταθερότητα ολόκληρου του φορέα. Για τους δοκούς χρησιμοποιήθηκαν διατομές IPE180 και IPE200 οι οποίες είναι ευρωπαϊκές διατομές που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές για κάμψη και για αντοχή. Η διατομή IPE200 προσφέρει μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη αφού η ροπή αδράνειας είναι πιο μεγάλη.

Πίνακας 1: Ιδιότητες διατομών

Όνομα	Γεωμετρικές διατάξεις						Βάρος G (kg/m)	Κατάταξη (σύμφωνα με EN 1993-1-1)	
	h (mm)	b (mm)	t_f (mm)	t_w (mm)	r (mm)	A (mm ²) X100		Καθαρή κάμψη S235	Αξονική θλίψη
IPE180	180	91	8,0	5,3	9,0	20,09	15,8	1	1
IPE200	200	100	8,5	5,6	12,0	28,48	22,4	1	1
HEA180	171	180	9,5	6,0	15,0	45,25	35,5	1	1
HEA200	190	200	10,0	6,5	18,0	53,83	42,3	1	1

Επιλογές Χρωμάτων

Διατομές Ομάδες

Κατηγορίες

Διατομές	Χρώμα	Ορατό
IPE160	161	☒
IPE180	191	☒
IPE200	1	☒
HE160A	50	☒
HE180A	42	☒
HE200A	230	☒
160x80x6.3	122	☒
80x80x5.0	130	☒
180x180x8.0	3	☒
100x100x5.0	175	☒

Σημείωση: Εάν ορίσετε χρώμα 256 (BYLAYER) τότε αυτό καθορίζεται από το χρώμα που έχει οριστεί στη φόρμα Προβολή > Επιλογές

Αποεπιλ. ΟΛΩΝ Επιλογή ΟΛΩΝ Επαναφορά

OK Άκυρο Εφαρμογή Βοήθεια

Εικόνα 11: Διατομές που επιλέχθηκαν στο πρόγραμμα

3.2.1.2. Υλικά

Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής αποτελείται από χάλυβα ποιότητας S235 σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 (EC3: EN 1993-1-1) ο οποίος διαθέτει όριο διαρροής $f_y = 235$ MPa και αντοχή θραύσης $f_u = 360-510$ MPa. Εμφανίζει ικανοποιητική ολκιμότητα, καλή

συγκολλησιμότητα και χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για μικρού και μεσαίου μεγέθους κατασκευές. Οι ιδιότητες του και το χαμηλό κόστος του αποτέλεσαν τους κύριους λόγους επιλογής. Η θεμελίωση του κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (EC2: EN 1992-1-1). Το συγκεκριμένο χαρακτηρίζεται από κυλινδρική αντοχή $f_c = 20 \text{ MPa}$ και από κυβική αντοχή $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί και χάλυβας οπλισμού B500C. Ο συνδυασμός αυτών των δύο, χάλυβα και σκυρόδεμα, έχει εξασφαλίσει μια ανθεκτική και σταθερή κατασκευή.

3.2.1.3. Φορτία και συνδυασμοί φορτίσεων

Στο σύστημα εφαρμόστηκαν μόνιμα και μεταβλητά φορτία. Στα μόνιμα φορτία συμπεριλαμβάνονται οι επικαλύψεις από τις πλάκες του ορόφου $0,30 \text{ KN/m}^2$, της στέγης $0,15 \text{ KN/m}^2$ και του εξώστη $0,30 \text{ KN/m}^2$ και τα μόνιμα κατανεμημένα όπου είναι οι πλάκες του ορόφου 2 KN/m^2 , της στέγης 2 KN/m^2 και του εξώστη 2 KN/m^2 . Το συνολικό ίδιον βάρος των φερόντων και μη-φερόντων στοιχείων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως μια μόνο δράση. Όσον αφορά τα μεταβλητά φορτία έχουν τις πλάκες του ορόφου 2 KN/m^2 , της στέγης 2 KN/m^2 , του εξώστη 5 KN/m^2 και του υπόστεγου 2 KN/m^2 . Σε περιπτώσεις σχεδιασμού όπου τα επιβαλλόμενα φορτία συνδυάζονται με άλλες μεταβλητές δράσεις (δράσεις από άνεμο, χιόνι), το σύνολο των φορτίων που λαμβάνεται υπόψη θεωρείται ως μια ενιαία φόρτιση.

Γενικά στα μόνιμα φορτία οι δράσεις τους παραμένουν σταθερές και αμετάβλητες και αξιολογούνται από τις αληθινές πυκνότητες των υλικών. Επίσης χρησιμοποιούνται χαμηλή συντελεστές μερικής ασφάλειας διότι η αβεβαιότητα τους εκτιμάται ως χαμηλή. Αντιθέτως στα μεταβλητά φορτία οι δράσεις τους αλλάζουν και αποτελούν τις μη μόνιμες δράσεις. Για αυτό τον λόγο και θεωρούνται υψηλότερη συντελεστές μερικής ασφάλειας.

3.2.1.4. Συνδυασμοί δράσεων

Όταν έχουμε περισσότερα του ενός κινητά φορτία, θεωρείται μικρή η πιθανότητα εμφάνιση των μέγιστων τιμών τους την ίδια στιγμή. Ανάλογα με το είδος και την θέση του έργου, προσδιορίζονται οι αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων. Οι εν λόγω δράσεις, προσαρμοσμένες με τους αντίστοιχους κατάλληλους συντελεστές (συντελεστής ασφαλείας γ), συνδυάζονται μεταξύ τους κατάλληλως (συντελεστής συνδυασμού ψ) για κάθε μια από τις δύο οριακές καταστάσεις.

Διακρίνονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες :

- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας
- Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οι προβλεπόμενες τιμές των συντελεστών ασφαλείας των δράσεων σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 2: συντελεστές ασφαλείας δράσεων

Καταστάσεις σχεδιασμού	γ_c (σκυρόδεμα)	γ_s (χάλυβας όπλισης)

Μόνιμες παροδικές	1.5	1.15
Τυχηματικές	1.2	1.0

Οριακή κατάσταση αστοχίας είναι η κατάσταση κατά την οποία μια κατασκευή ή ένα δομικό στοιχείο φτάνει στο σημείο κατάρρευσης ή αστοχίας. Ενώ οριακή κατάσταση λειτουργικότητας είναι η κατάσταση όπου μια κατασκευή ή ένα τμήμα της δεν έχει καταρρεύσει αλλά εμφανίζει σοβαρές λειτουργικές βλάβες πράγμα που την ορίζουν ακατάλληλη για την χρήση του.

Για τον έλεγχο της οριακής κατάστασης αστοχίας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι :

ο Βασικός τύπος για συνδυασμό:

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \leq R_d$$

Όπου:

- G_k : χαρακτηριστική τιμή μόνιμου φορτίου
- $Q_{k,1}$: κύρια χαρακτηριστική τιμή μεταβλητού φορτίου
- $Q_{k,i}$: επιπλέον μεταβλητά φορτία
- γ_G, γ_Q : συντελεστές μερικής ασφάλειας για φορτία (π.χ. 1.35 για G , 1.5 για Q)
- $\psi_{0,i}$: συντελεστής συμμετοχής επιπλέον μεταβλητών φορτίων (π.χ. 0.7, 0.6)
- R_d : σχεδιαστική αντοχή

- Τύπος για σεισμική ανάλυση:

$$G_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + A_{Ed}$$

Όπου:

- A_{Ed} : σεισμική δράση σχεδιασμού
- $\psi_{2,i}$: μειωτικός συντελεστής για μακροχρόνια δράση

Για τον έλεγχο της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας οι τύποι είναι:

- χαρακτηριστικός συνδυασμός:

$$G_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- συχνός συνδυασμός:

$$G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- ψυχρός συνδυασμός:

$$G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Το πρόγραμμα κάνοντας χρήση του πίνακα 3 λαμβάνει υπόψη όλους τους παραπάνω συνδυασμούς δράσεων στην επίλυση του φορέα (εικόνα 12).

