

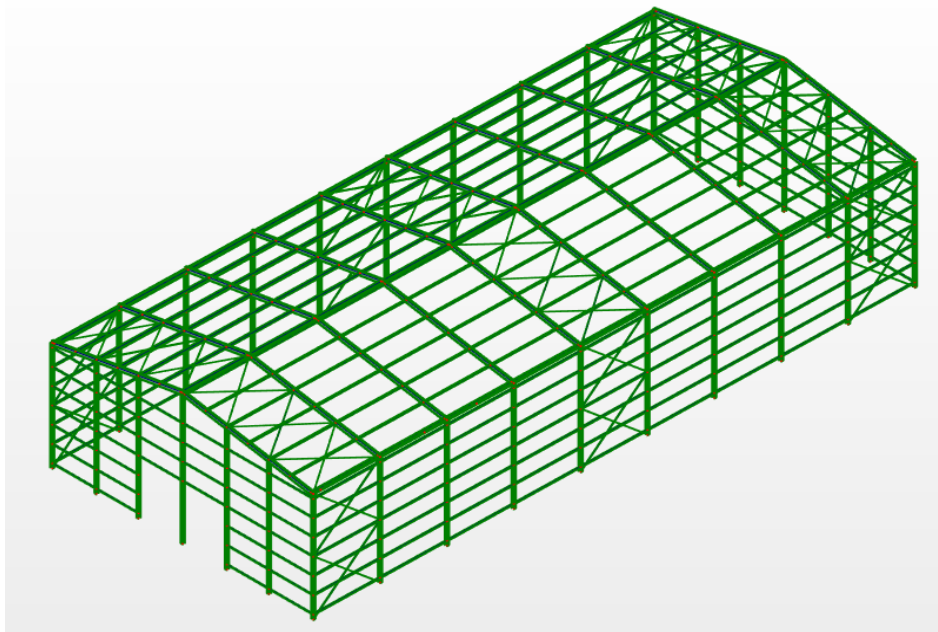


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

## Παραλλαγές Σχεδιασμού Μεταλλικού Υποστέγους



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Καλομοίρης

Επιβλέπων: Τάσος Αβραάμ

Αθήνα, Μάρτιος 2019

ΕΜΚ ΔΕ 2019/02

Ιωάννης Καλομοίρης (2019)  
Παραλλαγές Σχεδιασμού Μεταλλικού Υποστέγου  
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2019/02  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Ioannis Kalomoiris (2019)  
Variants of Metal Shed design  
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2019/02  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

# Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	3
Abstract .....	4
Ευχαριστίες .....	5
1 Εισαγωγή.....	5
1.1 Γενικά.....	5
1.2 Υλικά Κατασκευής.....	5
2 Δράσεις Σχεδιασμού.....	6
2.1 Γενικά.....	6
2.2 Μόνιμες δράσεις.....	6
2.3 Κινητά φορτία .....	7
2.4 Δράσεις χιονιού.....	7
2.5 Δράσεις ανέμου.....	10
2.6 Σεισμικές δράσεις.....	26
2.7 Θερμοκρασιακές μεταβολές.....	27
2.8 Συνδυασμοί δράσεων.....	28
3 Προσομοίωμα στατικής ανάλυσης.....	31
3.1 Γενικά.....	31
3.2 Στατική ανάλυση.....	31
3.3 Στατικά προσομοιώματα .....	31
3.4 Δυναμική ανάλυση.....	38
4 Διαστασιολόγηση και έλεγχος.....	40
4.1 Γενικά.....	40
4.2 Κατάταξη διατομών .....	40
4.3 Υποστυλώματα.....	42
4.4 Ζυγώματα .....	49
4.5 Μετωπικά υποστυλώματα.....	56
4.6 Κεφαλοδοκοί.....	62
4.7 Οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας.....	68
4.8 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας.....	71
4.9 Τεγίδες.....	75
4.10 Μηκίδες.....	80
5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και σύγκριση.....	87
6 Συνδέσεις.....	90
6.1 Γενικά.....	90
6.2 Σύνδεση ζυγώματος.....	90
6.3 Σύνδεση ζυγώματος με υποστύλωμα.....	100
6.4 Σύνδεση θεμελίου υποστυλώματος.....	117
7 Βιβλιογραφία.....	125



## **Παραλλαγές Σχεδιασμού Μεταλλικού Υποστέγου**

Ιωάννης Καλομοίρης (Επιβλέπων: Τάσος Αβραάμ)

### **Περίληψη**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη ενός μεταλλικού υποστέγου με παραλλαγές όσον αφορά στη διάταξη των στοιχείων και την ποιότητα του χάλυβα. Το κτίριο, διαστάσεων 54m x 24m, βρίσκεται στην περιοχή Ζωγράφου Αττικής. Οι δράσεις ανέμου, χιονιού, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών υπολογίστηκαν με τα δεδομένα της περιοχής.

Η στατική προσομοίωση και η διαστασιολόγηση του φέροντος οργανισμού πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Robot Structural Analysis. Οι λεπτομέρειες των συνδέσεων επίσης πραγματοποιήθηκαν με το ίδιο λογισμικό.

Στόχος της εργασίας ήταν η εφαρμογή των διατάξεων του Ευρωκώδικα για κατασκευές από χάλυβα ώστε με ασφάλεια να παραλάβει τις δράσεις από το περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης της κατασκευής. Επιπρόσθετα, η προσέγγιση της μελέτης πραγματοποιήθηκε με τους όρους μιας πραγματικής μελέτης και κατασκευής ενός έργου.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2019/02

## **Variants of Metal Shed design**

Ioannis Kalomoiris (supervised by Avraam Tasos)

### **Abstract**

The subject of this diploma thesis is the study of a metal shed with variations in the layout of the elements and the quality of the steel. The building, measuring 54m x 24m, is located in Zografou, Attica. The wind, snow, earthquake and temperature effects were calculated with the region data. The static simulation and sizing of the wearer was carried out with the Robot Structural Analysis software. The details of the connections were also made with the same software.

The static simulation and sizing of the wearer was carried out with the Robot Structural Analysis software. The details of the connections were also made with the same software.

The aim of the work was to apply the provisions of the Eurocode for steel constructions so that it can safely take the actions from the environment throughout the use of the construction. Additionally, the approach of the study was carried out in terms of a real study and construction of a project.

## Ευχαριστίες

Φτάνοντας στο τέλος της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, ολοκληρώνεται ο κύκλος φοίτησης μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Με την αφορμή αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην προσπάθειά μου αυτή με άμεσο ή έμμεσο τρόπο.

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Τάσο Αβραάμ, που με τίμησε με την εμπιστοσύνη του και μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω αυτή τη διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψή του, με διαρκή καθοδήγηση και άριστη συνεργασία.

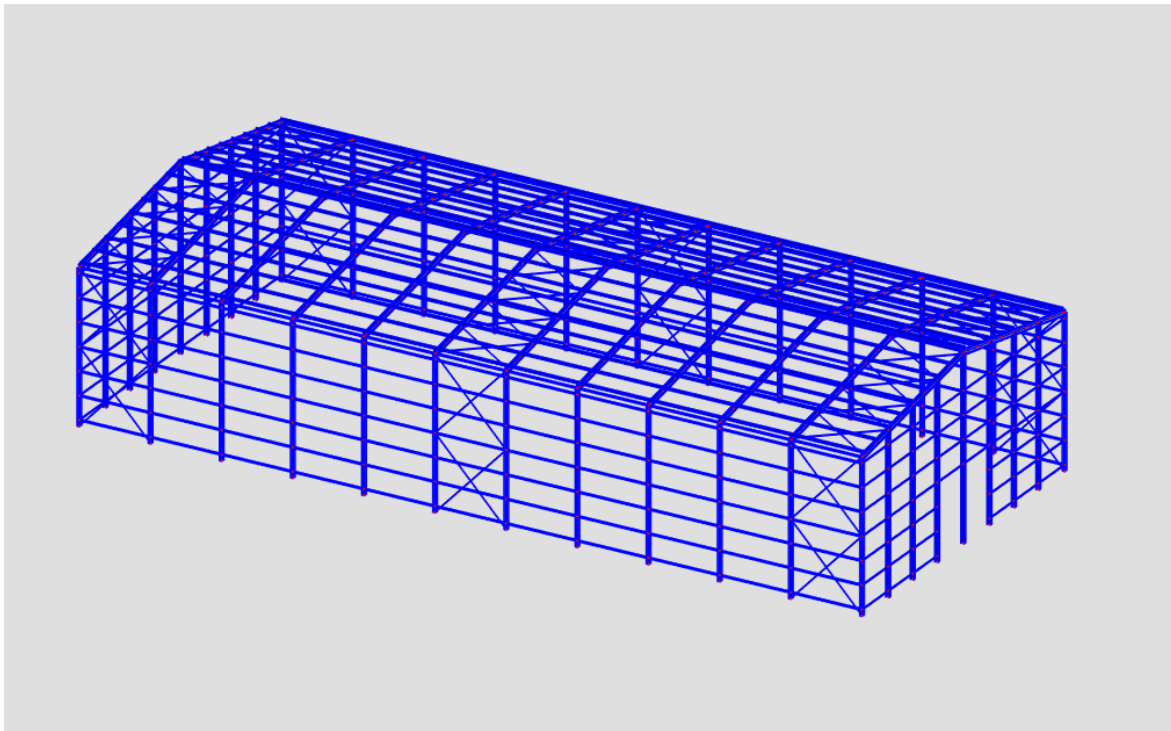
Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Παύλο Θανόπουλο, Λέκτορα του τομέα Δομοστατικής του ΕΜΠ και τον κ. Δημήτριο Βαμβάτσικο, Επίκουρο Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής του ΕΜΠ για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη διαρκή υποστήριξη που μου προσέφερε καθόλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων, καθώς και τους συμφοιτητές και φίλους μου για τη συμπαράστασή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται ο σχεδιασμός ενός μεταλλικού υποστέγου με δύο παραλλαγές όσον αφορά την απόσταση των κύριων φορέων και των τεγίδων και δύο όσων αφορά την ποιότητα του χάλυβα. Οι δράσεις στις οποίες υπόκειται το κτίριο υπολογίστηκαν βάση των δεδομένων της περιοχής μετά από έρευνα. Επίσης λήφθηκαν υπόψη ειδικά χαρακτηριστικά της περιοχής ανέγερσης του έργου.



Σχήμα 1.1: βιομηχανικό κτίριο

Το κτίριο έχει έκταση  $1296 \text{ m}^2$ , μήκος  $54 \text{ m}$  και λειτουργεί ως αποθηκευτικός χώρος. Αποτελείται από δίστυλα ολόσωμα πλαίσια με σταθερό άνοιγμα  $24$  μέτρων. Συγκεκριμένα, στην παραλλαγή α' αποτελείται από  $12$  πλαίσια που απέχουν μεταξύ τους  $4,91 \text{ m}$  και οι τεγίδες είναι τοποθετημένες ανά  $1,5 \text{ m}$ . Στην παραλλαγή β' έχουμε  $10$  πλαίσια ανά  $6 \text{ m}$  και τεγίδες ανά  $2 \text{ m}$ . Η κλίση των ζυγωμάτων είναι ενιαία  $10^\circ$  σε όλες τις περιπτώσεις και το ύψος του κορυφιά είναι  $12,52 \text{ m}$ . Οι τελευταίες δύο παραλλαγές γ' και δ' αφορούν τα ίδια κτίρια με διαφορετική ποιότητα χάλυβα.

## 1.2 Υλικά Κατασκευής

Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται στις δύο πρώτες περιπτώσεις είναι κατηγορίας S355, ενώ στις άλλες δύο όλα τα δομικά στοιχεία της κατασκευής είναι κατηγορίας S275. Οι ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής  $f_y$  και της εφελκύστηκης αντοχής  $f_u$  για εν θερμό ελατούς χάλυβες δίνονται στα Ευρωπαϊκά Πρότυπα EN 10025-2 και EN 1993-1-1.



## 2 Δράσεις Σχεδιασμού

### 2.1 Γενικά

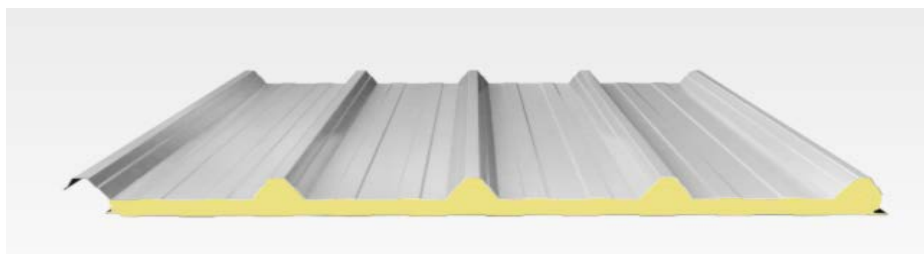
Οι φορείς σχεδιάστηκαν ώστε να συνδυάζουν την οικονομική δαπάνη παράλληλα με την ασφαλή παραλαβή όλων των δράσεων και επιδράσεων από το περιβάλλον καθ'όλη την διάρκεια χρήσης της κατασκευής. Οι δράσεις σχεδιασμού υπολογίζονται με την χρήση του Ευρωκώδικα 1 και το Εθνικό Προσάρτημα προκειμένου να ελεγχθεί σε κατάσταση αστοχίας και σχεδιασμού. Οι φορτίσεις που καταπονούν την κατασκευή είναι οι εξής:

Μόνιμες Δράσεις	Μεταβλητές Δράσεις
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ίδια Βάρη Κατασκευής</li><li>• Πρόσθετο φορτίο επικαλύψεων</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Κινητά οροφής</li><li>• Δράσεις ανέμου</li><li>• Φορτία Χιονιού</li><li>• Θερμοκρασιακές Μεταβολές</li><li>• Σεισμικά Φορτία</li></ul>

### 2.2 Μόνιμες Δράσεις

Ίδια βάρη φερόντων στοιχείων (δοκών, υποστρωμάτων κτλ.) τα οποία υπολογίζονται από το πρόγραμμα ανάλυσης για χάλυβα με ειδικό βάρος  $78.5 \text{ kN/m}^3$ .

Τα θερμομονωτικά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν για τις επικαλύψεις της στέγης έχουν πάχος  $60 \text{ mm}$  και βάρος  $12,15 \text{ Kg/m}^2$ . Αντίστοιχα για την πλαγιοκάλυψη θα χρησιμοποιηθούν πάνελ τοίχου πάχους  $60 \text{ mm}$  και βάρος  $11,00 \text{ Kg/m}^2$ . Οι πόρτες είναι συρόμενες και το βάρος τους ισούται με  $11,00 \text{ Kg/m}^2$ .



Σχήμα 2.1: θερμομονωτικά πάνελ

## 2.3 Κινητά Φορτία

Τα κινητά φορτία λαμβάνονται ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία και τοποθετούνται με δυσμενή τρόπο. Για την περίπτωση μη βατής στέγης προσδιορίζεται με τιμή  $0.5 \text{ kN/m}^2$  από τον Ευρωκώδικα.

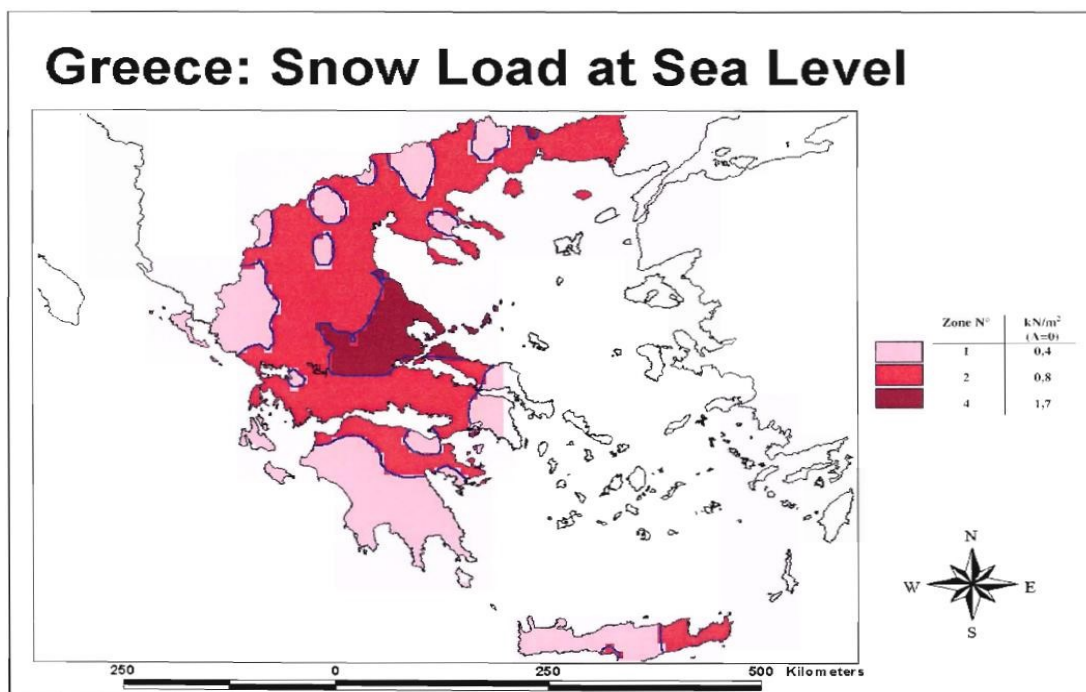
## 2.4 Δράσεις Χιονιού

### 2.4.1 Γενικά

Τα φορτία του χιονιού προσδιορίζονται με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα EN 1991-1-3. Θεωρούνται ως στατικά και κατατάσσονται στις μεταβλητές καθορισμένες δράσεις. Η δράση του χιονιού θεωρείται ότι ασκείται στις στέγες της κατασκευής. Το φορτίο του χιονιού αποτελείται από το ίδιο βάρος του χιονιού το οποίο έχει συσσωρευτεί ή έχει προκύψει από παράσυρση.

Το φορτίο χιονιού στη στέγη ( $S$ ) προκύπτει από το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος ( $S_k$ ), το οποίο στην συνέχεια τροποποιείται με μια σειρά συντελεστών που λαμβάνουν υπόψη τους την διαφοροποίηση του φορτίου στην στέγη ( $\mu_i$ ), την έκθεση της στέγης σε καιρικά φαινόμενα ( $C_e$ ), την επίδραση της θερμοκρασίας στην συσσώρευση του χιονιού στην στέγη ( $C_t$ ). Αρχικά υπολογίζεται η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους συναρτήσει της ζώνης (Ζώνη I) και του αντίστοιχου υψομέτρου  $A$  (στην περίπτωση μας  $A=150\text{m}$ ), για μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού είναι  $S_k=0,41 \text{ kN/m}^2$ .

$$s_k = s_{k,0} \left( 1 + \left( \frac{A}{917} \right)^2 \right)$$



Σχήμα 2.2: Ζώνες χιονιού και χαρακτηριστικές τιμές

Για τον υπολογισμό του φορτίου χιονιού στην στέγη πρέπει να υπολογισθούν οι εξής συντελεστές που διαμορφώνουν τον συντελεστή στην στέγη:

- **Συντελεστής έκθεσης  $C_e$**

Η έκθεση μιας κατασκευής στην δράση του ανέμου λαμβάνεται υπόψιν από τον Ευρωκώδικα, όπου εισάγεται ο συντελεστής  $C_e$ , και λαμβάνεται γενικά ίσος με 1 εκτός αν η κατασκευή είναι προφυλαγμένη ή εκτεθειμένη. Ο συντελεστής  $C_e$  λαμβάνει επίσης υπόψη την μελλοντική εξέλιξη μια περιοχή όπου μπορούν να αλλάξουν η συνθήκες. Στην περίπτωση μας από τον Πίνακα 5.1 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-3 και για κανονικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά, προκύπτει:  $C_e=1.00$ .

- **Θερμικός συντελεστής  $C_t$**

Ο θερμικός συντελεστής εκφράζει την διάδοση της θερμότητας διάμεσου μιας μη μεμονωμένης στέγης που επηρεάζει την συσσώρευση χιονιού στη στέγη. Ο θερμικός συντελεστής λαμβάνεται γενικώς ίσος με 1, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις γυάλινων στεγών όπου το χιόνι λιώνει λόγω απωλειών θερμότητας. Στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνεται:  $C_t=1.00$

- **Συντελεστής σχήματος ( $\mu_i$ )**

Οι συντελεστές σχήματος της στέγης χρησιμοποιούνται για την αναγωγή από το φορτίο χιονιού στο έδαφος στο φορτίο χιονιού στη στέγη. Γενικά το φορτίο χιονιού στην στέγη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το σχήμα και κλίση της στέγης, σε στέγες με κλίση  $60^\circ$  το χιόνι δεν μπορεί να παραμείνει στη στέγη, την τραχύτητα της επιφάνειας της στέγης, την γεινίαση από υψηλότερα κτίρια, την τοπογραφία της περιοχής και άλλα.

Επιπλέον από της τυπικές φορτίσεις λαμβάνονται υπόψη τοπικά φαινόμενα. Οι τοπικές δράσεις προκαλούνται από χιόνι προεξέχον από την άκρη της στέγης και συσσώρευση χιονιού σε προεξοχές, εμπόδια, φράχτες. Στην περίπτωση μας δεν λαμβάνουμε υπόψη κάποιες τοπικές δράσεις. Ο Ευρωκώδικα προβλέπει στην περίπτωση δίκλινης στέγης με ίδια κλίση στέγης τρεις περιπτώσεις φορτίσεων οι οποίες και θα εφαρμοστούν στην περίπτωση της κατασκευής μας.

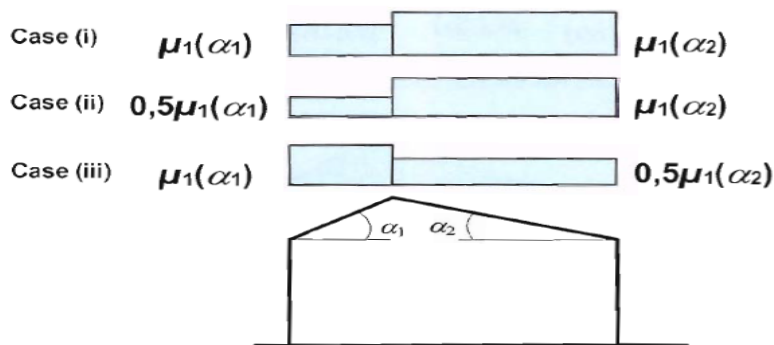
## 2.4.2 Δίκλινη Στέγη

Στη περίπτωση της δίκλινης στέγης με γωνία στέγης  $\alpha=10^\circ$ , προκύπτει  $\mu_1=\mu_2=0,8$ .