Πίνακας 3: πίνακας προτεινόμενων τιμών των συντελεστών ψ_i για κτίρια

Δράσεις	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια, κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία Α: κατοικίες, συνήθη κτίρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία Β: χώροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C: χώροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D: χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία F: χώροι αποθήκευσης	1	0,9	0,8
Κατηγορία E: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων ≤ 30 kn	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία :χώροι κυκλοφορίας οχημάτων $30 \text{ kn} \leq \text{βάρος οχημάτων} \leq 160 \text{ kn}$	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία Η: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-1)			
Φινλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,7	0,5	0,2
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000\text{m}$	0,7	0,5	0,2
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000\text{m}$	0,5	0,2	0
Φορτία ανέμου σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (εκτός – πυρκαγιάς) σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Γεννήτρια Συνδυασμού Φορτίσεων κατά EC1

Περιπτώσεις Φόρτισης

- ☒ Μόνιμα Φορτία (DEAD)
- ☒ Κινητά Φορτία (LIVE)
- ☒ Οριζόντιες Σεισμικές Δράσεις (EQX, EQY)
- ☐ Κατακόρυφες Σεισμικές Δράσεις (EQZ)
- ☒ Φορτία Ανέμου (WIND)
- ☒ Φορτίο Χιονιού (SNOW)
- ☐ Θερμοκρασιακή Μεταβολή (THERMAL)

Παράμετροι

Κατηγορία Χρήσης: Κατοικίες

Συνδυασμοί: Πλήρη

Υψόμετρο Χιονιού: < 1000 μ

Επίπεδο Γνώσης(Φορτία):

Προεπισκόπηση Συνδυασμών Φόρτισης

```

+ 1.15 x DEAD + 1.05 x LIVE
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x LIVE
+ 1.15 x DEAD + 0.90 x WIND
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x WIND
+ 1.15 x DEAD + 1.05 x LIVE + 0.90 x WIND
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x LIVE + 0.90 x WIND
+ 1.35 x DEAD + 1.05 x LIVE + 1.50 x WIND
+ 1.15 x DEAD + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x SNOW
+ 1.15 x DEAD + 1.05 x LIVE + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x LIVE + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 1.05 x LIVE + 1.50 x SNOW
+ 1.15 x DEAD + 0.90 x WIND + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x WIND + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 0.90 x WIND + 1.50 x SNOW
+ 1.15 x DEAD + 1.05 x LIVE + 0.90 x WIND + 0.75 x SNOW
+ 1.35 x DEAD + 1.50 x LIVE + 0.90 x WIND + 0.75 x SNOW

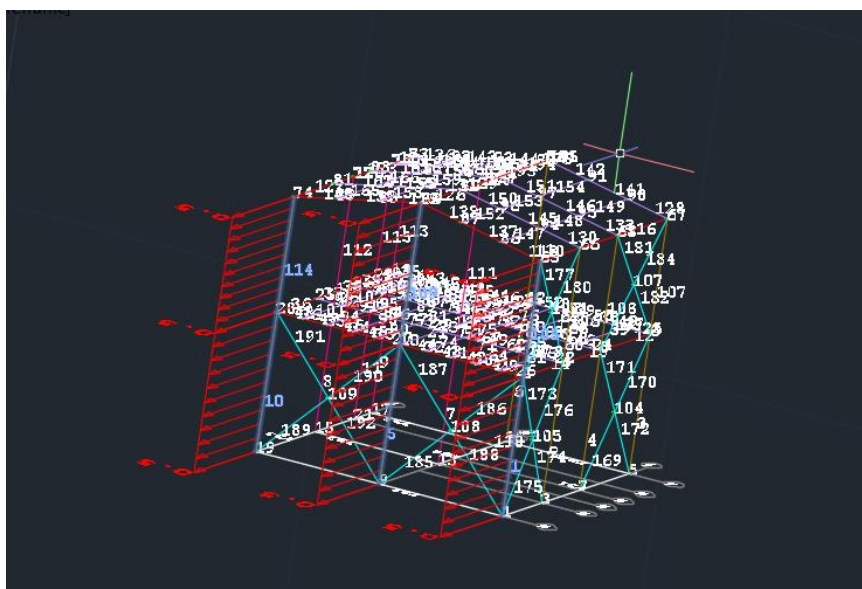
```

OK Cancel

Εικόνα 12: Συνδυασμοί φόρτισης

3.3.Δράσεις ανέμων

Γενικά οι δράσεις ανέμων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην μορφή και στην διαστασιολόγηση των κατασκευών. Έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες για την επίλυση τους τόσο θεωρητικές όσο και πειραματικές. Οι μηχανικοί είναι σημαντικό να γνωρίζουν στοιχεία για την δράση του ανέμου όπως την κατεύθυνση του, την ταχύτητα του. Κατατάσσονται στις μεταβλητές καθορισμένες δράσεις. Βέβαια μαζί με αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες δράσεις (χιόνι, πάγος, κυκλοφορία) οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ανάλυση της κατασκευής μας. Μέσα στην στατική μελέτη του κτιρίου έχει προστεθεί σαν μεταβλητή και ο άνεμος. Έχει θεωρηθεί η κατεύθυνση του στον άξονα x και στον άξονα y, δίνοντας του μια προβλεπόμενη τιμή που συνιστάται από το πρόγραμμα (Εικόνες 13,14).



Εικόνα 13: Δράση ανέμου στο κτίριο μας

Εικόνα 14: Εισαγωγή δράσης ανέμου

4. Σχεδιασμός και ανάλυση του κτιρίου

4.1.Εισαγωγή του φορέα

Ο φορέας δημιουργήθηκε μέσα στο πρόγραμμα με την βοήθεια κάνναβου. Αφού μελετήθηκαν πολύ προσεκτικά τόσο τα σχέδια της κάτοψης όσο και της όψης δημιουργήθηκε ένα πλαίσιο. Το πλαίσιο αυτό ,λόγω της ιδιαιτερότητας του κτιρίου, δεν είναι ούτε ορθογωνικό ούτε τετραγωνικό αλλά παρατηρείται μια μικρή εσοχή από την πλευρά που είναι ο εξώστης. Έπειτα χρειάζεται να εισαχθούν τα υψόμετρα των επιπέδων μέσω της εντολής **στάθμες**. Στην συνέχεια επιλέγονται οι διατομές που θα χρησιμοποιηθούν.

Αρχικά επιλέχθηκαν μικρότερης σε διατομή υποστυλώματα και δοκοί όπως φαίνεται στην εικόνα 11. Κατά την ανάλυση του φορέα το πρόγραμμα ενημερώνει αν οι διατομές επαρκούν. Αν δεν επαρκούν τότε συνεχίζεται η ανάλυση με μεγαλύτερες διατομές. Επίσης καθορίζονται τα υλικά. Μέσω της εντολής **υλικά** ανοίγει μια καρτέλα που εμφανίζει την γενική ανάλυση των δεδομένων και τους παραμέτρους ανάλυσης. Υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης και δημιουργίας καινούριων υλικών.

4.2.Εισαγωγή υποστυλωμάτων και δοκών

Το πρόγραμμα έχει κάποιες εντολές σχετικά με τα μέλη. Για τα υποστυλώματα χρησιμοποιήθηκε η εντολή **δημιουργία κατακόρυφου μέλους**. Πρακτικά τοποθετείται ο δείκτης του ποντικιού στο σημείο που χρειάζεται να ενσωματωθεί το υποστύλωμα. Έπειτα χρειάζεται να επιλεγθεί η διατομή, το υλικό και η ομάδα (Εικόνα 15). Όσον αφορά την ομάδα είναι σημαντικό κάθε στοιχείο να ενσωματώνεται στην κατάλληλη ομάδα για να μπορεί το πρόγραμμα να τα αναγνωρίζει και να τους προσδίδει της παραμέτρους που χρειάζονται. Για τους δοκούς η σχεδίαση τους γίνεται μέσω της εντολής **εισαγωγή**, όπου χρειάζεται να επαναληφθούν όλα τα παραπάνω, με την μόνη διαφορά ότι απαιτείται να υποδειχθεί η αρχή και το τέλος της δοκού (Εικόνα 16).

Όλα όσα αναφέρθηκαν απευθύνονται στο ισόγειο. Στην σχεδίαση του πρώτου ορόφου η μόνη εντολή που χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί είναι η **αντιγραφή**. Εάν οι όροφοι δεν έχουν τις ίδιες διατομές υποστυλωμάτων και δοκών με το ισόγειο τότε επαναλαμβάνεται η διαδικασία του ισογείου. Μια λεπτομέρεια που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι όταν τελειώσει η εισαγωγή των μελών στον όροφο είναι υποχρεωτικό να σημειωθούν τα επίπεδα ώστε να γίνει σωστή καταγραφή του ύψους του ορόφου. Επιπλέον το πρόγραμμα αριθμεί τόσο τα ίδια τα υποστυλώματα όσο και τους κόμβους τους (Εικόνες 17-20). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω επιλογής του χρήστη.

Διατομή

   ΟΛΑ

Πίνακας Διατομών:

100x100x5.0 Square Hollow Sections European ▾

ή Διαστάσεις Μέλους: ή Ίδιο με Μέλος:

<Επιλογή Σχήματος> ▾ <Επιλογή Υπάρχοντος> ▾

Υλικό

S 235 ▾

Ιδιότητες

Ελευθερώ 00 Pin-Pir ▾ Σχεδιασμό: Δοκός

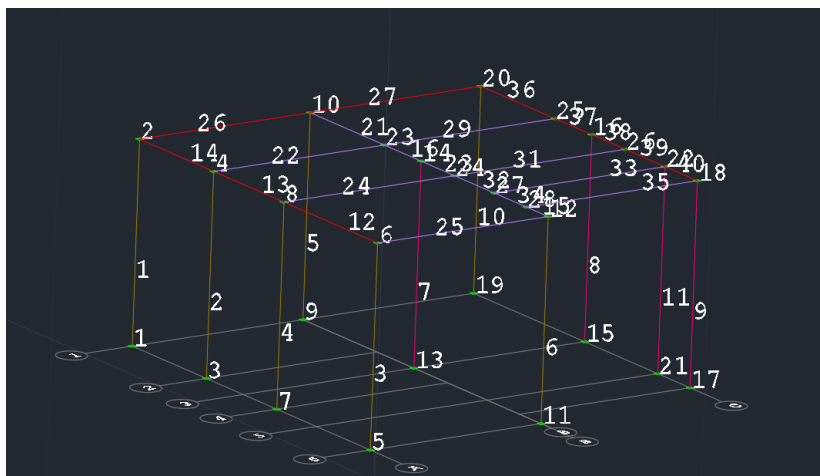
Βήτα (ο) 0 ▾ Ομάδα: <Κενό>

☒ Κατάτμηση Τεμνόμενων Μελών

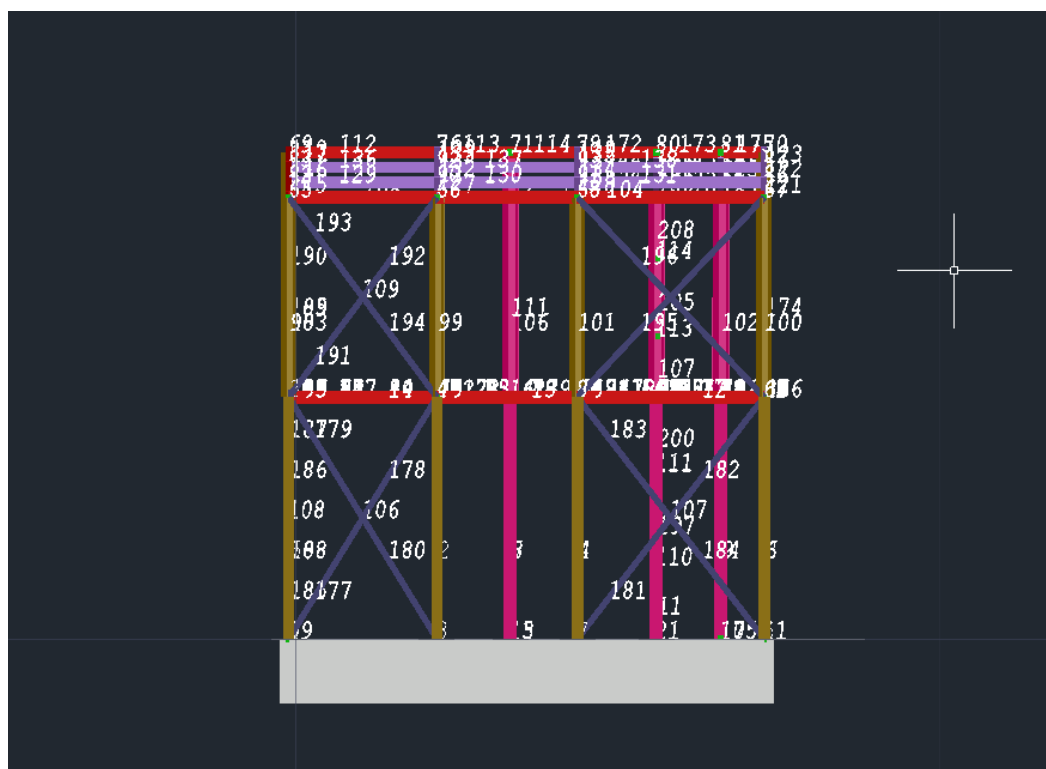
☒ Κατάτμηση Ακραίων Μελών

Εισαγωγή Μέλους(ών) >>

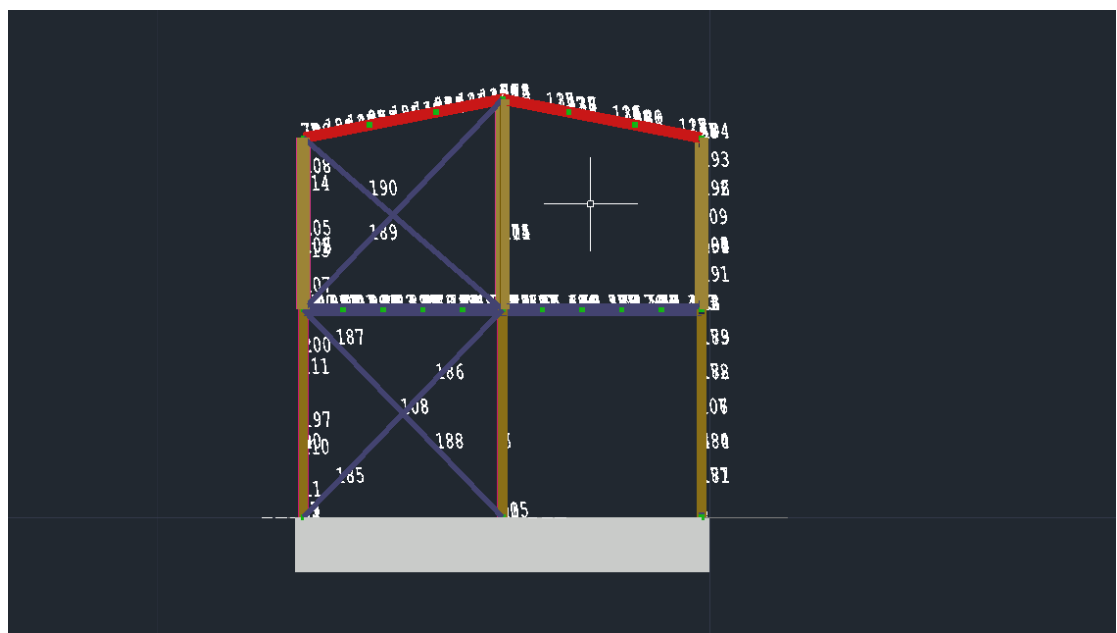
Εικόνα 15: Εντολή υποστυλώματος και δοκού



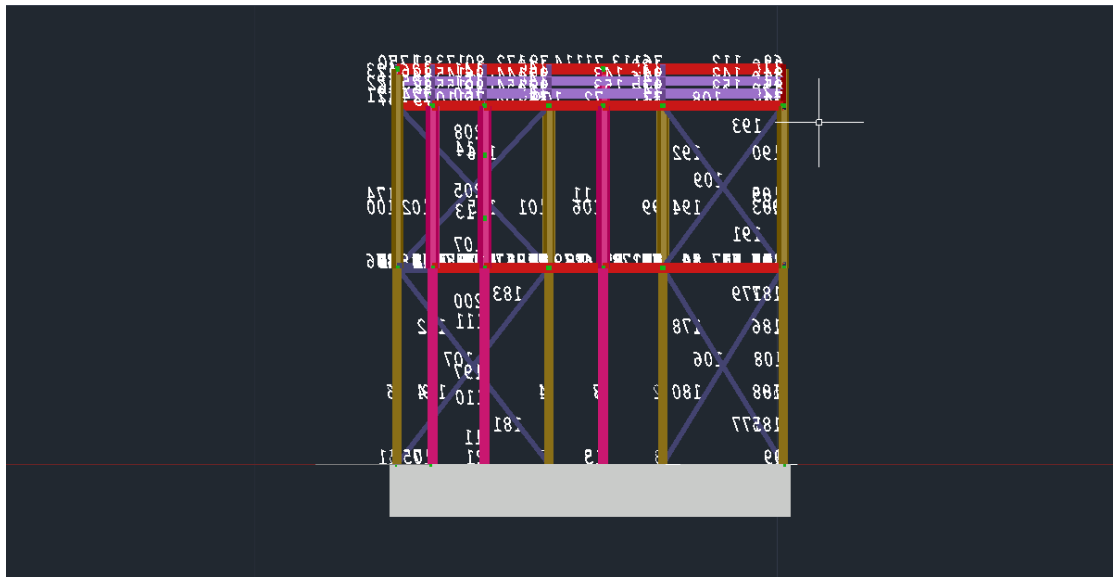
Εικόνα 16: Εισαγωγή υποστυλωμάτων και δοκών στο ισόγειο



Εικόνα 17: Δυτική πλευρά 3D



Εικόνα 18: Βόρεια πλευρά 3D



Εικόνα 19: Ανατολική πλευρά 3D

Πίνακας 4: Ιδιότητες μελών

Μέλος	Τύπος διατομής	Iy	Iz	Ix	Wy	Wz	WypI	Wzpl	Εμβαδόν διατομής
1-6	HE180A	2.51e-05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.00103	0.000325	0.000157	0.00453
7-9	HE200A	3.69e-05	1.34e-05	2.11e-07	0.000388	0.000134	0.000429	0.000204	0.00538
10	HE180A	2.51e-05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
11	HE200A	2.51e-05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
12-14	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
15-20	IPE180	1.32e-05	1.01e-06	4.8e-08	0.000147	2.22e-05	0.000166	3.46e-05	0.00239
21-35	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
36-97	IPE180	1.32e-05	1.01e-06	4.8e-08	0.000147	2.22e-05	0.000166	3.46e-05	0.00239