Γωνία κλίσης της στέγης $\alpha(^{\circ})$	Συντελεστής σχήματος φορτίου χιονιού $\mu_1$	Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού $\mu_2$
$0^{\circ}\leq\alpha\leq 15^{\circ}$	0,8	0,8

**Πίνακας 2.1:** Τιμές για συντελεστές  $\mu_i$

Τελικά το φορτίο χιονιού ισούται με  $S=0,34 \text{ kN/m}^2$ . Άραθα έχουμε τις εξής περιπτώσεις φόρτισης στη κατασκευή μας, όπου οι αριθμοί 1 και 2 χαρακτηρίζουν την περιοχή της στέγης αριστερά και δεξιά του κορφιά.



**Σχήμα 2.3:** Τρόπος φόρτισης δίκλινης στέγης

$$S = \mu_i C_e C_t S_k$$

**Σχέση 2.1**

- |      |                      |   |
|------|----------------------|---|
| i)   | για φόρτιση 1 έχουμε | $S_1 = 0,34 \text{ kN/m}^2$ και $S_2 = 0,34 \text{ kN/m}^2$ |
| ii)  | για φόρτιση 2 έχουμε | $S_1 = 0,17 \text{ kN/m}^2$ και $S_2 = 0,34 \text{ kN/m}^2$ |
| iii) | για φόρτιση 3 έχουμε | $S_1 = 0,34 \text{ kN/m}^2$ και $S_2 = 0,17 \text{ kN/m}^2$ |

Επιπλέον πρέπει να ληφθούν τα φορτία από παρασυρση τα οποία υπολογίζονται παρακάτω

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_\omega = 3,3 \text{ kN/m}^2 > \mu_1 = 0,8$$

για  $\alpha < 15^\circ$  ισούται με  $\mu_s = 0$

$$\mu_\omega = (b_1 + b_2 / 2h) < \gamma \cdot h / S_k$$

$3.375 < 13,33$  όπου,  $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$ , πυκνότητα χιονιού. Αλλά ισχύει περιορισμός για στέγες με μικρές κλίσεις  $0.8 < \mu_\omega < 2$  τότε  $\mu_\omega = 2,0 \text{ kN/m}^3$

$$L_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m} < 15$$

$$5 \text{ m} < 8 \text{ m} < 15 \text{ m}$$

## 2.5 Δράσεις Ανέμου

- Παράμετροι υπολογισμού δράσεων ανέμου

- Βασική ταχύτητα ανέμου  $v_b$

Η βασική ταχύτητα ανέμου  $v_b$  είναι συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους, στα 10 m πάνω από έδαφος κατηγορίας II και προσδιορίζεται ως εξής:

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b0} = 1 * 1 * 27 = 27 \text{ m/sec}$$

Όπου:  $v_{b0}$ , η θεμελιώδης τιμή βασικής ταχύτητας του ανέμου. Είναι η χαρακτηριστική μέση ταχύτητα του ανέμου 10 λεπτών, ανεξάρτητα από τη διεύθυνσή του και την εποχή του έτους, στα 10 m πάνω από το έδαφος, σε ανοικτή περιοχή με χαμηλή βλάστηση και μεμονωμένα εμπόδια ανά αποστάσεις μεταξύ τους τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων (έδαφος κατηγορίας II). Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου για την Ελλάδα, ορίζεται στα 33m/sec για τα νησιά και τα παράλια μέχρι 10 Km από την ακτή και στα 27m/sec για την υπόλοιπη χώρα. Το κτίριο της μελέτης επειδή βρίσκεται στη Αττική θεωρούμε:  $v_{b0} = 27 \text{ m/sec}$

$C_{dir}$ , ο συντελεστής διεύθυνσης  $C_{dir} = 1,0$

$C_{season}$ , ο συντελεστής εποχής  $C_{season} = 1,0$



**Σχήμα 2.4:** Χάρτης θεμελιώδους βασικής ταχύτητας του ανέμου Μέση ταχύτητα ανέμου  $V_m$

Είναι η βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη την επίδραση της τραχύτητας του εδάφους και την τοπογραφία.

$$V_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,82 * 1 * 27 = 22,14 \text{ m/sec}$$

Όπου:  $c_0(z)$ , ο συντελεστής αναγλύφου  $c_0(z) = 1,0$

$c_r(z)$ , ο συντελεστής τραχύτητας. Λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα της μέσης ταχύτητας ανέμου στο θέση του έργου συναρτήσει του ύψους πάνω από το έδαφος και της τραχύτητας του στην προσήνεμη πλευρά κατά τη διεύθυνση πνοής.

- Κατηγορία εδάφους

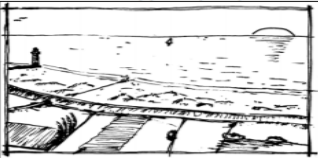

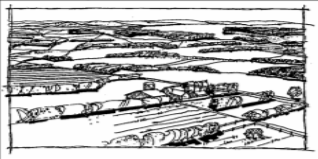


Το έδαφος θεωρείται κατηγορίας III με βάση τον πίνακα και το σχήμα που ακολουθεί. Οπότε θα έχω:  $z_{min} = 5 \text{ m}$  και  $z_0 = 0,3 \text{ m}$ . Όπου  $z_0$  είναι το μήκος τραχύτητας και  $z_{min}$  το ελάχιστο ύψος αναλόγως της κατηγορίας εδάφους.

Κατηγορία εδάφους		$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
0	Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I	Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II	Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III	Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5
IV	Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10

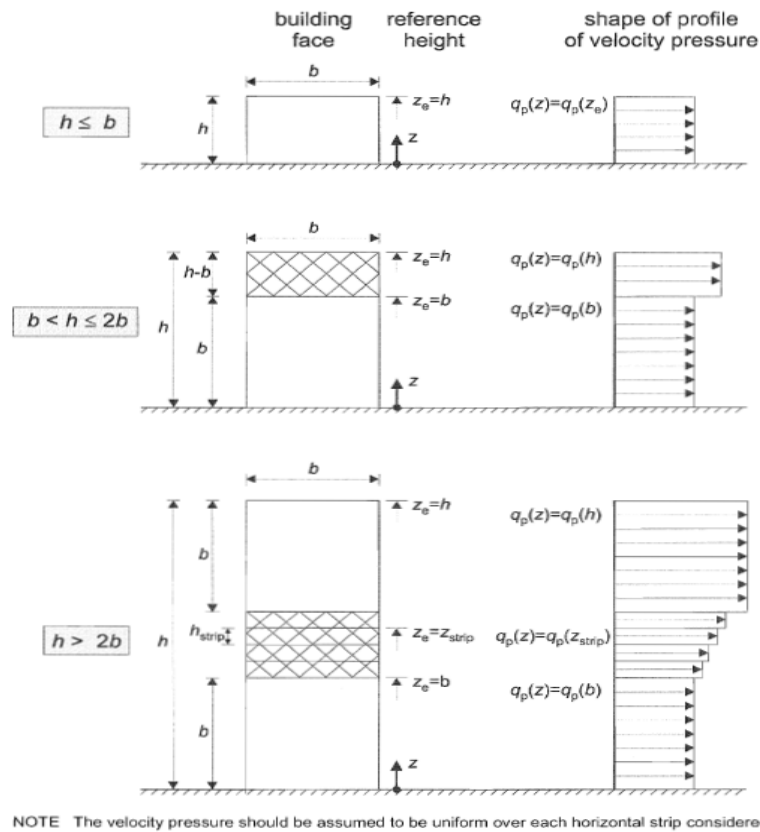
Πίνακας 2.2: Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους

➤ Ύψος αναφοράς

Το ύψος αναφοράς για τη στέγη θα είναι ίσο με το συνολικό ύψος του κτιρίου έως τον κορυφιά, δηλαδή  $h = z_e = 12.52\text{m}$ . Για τους εξωτερικούς τοίχους θα είναι το ίδιο, γιατί σε όλες τις περιπτώσεις ισχύει:  $h < b$ . Δηλαδή για  $\theta=0^\circ$ :  $b=54\text{m}$  και για  $\theta=90^\circ$ :  $b=24\text{m}$

	
<b>Κατηγορία εδάφους 0:</b> Θάλασσα, παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	<b>Κατηγορία εδάφους I:</b> Λίμνες ή περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια
	
<b>Κατηγορία εδάφους II:</b> Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	<b>Κατηγορία εδάφους III:</b> Περιοχή με κανονική κάλυψη από βλάστηση ή από κτίρια ή από μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)
	
<b>Κατηγορία εδάφους IV:</b> Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m	

**Σχήμα 2.5:** Απεικονίσεις της ανώτερης τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους και αντίστοιχοι ορισμοί



**Σχήμα 2.6:** Ύψος αναφοράς  $z_e$  με βάση τις τιμές των  $h$  και  $b$  και αντίστοιχα προφίλ

❖ Συντελεστής εδάφους

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0II})^{0,07} = 0,19 * (0,3/0,05)^{0,07} = 0,22$$

Άρα, επειδή έχουμε  $z_{\min} = 2m \leq z = 12,52m \leq z_{\max} = 200m$  υπολογίζουμε ως εξής:

$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,22 * \ln(12,52/0,3) = 0,82$$

➤ Πίεση ταχύτητας αιχμής  $q_p$  σε ύψος  $z_e$

$$q_p(z_e) = [1 + 7 * I_v(z)] * (1/2) * \rho * V_m(z)^2 = (1 + 7 * 0,271) * (1/2) * 0,00125 * 22,14^2 = 0,89 \text{ KN/m}^2$$

❖ Συντελεστής στροβιλισμού  $\kappa_1 = 1,0$

❖ Ένταση στροβιλισμού

Επειδή έχουμε  $z_{\min} = 2m \leq z = 12m \leq z_{\max} = 200m$  υπολογίζουμε ως εξής:

$$I_v(z) = \kappa_1 / (c_0(z) * \ln(z/z_0)) = 1 / (1 * \ln(12/0,3)) = 0,271$$

❖ Πυκνότητα αέρα  $\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$

➤ Συντελεστές εξωτερικής πίεσης  $c_{pe}$

Δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Εξαρτώνται από τις διαστάσεις και τη μορφή της φορτιζόμενης επιφάνειας και διακρίνονται σε καθολικούς

( $c_{pe,10}$ ) και τοπικούς συντελεστές ( $c_{pe,1}$ ), δηλαδή για φορτιζόμενες επιφάνειες μεγαλύτερες από  $10m^2$  ή μικρότερες από  $1m^2$  αντίστοιχα. Φορτιζόμενες επιφάνειες είναι τα κατακόρυφα στοιχεία πλήρωσης του σκελετού του κτιρίου και η στέγη. Η δράση του ανέμου υπολογίζεται με την χρήση των σχετικών πινάκων του Ευρωκώδικα, οι οποίοι παρέχουν τους συντελεστές εκτίμησης της εξωτερικής πίεσης σε κατακόρυφες επιφάνειες ορθογωνικής κάτοψης κτιρίων και τους αντίστοιχους για στέγες και για διευθύνσεις  $\theta = 0^\circ$  και  $\theta = \pm 90^\circ$ .

Zone	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Πίνακας 2.3: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους ορθογωνίων κτιρίων

Pitch Angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

NOTE 1 At  $\theta = 0^\circ$  the pressure changes rapidly between positive and negative values on the windward face around a pitch angle of  $\alpha = -5^\circ$  to  $+45^\circ$ , so both positive and negative values are given. For those roofs, four cases should be considered where the largest or smallest values of all areas F, G and H are combined with the largest or smallest values in areas I and J. No mixing of positive and negative values is allowed on the same face.

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles of the same sign may be used between values of the same sign. (Do not interpolate between  $\alpha = +5^\circ$  and  $\alpha = -5^\circ$ , but use the data for flat roofs in 7.2.3). The values equal to 0,0 are given for interpolation purposes

Πίνακας 2.4: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δικλινείς στέγες και διεύθυνση ανέμου  $\theta = 0^\circ$



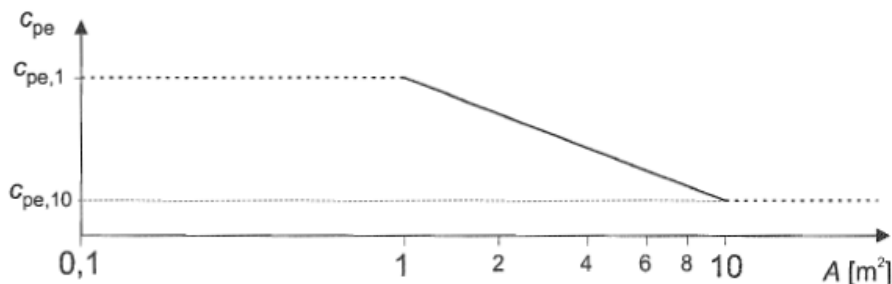
Pitch angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Πίνακας 2.5: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δικλινείς στέγες και διεύθυνση ανέμου  $\theta = 90^\circ$

Εμβαδόν	$C_{pe}$
$A \leq 1 \text{ m}^2$	$C_{pe,1}$
$1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2$	$C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} A$
$A \geq 10 \text{ m}^2$	$C_{pe,10}$

Πίνακας 2.6: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης συναρτήσει των εμβαδών των φορτιζόμενων επιφανειών

Προφανώς είναι  $C_{pe,10} > C_{pe,1}$ . Για ενδιάμεσες επιφάνειες προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή με βάση το παρακάτω σχήμα.



The figure is based on the following:  
for  $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$   $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Σχήμα 2.7: Μεταβολή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης  $C_{pe}$  για επιφάνειες μεταξύ  $1 \text{ m}^2$  και  $10 \text{ m}^2$

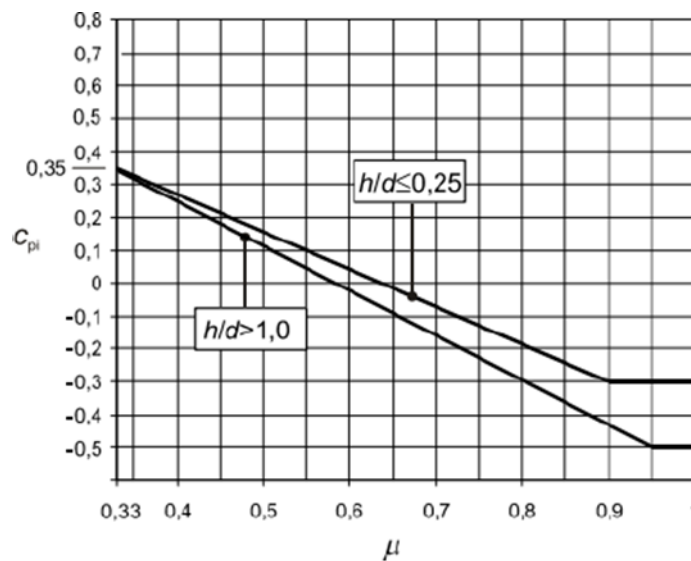
➤ Συντελεστής εσωτερικής πίεσης  $C_{pi}$

Οι εσωτερικές πιέσεις δρουν ταυτόχρονα σε μια κατασκευή, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τους υπολογισμούς. Ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης  $C_{pi}$  εξαρτάται από το μέγεθος και την κατανομή των ανοιγμάτων στη συνολική επιφάνεια του κτιρίου. Όταν η επιφάνεια των ανοιγμάτων μιας πλευράς ενός κτιρίου είναι τουλάχιστον

διπλάσια της επιφάνειας των ανοιγμάτων και σημείων διαρροής των υπολοίπων πλευρών του κτιρίου, η πλευρά αυτή θεωρείται δεσπόζουσα και καθορίζει την τιμή της εσωτερικής πίεσης  $c_{pi}$ . Η τιμή της εσωτερικής πίεσης  $c_{pi}$  σε αυτή την περίπτωση κυμαίνεται μεταξύ των τιμών  $0,75c_{pe}$  και  $0,90c_{pe}$ . Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε επιφάνεια ανοιγμάτων δεσπόζουσας πλευράς διπλάσιας και τριπλάσιας, αντίστοιχα, της επιφάνειας των ανοιγμάτων στις υπόλοιπες πλευρές του κτιρίου. Όταν πρόκειται για κτίρια χωρίς καθοριστική πλευρά, ο συντελεστής  $c_{pi}$  εκτιμάται με βάση το παρακάτω διάγραμμα συναρτήσεως του λόγου ύψους προς βάθος του κτιρίου ( $h/d$ ) και του λόγου των ανοιγμάτων  $\mu$ :

$$\mu = \frac{\Sigma \text{ επιφάνεια όπου το } c_{pi} \text{ είναι αρνητικό ή μηδέν}}{\Sigma \text{ επιφάνεια όλων των ανοιγμάτων}}$$

για κάθε διεύθυνση του ανέμου  $\theta$ .



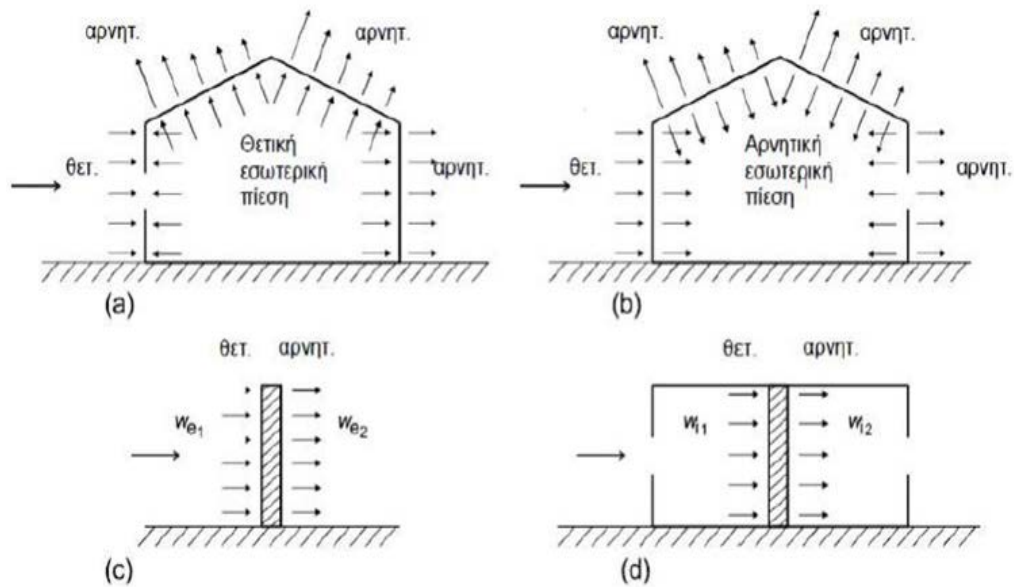
**Σχήμα 2.8:** Συντελεστής εσωτερικής πίεσης  $c_{pi}$  για ομοιόμορφα κατανομημένα ανοίγματα

### ➤ Τελική πίεση

Η τελική πίεση του ανέμου ενός τοίχου ή ενός επιμέρους στοιχείου είναι η διαφορά των πιέσεων επί των επιφανειών του τοίχου ή του στοιχείου, λαμβάνοντας υπόψη τη φορά των πιέσεων αυτών. Η πίεση που κατευθύνεται προς την επιφάνεια λαμβάνεται ως θετική, ενώ η αναρρόφηση, το διάνυσμα της οποίας απομακρύνεται από την επιφάνεια, λαμβάνεται αρνητική.

$$W = W_e - W_i = c_{pe} * q_p(z_e) - c_{pi} * q_p(z_e)$$

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις όπου σημαίνονται οι πιέσεις επί της κατασκευής.



Σχήμα 2.9: Πίεσεις επί των επιφανειών

- Υπολογισμός δράσεων ανέμου

- Εξωτερικές πιέσεις

Θα υπολογιστούν για διευθύνσεις ανέμου  $\theta = 0^\circ$  και  $\theta = \pm 90^\circ$ , τόσο για τα κατακόρυφα στοιχεία όσο και για την στέγη.

- ❖  $\theta = 0^\circ$  (άνεμος κάθετος προς τον κορφιά)

$$d = 24\text{m}$$

$$b = 54\text{m}$$

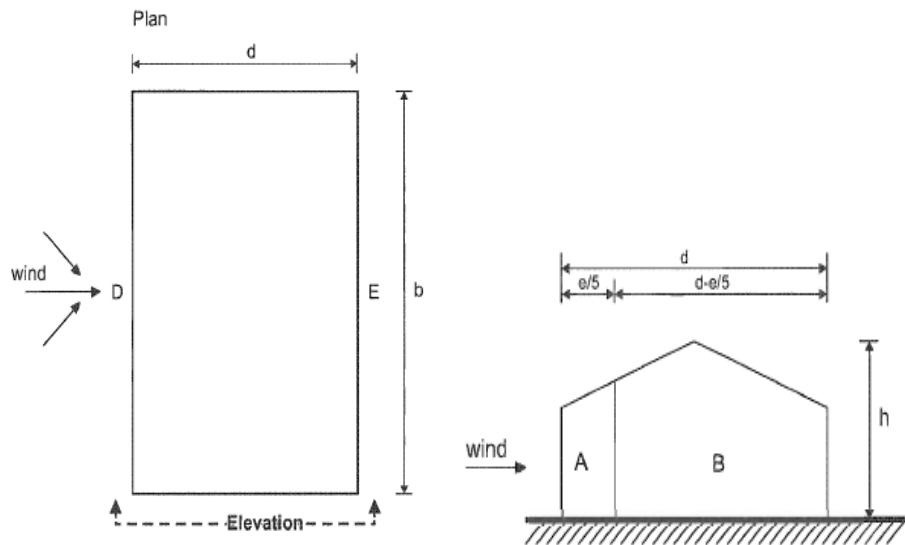
$$h = 12,52\text{m}$$

$$e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(54, 2 \cdot 12,52) = 24\text{m} = d$$

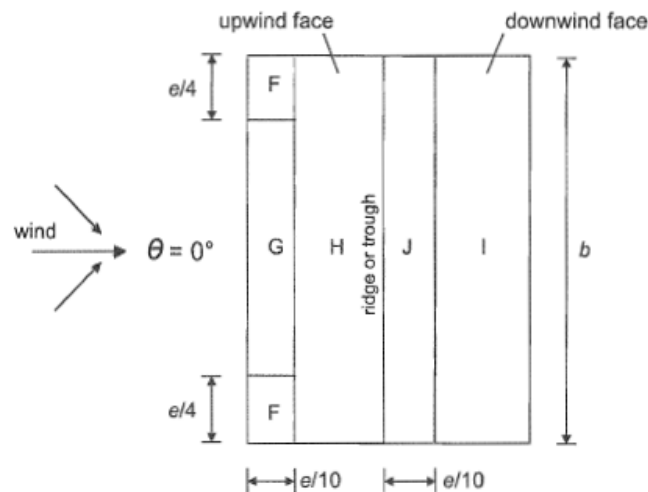
$$\text{Κλίση στέγης: } \alpha = 10^\circ$$

$$h/d = 12,52/24 = 0,52$$

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για  $\theta = 0^\circ$  υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή για λόγο  $h/d = 0,52$  και κλίση στέγης  $\alpha = 10^\circ > 0$  με βάση τους πίνακες.



Σχήμα 2.10 : Συντελεστές κατακόρυφων στοιχείων για  $e \geq d$



Σχήμα 2.11: Συντελεστές για δικλινείς στέγες και  $\theta = 0^\circ$

$h/d = 0,52$	A		B		D		E	
Μήκος (m)	$e/5 = 4,8$		$d - e/5 = 19,2$		$b = 54$		$b = 54$	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	0,74	1	-0,37	-0,37

Πίνακας 2.7: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων επιφανειών για  $\theta = 0^\circ$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$Εμβ.Α = (10,4+11,25)*4,8/2 = 52m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ.Β = (10,4+12,52)*12/2 + (12,52+11,25)*7,2/2 = 223m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ.Δ = 54*10,4 = 561,6m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ.Ε = 54*10,4 = 561,6m^2 > 10m^2$$

ΖΩΝΕΣ	A	B	D	E
$c_{pe}$	-1,2	-0,8	0,74	-0,37

**Πίνακας 2.8:** Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων επιφανειών για  $\theta = 0^\circ$

ΖΩΝΕΣ	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
<b>Μήκος (m)</b>	e/10		e/10		d/2-e/10		d/2-e/10		e/10	
	2,4		2,4		9,6		9,6		2,4	
<b>Πλάτος (m)</b>	e/4		b-e/2		b		b		b	
	6		40,2		52,2		52,2		52,2	
5	-1,7	-2,5	-1,2	-2	-0,6	-1,2	-0,6		0,2	
	0		0		0				-0,6	
10	<b>-1,30</b>	<b>-2,25</b>	<b>-1,00</b>	<b>-1,75</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,75</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,47</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,96</b>
	<b>0,10</b>		<b>0,10</b>		<b>0,10</b>		<b>-0,3</b>		<b>-0,2</b>	
15	-0,9	-2	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1	-1,5
	0,2		0,2		0,2		0		0	

**Πίνακας 2.9:** Συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης για  $\theta = 0^\circ$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$E_{\mu\beta.F} = 2,4 \cdot 6 / \cos(10^\circ) = 12,79 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.G} = 2,4 \cdot 40,4 / \cos(10^\circ) = 98,45 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.H} = 10,4 \cdot 54 / \cos(10^\circ) = 570,26 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.J} = 2,4 \cdot 54 / \cos(10^\circ) = 131,59 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.I} = 10,4 \cdot 54 / \cos(10^\circ) = 570,26 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

ΖΩΝΕΣ	F	G	H	J	I
$c_{pe}$	-1,16	-0,93	-0,4	-0,62	-0,47
	0,14	0,14	0,14	-0,2	-0,2

**Πίνακας 2.10:** Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης για  $\theta = 0^\circ$

❖  $\theta = \pm 90^\circ$  (άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά)

$$d = 54 \text{m}$$

$$b = 24 \text{m}$$

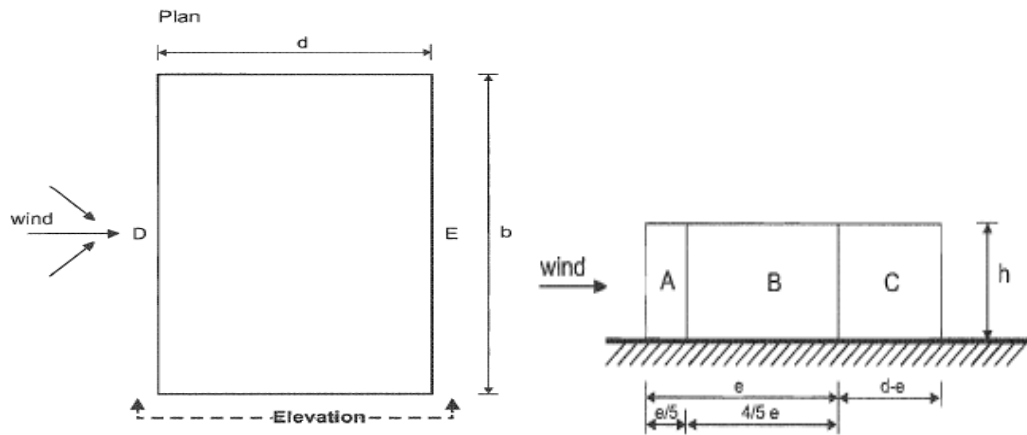
$$h = 12,52 \text{m}$$

$$e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(24, 2 \cdot 12,52) = 24 \text{m} < d$$

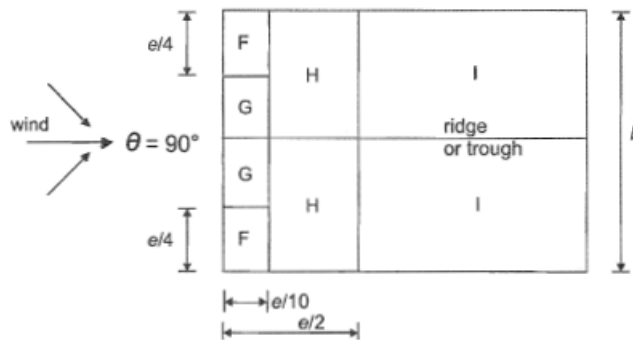
$$\text{κλίση στέγης: } \alpha = 10^\circ$$

$$h/d = 12,52/54 = 0,23$$

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για  $\theta = \pm 90^\circ$  υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή για λόγο  $h/d = 0,23$  και κλίση στέγης  $\alpha = 10^\circ > 0$  με βάση τους πίνακες.



Σχήμα 2.12: Συντελεστές κατακόρυφων στοιχείων για  $e < d$



Σχήμα 2.13: Συντελεστές για δικλινείς στέγες και  $\theta = \pm 90^\circ$

$h/d = 0,23$	A		B		C		D		E	
Μήκος (m)	$e/5 = 4,8$		$(4/5)e = 19,2$		$d-e = 28,3$		$b = 4$		$b = 24$	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,7	1	-0,3	-0,3

Πίνακας 2.11: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων επιφανειών για  $\theta = \pm 90^\circ$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$Εμβ_{.A} = 10,4 * 4,8 = 50m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ_{.B} = 10,4 * 19,2 = 199,68m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ_{.C} = 10,4 * 28,3 = 294,32m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ_{.D} = 10,4 * 24 = 249,6m^2 > 10m^2$$

$$Εμβ_{.E} = 10,4 * 24 = 249,6m^2 > 10m^2$$

ΖΩΝΕΣ	A	B	C	D	E
$c_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

**Πίνακας 2.12:** Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων επιφανειών για  $\theta = \pm 90^\circ$

ΖΩΝΕΣ	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Μήκος (m)	e/10		e/10		e/2-e/10		d-e/2	
	2,4		2,4		9,6		40,2	
Πλάτος (m)	e/4		e/4		b/2		b/2	
	6		6		12		12	
5	-1,6	-2,2	-1,3	-2	-0,7	-1,2	-0,6	
<b>10</b>	<b>-1,45</b>	<b>-2,10</b>	<b>-1,3</b>	<b>-2</b>	<b>-0,64</b>	<b>-1,2</b>	<b>-0,55</b>	
15	-1,3	-2	-1,3	-2	-0,6	-1,2	-0,5	

**Πίνακας 2.13:** Συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης για  $\theta = \pm 90^\circ$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$E_{\mu\beta.F} = 2,4 \cdot 6 / \cos(10^\circ) = 14,62 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.G} = 2,4 \cdot 6 / \cos(10^\circ) = 14,62 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.H} = 10,4 \cdot 12 / \cos(10^\circ) = 126,72 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

$$E_{\mu\beta.I} = 42 \cdot 12 / \cos(10^\circ) = 511,77 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$$

ΖΩΝΕΣ	F	G	H	I
$c_{pe}$	-1,45	-1,3	-0,64	-0,55

**Πίνακας 2.14:** Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης για  $\theta = \pm 90^\circ$

Οι εξωτερικές πιέσεις για τα κατακόρυφα στοιχεία και για τη στέγη υπολογίζονται με βάση τη σχέση:

$$W_e = c_{pe} \cdot q_p(z_e)$$

ΖΩΝΕΣ			A	B	C	D	E
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12\text{m}$	$c_{pe}$	-1,2	-0,8		0,74	-0,37
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89		0,89	0,89
		$W_e$	-1,068	-0,712		0,6586	-0,3293
$\theta = 90^\circ$	$z_e = 12\text{m}$	$c_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
		$W_e$	-1,068	-0,712	-0,445	0,623	-0,267

Πίνακας 2.15: Εξωτερικές πιέσεις  $W_e$  στα κατακόρυφα στοιχεία ( $\text{KN/m}^2$ )

ΖΩΝΕΣ			F	G	H	J	I
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12\text{m}$	$c_{pe}$	-1,16	-0,93	-0,4	-0,62	-0,47
			0,14	0,14	0,14	-0,2	-0,2
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
		$W_e$	-1,0324	-0,8277	-0,356	-0,5518	-0,4183
			0,1246	0,1246	0,1246	-0,178	-0,178
$\theta = 90^\circ$	$z_e = 12\text{m}$	$c_{pe}$					
			-1,4	-1,3	-0,64		-0,53
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
		$W_e$					
-1,246	-1,157		-0,569		-0,47		

Πίνακας 2.16: Εξωτερικές πιέσεις  $W_e$  στη στέγη ( $\text{KN/m}^2$ )

### ➤ Εσωτερικές πιέσεις

❖  $\theta = 0^\circ$  (άνεμος κάθετος προς τον κορφιά)

Το κτίριο δεν έχει δεσπόζουσα πλευρά (που να έχει περισσότερα ανοίγματα από τις άλλες) και επίσης δεν είναι εύκολος ο ακριβής προσδιορισμός του ποσοστού των ανοιγμάτων  $\mu$ , γι' αυτό λαμβάνεται ως συντελεστής εσωτερικής πίεσης  $c_{pi}$  η δυσμενέστερη τιμή από +0,2 και -0,3. Δυσμενέστερη κατάσταση είναι όταν αθροίζονται οι δυνάμεις από τις εξωτερικές και εσωτερικές πιέσεις. Έτσι, αν ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης σε έναν τοίχο είναι θετικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης αρνητικός:  $c_{pi} = -0,3$ . Αν, αντιθέτως, ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης σε έναν τοίχο είναι αρνητικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης θετικός:  $c_{pi} = +0,2$ .

❖  $\theta = \pm 90^\circ$  (άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά)

Ισχύουν τα ίδια με την  $\theta = 0^\circ$ .



Οι εσωτερικές πιέσεις για τα κατακόρυφα στοιχεία και για τη στέγη υπολογίζονται με βάση τη σχέση:

$$W_i = c_{pi} * q_p(z_e)$$

ΖΩΝΕΣ			A	B	C	D	E
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12m$	$c_{pi}$	0,2	0,2		-0,3	0,2
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89		0,89	0,89
		$W_i$	0,178	0,178		-0,267	0,178
$\theta = 90^\circ$	$z_e = 12m$	$c_{pi}$	0,2	0,2	0,2	-0,3	0,2
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
		$W_i$	0,178	0,178	0,178	-0,267	0,178

Πίνακας 2.17: Εσωτερικές πιέσεις  $W_i$  στα κατακόρυφα στοιχεία ( $KN/m^2$ )

ΖΩΝΕΣ			F	G	H	J	I
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12m$	$c_{pi}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
			-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,2
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
			$W_i$	0,178	0,178	0,178	0,178
$\theta = 90^\circ$	$z_e = 12m$	$c_{pi}$	0,2	0,2	0,2		0,2
			-0,267	-0,267	-0,267	0,178	0,178
		$q_p(z_e)$	0,89	0,89	0,89		0,89
			$W_i$	0,178	0,178	0,178	

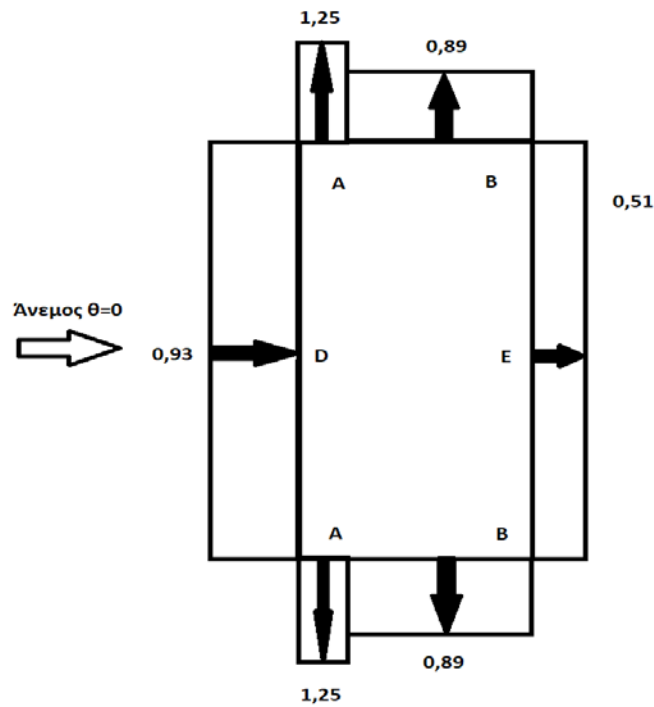
Πίνακας 2.18: Εσωτερικές πιέσεις  $W_i$  στη στέγη ( $KN/m^2$ )

Οι τελικές πιέσεις υπολογίζονται με επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, δηλαδή:

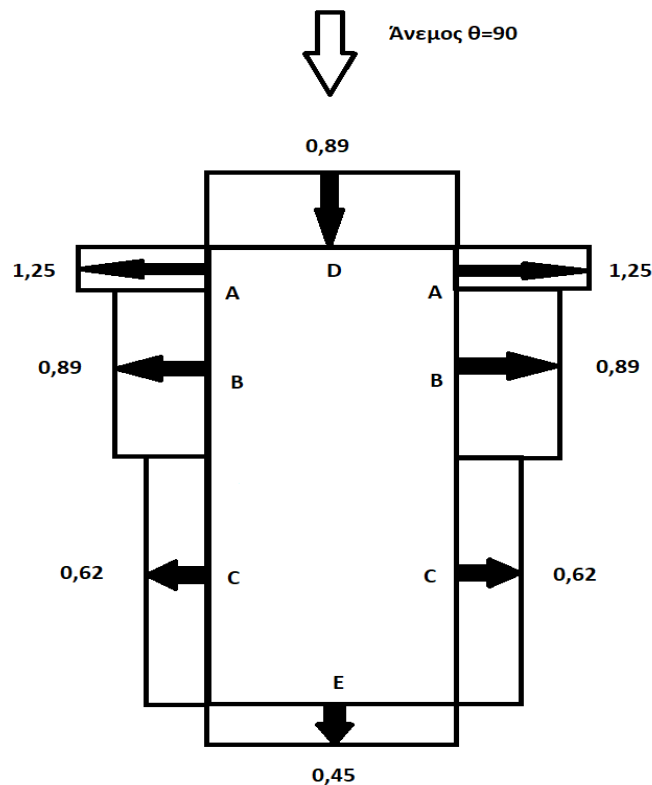
$$W = W_e - W_i$$

ΖΩΝΕΣ			A	B	C	D	E
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12m$	$W$	-1,25	-0,89		0,93	-0,51
$\theta = 90^\circ$			-1,25	-0,89	-0,62	0,89	-0,45
ΖΩΝΕΣ			F	G	H	J	I
$\theta = 0^\circ$	$z_e = 12m$	$W$	-1,21	-1,01	-0,53	-0,73	-0,60
			0,39	0,39	0,39	-0,36	-0,36
$\theta = 90^\circ$			-1,42	-1,34	-0,75		-0,65

Πίνακας 2.19: Τελικές πιέσεις  $W$  στο κτίριο ( $KN/m^2$ )



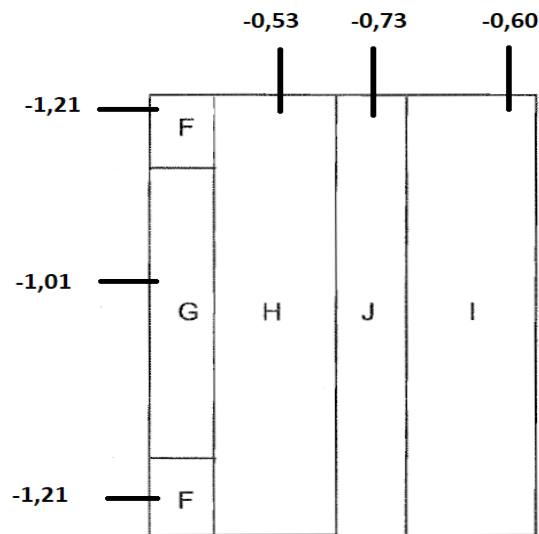
Σχήμα 2.14: Τελικές πιέσεις στα κατακόρυφα στοιχεία για  $\theta = 0^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>)



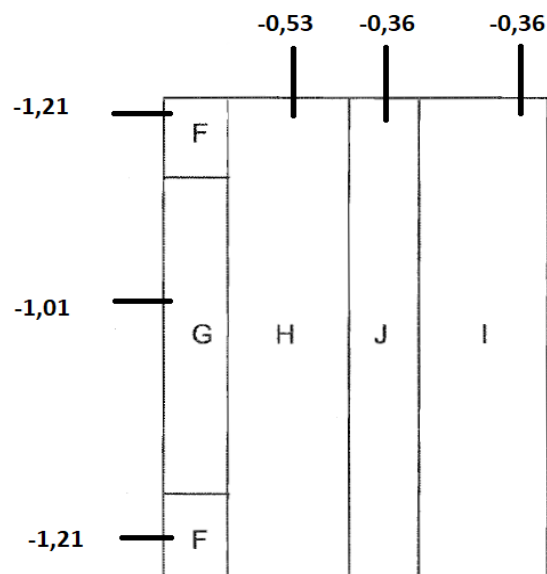
Σχήμα 2.15: Τελικές πιέσεις στα κατακόρυφα στοιχεία για  $\theta = \pm 90^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>)

Επισημαίνεται ότι κατά την στατική επίλυση του φορέα για τις πιέσεις στη στέγη, λόγω του ανέμου με διεύθυνση πνοής  $\theta = 0^\circ$  θα πρέπει να εξεταστούν τέσσερις συνδυασμοί δράσεων. Οι μεγαλύτερες ή οι μικρότερες τιμές των επιφανειών F, G και H συνδυάζονται

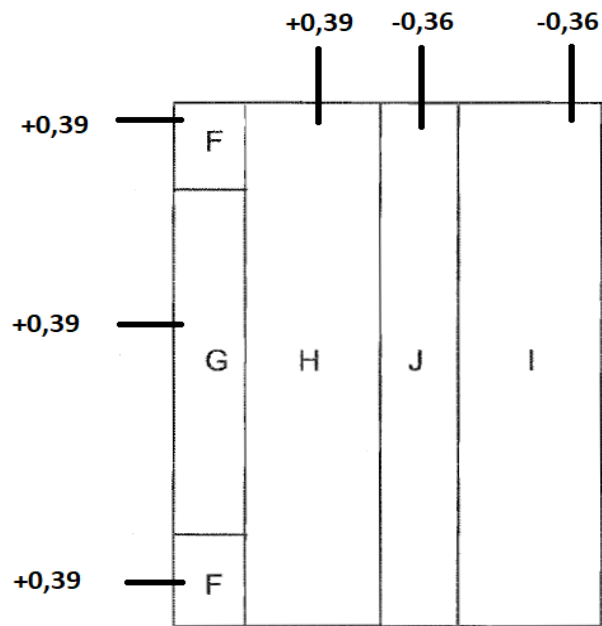
με τις μεγαλύτερες ή τις μικρότερες τιμές των επιφανειών I και J. Δεν επιτρέπεται ανάμιξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια πλευρά.



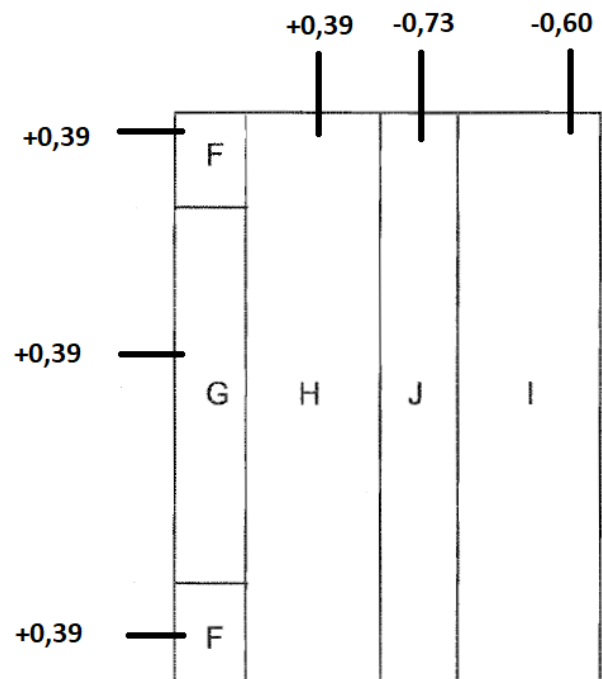
Σχήμα 2.16: Τελικές πιέσεις στη στέγη για  $\theta=0^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>) – 1η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα 2.17: Τελικές πιέσεις στη στέγη για  $\theta=0^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>) – 2η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα 2.18: Τελικές πιέσεις στη στέγη για  $\theta = 0^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>) – 3η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα 2.19: Τελικές πιέσεις στη στέγη για  $\theta = 0^\circ$  (KN/m<sup>2</sup>) – 4η περίπτωση φόρτισης

## 2.6 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού αναπτύσσονται στο έδαφος επιταχύνσεις (οριζόντιες και κατακόρυφες), που έχουν ως συνέπεια τη δημιουργία αδρανειακών δυνάμεων επί των κατασκευών. Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 1 (EN 1998-1), τα σεισμικά αποτελέσματα και τα αποτελέσματα των άλλων δράσεων που περιλαμβάνονται στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού μπορούν να υπολογιστούν με βάση την γραμμική – ελαστική συμπεριφορά του φορέα. Για τον συγκεκριμένους φορείς, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ιδιομορφικής ανάλυσης φάσματος απόκρισης, η οποία περιλαμβάνει πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος και υπολογισμό της μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή.

### • Προσδιορισμός της κατηγορίας εδάφους

Σύμφωνα με τον EC8 και την περιγραφή που δίνεται μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το έδαφος εδράζεται σε έδαφος κατηγορίας B.