98-101	HE180A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
102	HE200A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
103	HE180A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
104	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
105	HE180A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
106	HE200A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
108-110	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
111	HE200A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
112-120	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
121-155	IPE180	1.32e-05	1.01e-06	4.8e-08	0.000147	2.22e-05	0.000166	3.46e-05	0.00239
172-173	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
174	HE180A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
175	IPE200	1.94e-05	1.42e-06	7.02e-08	0.000194	2.84e-05	0.000221	4.46e-05	0.00285
176	IPE180	1.32e-05	1.01e-06	4.8e-08	0.000147	2.22e-05	0.000166	3.46e-05	0.00239
177-196	100x100 x5	2.83e-06	2.83e-06	4.39e-06	5.66e-05	5.66e-05	6.71e-05	6.71e-05	0.00189
197-208	HE200A	2.51e.05	9.25e-06	1.49e-07	0.000294	0.000103	0.000325	0.000157	0.00453
220-225	100x100 x5	2.83e-06	2.83e-06	4.39e-06	5.66e-05	5.66e-05	6.71e-05	6.71e-05	0.00189

Όπου:

Iy: ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα y-y

Iz: ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα z-z

Ix: ροπή στρέψης

Wy: ελαστικό μέτρο αντίστασης ως προς τον άξονα y-y

Wz: ελαστικό μέτρο αντίστασης ως προς τον άξονα z-z

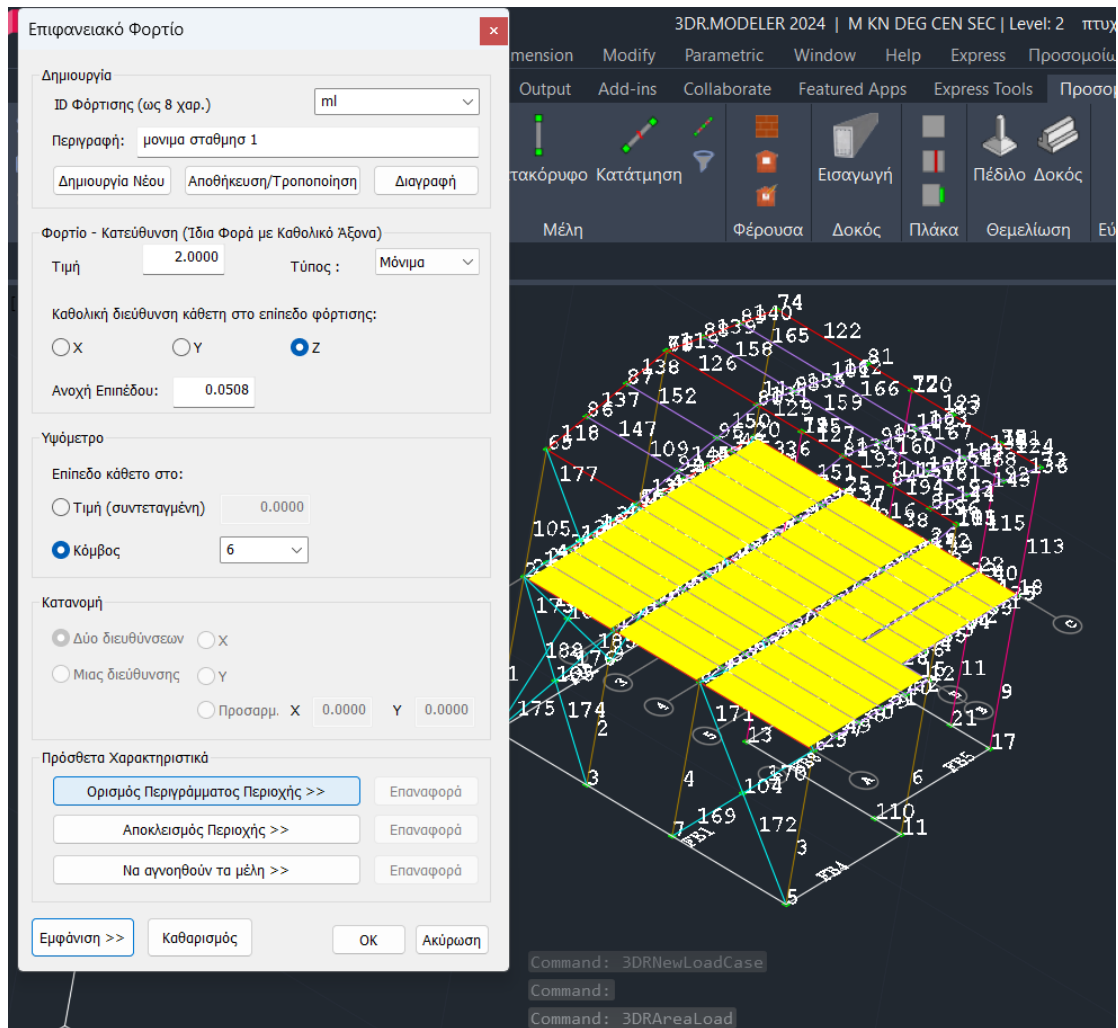
Wypl: πλαστικό μέτρο αντίστασης ως προς τον άξονα y-y

Wzpl: πλαστικό μέτρο αντίστασης ως προς τον άξονα z-z

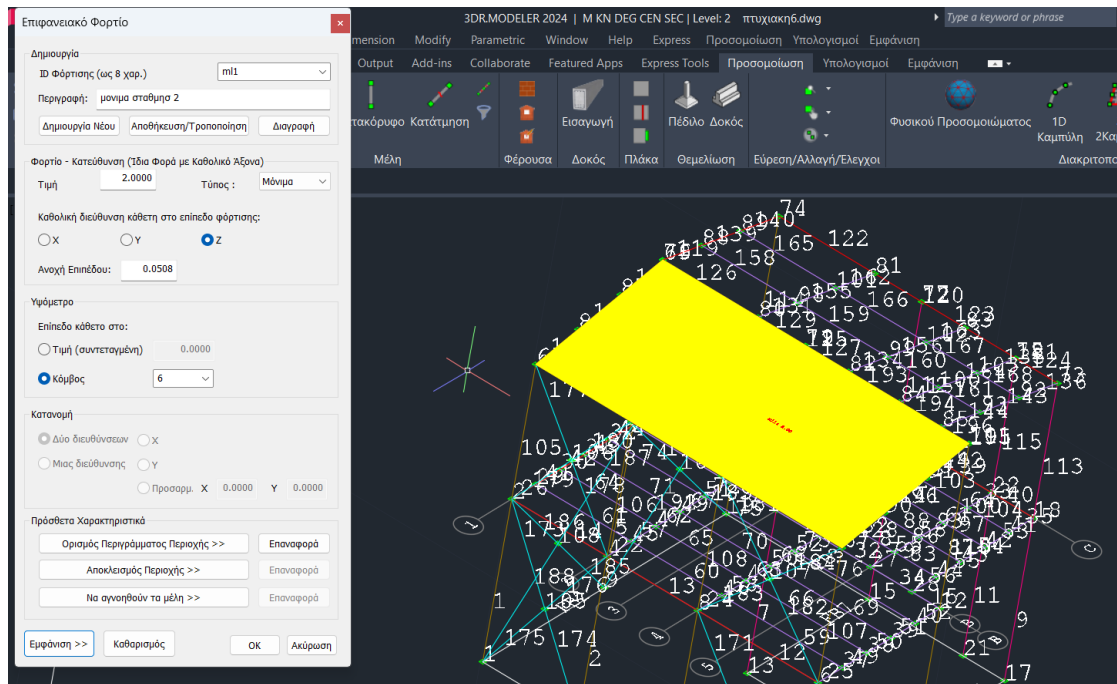
4.3.Εισαγωγή φορτίων

Το σημείο αυτό της επίλυσης είναι πολύ σημαντικό για τα τελικά αποτελέσματα. Χρειάζεται να σημειωθούν τόσο τα μόνιμα όσο και τα μεταβλητά σε κάθε τμήμα του φορέα μας. Όταν θα επιλεγθεί η μεταβολή των φορτίων θα πρέπει να τοποθετηθεί και η κατάλληλη τιμή του φορτίου, η κατεύθυνση του, από ποιόν κόμβο θα ξεκινήσει η επιβολή του και τι τύπος φορτίου είναι. Για κάθε τμήμα του φορέα πρέπει να γίνει η ίδια διαδικασία μεμονωμένα όπως και για κάθε όροφο. Στο τέλος υπάρχει η επιλογή να εμφανιστούν όλα τα φορτία μαζί ώστε να ελεγχθεί αν έχουν εφαρμοστεί σωστά. Οι δράσεις του ανέμου και του χιονιού δεν τοποθετούνται με την ίδια διαδικασία. Πρέπει πρώτα να ενσωματωθούν σαν ονομασίες και σαν δράσεις και μετά να επιβληθούν επάνω στον φορέα μας. Για τυχόν σφάλματα το πρόγραμμα ενημερώνει στο τέλος της ανάλυσης.