### • Συντελεστής συμπεριφοράς

Ο συντελεστής συμπεριφοράς καθορίζεται από το δομικό υλικό από το οποίο αποτελείται και το είδος δομικού συστήματος που επιλέχθηκε που καθορίζουν την μετελαστική συμπεριφορά του κτιρίου. Ο συντελεστής εισάγει τη μείωση της πραγματικής συμπεριφοράς λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά στο απεριόριστα ελαστικό σύστημα.

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3.50
	β. Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν σαν πρόβολοι	3.00
	γ. Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνο-λικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους.	2.00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα *	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:	
	• διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	• σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
	• σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται*)	1.00
* Βλέπε Παράρτημα Γ.		
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1.50
	β. Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2.00
	γ. Οπλισμένη (κατακόρυφα και οριζόντια)	2.50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1.00
	β. Δοκοί – Τόξα – Κολλητά πετάσματα	1.50
	γ. Πλαίσια με κοχλιώσεις	2.00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3.00

Πίνακας 2.20: Μέγιστες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς q

Η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς ορίζεται για την κάθε διεύθυνση του σεισμού και ανάλογα με το στατικό σύστημα που έχει επιλεγεί και διαμορφωθεί σε κάθε διεύθυνση της κατασκευής. Για παράδειγμα στο κτίριο που μελετάμε θα λάβουμε τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς  $q=4$ , αφού στο στατικό σύστημα που έχουμε διαμορφώσει, ο φορέας

αναπτύσσει πλαισιακή λειτουργία. Κατά τη διεύθυνση Y λόγω παρουσίας διαγώνιων συνδέσμων λαμβάνουμε συντελεστή συμπεριφοράς  $q=3$ .

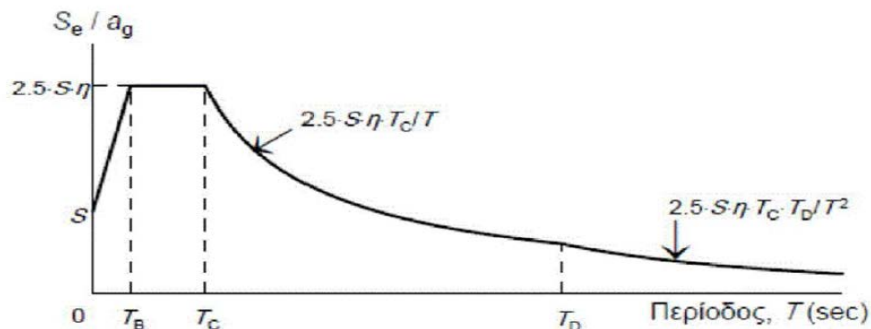
- **Συντελεστής σπουδαιότητας**

Η κατασκευή κατατάσσεται στην κατηγορία σπουδαιότητας II, δηλαδή σε συνήθη κτίρια με συντελεστή σπουδαιότητας  $\gamma_1=1,00$

- **Ελαστικό Φάσμα Σχεδιασμού**

Η σεισμική κίνηση  $s'$  ένα δεδομένο σημείο στην επιφάνεια προσομοιώνεται με το ελαστικό φάσμα απόκρισης. Η οριζόντια σεισμική δράση περιγράφεται από δύο ορθογώνιες συνιστώσες που θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους και εκφράζονται από το ίδιο φάσμα απόκρισης. Για την κατασκευή των φασμάτων και για τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις του σεισμού (X και Y) χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που έχουμε συγκεντρωτικά παρακάτω:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I (επιτάχυνση  $ag=0,16g$ )
- Κατηγορία εδάφους B
- Κατηγορία σπουδαιότητας II (συνήθη κτίρια) με  $\gamma_1=1,00$
- Συντελεστής συμπεριφοράς με  $q=4$  κατά X και  $q=3$  κατά Y
- Απόσβεση  $\zeta=4\%$  για μεταλλικές κατασκευές με κοχλιώσεις.



Σχήμα 2.20: Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού

## 2.7 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Μια κατασκευή υποβάλλεται κατά τη διάρκεια της ζωής της σε θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές είναι μεγαλύτερες για κατασκευές που βρίσκονται στην ύπαιθρο (π.χ. γέφυρες) σε σχέση με άλλες των οποίων τα φέροντα στοιχεία προστατεύονται έναντι θερμοκρασιακών επιρροών από μη φέροντα στοιχεία (π.χ. όπως συμβαίνει με τα κτίρια). Επειδή οι θερμοκρασιακές μεταβολές είναι συνήθως βραχυχρόνιες, τα εμφανιζόμενα εντατικά μεγέθη λόγω των επιρροών τους δεν υπόκεινται σε ερπυσμό και κατά συνέπεια λαμβάνονται στους υπολογισμούς τα βραχυχρόνια αδρανειακά μεγέθη.

Σύμφωνα με τον EN 1991-1-5:2003 οι δράσεις λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών είναι έμμεσες και συμπεριλαμβάνονται στις μεταβλητές ελεύθερες δράσεις ενώ ο προσδιορισμός τους λαμβάνει χώρα για κάθε κατάσταση σχεδιασμού που ορίζει ο

Ευρωκώδικας. Για ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας οφειλόμενη σε ολική μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (εναλλαγές μεταξύ χειμώνα – καλοκαίρι) υπολογίζονται οι χαρακτηριστικές τιμές μέγιστης διακύμανσης της θετικής και της αρνητικής ενεργού θερμοκρασίας. Η διαφορά θερμοκρασίας (ομοιόμορφη αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας ολόκληρου του σκελετού σε σχέση με τη θερμοκρασία συναρμολόγησής του) λήφθηκε για το κτίριο της υπόψη μελέτης ίση με  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ .

## 2.8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

### 2.8.1 Γενικά

Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίστηκαν οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων που επενεργούν επ' αυτής, όπως παρουσιάστηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο. Οι δράσεις αυτές πολλαπλασιασμένες με κατάλληλους συντελεστές (επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma$ ), συνδυάζονται μεταξύ τους καταλλήλως (συντελεστές συνδυασμού  $\psi$ ) για καθεμία από τις δύο οριακές καταστάσεις και στη συνέχεια εφαρμόζονται επί του φορέα. Είναι προφανές ότι οι δράσεις που υπεισέρχονται στους συνδυασμούς, επενεργούν και εκδηλώνονται ταυτόχρονα.

Οριακές καταστάσεις είναι οι καταστάσεις πέρα των οποίων ο φορέας ή τμήμα αυτού δεν ικανοποιεί πλέον τα κριτήρια σχεδιασμού του. Διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες :

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ultimate Limit States-ULS, πλαστικές αντοχές, απώλεια ευστάθειας, θραύση, κόπωση, ανατροπή κ.τ.λ.), που συνδέονται με κατάρρευση ή με ισοδύναμες μορφές αστοχίας του φορέα ή τμήματος του.

- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (Serviceability Limit States-SLS, μετατοπίσεις, ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κ.τ.λ. ) που συνδέονται με συνθήκες πέραν των οποίων δεν παρατηρούνται πλέον οι καθορισμένες απαιτήσεις για το φορέα ή για μέλος αυτού.

### 2.8.2 Συνδυασμοί Φορτίσεων

- Συντελεστές Ασφάλειας

Οι αβεβαιότητες που καλύπτουν τις δράσεις και τις αντιστάσεις (αντοχή του υλικού ) έχουν οδηγήσει στη πρόβλεψη και χρήση επιμέρους συντελεστών ασφαλείας προκειμένου να δημιουργείται ένα ομοιόμορφο επίπεδο αξιοπιστίας της ασφάλειας του δομήματος. Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι χαρακτηριστικές τιμές

Οριακές καταστάσεις αστοχίας	Συνδυασμοί	Επιρροή Δράσης	
		Ευμενής	Δυσμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1,35	1,00
	Τυχηματικοί	1,00	1,00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,00	1,00

Πίνακας 2.21

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή Δράσης	
		Ευμενής	Δυσμενής

αστοχίας			
Αστοχίας	Βασικοί	1,50	1,00
	Τυχηματικοί	1,00	1,00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,00	1,00

Πίνακας 2.22

- Συντελεστές Συνδυασμού

Οι συντελεστές συνδυασμού  $\psi$  λαμβάνουν υπόψη τη μικρή πιθανότητα ταυτόχρονης εμφάνισης των ακραίων μεγεθών των μεταβλητών δράσεων στο φορέα. Οι συντελεστές  $\psi$  για διάφορες κατασκευές προτείνονται από τον Ευρωκώδικα παρακάτω:

Δράσεις	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια, κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία A: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία B: 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 E: χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρους οχημάτων $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων $30\text{kN} < \text{βάρους οχημάτων} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία H: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000\text{ m}$	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000\text{ m}$	0,50	0,20	0
Φορτία ανέμου σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές  $\psi$  μπορούν να καθορισθούν από το Εθνικό Προσάρτημα.  
\* Για χώρες οι οποίες δεν αναφέρονται παρακάτω, βλέπε συναφείς τοπικές συνθήκες.

Πίνακας 2.23

- Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

Οι συνδυασμοί σχεδιασμού για τον έλεγχο στην οριακή κατάσταση αστοχίας είναι οι παρακάτω:

-Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

-Για τυχηματικές καταστάσεις:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

-Για καταστάσεις σεισμού:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές (δυσμενής συνδυασμός):
  - ii. Βασικό μεταβλητό το χιόνι:



$$1,35 \cdot G + 1,50 \cdot S + 1,50 \cdot 0,70 \cdot Q + 1,50 \cdot 0,60 \cdot W$$

iii. Βασικό μεταβλητό ο άνεμος:

$$1,35 \cdot G + 1,50 \cdot W + 1,50 \cdot 0,70 \cdot Q + 1,50 \cdot 0,50 \cdot S$$

iv. Βασικό μεταβλητό θερμοκρασία:

$$1,35 \cdot G + 1,50 \cdot W + 1,50 \cdot 0,70 \cdot Q + 1,50 \cdot 0,50 \cdot S$$

– Καταστάσεις σεισμού

- i. Σεισμική δράση κατά χ:
- $$G + 0,3Q + E_x + 0,3 \cdot E_y$$
- $$G + 0,3Q + E_x - 0,3 \cdot E_y$$
- ii. Σεισμική δράση κατά y:
- $$G + 0,3Q + E_y + 0,3 \cdot E_x$$
- $$G + 0,3Q - E_y + 0,3 \cdot E_x$$

• **Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας**

Οι συνδυασμοί σχεδιασμού για τον έλεγχο στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, είναι οι ακόλουθοι:

-Χαρακτηριστικός Συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

-Συχνός Συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,t} Q_{k,i} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,t} Q_{k,i}$$

-Οιονεί μόνιμος συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

– Χαρακτηριστικός συνδυασμός (δυσμενής συνδυασμός):

- ii. Βασικό μεταβλητό το χιόνι:
- $$1,00 \cdot G + 1,00 \cdot S + 0,70 \cdot Q + 0,60 \cdot W$$
- iii. Βασικό μεταβλητό ο άνεμος:
- $$1,00 \cdot G + 1,00 \cdot W + 0,70 \cdot Q + 0,50 \cdot S$$

## **3 Προσομοίωμα στατικής ανάλυσης**

### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το προσομοίωμα στατικής ανάλυσης περιγράφει με ακρίβεια την πραγματική συμπεριφορά του δομικού συστήματος και περιλαμβάνει όλα τα κύρια στοιχεία της κατασκευής και τα επιμέρους στοιχεία. Στόχος της ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός της κατανομής των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών στα οποία υπόκεινται τα μέλη του φέροντα οργανισμού. Επιπλέον εξασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά των οριζοντίων και κατακόρυφων δράσεων που ασκούνται σε δευτερεύοντα στοιχεία να μεταβιβάζονται στα κύρια στοιχεία και με την σειρά τους αυτά στο έδαφος. Το προσομοίωμα μορφώθηκε στο πρόγραμμα Robot Structural Analysis για τον προσδιορισμό των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών των μελών της κατασκευής για την διαστασιολόγησή τους.

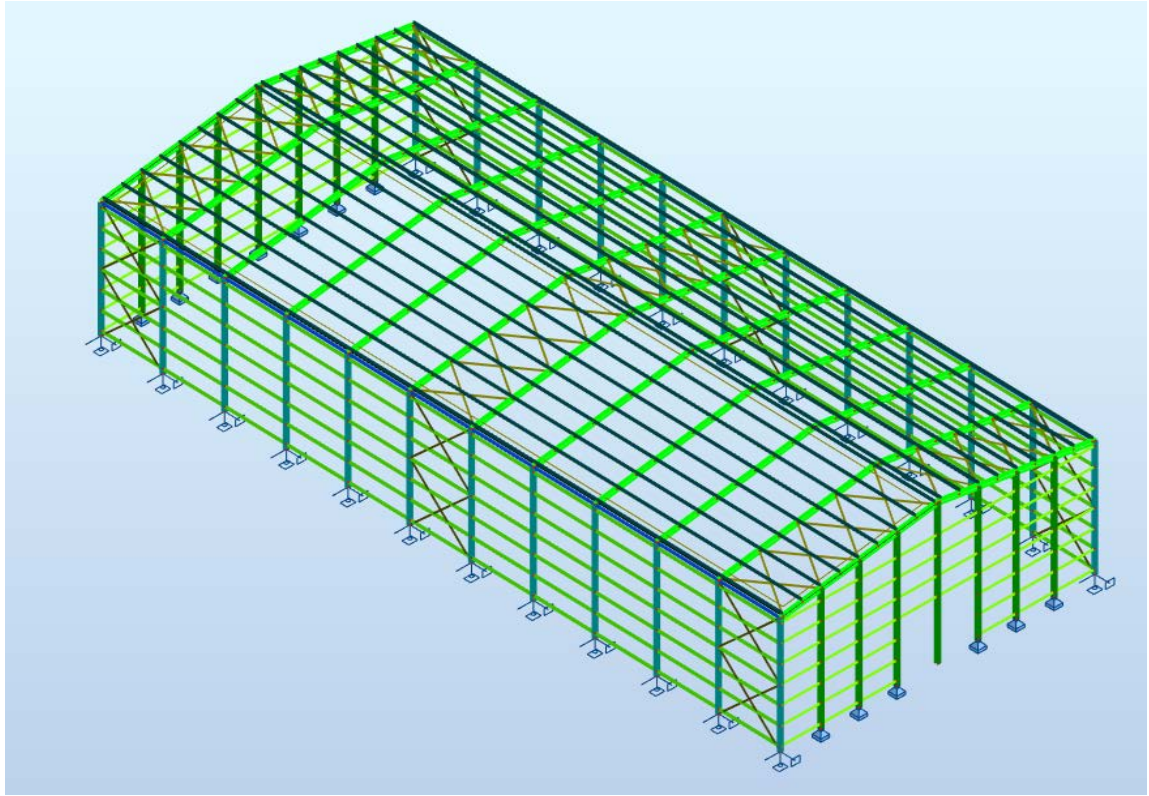
### **3.2 ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Ο προσδιορισμός αυτών των μεγεθών γίνεται με την χρήση της ελαστικής ή πλαστικής ανάλυσης. Η ελαστική ανάλυση βασίζεται στην ελαστική συμπεριφορά του υλικού, δηλαδή ότι η τάση είναι ανάλογη με την παραμόρφωση. Η ελαστική θεωρία εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις ανεξαρτήτως της αντοχής των διατομών και τον προσδιορισμό τους με βάση την ελαστική ή πλαστική τους αντοχή. Επιπλέον μπορεί να γίνει χρήση της θεωρίας 1<sup>ης</sup> τάξεως, όπου οι εξισώσεις ισορροπίας και το συμβιβαστό των παραμορφώσεων εκφράζονται με την μη παραμορφωμένη αρχική γεωμετρία του φορέα, ή χρήση της θεωρίας 2<sup>ης</sup> τάξεως όπου λαμβάνονται φαινόμενα 2<sup>ης</sup> τάξεως, δηλαδή μη γεωμετρική γραμμικότητα.

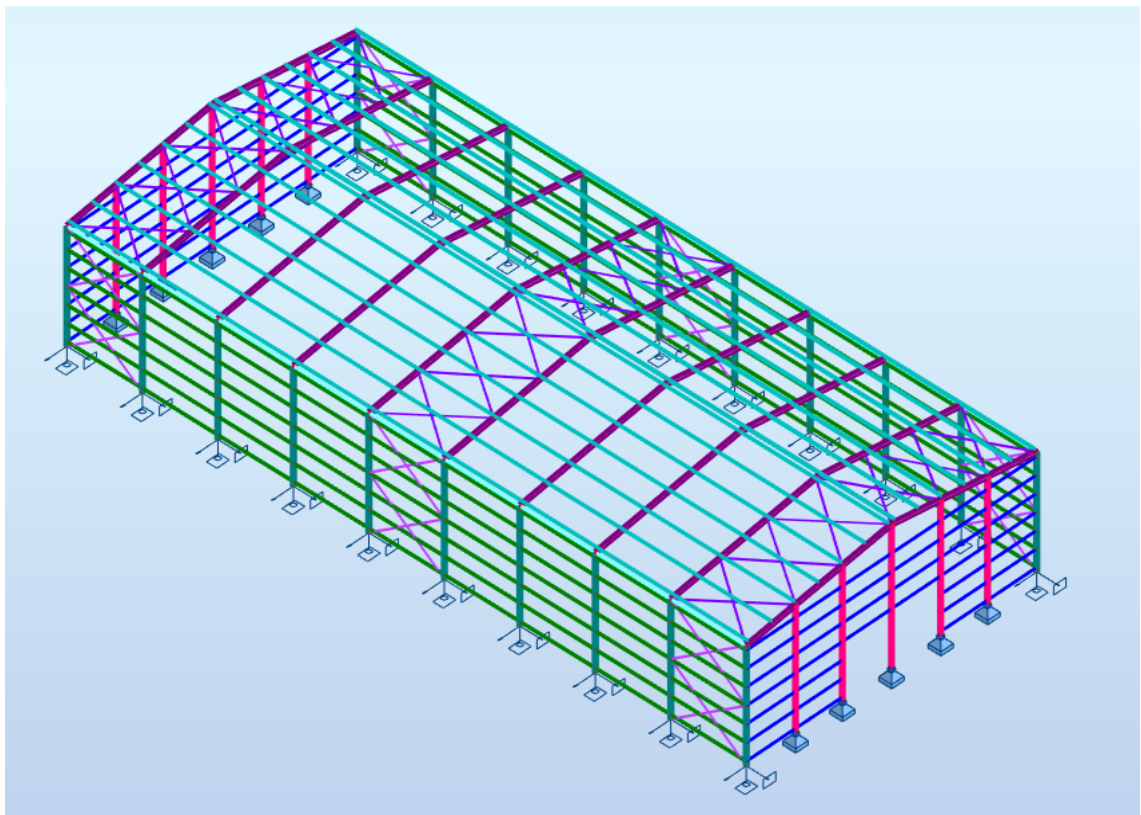
Η πλαστική ανάλυση λαμβάνει υπόψη της τις επιδράσεις της μη γραμμικότητας του υλικού κατά τον υπολογισμό των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών, ενώ πρέπει να διαθέτουν επαρκή στρωφική ικανότητα στις θέσεις όπου πραγματοποιείται πλαστική άρθρωση. Στα προσομοιώματα πραγματοποιήθηκε ελαστική ανάλυση πρώτης τάξεως.

### **3.3 ΣΤΑΤΙΚΑ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΜΑΤΑ**

Στη συνέχεια απεικονίζονται τα δύο προσομοιώματα. Στο πρώτο απεικονίζεται το κτίριο αποτελούμενο από 12 στην σειρά ολόσωμα πλαίσια και στο άλλο από 10 ολόσωμα πλαίσια. Η στατική λειτουργία των κυρίων και των δευτερευόντων στοιχείων είναι παρόμοια και στις δυο περιπτώσεις όπως μπορείτε να παρατηρήσετε παρακάτω.



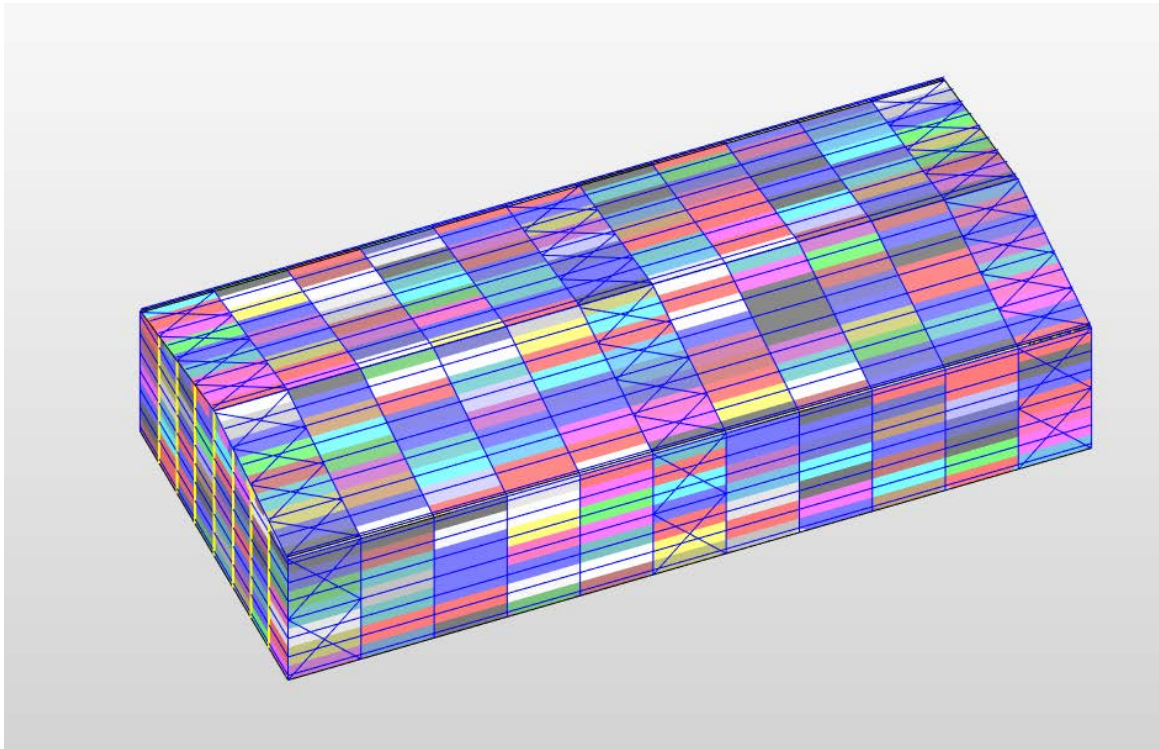
Σχήμα 3.1: προσομοίωμα α' παραλλαγής κτιρίου



**Σχήμα 3.2:** προσομοίωμα β' παραλλαγής κτιρίου

Τα δυο προσομοιώματα αποτελούνται από γραμμικά στοιχεία στα οποία κατανέμονται οι δράσεις. Οι οριζόντιοι και κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας προσομοιωθήκαν με truss elements ώστε να δέχονται μόνο αξονικά φορτία.

Οι δράσεις πάνω στην κατασκευή μας εισήχθησαν ανάλογα με την φύση τους. Τα φορτία ανέμου, χιονιού, μόνιμα και κινητά τοποθετήθηκαν μέσω επιφανειακών φορτίων με την χρήση αβαρών επιφανειών (claddings), τα οποία δεν προσδίδουν κάποια επιπλέον δυσκαμψία στην κατασκευή μας, και κατανέμουν μέσω ασφαλών διαδρομών μεταφοράς το φορτίο σε όλα τα στοιχεία μέχρι το έδαφος. Τα ίδια βάρη της σιδηροκατασκευής υπολογιστήκαν αυτόματα από το λογισμικό. Για τον υπολογισμό του σεισμικού φορτίου και σεισμικού συνδυασμού πραγματοποιήθηκε δυναμική ανάλυση των κτιρίων. Η θερμοκρασιακή μεταβολή επιβλήθηκε σε κάθε στοιχείο ξεχωριστά.

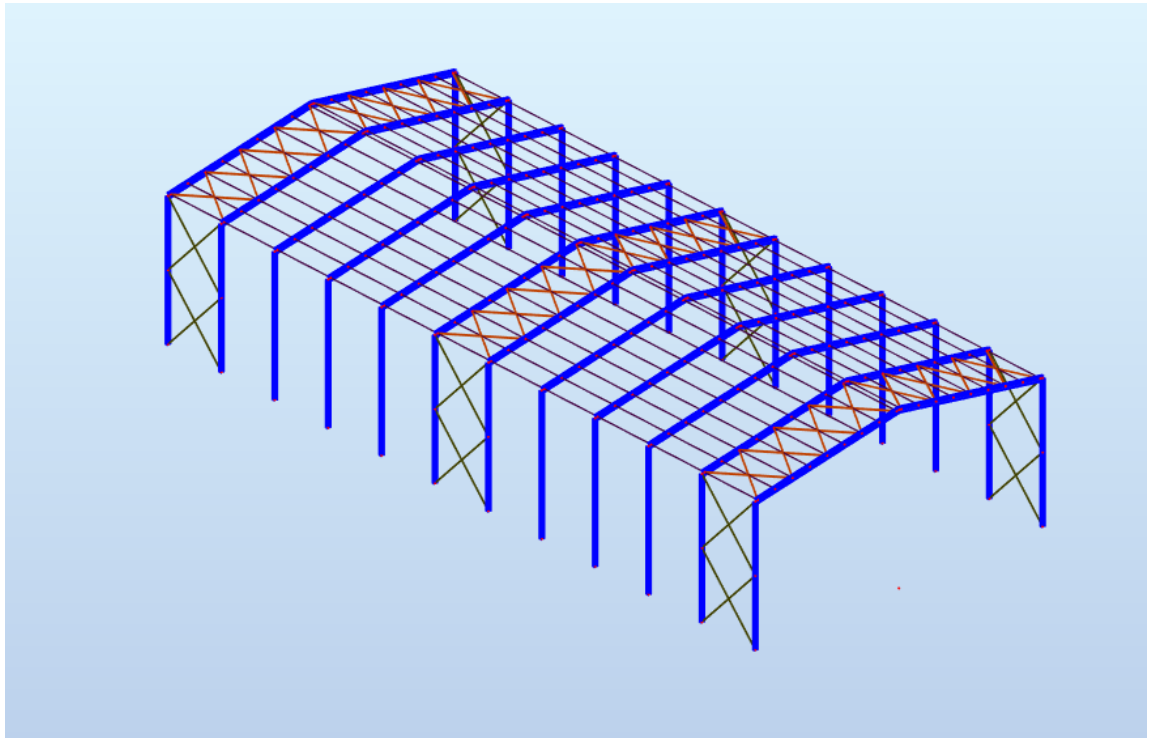


**Σχήμα 3.3:** κατανομή σε φορτικές επιφάνειες

- **Κύριοι φορείς**

Οι κύριοι φορείς και στα δυο τμήματα απαρτίζονται από τα υποστυλώματα και τα ζυγώματα διαμορφώνοντας το συνηθισμένο τύπο πλαισίου. Τα δύσκαμπτα πλαίσια αναλαμβάνουν οριζόντια και κατακόρυφα φορτία και κυρίως καμπτικές και αξονικές δυνάμεις. Τα πλαίσια κατά την διεύθυνση πλασιακής λειτουργίας μορφώθηκαν ως αμφίπακτα για την ευνοϊκότερη κατανομή των ροπών και την μειωμένη παραμόρφωση στα οριζόντια και κατακόρυφα φορτία. Οι κόμβοι του υποστυλώματος-ζυγώματος

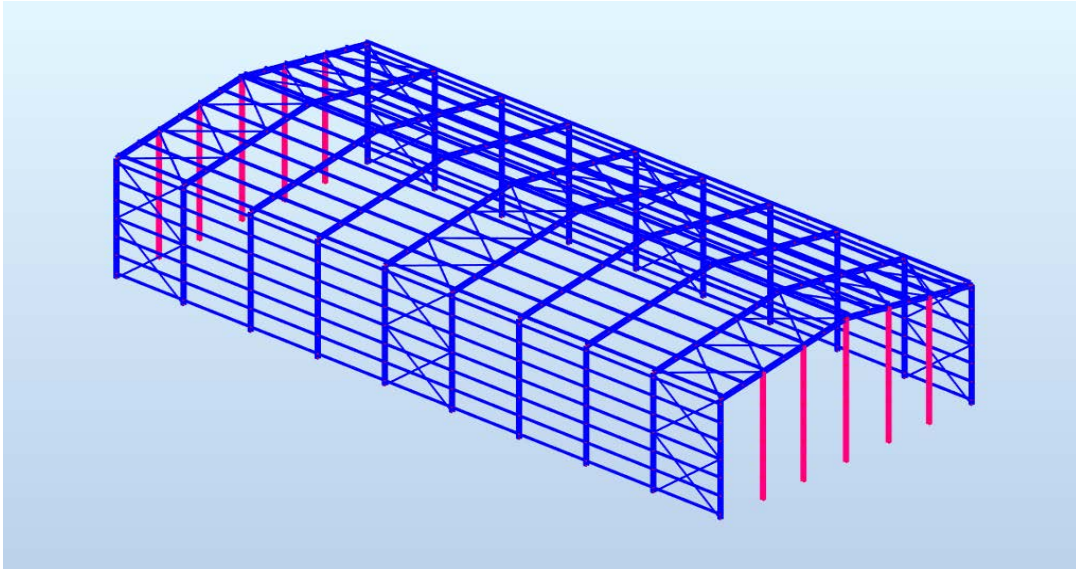
μορφώνονται ως δύσκαμπτοι για την κατάλληλη μεταφορά των ροπών. Κατά την άλλη διεύθυνση τα υποστυλώματα εδράζονται με αρθρώσεις.



**Σχήμα 3.4:** Κύριοι φορείς

- **Μετωπικοί στύλοι**

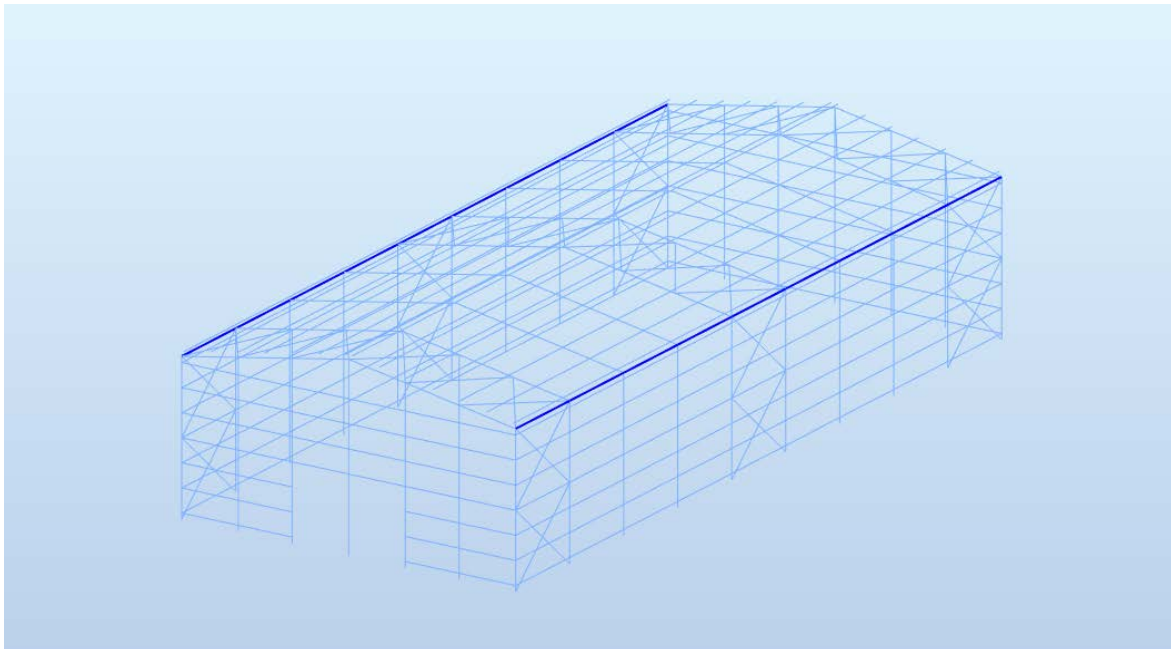
Τα μέτωπα του κτιρίου καλύπτονται με τους μετωπικούς στύλους και διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν τις λειτουργικές ανάγκες του κτιρίου. Κύρια φόρτιση είναι η ανεμοπίεση που μεταβιβάζεται μέσω των μηκίδων προκαλώντας κυρίως καμπτικές καταπονήσεις. Οι μετωπικοί στύλοι εδράζονται στο έδαφος και στο ζύγωμα με συνδέσεις μεταφοράς τεμνουσών.



**Σχήμα 3.5:** Μετωπικοί στύλοι

- **Κεφαλοδοκοί**

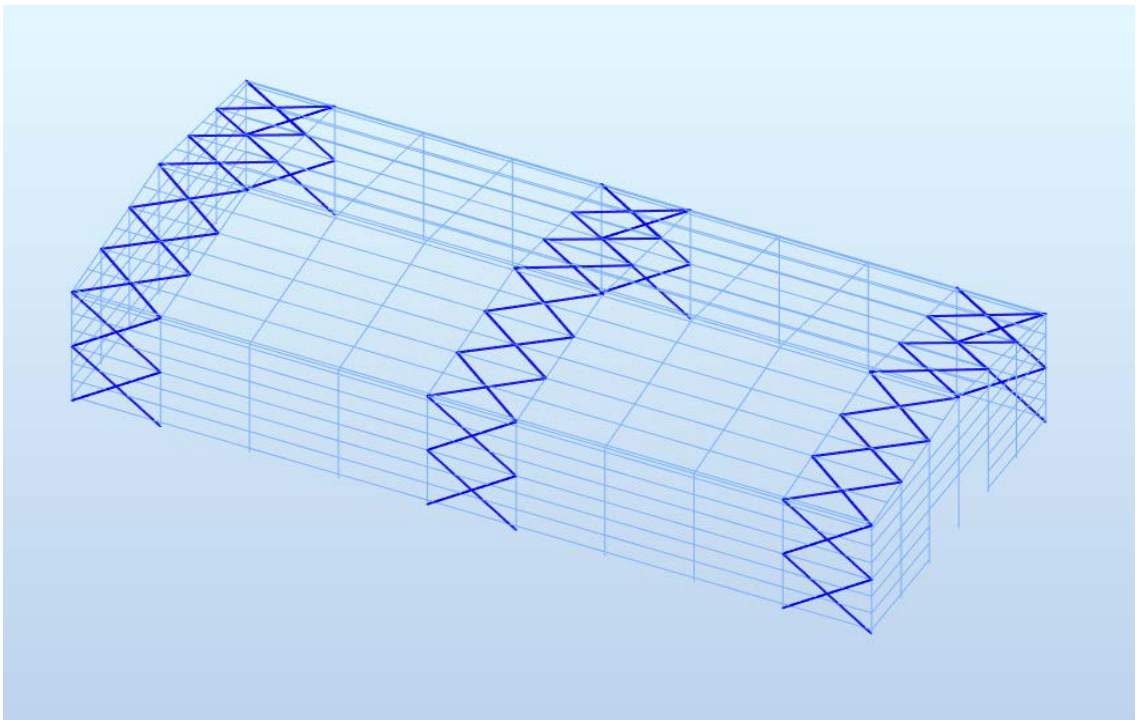
Οι κεφαλοδοκοί συνδέουν τις κεφαλές των υποστυλωμάτων κατά μήκος της κατασκευής. Παραλαμβάνουν τις οριζόντιες δυνάμεις κατά την διεύθυνση τοποθέτησης τους και τις μεταφέρουν στο έδαφος μέσω των συνδέσμων δυσκαμψίας. Οι κεφαλοδοκοί παραλαμβάνουν μόνο αξονικά φορτία από την κατασκευή και συνδέονται με αρθρώσεις στα υποστυλώματα. Κύρια δράση είναι η αξονική δύναμη ενώ συμμετέχουν στο σύστημα δυσκαμψίας του συστήματος.



**Σχήμα 3.6:** Κεφαλοδοκοί

- **Σύνδεσμοι δυσκαμψίας**

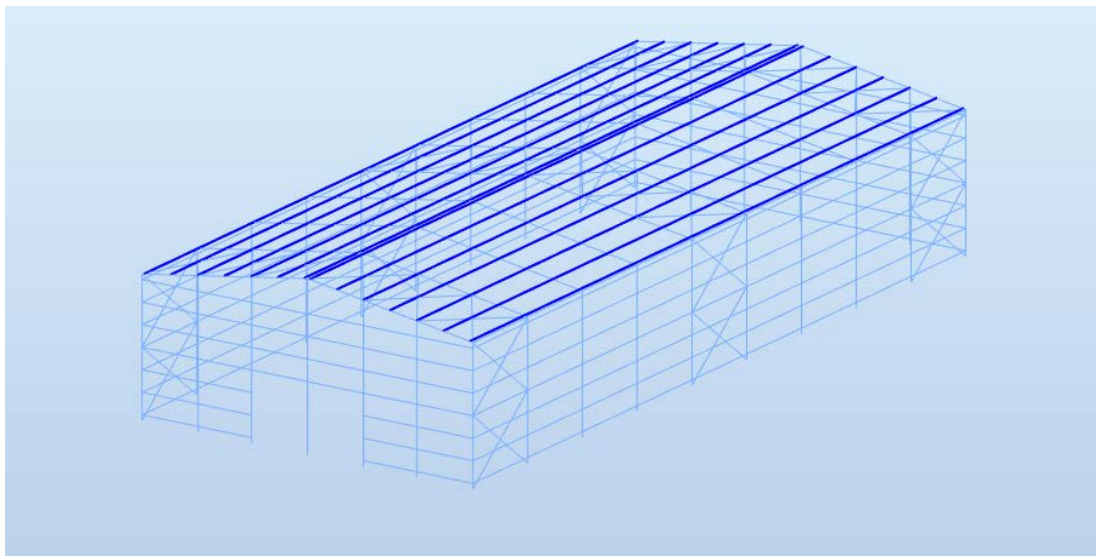
Στην κατασκευή τοποθετήθηκαν διαγώνιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας της μορφής X κατά τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα. Το κατακόρυφο σύστημα δυσκαμψίας τοποθετείται στα ακριανά και στο μεσαίο φάτνωμα της κατασκευής και πραγματοποιείται μέσω ζεύγους κατακόρυφων συνδέσμων για την παραλαβή οριζοντίων δυνάμεων από άνεμο και σεισμό και την μεταφορά τους στην θεμελίωση. Το οριζόντιο σύστημα δυσκαμψίας έχει ίδια λειτουργία δηλαδή τη παραλαβή οριζοντίων δυνάμεων. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας υπόκεινται σε αξονικές εντάσεις, τόσο σε εφελκυσμό όσο και σε θλίψη, ενώ βρίσκονται στο επίπεδο των ζυγωμάτων και στα υποστυλωμάτων παρέχοντας τους πλευρική στήριξη. Όπως προαναφέραμε οι σύνδεσμοι προσομοιώθηκαν με truss elements και συνδέονται με απλές κοχλιωτές συνδέσεις.



**Σχήμα 3.7:** Σύνδεσμοι δυσκαμψίας

- **Τεγίδες**

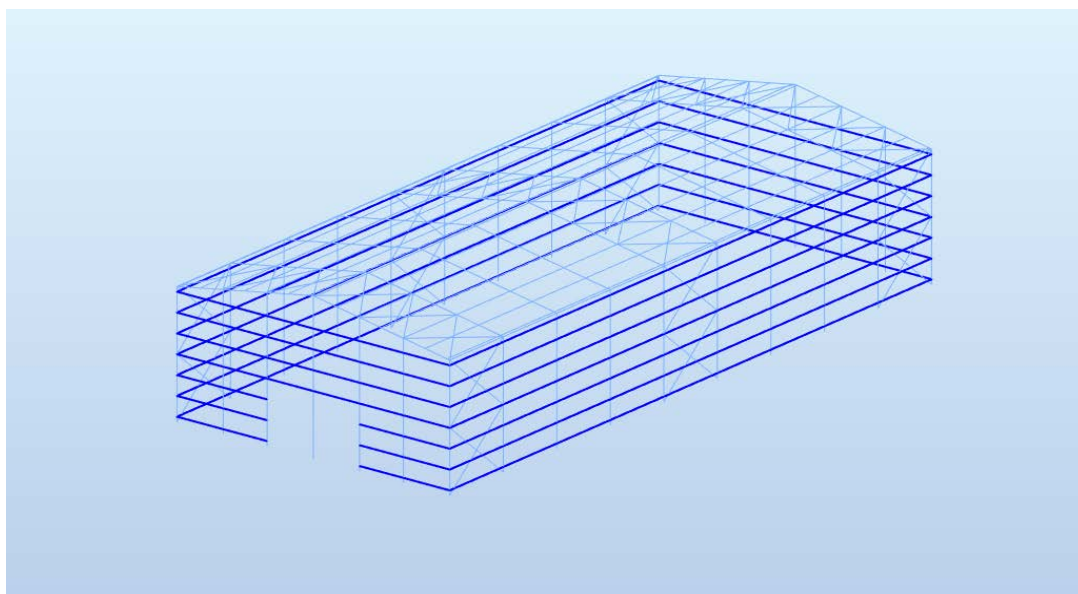
Οι τεγίδες είναι διατεταγμένα στην επιφάνεια δευτερεύοντα στοιχεία που συμπληρώνουν το κέλυφος του φέροντα οργανισμού και μεταφέρουν τις κατακόρυφες δράσεις που ασκούνται στην επιστέγαση στα κύρια στοιχεία, δηλαδή τα ζυγώματα. Οι δράσεις αυτές είναι τα φορτία ανέμου, χιονιού, το ίδιο βάρος της επικάλυψης και το ωφέλιμο φορτίο. Η διάταξη των τεγίδων στην παραλλαγή α' είναι ανά 2 m και στην β' ανά 1,5 m. Κύρια καταπόνηση των τεγίδων είναι η κάμψη κατά των κύριο άξονα από τα κατακόρυφα φορτία. Ο τρόπος στήριξης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις τεγίδες είναι ποικιλόμορφος και ο καθένας έχει θετικά και αρνητικά στοιχεία. Ο τρόπος στήριξης που επιλέχτηκε είναι η αμφιέριστη στήριξη γιατί παρουσιάζει απλότητα στις συνδέσεις και ευκολία στην ανέγερση, ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλες ροπές και παραμορφώσεις. Η αρχιτεκτονική του κτιρίου μας οδήγησε στο να επιλεξουμε οι τεγίδες να συμβαλλουν στην μεταφορά των οριζοντίων δυνάμεων ώστε να πραγματοποιηθει ομοιομορφα αυτή η διαδικασία.



**Σχήμα 3.8:** Τεγίδες

- **Μηκίδες**

Ο σχεδιασμός των μηκίδων είναι παρόμοιος με τις τεγίδες. Τα φορτία που ασκούνται στην πλαγιοκάλυψη μεταφέρονται μέσω των μηκίδων στα υποστυλώματα και στους μετωπικούς στύλους, δηλαδή τα φορτία ανέμου και το ίδιο βάρος της επικάλυψης. Η διάταξη εξαρτάται από την αντοχή της πλαγιοκάλυψης ενώ πρέπει να προβλέπονται και ανοίγματα για κουφώματα. Οι μηκίδες υπόκεινται σε κάμψη και συγκεκριμένα σε διαξονική κάμψη λόγω του ίδιου βάρους της επικάλυψης που αναλαμβάνουν. Ομοίως με τις τεγίδες, οι μηκίδες επιβαρύνονται αξονικά για την μεταφορά των οριζοντίων δυνάμεων.



**Σχήμα 3.9:** Μηκίδες



### 3.4 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Κατά την διάρκεια ενός σεισμού αναπτύσσονται στο έδαφος επιταχύνσεις και έχουν ως συνέπεια την δημιουργία αδρανειακών δυνάμεων επί των κατασκευών. Η δυναμική ανάλυση είναι απαραίτητη όταν οι σεισμικές δράσεις προκαλούν σημαντικά αδρανειακά φορτία. Η δυναμική ανάλυση της κατασκευής, προαναφέρθηκε πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της ιδιομορφικής ανάλυσης φάσματος απόκρισης. Η απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στην συνολική απόκριση πρέπει να ληφθούν υπόψη. Το κριτήριο σύμφωνα με τις διατάξεις του EN1998 πρέπει να ικανοποιούνται τα παρακάτω:

- Το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.
- Λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιομορφές με δρώσες ιδιομορφικές μάζες μεγαλύτερες από 5% της

Επίσης, προκειμένου να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες στη θέση των μαζών και στη χωρική μεταβολή της σεισμικής κίνησης, το υπολογισμένο κέντρο μάζας θα θεωρείται μετατοπισμένο σε κάθε διεύθυνση κατά  $e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i$ , όπου  $L_i$  είναι το μήκος του φορέα σε κάθε διεύθυνση.