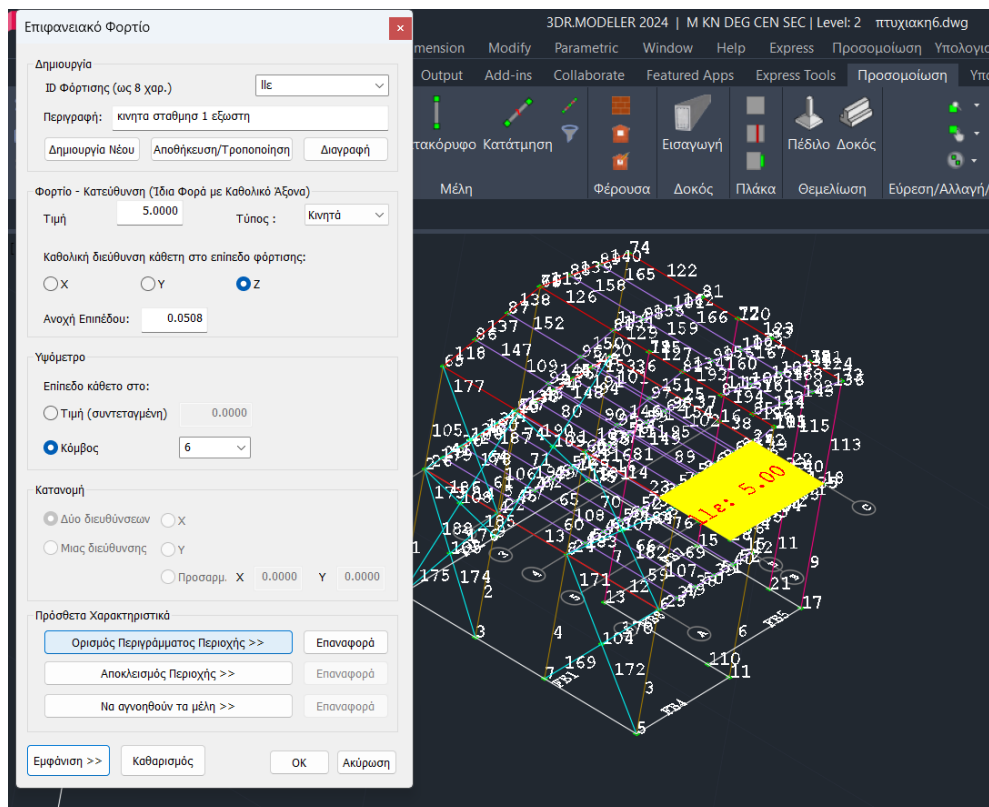
Συγκεκριμένα στην κατασκευή αυτή έχουν ονομαστεί σαν m1 τα μόνιμα και σαν II τα μεταβλητά ενώ για τον εξώστη έχει προστεθεί ένα ε (IIε= μεταβλητό φορτίο για τον εξώστη) (Εικόνες 21,22,23).



Εικόνα 20: μόνιμα φορτία για στάθμη 1



Εικόνα 21: μεταβλητά στάθμης 1



Εικόνα 22: μεταβλητά για τον εξώστη

Πίνακας 5: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης SW

Μέλος	Τύπος	Τοπικό απόλυτο	V1	V2	Απόλυτα ή ποσοστιαία	L1	L2
1	ομοιόμορφο	G Z	-0.348	-0.348	F	0.000	1.000
7	Ομοιόμορφο	G Z	-0.415	-0.415	F	0.000	1.000
21	Ομοιόμορφο	G Z	-0.220	-0.220	F	0.000	1.000
36	Ομοιόμορφο	G Z	-0.184	-0.184	F	0.000	1.000
102	Ομοιόμορφο	G Z	-0.415	-0.415	F	0.000	1.000
129	Ομοιόμορφο	G Z	-0.184	-0.184	F	0.000	1.000
188	Ομοιόμορφο	G Z	-0.145	-0.145	F	0.000	1.000
200	Ομοιόμορφο	G Z	-0.415	-0.415	F	0.000	1.000

Πίνακας 6: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης ml

Μέλος	Τύπος	Τοπικό απόλυτο	V1	V2	Απόλυτα ή ποσοστιαία	L1	L2
13	Γραμμικό	G Z	0.000	0.720	F	0.000	0.165
36	Γραμμικό	G Z	0.000	0.720	F	0.000	0.500
43	Γραμμικό	G Z	0.720	0.000	F	0.500	1.000
65	Γραμμικό	G Z	0.720	0.000	F	0.835	1.000
72	Γραμμικό	G Z	0.000	0.720	F	0.000	0.293
84	Γραμμικό	G Z	0.720	0.720	F	0.157	0.843
96	Γραμμικό	G Z	0.000	0.720	F	0.000	0.165

Πίνακας 7: Επιλεγμένα μέλη για φορτία μελών περίπτωσης φόρτισης windy

Μέλος	Τύπος	Τοπικό απόλυτο	V1	V2	Απόλυτα ή ποσοστιαία	L1	L2
103	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000
10	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000
105	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000
5	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000
1	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000
98	Ομοιόμορφο	G Y	0.500	0.000	F	0.000	1.000

Μέλος: ο αριθμός του μέλους

Τύπος: αν είναι γραμμικό ή ομοιόμορφο

Τοπικό απόλυτο: δείχνει το σύστημα αναφοράς

V1,V2: είναι οι αριθμητικές τιμές που δείχνουν τα άκρα ή τα σημεία ενδιαφέροντος του μέλους (πιθανότατα συντεταγμένες ή σχετικές θέσεις κατά μήκος του μέλους)

Απόλυτα ή ποσοστιαία: το F συμβολίζει ποσοστιαίες τιμές

L1,L2: είναι οι τιμές σχετικές με τα μήκη που αντιστοιχούν στα V1, V2 (πιθανώς θέσεις των σημείων κατά μήκος του μέλους)

4.4.Θεμελίωση

Όσον αφορά την θεμελίωση το πρόγραμμα έχει την επιλογή για πεδילוδοκούς και για πέδιλα. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η επιλογή την εντολής **θεμελίωση** σε κάθε τμήμα του φορέα μας. Αφού τοποθετηθεί στο σημείο που επιλέχθηκε τότε εμφανίζεται μια καρτέλα όπου πρέπει να αναφερθούν τα κατάλληλα στοιχεία, όπως ύψος πεδילוδοκού, πλάτος, αν θα είναι έκκεντρο, το υλικό (Εικόνα 24). Το πρόγραμμα για να διαχωρίζει τα κάθε στοιχείο της θεμελίωσης τα αριθμεί και τα ονομάζει. Επίσης μπορεί να τροποποιηθούν τα δεδομένα της κάθε πεδילוδοκούς και οι παράμετροι της. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της κάθε πεδילוδοκού διότι από τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα παράγει τους οπλισμούς. Για την καλύτερη απεικόνιση του κτιρίου υπάρχουν οι επιλογές να δεις το κτίριο σε 3d και με χρώματα, δηλαδή η διατομή IPE180 να έχει διαφορετικό χρώμα από την IPE200. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται λάθη που με γυμνό μάτι δεν παρατηρούνται.

Χρησιμοποιήθηκε ο συγκεκριμένος τρόπος θεμελίωσης λόγω της συνεργασίας πέλματος και κορμού με αποτέλεσμα να ενισχύεται η αδράνεια του συστήματος και να βελτιώνεται η λειτουργία του. Οι τάσεις που δημιουργούνται από το έδαφος κατανέμονται σε όλο το μήκος της πεδιλοδοκού ισομερώς. Επίσης κατά της διάρκεια του σεισμού οι πεδιλοδοκοί συμπεριφέρονται καλύτερα διότι αναλόγως με την διεύθυνση του σεισμού το ένα από τα άκρα δέχεται μεγαλύτερη φόρτιση. Βέβαια στα μεγάλα τμήματα της επειδή η παραμόρφωση αλλάζει διαρκώς πρόσημο χρειάζεται πιο ισχυρό οπλισμό την πάνω και κάτω ίνα.

Εικόνα 23: Θεμελίωση

4.5. Επίλυση φορέα

Τέλος όταν έχει σχεδιαστεί όλος ο φορέας και έχουν τοποθετηθεί και τα κατάλληλα δεδομένα ξεκινάει η διαδικασία της επίλυσης. Η πρώτη εντολή που επιλέγεται είναι ο **σχεδιασμός του μεταλλικού φορέα** όπου

εμφανίζεται η καρτέλα που παραθέτονται οι κανόνες σχεδιασμού, οι Ευρωκώδικες και οι παράμετροι για την σεισμική ανάλυση. Δευτερευόντως γίνεται ο **σχεδιασμός των πεδילוδοκών** (Εικόνες 25,26). Στην συγκεκριμένη φάση το πρόγραμμα τρέχει μόνο του με βάση τα δεδομένα και τα στοιχεία που είχαν δοθεί στην δημιουργία της θεμελίωσης. Αφού γίνει η ανάλυση τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα επάρκειας. Τελειώνοντας με την εντολή της **ανάλυσης** μένει η εκτύπωση όλων των αποτελεσμάτων. Από το BIM reports γίνεται η μαζική συγκέντρωση των αποτελεσμάτων όπου αποθηκεύεται αυτόματα στον υπολογιστή. Εκεί εμφανίζονται οι συντεταγμένες των κόμβων, οι ιδιότητες των μελών, η συνδεσμολογία των μελών, οι συνδυασμοί των φορτίσεων, οι μετατοπίσεις των κόμβων, αναλυτικά στοιχεία για τους πεδילוδοκούς και άλλα. Γενικά είναι ένα πλήρες έγγραφο με όλα τα δεδομένα και όλα τα αποτελέσματα συγκεντρωμένα. Σε αυτό το έγγραφο εμφανίζονται και αν οι διατομές των υποστυλωμάτων και των δοκών επαρκούν. Σε τυχόν περίπτωση μη επάρκειας διαγράφονται και ξανά τοποθετούνται με την ίδια διαδικασία και γίνεται από την αρχή η ανάλυση του φορέα. Επίσης το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εμφανίσει τους τοπικούς άξονες, τα φορτία κόμβων, παραμορφώσεις, καθώς και ανεπάρκειες.

Κανονισμοί Σχεδιασμού

Επιλέξτε Κανονισμούς Σχεδιασμού

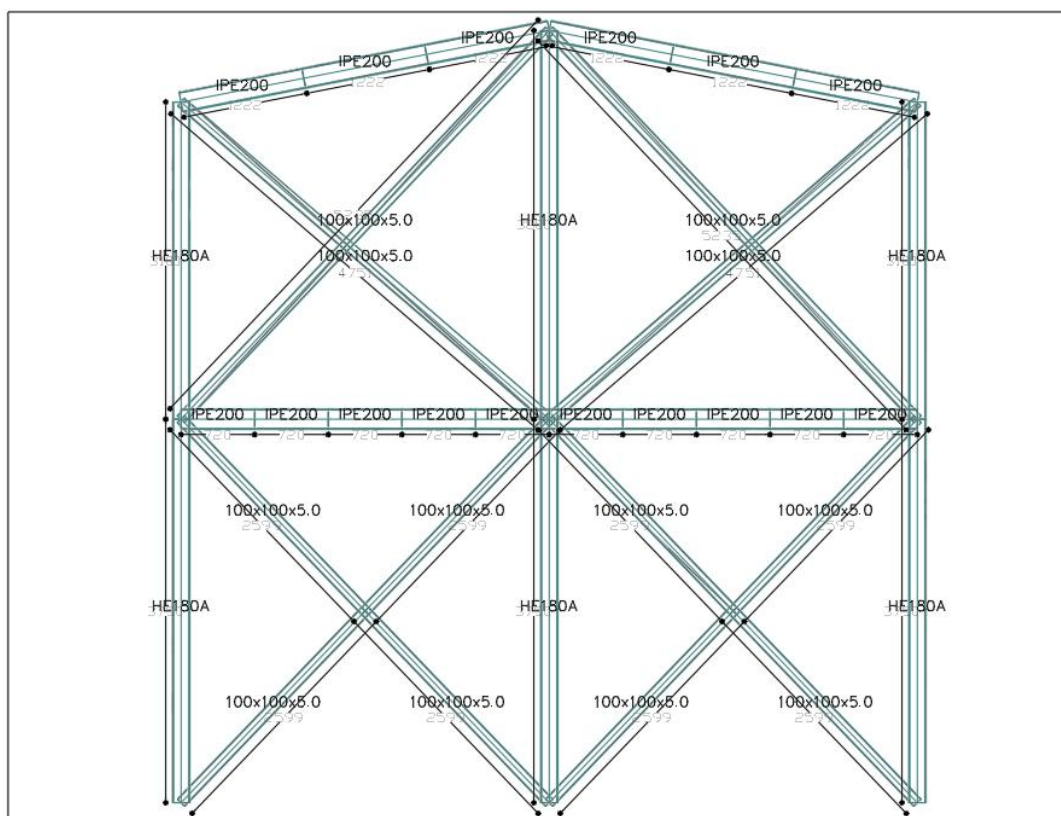
Αντισεισμικός	Eurocode (EC8)	...
Μεταλλικά:	Eurocode (EC3)	...
Ξύλο:	Eurocode (EC5)	...
Αλουμίνιο :	Eurocode (EC9)	...
Φέρουσα:	<Επιλογή>	...
Σκυρόδεμα:	Eurocode (EC2)	...

Αυτόματη Δημιουργία

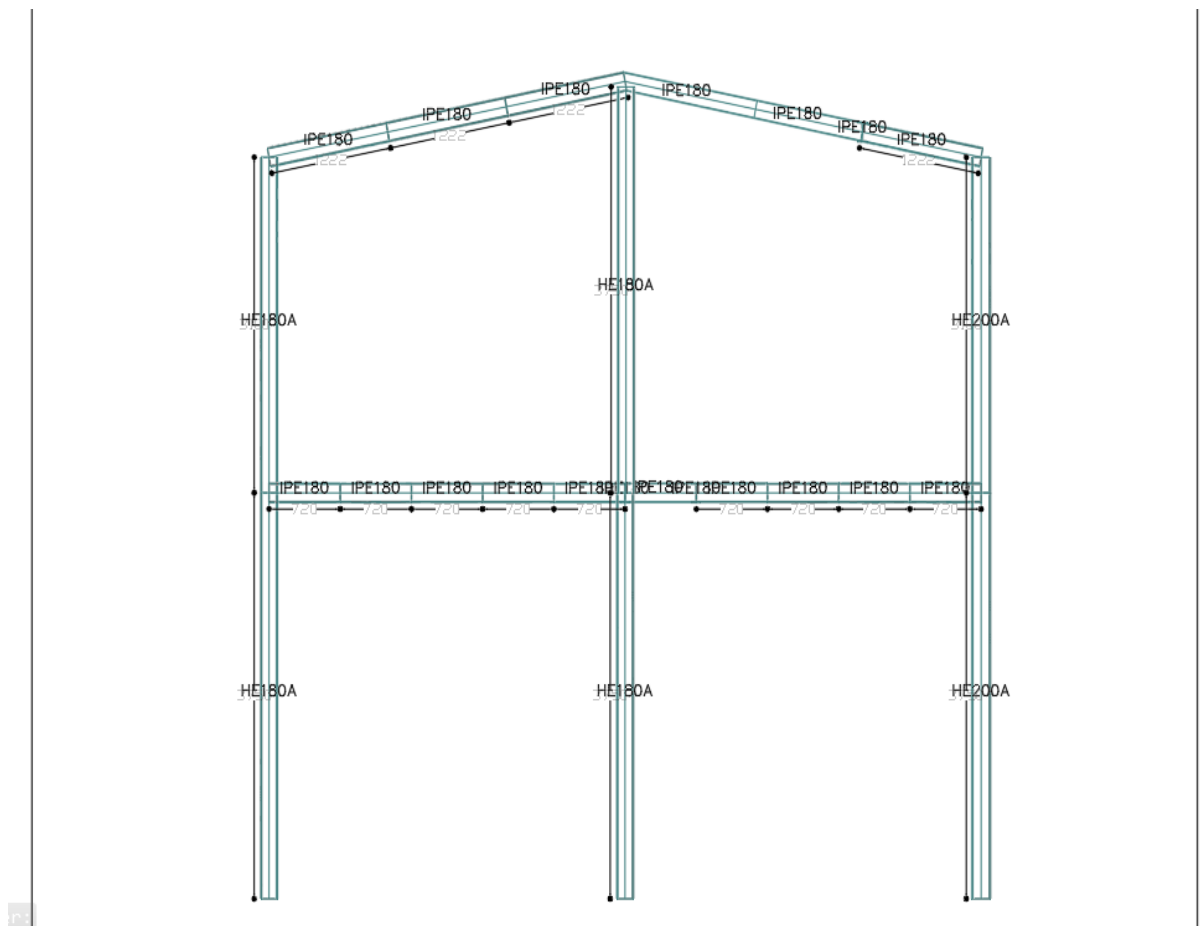
Μάζα για Σεισμική Ανάλυση:	MASS_DEF	Αυτόματα	...
Σεισμικές Περιπτώσεις	EQ_X	Αυτόματα	...
Συνδυασμοί Φόρτισης Φορέα:	EC1_001	Αυτόματα	...
Συνδυασμοί Φόρτισης Πλακών:		Αυτόματα	...