Με βοήθεια του λογισμικού υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

- Οι ιδιοσυχνότητες, ιδιοπερίοδοι και ιδιομορφές ταλάντωσης του φορέα.
- Η δρώσα ιδιομορφική μάζα  $M_i$  κάθε ιδιομορφής.
- Οι μέγιστες αποκρίσεις, σεισμικά φορτία ή μετακινήσεις σχεδιασμού με βάση το φάσμα σχεδιασμού.
- Με τη μέθοδο CQC (Complete quadratic combination) οι μέγιστες αποκρίσεις ανά διεύθυνση σεισμού, υλοποιώντας την επαλληλία των ιδιομορφικών αποκρίσεων.

Η χωρική επαλληλία των σεισμικών διεγέρσεων με τις παρακάτω σχέσεις:

$$A_{Ed} = \pm E_y \pm 0,3 \cdot E_x \quad (3.1)$$

$$A_{Ed} = \pm E_x \pm 0,3 \cdot E_y \quad (3.2)$$

Τα αδρανειακά αποτελέσματα της σεισμικής δράσης σχεδιασμού υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία των μαζών που συνδέονται με όλα τα φορτία βαρύτητας που περιλαμβάνονται στον συνδυασμό  $G + \psi_2 \cdot Q$ , που για κινητά φορτία είναι 0,3. Στο επόμενο πίνακα μπορείτε να δείτε τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης:

Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος	Ποσοστό Ιδιομορφικής Μάζας (%)	
		x	y
1	2.36	34.10	0.00
2	1.04	0.00	7.60
3	0.68	20.34	0.00
4	0.64	30.37	0.00
5	0.55	8.65	0.00
Συνολικό ποσοστό συμμετοχής της μάζας		93.47	7.60
87	0.18		3.69
88	0.18		0.05
89	0.16		0.39
90	0.14		2.19
Συνολικό ποσοστό συμμετοχής της μάζας			90.70

**Πίνακας 3.1:** Αποτελέσματα Ιδιομορφικής Ανάλυσης

Παρατηρούμε ότι κατά την διεύθυνση της πλασιακής λειτουργίας συγκεντρώνει στις πρώτες 5 ιδιομορφές το πάνω από το 90% του ποσοστού ιδιομορφικής μάζας ενώ κατά την άλλη διεύθυνση απαιτούνται 90 ιδιομορφές. Η ανομοιομορφία στην συγκέντρωση των ιδιομορφών αντικατοπτρίζει και την ανομοιομορφία του κτιρίου κατά της διευθύνσεις X και Y.

## 4 Διαστασιολόγηση και έλεγχος

### 4.1 Γενικά

Ο έλεγχος και η διαστασιολόγηση των φορέων πραγματοποιήθηκαν με βάση τις κανονιστικές διατάξεις του Ευρωκώδικα 3, που αναφέρεται στις μεταλλικές κατασκευές. Με την βοήθεια του λογισμικού Robot Structural Analysis ορίστηκαν με επαναληπτικές διαδικασίες οι βέλτιστες διατομές και εκλεχτήκαν ώστε να επαρκούν στους απαιτούμενους έλεγχους. Τα κριτήρια διαστασιολόγησης ήταν η ικανοποίηση των απαιτούμενων ελέγχων για τον σχεδιασμό, η επιλογή οικονομικότερης πρότυπης διατομής σε σχέση με το βάρος της, και η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση κάθε μέλους. Με την παραπάνω μεθοδολογία καταλήξαμε στις τελικές διατομές για την ασφαλή διαμόρφωση των κατασκευών. Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά οι κρίσιμοι συνδυασμοί σε καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας, η διαστασιολόγηση και ο έλεγχος για τις παραλλαγές α' και β', ενώ στη συνέχεια ο συγκεντρωτικός πίνακας και για τις τέσσερις παραλλαγές.

### 4.2 Κατάταξη διατομών

Ανάλογα με την έκταση στην οποία η αντοχή και η στρωφική ικανότητα των διατομών περιορίζεται από τον τοπικό λύγισμό, οι διατομές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες.

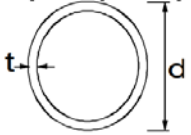
Κατηγορία 1            Είναι διατομές με αντοχή σε ροπή μεγαλύτερη της πλαστικής ροπής και στρωφική ικανότητα επαρκή. Σε διατομές Κατηγορίας 1 εφαρμόζεται πλαστική-πλαστική ανάλυση.

Κατηγορία 2:            Είναι διατομές με αντοχή τουλάχιστον ίση με την πλαστική ροπή, αλλά χωρίς στρωφική ικανότητα λόγω τοπικού λυγισμού των πελμάτων ή του κορμού. Σε διατομές Κατηγορίας 2 εφαρμόζεται το πολύ ελαστική-πλαστική ανάλυση

Κατηγορία 3:            Είναι διατομές με αντοχή τουλάχιστον ίση με την ελαστική ροπή. Επιτρέπεται μόνο η εφαρμογή ελαστικής-ελαστικής ανάλυσης

Κατηγορία 4: Είναι διατομές με αντοχή μικρότερη της ελαστικής ροπής λόγω τοπικού λυγισμού. Εφαρμόζεται μόνο εφαρμογή ελαστικής-ελαστικής ανάλυσης με πρόσθετους ελέγχους σε κύρτωση έναντι κινδύνου τοπικού λυγισμού.

Παρακάτω παρατηρούμε τα όρια κατάταξης των διατομών θλιβόμενων στοιχείων.

Σωληνωτές διατομές						
						
Κατηγορία	Διατομή σε κάμψη και/ή θλίψη					
1	$d/t \leq 50 \cdot \epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70 \cdot \epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90 \cdot \epsilon^2$					
	<b>ΣΗΜΕΙΩΣΗ</b> Για $d/t > 90 \cdot \epsilon^2$ βλέπε EN 1993-1-6.					
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\epsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Πίνακας: 4.1

Προεξέχοντα πέλματα						
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη				
		Άκρο σε θλίψη		Άκρο σε εφελκυσμό		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1	$c/t \leq 9 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 14 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 21 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$ Για $k_\sigma$ βλέπε EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Πίνακας: 4.2

Προεξέχοντα πέλματα						
Ελατές διατομές			Συγκολλητές διατομές			
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη				
		Άκρο σε θλίψη		Άκρο σε εφελκυσμό		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1	$c/t \leq 9 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9 \cdot \epsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10 \cdot \epsilon$	$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10 \cdot \epsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 14 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 21 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$ Για $k_\sigma$ βλέπε EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Πίνακας: 4.3

### 4.3 Υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα είναι μέλη που δέχονται σημαντική αξονική δύναμη υπό την όποια τα μέλη είναι ευαίσθητα στον λυγισμό πριν η διατομή του εξαντλήσει την αντοχή της. Τα υποστυλώματα των πλαισίων τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε ο ισχυρός άξονας να βρίσκεται κατά την διεύθυνση του πλαισίου και την δημιουργία πλαισιακής λειτουργία. Ο προσδιορισμός του ισοδύναμου μήκους λυγισμού πραγματοποιείται αυτόματα από το λογισμικό με την εύρεση των ενεργών συντελεστών δυσκαμψίας των μελών που απολιγνών σε κάθε κόμβων και τον τρόπο στήριξης τους, ενώ επιπλέον θεωρούμε τα πλαίσια ως μεταθετά. Κατά την διεύθυνση του ασθενή άξονα οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας παρέχουν εξασφάλιση. Τα υποστυλώματα εδράζονται με σύνδεση για παραλαβή τεμνουσών δράσεων και θεωρείται η απλή περίπτωση αμφιαρθρωτής όπου το ενεργό μήκος λυγισμού θεωρήθηκε όλο το μήκος του μέλους. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τον ασθενή άξονα, όπου υπήρχε συμβολή του συνδέσμου δυσκαμψίας ή της κεφαλοδοκού θεωρήθηκε ότι παρέχει πλευρική στήριξη. Ο συνδυασμός των εντατικών μεγεθών αποτελεί κανόνα για τα μέλη των πλαισίων όπως είναι τα υποστυλώματα και καθορίζονται από τις σχέσεις αλληλεπίδρασης.

Τα υποστυλώματα υπόκεινται κυρίως σε καμπτικές ροπές και αξονικές δυνάμεις. Αρχικά επιλέγονται διατομές που να ανταποκρίνονται έναντι καμπτικού λυγισμού και στην συνέχεια έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού ώστε να εξασφαλιστούν από τον κίνδυνο πλευρικής αστάθειας. Επιλέγονται ΗΕΒ, επειδή έχουν καλύτερη λειτουργία κατά της δυο διευθύνσεις από τις υψίκορμες διατομές, αφού οι δράσεις προκαλούν καμπτικές ροπές και στον ασθενή άξονα.

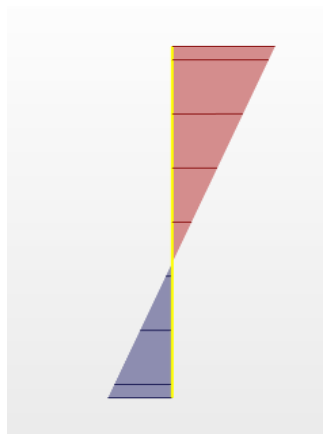
### 4.3.1 Υποστυλώματα α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

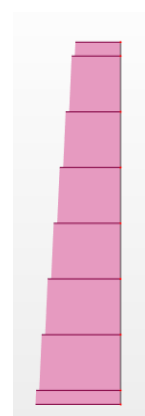
Δυσμενέστερος Συνδυασμός:  $35 \text{ COMB25 } 1*1.35+9*1.50+2*1.05+3*0.75$

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEB 260**



Σχήμα 4.1: Καμπτικές Ροπές



Σχήμα 4.2: Αξονική Δύναμη

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
N,Ed	92.33	kN	Vy,Ed	-0.01	kN
Tt,Ed	-0.00	kN*m	Vz,Ed	92.79	kN
My,Ed	-406.00	kN*m	Mz,Ed,max	0.03	kN*m
My,Ed,max	-406.00	kN*m			
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
My,pl,Rd	455.46	kN*m	Mz,pl,Rd	213.80	kN*m
My,el,Rd	407.41	kN*m	Mz,el,Rd	140.21	kN*m

$M_{y,c,Rd}$	455.46	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	213.80	kN*m
$MN_{y,Rd}$	455.46	kN*m	$V_{z,c,Rd}$	770.52	kN
$V_{y,c,Rd}$	2064.84	kN	$V_{z,T,Rd}$	770.50	kN
$N_{c,Rd}$	4204.76		kN		
$N_{b,Rd}$	779.76		kN		
$M_{b,Rd}$	455.46		kN*m		

Πίνακας: 4.4

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\alpha_y$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	13.52 m	$\Phi_y$	1.98
$\lambda_y$	120.46	$X_y$	0.32
$\bar{\lambda}_y$	1.58	$N_{y,b,Rd}$	1326.70 kN
άξονας z:			
καμπύλη $\alpha_z$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	10.40 m	$\Phi_z$	3.09
$\lambda_z$	157.96	$X_z$	0.19
$\bar{\lambda}_z$	2.07	$N_{z,b,Rd}$	779.15 kN

Πίνακας: 4.5

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	10.40 m	καμπύλη $\alpha_{LT}$	b
$L_{cr,low}$	10.40 m	$\alpha_{LT}$	0.34



Mc <sub>r</sub>	909.90	kN*m	Φ <sub>LT</sub>	0.74
λ <sub>LT</sub>	0.71		X <sub>LT</sub>	0.87

Πίνακας: 4.6

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = 0.02 < 1.00$	(4.3.1.1)
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.89 < 1.00$	(4.3.1.2)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.3.1.2)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.12 < 1.00$	(4.3.1.3)
$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$	(4.3.1.4)
$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$	(4.3.1.5)

Πίνακας: 4.7

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 120.46 < \lambda_{max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 157.96 < \lambda_{max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.89 < 1.00$	(4.3.1.6)
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.60 < 1.00$	(4.3.1.7)
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.39 < 1.00$	(4.3.1.8)

Πίνακας: 4.8

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

$$\delta x = 3.1 \text{ cm} < \delta x \text{ max} = L/150.00 = 6.9 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 66 COMB56 (1+9)\*1.00+2\*0.70+4\*0.50

$$\delta y = 0.4 \text{ cm} < \delta y \text{ max} = L/150.00 = 6.9 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 68 COMB58 (1+10)\*1.00+2\*0.70+3\*0.50

Πίνακας: 4.9

### 4.3.2 Υποστυλώματα β' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 35 COMB25 1\*1.35+9\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEB 280**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
N,Ed	103.19	kN	Vy,Ed	-0.02	kN
Tt,Ed	-0.00	kN*m	Vz,Ed	110.40	kN
My,Ed	-460.24	kN*m	Mz,Ed,max	0.49	kN*m
My,Ed,max	-460.24	kN*m			
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
My,pl,Rd	544.76	kN*m	Mz,pl,Rd	254.74	kN*m
My,el,Rd	488.64	kN*m	Mz,el,Rd	167.22	kN*m
My,c,Rd	455.46	kN*m	Mz,c,Rd	254.74	kN*m
MN,y,Rd	544.76	kN*m	Vz,c,Rd	842.26	kN
Vy,c,Rd	2270.62	kN	Vz,T,Rd	842.25	kN

Nc,Rd	4663.42	kN
Nb,Rd	980.11	kN
Mb,Rd	544.76	kN*m

Πίνακας: 4.10

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\omega_y$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	13.52 m	$\Phi_y$	1.78
$\lambda_y$	111.63	$X_y$	0.36
$\bar{\lambda}_y$	1.46	$N_{y,b,Rd}$	1664.90 kN
άξονας z:			
καμπύλη $\omega_z$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	10.40 m	$\Phi_z$	2.77
$\lambda_z$	146.78	$X_z$	0.21
$\bar{\lambda}_z$	1.92	$N_{z,b,Rd}$	980.11 kN

Πίνακας: 4.11

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	10.40 m	καμπύλη $\omega_{LT}$	b
$L_{cr,low}$	10.40 m	$\alpha_{LT}$	0.34
Mcr	1140.61 kN*m	$\Phi_{LT}$	0.73
$\lambda_{LT}$	0.69	$X_{LT}$	0.87

Πίνακας: 4.12

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = 0.02 < 1.00$ (4.3.2.1)	
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.85 < 1.00$ (4.3.2.2)	$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.01 < 1.00$ (4.3.2.5)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (4.3.2.3)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.3.2.6)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.13 < 1.00$ (4.3.2.4)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$

Πίνακας: 4.13

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 111.63 < \lambda_{max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 146.78 < \lambda_{max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.85 < 1.00$ (4.3.2.7)	
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.55 < 1.00$ (4.3.2.8)	
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.35 < 1.00$ (4.3.2.9)	

Πίνακας: 4.14

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ
$\delta x = 4.7 \text{ cm} < \delta x_{max} = L/150.00 = 6.9 \text{ cm}$

Δυσμενής Συνδυασμός: 63 COMB53 (1+8)\*1.00+2\*0.70+4\*0.50

$$\delta y = 0.4 \text{ cm} < \delta y_{\max} = L/150.00 = 6.9 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 68 COMB29 (1+10)\*1.00+2\*0.70+3\*0.50

Πίνακας: 4.15

## 4.4 Ζυγώματα

Τα ζυγώματα συνδέονται στα υποστυλώματα κατάλληλα ώστε να μεταφέρουν ροπές και να διαμορφωθούν τα πλαίσια. Οι διατομές επιλέγονται ώστε να ανταποκρίνονται στις κύριες δράσεις που είναι οι καμπτικές ροπές και οι αξονικές δυνάμεις και ελέγχονται καταρχήν έναντι καμπτικού λυγισμού και στην συνέχεια σε πλευρικό λυγισμό. Συγχρόνως η πλευρική εκτροπή που εμφανίζεται επιτείνεται όταν το φορτία εφαρμόζεται στο άνω πέλμα γιατί δημιουργείται μια πρόσθετη στρεπτική ροπή. Τα ζυγώματα είναι προστατευμένα έναντι πλευρικής εκτροπής. Η συνηθέστερη μορφή αστάθειας για τα μέλη των πλαισίων είναι η μετάπτωση τους σε μια καμπλωμένη μορφή, όπου η αστοχία έρχεται πολύ πριν την αναπτύξει την πλαστική αντοχή του. Στο κτίριο θεωρούμε το μήκος λυγισμού ίσο με το τμήμα του ζυγώματος με ενιαία κλίση. Κατά τον ασθενή άξονα θεωρούμε ότι εξασφαλίζονται πλευρικά από τις τεγίδες και τα χιαστί. Οι τελικές βέλτιστες διατομές προκύπτουν από την σειρά πρότυπων ελατών διατομών ΙΡΕ.

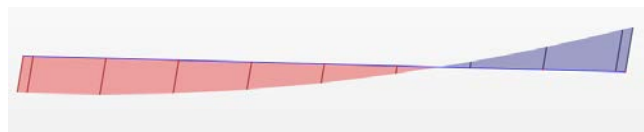
### 4.4.1 Ζυγώματα α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 35 COMB25 1\*1.35+9\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: ΙΡΕ 400



Σχήμα 4.3: Καμπτικές Ροπές



Σχήμα 4.4: Αξονικές Δυνάμεις

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
$N_{,Ed}$	64.35	kN	$M_{z,Ed}$	-0.05	kN*m
$T_{t,Ed}$	0.00	kN*m	$V_{y,Ed}$	-0.26	kN
$M_{y,Ed}$	-347.71	kN*m	$V_{z,Ed}$	-49.16	kN
$M_{y,Ed,max}$	-347.71	kN*m	$M_{z,Ed,max}$	-0.26	kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
$M_{y,pl,Rd}$	464.08	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	81.30	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	410.53	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	51.98	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	464.08	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	81.30	kN*m
$MN_{y,Rd}$	464.08	kN*m	$MN_{z,Rd}$	81.30	kN
$V_{y,c,Rd}$	1147.72	kN	$V_{z,c,Rd}$	875.07	kN
$V_{y,T,Rd}$	1147.55	kN	$V_{z,T,Rd}$	874.98	kN
$N_{c,Rd}$	2998.46		kN		
$N_{b,Rd}$	1803.15		kN		
$M_{b,Rd}$	403.72		kN*m		

Πίνακας: 4.16

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\gamma$	a	$\alpha_{\gamma}$	0.21
$L_{cr,y}$	12.19	m	$\Phi_{\gamma}$
			1.04

$\lambda_y$	73.64	$X_y$	0.69
$\bar{\lambda}_y$	0.96	$N_{y,b,Rd}$	2071.47 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	b	$\alpha_{,z}$	0.34
$L_{cr,z}$	3.00 m	$\Phi_{,z}$	1.13
$\lambda_z$	75.89	$X_z$	0.60
$\bar{\lambda}_z$	0.99	$N_{z,b,Rd}$	1803.15 kN

Πίνακας: 4.17

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	3.00 m	καμπύλη $_{,LT}$	c
$L_{cr,low}$	3.00 m	$\alpha_{,LT}$	0.49
$M_{cr}$	954.31 kN*m	$\Phi_{,LT}$	0.76
$\lambda_{LT}$	0.70	$X_{LT}$	0.83

Πίνακας: 4.18

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = 0.02 < 1.00$ (4.4.1.1)	$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.1.5)
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.56 < 1.00$ (4.4.1.2)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.1.6)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (4.4.1.3)	
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (4.4.1.4)	

Πίνακας: 4.19

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 73.64 < \lambda_{,max} = 210.00$ $\lambda_{,z} = 75.89 < \lambda_{,max} = 210.00$	
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.86 < 1.00$	(4.4.1.7)
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.94 < 1.00$	(4.4.1.8)
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.52 < 1.00$	(4.4.1.9)

**Πίνακας: 4.20**

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	
$\delta y \max 0.2 \text{ cm} < \delta y \max = L/200.00 = 6.1 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 45 COMB35 (1+3)*1.00+2*0.70+10*0.60	
$\delta z = 4.5 \text{ cm} < \delta z \max = L/200.00 = 6.1 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 66 COMB56 (1+9)*1.00+2*0.70+4*0.50	
$\delta_{,inst,y} = 0.2 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 4.9 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: : 0.7*2 + 1*3 + 0.6*10	
$\delta_{,inst,z} = 3.4 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 4.9 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7*2 + 0.5*4 + 1*9	

**Πίνακας: 4.21**



#### 4.4.2 Ζυγώματα β' παραλλαγής

##### ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 35 COM25 1\*1.35+9\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **ΙΡΕ 500**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
$N_{,Ed}$	78.72	kN	$M_{z,Ed}$	-0.36	kN*m
$T_{t,Ed}$	0.01	kN*m	$V_{y,Ed}$	0.48	kN
$M_{y,Ed}$	-426.41	kN*m	$V_{z,Ed}$	-102.41	kN
$M_{y,Ed,max}$	-426.61	kN*m	$M_{z,Ed,max}$	0.69	kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
$M_{y,pl,Rd}$	778.96	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	119.24	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	684.42	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	76.03	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	778.96	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	119.24	kN*m
$MN_{,y,Rd}$	778.96	kN*m	$MN_{,z,Rd}$	119.24	kN
$V_{y,c,Rd}$	1477.14	kN	$V_{z,c,Rd}$	1227.17	kN
$V_{y,T,Rd}$	1476.69	kN	$V_{z,T,Rd}$	1226.93	kN
$N_{c,Rd}$	4101.03		kN		
$N_{b,Rd}$	1927.94		kN		
$M_{b,Rd}$	608.34		kN*m		

Πίνακας: 4.22

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη <sub>y</sub>	a	$\alpha_y$	0.21
$L_{cr,y}$	12.19 m	$\Phi_y$	0.87
$\lambda_y$	59.66	$X_y$	0.81
$\bar{\lambda}_y$	0.78	$N_{y,b,Rd}$	3307.50 kN
άξονας z:			
καμπύλη <sub>z</sub>	b	$\alpha_z$	0.34
$L_{cr,z}$	4.00 m	$\Phi_z$	1.41
$\lambda_z$	92.83	$X_z$	0.47
$\bar{\lambda}_z$	1.21	$N_{z,b,Rd}$	1927.94 kN

Πίνακας: 4.23

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	4.00 m	καμπύλη <sub>LT</sub>	c
$L_{cr,low}$	4.00 m	$\alpha_{LT}$	0.49
$M_{cr}$	1118.44 kN*m	$\Phi_{LT}$	0.87
$\lambda_{LT}$	0.83	$X_{LT}$	0.74

Πίνακας: 4.24

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			
------------------	--	--	--

$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = 0.02 < 1.00$ (4.4.2.1)	$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.2.5)
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.30 < 1.00$ (4.4.2.2)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.2.6)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (4.4.2.3)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.2.6)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.08 < 1.00$ (4.4.2.4)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.4.2.6)

Πίνακας: 4.25

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 59.66 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{,z} = 92.83 < \lambda_{,max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.70 < 1.00$ (4.4.2.7)	
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.76 < 1.00$ (4.4.2.8)	
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.43 < 1.00$ (4.4.2.9)	

Πίνακας: 4.26

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ
$\delta y_{max} 0.2 \text{ cm} < \delta y_{max} = L/200.00 = 6.1 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός: 68 COMB58 (1+10)*1.00+2*0.70+3*0.50
$\delta z = 4.0 \text{ cm} < \delta z_{max} = L/200.00 = 6.1 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός: 66 COMB36 (1+9)*1.00+2*0.70+4*0.50
$\delta_{,inst,y} = 0.2 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 4.9 \text{ cm}$

$$\Delta\sigma_{\text{μενής Συνδυασμός:}} : 0.7*2 + 0.5*3 + 1*10$$

$$\delta_{\text{inst,z}} = 3.0 \text{ cm} < \delta_{\text{inst,max,z}} = L/250.00 = 4.9 \text{ cm}$$

$$\Delta\sigma_{\text{μενής Συνδυασμός:}} 0.7*2 + 0.5*4 + 1*9$$

Πίνακας: 4.27

## 4.5 Μετωπικά υποστυλώματα

Τα μετωπικά υποστυλώματα έχουν τοποθετηθεί ώστε να ο ισχυρός άξονας να λαμβάνει της κύριες φορτίσεις του ανέμου που δρουν στα μέτωπα. Ο ορισμός του μήκους λυγισμού και των πλευρικών εξασφαλίσεων είναι κρίσιμο για τον έλεγχο των μελών και την επιλογή διατομής. Η μορφή λυγισμού είναι της αμφιαρθρωτής στήριξης. Στο κτίριο αυτό, όπου η δράση του ανέμου προκαλεί ροπές τόσο στον ισχυρό όσο και στον ασθενή άξονα καταλήξαμε σε διατομή ΗΕΑ, η μορφή της οποίας συμβάλλει στη ροπή και κατά τον ασθενή άξονα. Τέλος, πάρθηκε το συνολικό τους μήκος ως μήκος λυγισμού αφού δεν παρέχεται κάποια στήριξη. Δεν διαμορφώνεται ειδική σύνδεση μεταξύ μηκίδων και μετωπικών υποστυλωμάτων, συνεπώς οι πρώτες δεν παρέχουν κάποια πλευρική στήριξη.