OK
Ακύρωση

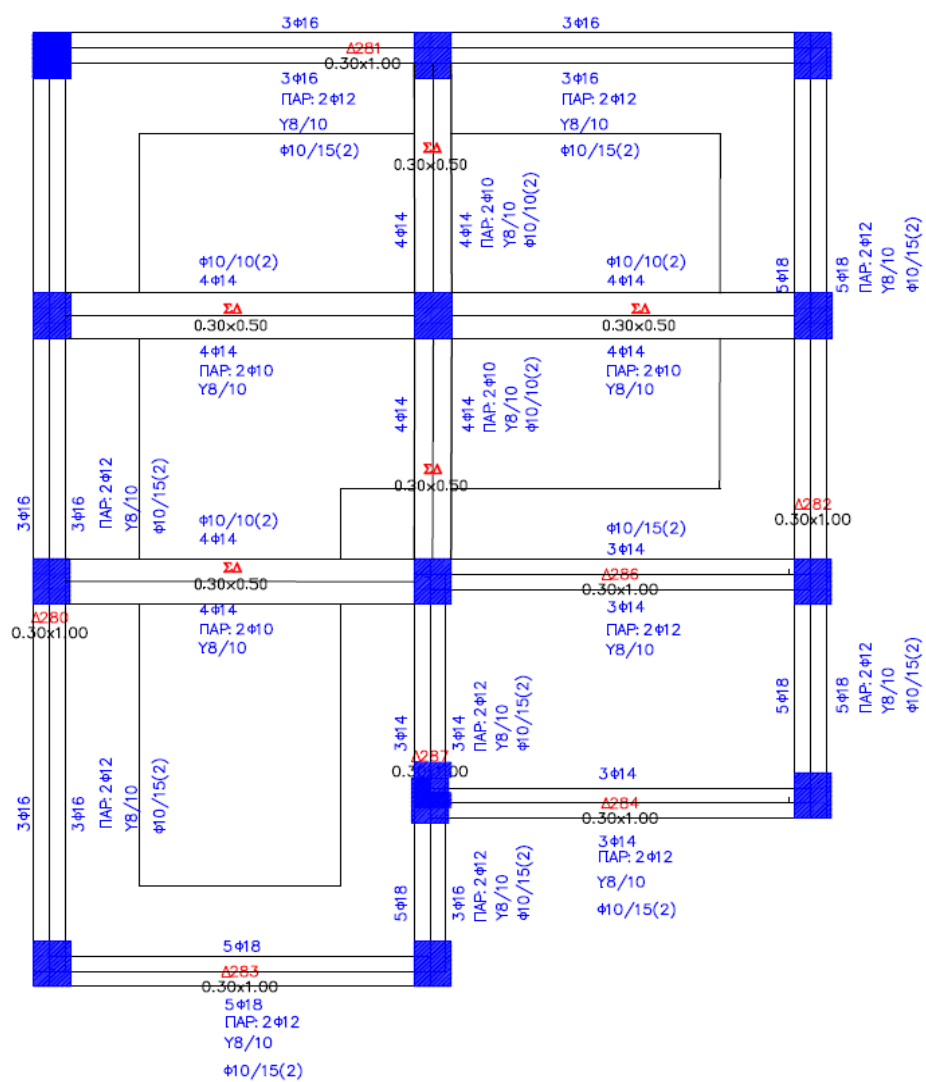
Εικόνα 24: Κανόνες σχεδιασμού



Εικόνα 28: Ξυλότυπος δυτικής πλευράς



Εικόνα 29: Ευλότυπος νότιας πλευράς



Εικόνα 30: Ευλότυπος θεμελίωσης

Πεδιλοδοκοί

Πεδιλοδοκός: FB1

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(1.1)	(11)	(.5)
0Φ0	5Φ18 _l	0Φ0
	0Φ0 _l	
	Δ1	
K1	30x100	K2
	(1.3)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)
3Φ16	50Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πέλμα	
E _c =-.2	E _c =-.1	E _c =-.5
	Trd1=87.94	
	A _{sw} /s _w =0	
	Διαμηκ=0	
E _c =-.2	E _c =-.5	E _c =-.1
	N _o /R=.187	
	N _e /R=.187	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = -0,53$ %Vsd με δισδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕ Σ
0,00 - 0,82	0,0000000	37,7	0,0210000	28,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,82 - 1,50	0,0000000	37,7	0,0210000	28,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,46	0,0000000	30,7	0,0210000	27,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,46 - 3,28	0,0000000	22,3	0,0210000	27,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,28 - 4,10	0,0000000	13,9	0,0210000	32,4	0,0	0,0210000	10/15(2)
4,10 - 4,92	0,0000000	14,1	0,0210000	40,4	0,0	0,0210000	10/15(2)
4,92 - 5,88	0,0000000	23,1	0,0210000	48,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
5,88 - 6,55	0,0000000	30,4	0,0210000	54,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
6,55 - 7,38	0,0000000	30,4	0,0210000	54,8	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	L(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
1	3Φ16	9,05	-0,84	5Φ18	9,99	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			1,3	11,4
ΣΤΗ	Κατω	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	L(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	1,1					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,5					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ Μ	ΒΑΡΟΣ Kg
10	120,0	74,46
12	64,0	57,18
16	36,2	57,43
18	50,0	100,42

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,29 Τ

ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 4,43 Μ3

ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ = 12,55 Μ2

Πεδιλοδοκός: FB2

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(.2)	(11)	(.1)
0Φ0	5Φ18ι	0Φ0
	0Φ0ι	
	Δ1	
Κ1	30x100	Κ2
	(1.0)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)
3Φ16	48Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πελμα	
Ec=-.4	Ec=-.1	Ec=-.4

	Trd1=87.94	
	Asw/sw=0	
	Διαμηκ=0	
Ec=-.1	Ec=-.5	Ec=0
	No/R=.162	
	Ne/R=.162	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = -0,46$ %Vsd με δισδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕ Σ
0,00 - 0,80	0,0000000	31,6	0,0210000	49,1	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,80 - 1,50	0,0000000	31,6	0,0210000	49,1	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,40	0,0000000	26,1	0,0210000	45,9	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,40 - 3,20	0,0000000	19,2	0,0210000	41,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,20 - 4,00	0,0000000	12,3	0,0210000	37,7	0,0	0,0210000	10/15(2)
4,00 - 4,80	0,0000000	12,3	0,0210000	32,5	0,0	0,0210000	10/15(2)
4,80 - 5,70	0,0000000	18,6	0,0210000	33,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
5,70 - 6,39	0,0000000	24,2	0,0210000	34,9	0,0	0,0210000	10/15(2)
6,39 - 7,20	0,0000000	24,2	0,0210000	34,9	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	L(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
-----	-------	-------	-----	-------	-------	-----	------	----	----	----	----	------	------

1	3Φ16	8,87	-0,84	5Φ18	9,81	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			1,1	11,4
ΣΤΗ	Κατω	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	L(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,3					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,1					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ M	ΒΑΡΟΣ Kg
10	115,2	71,48
12	62,0	55,40
16	35,6	56,57
18	49,1	98,61

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,28 T
ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 4,32 M3
ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ = 12,24 M2

—

Πεδιλοδοκός: FB3

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(.3)	(11)	(.1)
0Φ0	5Φ18ι	0Φ0
	0Φ0ι	
	Δ1	
K1	30x100	K2

	(1.1)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)
3Φ16	45Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πελμα	
Ec=-.4	Ec=-.1	Ec=-.4
	Trd1=87.94	
	Asw/sw=0	
	Διαμηκ=0	
Ec=-.1	Ec=-.5	Ec=0
	No/R=.122	
	Ne/R=.122	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = -0,56$ %Vsd με δισδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	
0,00 - 0,74	0,0000000	24,4	0,0210000	40,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,74 - 1,50	0,0000000	24,4	0,0210000	40,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,23	0,0000000	19,5	0,0210000	35,5	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,23 - 2,98	0,0000000	12,8	0,0210000	28,4	0,0	0,0210000	10/15(2)

2,98 - 3,72	0,0000000	8,9	0,0210000	21,5	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,72 - 4,47	0,0000000	15,2	0,0210000	16,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
4,47 - 5,21	0,0000000	21,5	0,0210000	16,9	0,0	0,0210000	10/15(2)
5,21 - 5,96	0,0000000	26,3	0,0210000	18,4	0,0	0,0210000	10/15(2)
5,96 - 6,71	0,0000000	26,3	0,0210000	18,4	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	Λ(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	Λ(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
1	3Φ16	8,38	-0,84	5Φ18	9,32	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			1,1	11,4
ΣΤΗ	Κατω	Λ(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	Λ(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,4					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,1					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ M	ΒΑΡΟΣ Kg
10	108,0	67,01
12	58,0	51,82
16	34,1	54,24
18	46,6	93,68

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,27 T

ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 4,03 M3

ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΥ = 11,41 M2

—

Πεδιλοδοκός: FB4

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(.3)	(11)	(.4)
0Φ0	5Φ18ι	0Φ0
	0Φ0ι	
	Δ1	
K1	30x100	K2
	(.3)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)
3Φ16	24Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πελμα	
Ec=-.3	Ec=0	Ec=-.2
	Trd1=87.94	
	Asw/sw=0	
	Διαμηκ=0	
Ec=-.1	Ec=-.3	Ec=-.1
	No/R=.077	
	Ne/R=.077	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = -0,25$ %Vsd με δισδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕ Σ
0,00 - 0,40	0,0000000	8,9	0,0210000	11,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,40 - 0,80	0,0000000	8,9	0,0210000	11,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,80 - 1,20	0,0000000	8,9	0,0210000	11,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,20 - 1,50	0,0000000	6,6	0,0210000	9,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,10	0,0000000	5,2	0,0210000	7,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,10 - 2,40	0,0000000	8,8	0,0210000	7,6	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,40 - 2,80	0,0000000	11,1	0,0210000	8,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,80 - 3,20	0,0000000	11,1	0,0210000	8,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,20 - 3,60	0,0000000	11,1	0,0210000	8,2	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	L(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
1	3Φ16	5,27	-0,84	5Φ18	6,21	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			0,4	11,4
ΣΤΗ	Κατω	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	L(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,3					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,5					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ Μ	ΒΑΡΟΣ Kg
10	57,6	35,74
12	38,0	33,95
16	24,8	39,42
18	31,1	62,42

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,17 Τ

ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 2,48 Μ3

ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΥ = 6,12 Μ2

—

Πεδιλοδοκός: FB5

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(.5)	(11)	(.1)
0Φ0	5Φ18ι	0Φ0
	0Φ0ι	
	Δ1	
Κ1	30x100	Κ2
	(.3)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)