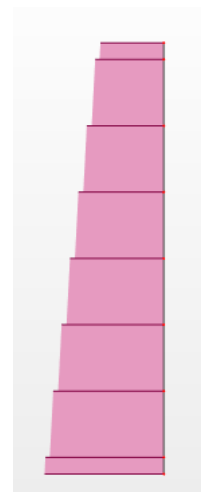
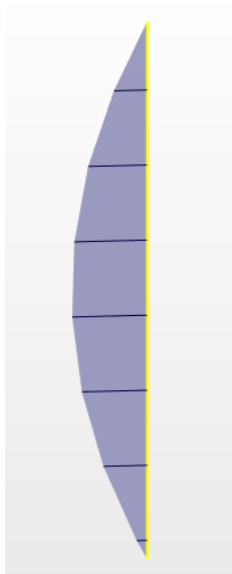
### 4.5.1 Μετωπικά υποστυλώματα α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

$$\Delta\sigma_{\text{μενέστερος Συνδυασμός:}} 36\text{COMB26 } 1*1.35+9*1.5+2*1.05+5*0.75$$

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: ΗΕΑ 240



**Σχήμα 4.5:** Καμπτικές Ροπές

**Σχήμα 4.6:** Αξονική Δύναμη

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
$N_{,Ed}$	11.35	kN	$V_{y,Ed}$	13.36	kN
$M_{y,Ed}$	-44.70	kN*m	$V_{z,Ed}$	13.88	kN
$M_{y,Ed,max}$	-44.70	kN*m	$M_{z,Ed,max}$	-14.68	kN*m
$M_{z,Ed}$	-14.68	kN*m	$Tt,Ed$	0.02	kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
$M_{y,pl,Rd}$	373.89	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	176.94	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	333.09	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	116.05	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	373.89	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	176.94	kN*m
$V_{y,c,Rd}$	1836.36	kN	$V_{z,c,Rd}$	681.91	kN
$N_{c,Rd}$	2727.66		kN		
$N_{b,Rd}$	361.84		kN		
$M_{b,Rd}$	131.11		kN*m		

**Πίνακας:** 4.28

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $_{,y}$	b	$\alpha_{,y}$	0.34
$L_{cr,y}$	11.46 m	$\Phi_{,y}$	1.88
$\lambda_y$	113.99	$X_y$	0.35

$\bar{\lambda}_y$	1.49	$N_{y,b,Rd}$	941.73 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	c	$\alpha_{,z}$	0.49
$L_{cr,z}$	11.46 m	$\Phi_{,z}$	4.18
$\lambda_z$	190.87	$X_z$	0.13
$\bar{\lambda}_z$	2.50	$N_{z,b,Rd}$	361.84 kN

Πίνακας: 4.29

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	11.46 m	καμπύλη $_{,LT}$	b
$L_{cr,low}$	11.46 m	$\alpha_{,LT}$	0.34
$M_{cr}$	142.10 kN*m	$\Phi_{,LT}$	1.36
$\lambda_{LT}$	1.36	$X_{LT}$	0.49

Πίνακας: 4.30

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (4.5.1.1)	$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.5.1.5)
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.15 < 1.00$ (4.5.1.2)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.5.1.6)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (4.5.1.3)	
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.03 < 1.00$ (4.5.1.4)	

Πίνακας: 4.31

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ
----------------

$$\lambda_{,y} = 113.99 < \lambda_{,max} = 210.00 \quad \lambda_{,z} = 190.87 < \lambda_{,max} = 210.00$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.58 < 1.00 \quad (4.5.1.7)$$

$$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.71 < 1.00 \quad (4.5.1.8)$$

$$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.47 < 1.00 \quad (4.5.1.9)$$

Πίνακας: 4.32

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

$$\delta x = 3.00 \text{ cm} < \delta x_{max} = L/150.00 = 7.6 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 66 COMB56 (1+9)\*1.00+2\*0.70+4\*0.50

$$\delta y = 3.5 \text{ cm} < \delta y_{max} = L/150.00 = 7.6 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 68 COMB58 (1+10)\*1.00+2\*0.70+3\*0.50

Πίνακας: 4.33

### 4.5.2 Μετωπικά υποστυλώματα β' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 36COMB26 1\*1.35+9\*1.5+2\*1.05+5\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 280**

#### ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

$N_{,Ed}$	4.43	kN	$V_{y,Ed}$	12.29	kN
$M_{y,Ed}$	-61.89	kN*m	$V_{z,Ed}$	-15.31	kN

$M_{y,Ed,max}$	-97.52	kN*m	$M_{z,Ed,max}$	24.16	kN*m
$M_{z,Ed}$	24.16	kN*m	$T_{t,Ed}$	0.00	kN*m
<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ</b>					
$M_{y,pl,Rd}$	326.55	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	152.71	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	296.92	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	100.15	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	326.55	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	152.71	kN*m
$V_{y,c,Rd}$	1507.36	kN	$V_{z,c,Rd}$	589.40	kN
$N_{c,Rd}$	3082.09		kN		
$N_{b,Rd}$	402.17		kN		
$M_{b,Rd}$	131.05		kN*m		

**Πίνακας: 4.34**

<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ</b>			
άξονας y:			
καμπύλη $_{,y}$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	12.52 m	$\Phi_y$	1.83
$\lambda_y$	114.09	$X_y$	0.34
$\bar{\lambda}_y$	1.49	$N_{y,b,Rd}$	1062.59 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	12.52 m	$\Phi_z$	4.25
$\lambda_z$	192.63	$X_z$	0.13



$\bar{\lambda}_z$	2.52	$N_{z,b,Rd}$	402.17 kN
-------------------	------	--------------	-----------

Πίνακας: 4.35

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	12.52	m	καμπύλη $\alpha_{LT}$
$L_{cr,low}$	12.52	m	$\alpha_{LT}$
$M_{cr}$	137.26	kN*m	$\Phi_{LT}$
$\lambda_{LT}$	1.47		$X_{LT}$
			b
			0.34
			1.49
			0.44

Πίνακας: 4.36

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (4.5.2.1)	$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.5.2.5)
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.45 < 1.00$ (4.5.2.2)	$\frac{\tau_{tx,Ed}}{f_y} = 0.00 < 1.00$ (4.5.2.6)
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (4.5.2.3)	
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.03 < 1.00$ (4.5.2.4)	

Πίνακας: 4.37

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 114.09 < \lambda_{max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 192.63 < \lambda_{max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.74 < 1.00$ (4.5.2.7)	
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.95 < 1.00$ (4.5.2.8)	
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.95 < 1.00$ (4.5.2.9)	

<b>ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ</b> ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ
$\delta x = 4.2 \text{ cm} < \delta x \text{ max} = L/150.00 = 8.3 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός: 66 COMB56 (1+9)*1.00+2*0.70+4*0.50
$\delta y = 3.5 \text{ cm} < \delta y \text{ max} = L/150.00 = 7.3 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός: 68 COMB58 (1+10)*1.00+2*0.70+3*0.50

Πίνακας: 4.39

## 4.6 Κεφαλοδοκοί

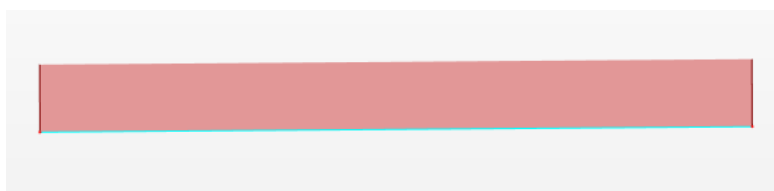
Οι κεφαλοδοκοί όπως προαναφέραμε υπόκεινται σε αξονικά φορτία και συμμετέχουν στο σύστημα δυσκαμψίας του φορέα. Το ισοδύναμο μήκος λυγισμού των θλιβόμενων μελών είναι το μήκος ενός κατ' άλλα ομοίου μέλους με αρθρωτά άκρα, παρεμποδιζόμενα έναντι πλευρικής μετακίνησης αλλά ελεύθερα να στρέφονται στο επίπεδο λυγισμού. Οι κεφαλοδοκοί αποτελούν σημαντικό στοιχείο κατά την φάση ανέγερσης της κατασκευής επειδή συνδέουν εγκάρσια τους ανεγειρόμενους διαδοχικά επιπέδους φορείς, και βοηθούν επιπρόσθετα ως καθοδήγηση για την ακριβή θέση οριζοντιογραφικά και υψομετρικά.

### 4.6.1 Κεφαλοδοκοί α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 31 COMB18 1\*1.35+11\*1.50+2\*1.05+5\*0.75

<b>ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ</b> ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: <b>HEA 100</b>
---



Σχήμα 4.7: Αξονική Δύναμη

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ				
$N_{Ed}$	42.54	kN	$M_{z,Ed}$	-0.14 kN*m
$M_{y,ed}$	0.66	kN*m	$V_{y,Ed}$	0.00 kN
$M_{y,ed,max}$	0.66	kN*m	$V_{z,Ed}$	0.00 kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ				
$M_{y,pl,Rd}$	29.47	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	0.00 kN*m
$M_{y,el,Rd}$	25.83	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	0.00 kN*m
$M_{y,c,Rd}$	29.47	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	0.00 kN*m
$MN_{y,Rd}$	29.47	kN*m	$V_{z,c,Rd}$	0.00 kN
$V_{y,c,Rd}$	0.00	kN		
$N_{c,Rd}$	753.88 kN			
$N_{b,Rd}$	95.73 kN			

Πίνακας: 4.40

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\gamma$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	4.91 m	$\Phi_y$	1.99

$\lambda_y$	121.06	$X_y$	0.31
$\bar{\lambda}_y$	1.58	$N_{y,b,Rd}$	235.95 kN
άξονας z:			
καμπύλη ,z	c	$\alpha_{,z}$	0.49
$L_{cr,z}$	4.91 m	$\Phi_{,z}$	4.35
$\lambda_z$	195.57	$X_z$	0.13
$\bar{\lambda}_z$	2.56	$N_{z,b,Rd}$	95.73 kN

**Πίνακας: 4.41**

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00$	(4.6.1.1)
$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.02 < 1.00$	(4.6.1.2)
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.01 < 1.00$	(4.6.1.3)

**Πίνακας: 4.42**

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 121.06 < \lambda_{,max} = 210.00 \quad \lambda_{,z} = 195.57 < \lambda_{,max} = 210.00$	
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.22 < 1.00$	(4.6.1.4)

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{X_z \cdot N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.47 < 1.00 \quad (4.6.1.5)$$

Πίνακας: 4.43

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	
$\delta y \max$	$0.5 \text{ cm} < \delta y \max = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός:	50 COMB37 (1+10)*1.00+2*0.70+3*0.50
$\delta z$	$0.2 \text{ cm} < \delta z \max = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός:	45 COMB32 (1+4)*1.00+2*0.70+13*0.60
$\delta_{,inst,y}$	$0.5 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 2.0 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός:	$0.7*2 + 0.5*3 + 1*10$
$\delta_{,inst,z}$	$0.2 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 2.0 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός:	$0.7*2 + 0.5*3 + 1*10$

Πίνακας: 4.44

#### 4.6.2 Κεφαλοδοκοί β' παραλλαγής

##### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 31 COMB18 1\*1.35+11\*1.50+2\*1.05+5\*0.75

##### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 120**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ			
$N_{Ed}$	83.86	kN	
			$M_{z,Ed}$
			-0.19
			kN*m

$M_{y,ed}$	1.18	kN*m	$V_{y,Ed}$	0.00	kN
$M_{y,ed,max}$	1.18	kN*m	$V_{z,Ed}$	0.00	kN*m
<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ</b>					
$M_{y,pl,Rd}$	29.47	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	0.00	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	25.83	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	0.00	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	29.47	kN*m	$M_{z,c,Rd}$	0.00	kN*m
$MN_{y,Rd}$	29.47	kN*m	$V_{z,c,Rd}$	0.00	kN
$N_{b,Rd}$	95.73	kN			
$N_{c,Rd}$	899.43	kN*m			
$N_{b,Rd}$	110.93	kN*m			

**Πίνακας: 4.45**

<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ</b>			
άξονας y:			
καμπύλη $_y$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	6.00 m	$\Phi_y$	2.03
$\lambda_y$	122.67	$X_y$	0.31
$\bar{\lambda}_y$	1.61	$N_{y,b,Rd}$	275.39 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_z$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	6.00 m	$\Phi_z$	4.47

$\lambda_z$	198.75	$X_z$	0.12
$\bar{\lambda}_z$	2.60	$N_{z,b,Rd}$	110.93 kN

Πίνακας: 4.46

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.09 < 1.00$	(4.6.2.1)
$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00$	(4.6.2.2)
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.01 < 1.00$	(4.6.2.3)

Πίνακας: 4.47

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 122.67 < \lambda_{max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 198.75 < \lambda_{max} = 210.00$
$\frac{\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} = 0.34 < 1.00$	(4.6.2.4)
$\frac{\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} = 0.77 < 1.00$	(4.6.2.5)

Πίνακας: 4.48

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ
$\delta y_{max} 1.00 \text{ cm} < \delta y_{max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$
Δυσμενής Συνδυασμός: 50 COMB37 (1+10)*1.00+2*0.70+3*0.50
$\delta z = 0.5 \text{ cm} < \delta z_{max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$

Δυσμενής Συνδυασμός: 45 COMB32 (1+4)\*1.00+2\*0.70+13\*0.60

$$\delta_{,inst,y} = 0.5 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7\*2 + 0.5\*3 + 1\*10

$$\delta_{,inst,z} = 0.2 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7\*2 + 0.5\*3 + 1\*10

Πίνακας: 4.49

## 4.7 Οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας προσομοιώθηκαν με truss elements και λειτουργούν σε εφελκυσμό όσο και σε θλίψη που καταπονούνται από αξονικά φορτία. Επιλέγονται κοίλες κυκλικές διατομές λόγω της μεγάλης αντοχής τους σε αξονικές δυνάμεις αλλά και τις όμοιας συμπεριφοράς τους τόσο κατά τον ισχυρό όσο και κατά τον ασθενή άξονα. Όσο για το μήκος λυγισμού για τις ράβδους που θλίβονται θεωρούμε το μισό μήκος λόγω του τρόπου σύνδεσης των χιαστί συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας προσφέρουν προσωρινή ευστάθεια στην κατασκευή κατά την φάση ανέγερσης. Τοποθετηθήκαν στα φαντώματα των κατασκευών και επιδίωξη ήταν η συμμετρική τους διάταξη όπου το επέτρεπαν οι αρχιτεκτονικοί και λειτουργικοί περιορισμοί.

### 4.7.1 Οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας α' παραλλαγής

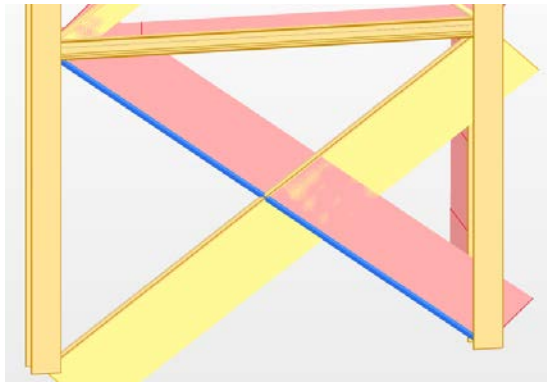
#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 15 COMB5 1\*1.35+3\*1.50+2\*1.05+10\*0.90

**ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: TRON 76X2.5**





**Σχήμα 4.8:** Αξονική Δύναμη

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	
$N_{Ed}$	65.16 kN
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ	
$N_{c,Rd}$	205.23 kN
$N_{b,Rd}$	81.96 kN*m

**Πίνακας:** 4.50

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\alpha_y$	a	$\alpha_y$	0.21
$L_{cr,y}$	2.86 m	$\Phi_y$	1.67
$\lambda_y$	109.95	$X_y$	0.40
$\bar{\lambda}_y$	1.44	$N_{y,b,Rd}$	81.97 kN
άξονας z:			
καμπύλη $\alpha_z$	a	$\alpha_z$	0.21

$L_{cr,z}$	2.86 m	$\Phi_z$	1.67
$\lambda_z$	109.95	$X_z$	0.40
$\bar{\lambda}_z$	1.44	$N_{z,b,Rd}$	81.96 kN

Πίνακας: 4.51

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.32 < 1.00$	(4.7.1.1)

Πίνακας: 4.52

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 109.95 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 109.95 < \lambda_{,max} = 210.00$
$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.80 < 1.00$	(4.7.1.2)

Πίνακας: 4.53

#### 4.7.2 Οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας β' παραλλαγής

##### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 13 COMB3 1\*1.35+3\*1.50+2\*1.05+8\*0.90

##### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: TRON 88x3.2

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	
$N_{Ed}$	97.94 kN
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ	
$N_{c,Rd}$	305.85 kN

$N_{b,Rd}$	107.96 kN
------------	-----------

Πίνακας: 4.54

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $_{,y}$	a	$\alpha_{,y}$	0.21
$L_{cr,y}$	3.59 m	$\Phi_{,y}$	1.84
$\lambda_y$	118.27	$X_y$	0.35
$\bar{\lambda}_y$	1.55	$N_{y,b,Rd}$	107.96 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	a	$\alpha_{,z}$	0.21
$L_{cr,z}$	3.59 m	$\Phi_{,z}$	1.84
$\lambda_z$	118.27	$X_z$	0.35
$\bar{\lambda}_z$	1.55	$N_{z,b,Rd}$	107.96 kN

Πίνακας: 4.55

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.32 < 1.00$	(4.7.2.1)

Πίνακας: 4.56

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 118.27 < \lambda_{,max} = 210.00$ $\lambda_{,z} = 118.27 < \lambda_{,max} = 210.00$	
$N_{,Ed}/N_{b,Rd} = 0.91 < 1.00$	(4.7.2.2)

Πίνακας: 4.57

## 4.8 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας

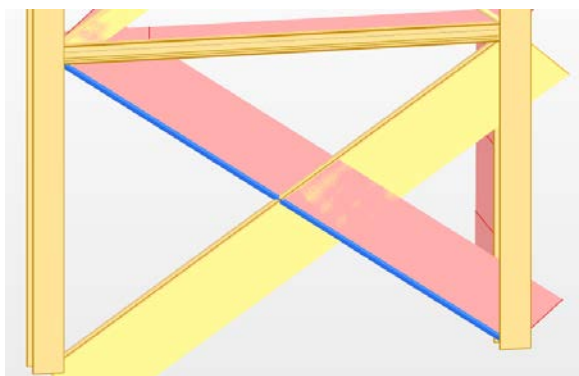
### 4.8.1 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 38 COMB28 1\*1.35+10\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **TRON 57x2.5**



Σχήμα 4.9: Αξονική Δύναμη

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	
$N_{Ed}$	21.71 kN
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ	
$N_{c,Rd}$	151.94 kN
$N_{b,Rd}$	23.60 kN

Πίνακας: 4.58

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη ,y	a	$\alpha_y$	0.21

$L_{cr,y}$	3.58 m	$\Phi_y$	3.68
$\lambda_y$	185.34	$X_y$	0.16
$\bar{\lambda}_y$	2.43	$N_{y,b,Rd}$	23.60 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	a	$\alpha_{,z}$	0.21
$L_{cr,z}$	3.58 m	$\Phi_z$	3.68
$\lambda_z$	185.36	$X_z$	0.16
$\bar{\lambda}_z$	2.43	$N_{z,b,Rd}$	23.60 kN

Πίνακας: 4.59

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.14 < 1.00$	(4.8.1.1)

Πίνακας: 4.60

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 185.34 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{,z} = 185.36 < \lambda_{,max} = 210.00$
$N_{,Ed}/N_{b,Rd} = 0.92 < 1.00$	(4.8.1.2)

Πίνακας: 4.61

#### 4.8.2 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας β' παραλλαγής

### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 38 COMB28 1\*1.35+10\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: TRON 70x2.5

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	
$N_{Ed}$	34.44 kN
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ	
$N_{c,Rd}$	188.19 kN
$N_{b,Rd}$	35.87 kN

Πίνακας: 4.62

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $\alpha_y$	a	$\alpha_y$	0.21
$L_{cr,y}$	3.97 m	$\Phi_y$	3.07
$\lambda_y$	166.23	$X_y$	0.19
$\bar{\lambda}_y$	2.18	$N_{y,b,Rd}$	35.87 kN
άξονας z:			
καμπύλη $\alpha_z$	a	$\alpha_z$	0.21
$L_{cr,z}$	3.97 m	$\Phi_z$	3.07

$\lambda_z$	166.23	$X_z$	0.19
$\bar{\lambda}_z$	2.18	$N_{z,b,Rd}$	35.88 kN

Πίνακας: 4.63

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.18 < 1.00$	(4.8.2.1)

Πίνακας: 4.64

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 166.24 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{,z} = 166.24 < \lambda_{,max} = 210.00$
$N_{,Ed}/N_{b,Rd} = 0.95 < 1.00$	(4.8.2.2)

Πίνακας: 4.65

## 4.9 Τεγίδες

Τα αμφιέριστα στοιχεία που υπόκεινται κυρίως σε καμπτική ροπή και παρουσιάζουν απλότητα στην σύνδεση τους και ευκολία στην ανέγερση τους, ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλες ροπές και παραμορφώσεις. Οι τεγίδες αποτελούν παράδειγμα μελών όπου η εξωτερική φόρτιση που οδηγεί σε απώλεια ευστάθειας και διαπιστώνεται η εξάντληση της αντοχής σε χαμηλότερη στάθμη φόρτισης της αντοχής της διατομής του. Σημαντικό στοιχείο των τεγίδων είναι ότι ο αριθμός τους και άρα το επιπλέον βάρος που προσθέτουν στα κυρία στοιχεία. Η βέλτιστη διατομή θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ελαφριά και συγχρόνως να ικανοποιεί και τους απαραίτητους έλεγχους. Η τυποποίηση και η ύπαρξη ίδιων διατομών σε ένα έργο αποτελεί στοιχείο βελτιστοποίησης ενός έργου. Τα μήκη λυγισμού θεωρηθήκαν ίδια με το πραγματικό μήκος των μελών κατά της δυο διευθύνσεις, ενώ αγνοήθηκε η δυσκαμψία της επικάλυψης και η όποια πλευρική στήριξη μπορεί να παρέχει.