3Φ16	24Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πελμα	
$E_c=-.3$	$E_c=-.1$	$E_c=-.2$
	Trd1=87.94	
	Asw/sw=0	
	Διαμηκ=0	
$E_c=-.1$	$E_c=-.3$	$E_c=0$
	No/R=.102	
	Ne/R=.102	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = 0,00$ %Vsd με διοδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ
0,00 - 0,40	0,0000000	13,5	0,0210000	6,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,40 - 0,80	0,0000000	13,5	0,0210000	6,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,80 - 1,20	0,0000000	13,5	0,0210000	6,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,20 - 1,50	0,0000000	12,4	0,0210000	6,2	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,10	0,0000000	10,7	0,0210000	5,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,10 - 2,40	0,0000000	7,1	0,0210000	3,5	0,0	0,0210000	10/15(2)

2,40 - 2,80	0,0000000	5,3	0,0210000	2,7	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,80 - 3,20	0,0000000	4,2	0,0210000	2,1	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,20 - 3,60	0,0000000	4,2	0,0210000	2,1	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	L(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
1	3Φ16	5,27	-0,84	5Φ18	6,21	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			0,4	11,4
ΣΤΗ	Κατω	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	L(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,6					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,1					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ Μ	ΒΑΡΟΣ Kg
10	57,6	35,74
12	31,0	27,70
16	24,8	39,42
18	31,1	62,42

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,17 Τ

ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 2,16 Μ3

ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ = 6,12 Μ2

—

Πεδιλοδοκός: FB7

ΚΑΜΨΗ-ΣΤΡΕΨΗ

(.3)	(11)	(.4)
0Φ0	5Φ18ι	0Φ0
	0Φ0ι	
	Δ1	
Κ1	30x100	Κ2
	(1.2)	
	3Φ16	
	2Φ12παραπ.	
(11)		(11)
3Φ16	24Φ10/15[2]	3Φ16
	Φ10/15πελμα	
Ec=-.5	σc=0	Ec=-.5
	Trd1=87.94	
	Asw/sw=0	
	Διαμηκ=0	
Ec=-.1	Ec=-.5	Ec=-.1
	No/R=.151	
	Ne/R=.116	

(Δ1)	Vrd1	Vrd2	Vcd	As1	As2
ΑΡΧΗ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72
ΜΕΣΗ	54,0	943,8	0,0	12,72	6,03
ΤΕΛΟΣ	52,4	943,8	0,0	12,06	12,72

ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΟ-ΔΙΣΔΙΑΓΩΝΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ $\zeta = 1,00$ %Vsd με διοδ.= 0,00 As/H(cm)=0,0000000

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (Δ 1)

ΘΕΣΗ	ΣΤΡΕΨΗ	ΔΡΑΣ.ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣ.		ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟ			ΣΥΝΔΕΤΗΡΕ Σ
(m απο αριστ)	As/s(cm)	Vsd	As/s(cm)	Vsd	Vcd	As/s(cm)	
0,00 - 0,40	0,0000000	15,9	0,0210000	10,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,40 - 0,80	0,0000000	15,9	0,0210000	10,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
0,80 - 1,20	0,0000000	15,9	0,0210000	10,3	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,20 - 1,50	0,0000000	8,2	0,0210000	8,8	0,0	0,0210000	10/15(2)
1,50 - 2,10	0,0000000	29,5	0,0210000	19,0	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,10 - 2,40	0,0000000	42,0	0,0210000	24,1	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,40 - 2,80	0,0000000	49,8	0,0210000	27,4	0,0	0,0210000	10/15(2)
2,80 - 3,20	0,0000000	49,8	0,0210000	27,4	0,0	0,0210000	10/15(2)
3,20 - 3,60	0,0000000	49,8	0,0210000	27,4	0,0	0,0210000	10/15(2)

ΤΙΘΕΜΕΝΟΙ ΡΑΒΔΟΙ (Ολικά μήκη & μήκη αγκύρωσης σε m)

ΔΟΚ	Ισα-Κ	L(ολ)	ΑΠΟ	Ισα-Α	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	S1	S2	S3	S4	As-K	As-A
1	3Φ16	5,27	-0,84	5Φ18	6,21	-1,31	0Φ0	0,0	0,00			1,2	11,4
ΣΤΗ	Κατω	L(ολ)	ΑΠΟ	Πανω	L(ολ)	ΑΠΟ	As-K	As-A					
1	3Φ16	1,50	0,00	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,3					
2	3Φ16	1,50	1,50	0Φ0	0.0	0,00	11,45	0,4					

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ M	ΒΑΡΟΣ Kg
10	57,6	35,74
12	31,0	27,70
16	24,8	39,42
18	31,1	62,42

ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΧΑΛΥΒΑ = 0,17 T
ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ = 2,16 M³
ΕΜΒΑΔΟΝ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ = 6,12 M²

—

6. Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο τον στατικό και αντισεισμικό σχεδιασμό μιας διώροφης μεταλλικής κατασκευής. Η ανάλυση και ο έλεγχος του φορέα έγινε με την χρήση του 3DR.STEEL λογισμικού, μέσω του οποίου προέκυψαν τα απαραίτητα αποτελέσματα. Ο φορέας παρουσίασε επαρκή φέρουσα ικανότητα και όλα τα στοιχεία του (δοκοί, υποστυλώματα) πληρούν τα κριτήρια αντοχής. Συνεπώς η διώροφη κατοικία είναι δομικά ασφαλής, λειτουργικά αποδοτική και αντισεισμικά επαρκής. Η χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού συνέβαλε καθοριστικά στην ακριβή προσομοίωση του φορέα και στην αποτελεσματική βελτιστοποίηση των διατομών.

Πιο αναλυτικά η χρήση αντιανέμιων Χ-χιαστών στοιχείων απέδειξε ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις για σεισμική σταθερότητα και ότι εμφανίζει υψηλή αντοχή σε πλευρικά φορτία. Τοποθετήθηκαν στα συγκεκριμένα σημεία μετά από μελέτη των κατόψεων λόγω των ανοιγμάτων. Η επιλογή πεδιλοδοκών για την θεμελίωση διασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή

των φορτίων στο έδαφος. Η χρήση του μεταλλικού σκελετού επιτρέπει μελλοντικές τροποποιήσεις στο μέλλον και ένα μειωμένο βάρος στην θεμελίωση.

Τέλος ο σχεδιασμός της κατασκευής ήταν αρκετά δύσκολος αφού απαιτούσε ώρες μελέτης και ανάλυσης του φορέα. Η κατάληξη στις συγκεκριμένες διατομές σε συνδυασμό με τα φορτία εξασφαλίστηκε μετά από πολλές δοκιμές ώστε η κατασκευή να έχει την κατάλληλη αντοχή για να φέρει τα φορτία.

Συνεπώς από την παρούσα διπλωματική εργασία συμπεραίνεται ότι χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη για την ανάλυση μιας μεταλλικής κατασκευής. Επίσης χρειάζεται και ιδιαίτερη προσοχή στους Ευρωκώδικες και στην χρήση τους.

Βιβλιογραφία

- *Συνδυασμοί δράσεων*. Ktiriaka.gr
<https://www.ktiriaka.gr/defaultRaw.aspx?ch=514>
- Θεοδώρου Κυριάκος. (2014). *Εναλλακτικοί τρόποι σχεδιασμού μεταλλικού υπόστεγου* (διπλωματική εργασία, εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο)
- Οδηγός EN 1993-1-1 Ευρωκώδικας 3 σχεδιασμός χάλυβα

- Ιγνατάκης Χρήστος .(2010). *Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα. Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια*. Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2_8_9.pdf
- Άρθρο 3: παραδοχές και διαδικασία υπολογισμών σε κτίρια με βλάβες που επηρεάζουν εν γένει την ασφάλεια του κτιρίου (γενικού χαρακτήρα)
https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2_8_9.pdf
- Πίνακας πρότυπων διατομών. Eclass ΑΣΠΑΙΤΕ.
<https://eclass.aspete.gr/modules/document/file.php/POL139/Sections.pdf>
- Κατωποδη Κ. (2013). *Σχεδιασμός εμπορικού μεταλλικού κτιρίου*. (διπλωματική εργασία, εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο).
- Πεδιλοδοκός. Ktiriaka.gr
<https://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=77>
- Σδόνας Χ. (2015). *Σχεδιασμός πολυώροφου μεταλλικού κτιρίου*. (διπλωματική εργασία, εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο).
- Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας (2011). *EN 1990: Βάσεις σχεδιασμού των φερουσών κατασκευών. EN 1991: Δράσεις επί των κατασκευών*.
https://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/trezos_eurocode_siteaec0ec1.pdf
- Ευρωκώδικας 8: κεφάλαιο 4. Σχεδιασμός κτιρίων, Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας
https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode8_4.pdf
- Μητροπούλου Γ. (2010). *Μελέτη και σχεδιασμός μεταλλικού κτιρίου βιομηχανικής χρήσης* (πτυχιακή εργασία, τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Πάτρας)
- Αδαμάκης Κ. (2022). *Τα γνωρίσματα των μεταλλικών κατασκευών*. Architect. <https://architectmag.gr/ta-gnorismata-ton-metallikon-kataske/>