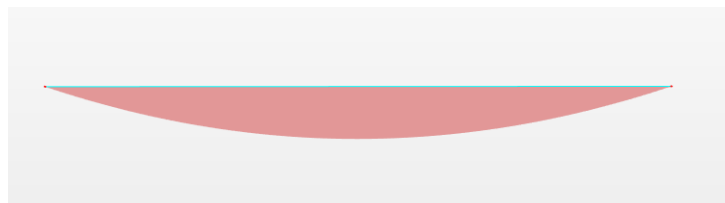
### 4.9.1 Τεγιδές α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 40 COMB30 1\*1.35+10\*1.5+2\*1.05+5\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 120**



**Σχήμα 4.10** Καμπτικές Ροπές

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ			
$N_{Ed}$	-2.33 kN	$V_{z,Ed}$	9.44 kN*m
$M_{y,Ed,max}$	-19.15 kN*m	$M_{z,Ed,max}$	9.44 kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ			
$M_{y,pl,Rd}$	42.42 kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	20.89 kN*m
$M_{y,el,Rd}$	37.75 kN*m	$M_{z,el,Rd}$	13.66 kN*m
$M_{y,c,Rd}$	42.42 kN	$M_{z,c,Rd}$	20.89 kN*m
$V_{y,c,Rd}$	443.45 kN	$V_{z,c,Rd}$	173.32 kN
$N_{c,Rd}$	899.43 kN		
$N_{b,Rd}$	158.46 kN		
$M_{b,Rd}$	25.70 kN*m		

**Πίνακας:** 4.66

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ



άξονας y:			
καμπύλη $\alpha_y$	b	$\alpha_y$	0.34
$L_{cr,y}$	4.91 m	$\Phi_y$	1.55
$\lambda_y$	100.62	$X_y$	0.42
$\bar{\lambda}_y$	1.31	$N_{y,b,Rd}$	378.14 kN
άξονας z:			
καμπύλη $\alpha_z$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	4.91 m	$\Phi_z$	3.24
$\lambda_z$	162.65	$X_z$	0.18
$\bar{\lambda}_z$	2.13	$N_{z,b,Rd}$	158.46 kN

Πίνακας: 4.67

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	4.91 m	καμπύλη $\alpha_{LT}$	b
$L_{cr,low}$	4.91 m	$\alpha_{LT}$	0.34
$M_{cr}$	30.64 kN*m	$\Phi_{LT}$	1.15
$\lambda_{LT}$	1.18	$X_{LT}$	0.59

Πίνακας: 4.68

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.24 < 1.00$	(4.9.1.1)
$N_{y,Ed}/N_{c,Rd} = 0.07 < 1.00$	(4.9.1.2)
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.05 < 1.00$	(4.9.1.3)

Πίνακας: 4.69

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{y} = 100.36 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 162.62 < \lambda_{,max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.77 < 1.00$	(4.9.1.4)
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.43 < 1.00$	(4.9.1.5)
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.77 < 1.00$	(4.9.1.5)

Πίνακας: 4.70

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	
$\delta y \max 1.0 \text{ cm} < \delta y \max = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 48 COMB38 (1+4)*1.00+2*0.70+8*0.6	
$\delta z = 2.2 \text{ cm} < \delta z \max = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 41 COMB28 (1+3)*1.00+2*0.70+13*0.60	
$\delta_{,inst,y} = 1.5 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 2.0 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7*2 + 1*4 + 0.6*12	
$\delta_{,inst,z} = 0.4 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 2.0 \text{ cm}$	
Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7*2 + 1*3 + 0.6*13	

Πίνακας: 4.71

#### 4.9.2 Τεγιδές β' παραλλαγής

##### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 32 COMB22 1\*1.35+8\*1.5+2\*1.05+3\*0.75

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 140**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ			
$N_{,Ed}$	4.68 kN	$M_{z,Ed}$	0.74 kN*m
$M_{y,Ed,max}$	26.78 kN*m	$M_{z,Ed,max}$	0.74 kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ			
$M_{y,pl,Rd}$	61.59 kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	30.12 kN*m
$M_{y,el,Rd}$	55.15 kN*m	$M_{z,el,Rd}$	19.74 kN*m
$M_{y,c,Rd}$	61.59 kN	$M_{z,c,Rd}$	30.12 kN*m
$N_{c,Rd}$	1115.27 kN		
$N_{b,Rd}$	180.95 kN		
$M_{b,Rd}$	34.13 kN*m		

Πίνακας: 4.72

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $_{,y}$	b	$\alpha_{,y}$	0.34
$L_{cr,y}$	6.00 m	$\Phi_{,y}$	1.64
$\lambda_{,y}$	104.63	$X_{,y}$	0.39
$\bar{\lambda}_{,y}$	1.37	$N_{y,b,Rd}$	440.45 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	c	$\alpha_{,z}$	0.49

$L_{cr,z}$	6.00 m	$\Phi_{,z}$	3.49
$\lambda_z$	170.44	$X_z$	0.16
$\bar{\lambda}_z$	2.23	$N_{z,b,Rd}$	180.95 kN

Πίνακας: 4.73

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	6.00 m	καμπύλη $_{,LT}$	b
$L_{cr,low}$	6.00 m	$\alpha_{,LT}$	0.34
$M_{cr}$	38.71 kN*m	$\Phi_{,LT}$	1.24
$\lambda_{LT}$	1.26	$X_{LT}$	0.54

Πίνακας: 4.74

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^a + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^b = 0.21 < 1.00$	(4.9.2.1)
$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.9.2.2)

Πίνακας: 4.75

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_{,y} = 104.63 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_{,z} = 170.44 < \lambda_{,max} = 210.00$
$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.78 < 1.00$	(4.9.2.3)
$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.83 < 1.00$	(4.9.2.4)
$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.46 < 1.00$	(4.9.2.5)

Πίνακας: 4.76

## ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

### ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

$$\delta y \text{ max } 1.4 \text{ cm} < \delta y \text{ max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

$$\text{Δυσμενής Συνδυασμός: } 48 \text{ COMB38 } (1+4)*1.00+2*0.70+8*0.6$$

$$\delta z = 2.6 \text{ cm} < \delta z \text{ max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

$$\text{Δυσμενής Συνδυασμός: } 41 \text{ COMB28 } (1+3)*1.00+2*0.70+13*0.60$$

$$\delta_{\text{inst},y} = 1.5 \text{ cm} < \delta_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

$$\text{Δυσμενής Συνδυασμός: } 0.7*2 + 1*4 + 0.6*12$$

$$\delta_{\text{inst},z} = 0.4 \text{ cm} < \delta_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

$$\text{Δυσμενής Συνδυασμός: } 0.7*2 + 1*3 + 0.6*13$$

Πίνακας: 4.77

### 4.10 Μηκίδες

Οι μηκίδες έχουν παρόμοια λειτουργία με τις τεγίδες και η διαδικασία επιλογής διατομής πραγματοποιήθηκε με την ίδια λογική. Ωστόσο οι μηκίδες καταπονούνται πιο σημαντικά από διαξονική κάμψη λόγω της καταπόνησης από την πλαγιοκάλυψη επιβάλλοντας ροπές κατά τον ασθενή άξονα. Επιλέχθηκε διατομή από τη σειρά HEA. Όπως και στις τεγίδες αγνοήθηκε η δυσκαμψία που μπορεί να προσφέρει η πλαγιοκάλυψη έναντι πλευρικής αστάθειας.

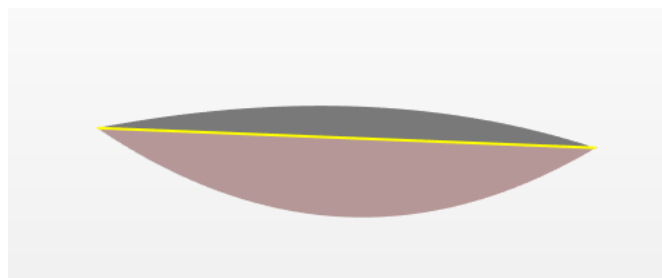
#### 4.10.1 Μηκίδες α' παραλλαγής

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

$$\text{Δυσμενέστερος Συνδυασμός: } 40 \text{ COMB30 } 1*1.35+10*1.50+2*1.05+5*0.75$$

## ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 100**



**Σχήμα 4.11 Καμπτικές Ροπές**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ			
$N_{,Ed}$	2.70	kN	$M_{z,Ed}$ -1.38 kN*m
$V_{y,Ed}$	-0.02	kN	$V_{z,Ed}$ -0.16 kN*m
$M_{y,Ed,max}$	-9.03	kN*m	$M_{z,Ed,max}$ -1.38 kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ			
$M_{y,pl,Rd}$	22.83	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$ 11.31 kN*m
$M_{y,el,Rd}$	20.02	kN*m	$M_{z,el,Rd}$ 7.36 kN*m
$M_{y,c,Rd}$	22.83	kN	$M_{z,c,Rd}$ 11.31 kN*m
$V_{y,c,Rd}$	292.71	kN	$V_{z,c,Rd}$ 119.97 kN
$N_{c,Rd}$	583.99 kN		
$N_{b,Rd}$	93.12 kN		
$M_{b,Rd}$	16.02 kN*m		

**Πίνακας: 4.78**

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
άξονας y:			
καμπύλη $_{,y}$	b	$\alpha_{,y}$	0.34

$L_{cr,y}$	4.91 m	$\Phi_y$	1.68
$\lambda_y$	121.06	$X_y$	0.38
$\bar{\lambda}_y$	1.39	$N_{y,b,Rd}$	224.29 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	c	$\alpha_z$	0.49
$L_{cr,z}$	4.91 m	$\Phi_z$	3.54
$\lambda_z$	195.57	$X_z$	0.16
$\bar{\lambda}_z$	2.25	$N_{z,b,Rd}$	93.12 kN

Πίνακας: 4.79

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	4.91 m	καμπύλη $_{,LT}$	b
$L_{cr,low}$	4.91 m	$\alpha_{,LT}$	0.34
$M_{cr}$	21.62 kN*m	$\Phi_{,LT}$	1.00
$\lambda_{,LT}$	1.03	$X_{,LT}$	0.68

Πίνακας: 4.80

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$(M_y,Ed/MN_{y,Rd})^2 + (M_z,Ed/MN_{z,Rd})^1 = 0.28 < 1.00$	(4.10.1.1)
$V_z,Ed/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00$	(4.10.1.2)
$V_y,Ed/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.10.1.3)
$N,Ed/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.10.1.4)

Πίνακας: 4.81

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ	
$\lambda_y = 121.06 < \lambda_{,max} = 210.00$	$\lambda_z = 195.57 < \lambda_{,max} = 210.00$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.56 < 1.00 \quad (4.10.1.5)$$

$$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} = 0.68 < 1.00 \quad (4.10.1.6)$$

$$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} = 0.45 < 1.00 \quad (4.10.1.7)$$

**Πίνακας: 4.82**

**ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ**

$$\delta y \text{ max } 0.9 \text{ cm} < \delta y \text{ max} = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{υσμενής Συνδυασμός: } 57 \text{ COMB44 } (1+12)*1.00+2*0.70+4*0.50$$

$$\delta z = 1.5 \text{ cm} < \delta z \text{ max} = L/200.00 = 2.5 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{υσμενής Συνδυασμός: } 56 \text{ COMB43 } (1+12)*1.00+2*0.70+3*0.50$$

$$\delta_{,inst,y} = 0.0 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 2 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{υσμενής Συνδυασμός: } 0.7*2 + 0.5*5 + 1*12$$

$$\delta_{,inst,z} = 1.5 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 2 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{υσμενής Συνδυασμός: } 0.7*2 + 0.5*5 + 1*12$$

**Πίνακας: 4.83**



#### 4.10.2 Μηκίδες β' παραλλαγής

##### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Δυσμενέστερος Συνδυασμός: 40 COMB30 1\*1.35+10\*1.50+2\*1.05+5\*0.75

#### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: **HEA 120**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ					
$N_{Ed}$	3.24	kN	$M_{z,Ed}$	-2.16	kN*m
$V_{y,Ed}$	0.30	kN	$V_{z,Ed}$	-1.70	kN*m
$M_{y,Ed,max}$	-13.19	kN*m	$M_{z,Ed,max}$	-2.25	kN*m
ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ					
$M_{y,pl,Rd}$	42.42	kN*m	$M_{z,pl,Rd}$	20.89	kN*m
$M_{y,el,Rd}$	37.75	kN*m	$M_{z,el,Rd}$	13.66	kN*m
$M_{y,c,Rd}$	42.42	kN	$M_{z,c,Rd}$	20.89	kN*m
$V_{y,c,Rd}$	443.45	kN	$V_{z,c,Rd}$	173.32	kN
$N_{c,Rd}$	899.43	kN			
$N_{b,Rd}$	110.93	kN			
$M_{b,Rd}$	22.66	kN*m			

Πίνακας: 4.84

#### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ

άξονας y:

καμπύλη $_{,y}$	b	$\alpha_{,y}$	0.34
$L_{cr,y}$	6.00 m	$\Phi_{,y}$	2.03
$\lambda_y$	122.67	$X_y$	0.31
$\bar{\lambda}_y$	1.61	$N_{y,b,Rd}$	275.39 kN
άξονας z:			
καμπύλη $_{,z}$	c	$\alpha_{,z}$	0.49
$L_{cr,z}$	6.00 m	$\Phi_{,z}$	4.47
$\lambda_z$	198.75	$X_z$	0.12
$\bar{\lambda}_z$	2.60	$N_{z,b,Rd}$	110.93 kN

Πίνακας: 4.85

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ			
$L_{cr,upp}$	6.00 m	καμπύλη $_{,LT}$	b
$L_{cr,low}$	6.00 m	$\alpha_{,LT}$	0.34
$M_{cr}$	25.28 kN*m	$\Phi_{,LT}$	1.28
$\lambda_{LT}$	1.30	$X_{LT}$	0.53

Πίνακας: 4.86

ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
$(M_y,Ed/MN_{y,Rd})^2 + (M_z,Ed/MN_{z,Rd})^1 = 0.19 < 1.00$	(4.10.2.1)
$V_z,Ed/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00$	(4.10.2.2)
$V_y,Ed/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.10.2.3)
$N,Ed/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$	(4.10.2.4)

Πίνακας: 4.87

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΟΥΣ
----------------

$$\lambda_{y} = 122.67 < \lambda_{,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 198.75 < \lambda_{,max} = 210.00$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.58 < 1.00 \quad (4.10.2.5)$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} = 0.69 < 1.00 \quad (4.10.2.6)$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{RK}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} = 0.45 < 1.00 \quad (4.10.2.7)$$

Πίνακας: 4.88

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

$$\delta y_{max} 1.1 \text{ cm} < \delta y_{max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 57 COMB44 (1+12)\*1.00+2\*0.70+4\*0.50

$$\delta z = 1.8 \text{ cm} < \delta z_{max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 56 COMB43 (1+12)\*1.00+2\*0.70+3\*0.50

$$\delta_{,inst,y} = 0.0 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,y} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7\*2 + 0.5\*5 + 1\*12

$$\delta_{,inst,z} = 0.8 \text{ cm} < \delta_{,inst,max,z} = L/250.00 = 2.4 \text{ cm}$$

Δυσμενής Συνδυασμός: 0.7\*2 + 0.5\*5 + 1\*12

Πίνακας: 4.89

## 5 Συγκεντρωτικά απολέσματα και σύγκριση

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης και το απαιτούμενο βάρος του χάλυβα για καθεμία παραλλαγή.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΒΑΡΟΣ (kg)
Υποστυλώματα	HEB 260	24	23212.8
Ζυγώματα	IPE 400	24	19396.73
Τεγίδες	HEA 120	198	19346.38
Μηκίδες	HEA 100	260	17849.63
Κεφαλοδοκοί	HEA 100	22	1803.93
Μετωπικά Υποστυλώματα	HEA 240	14	9674.53
Οριζόντιοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 76x2.5	48	1609.08
Κατακόρυφοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 57X2.5	24	720.72
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			93613.8

Πίνακας 5.1: παραλλαγή α΄

<b>ΣΤΟΙΧΕΙΟ</b>	<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ</b>	<b>ΒΑΡΟΣ (kg)</b>
Υποστυλώματα	HEB 280	24	25708.8
Ζυγώματα	IPE 450	24	22702.66
Τεγίδες	HEA 140	198	24012.85
Μηκίδες	HEA 100	260	17849.63
Κεφαλοδοκοί	HEA 100	22	1803.93
Μετωπικά Υποστυλώματα	HEA 240	14	9674.53
Οριζόντιοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 76x2.5	48	1609.08
Κατακόρυφοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 60X5	24	1170.31
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			104531.8

Πίνακας 5.2: παραλλαγή γ'

<b>ΣΤΟΙΧΕΙΟ</b>	<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ</b>	<b>ΒΑΡΟΣ (kg)</b>
Υποστυλώματα	HEB 280	20	21424
Ζυγώματα	IPE 500	20	22112.66
Τεγίδες	HEA 140	126	18673.2
Μηκίδες	HEA 120	204	21253.2
Κεφαλοδοκοί	HEA 120	18	2149.2
Μετωπικά Υποστυλώματα	HEA 260	10	7815.72
Οριζόντιοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 88x3.2	36	1744.89
Κατακόρυφοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 70x2.5	24	990.91
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			96163.8

Πίνακας 5.3: παραλλαγή β'

<b>ΣΤΟΙΧΕΙΟ</b>	<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ</b>	<b>ΒΑΡΟΣ (kg)</b>
Υποστυλώματα	HEB 300	20	30992
Ζυγώματα	IPE 550	20	25842.8
Τεγίδες	HEA 160	126	22982.4
Μηκίδες	HEA 120	204	21253.2
Κεφαλοδοκοί	HEA 120	18	2149.2
Μετωπικά Υποστυλώματα	HEA 260	10	7815.72
Οριζόντιοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 88x3.2	36	1744.89
Κατακόρυφοι Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας	TRON 70X2.5	24	990.91
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			113771.12

**Πίνακας 5.4:** παραλλαγή δ΄

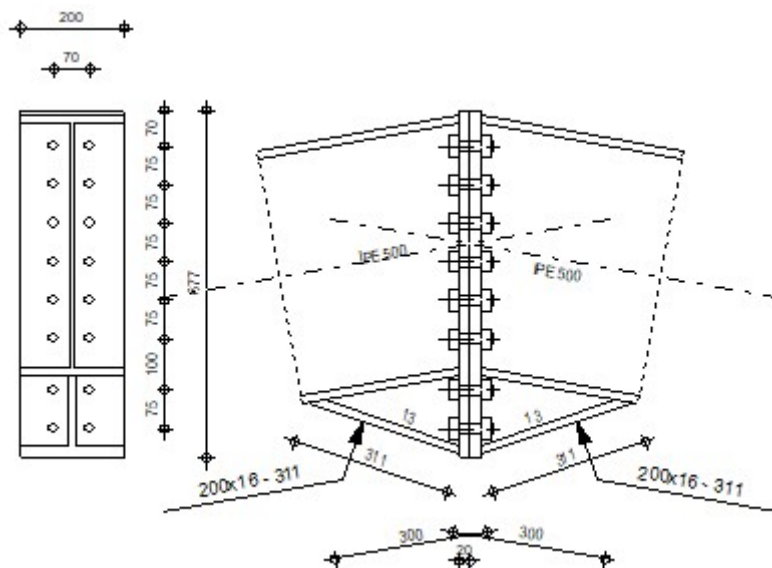
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1.2, για τις παραλλαγές α΄ και β΄ χρησιμοποιείται χάλυβας ποιότητας S355, ενώ για τις γ΄ και δ΄ χάλυβας ποιότητας S275. Με βάση τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα προκύπτει ότι στις δύο κατασκευές με ποιότητα χάλυβα S355 απαιτείται η μικρότερη ποσότητα χάλυβα και συγκεκριμένα ελαχιστοποιείται στην περίπτωση α΄. Αν θεωρήσουμε πως η τιμή των δύο ποιοτήτων κυμαίνεται γενικά στα ίδια επίπεδα (περίπου 2€/kg), η πιο οικονομική λύση είναι η παραλλαγή α΄. Εάν πάλι, πριν τη φάση της ανέγερσης του έργου παρατηρηθεί διαφορά στην τιμή τους, θα πρέπει να εξετασθεί και η παραλλαγή γ΄, η οποία παρουσιάζεται ως η αμέσως πιο οικονομική.

## 6 Συνδέσεις

### 6.1 Γενικά

Οι συνδέσεις αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της διαστασιολόγησης του φορέα διότι αναλαμβάνουν τη μεταφορά των εντατικών μεγεθών ανάμεσα στα μέλη που τον αποτελούν. Η διαμόρφωσή τους απαιτεί ιδιαίτερη λεπτομέρεια ώστε τα φορτία να μεταβιβάζονται σωστά από μέλος σε μέλος και η συμπεριφορά του φορέα να είναι ικανοποιητική. Στη συγκεκριμένη κατασκευή οι συνδέσεις μεταξύ των μελών γίνονται με απλούς κοχλίες και πραγματοποιούνται στο εργοτάξιο, ενώ τα επιπλέον ελάσματα, όπου χρειάζονται, συγκολλούνται στα εκάστοτε μέλη. Η διαδικασία της συγκόλλησης πραγματοποιείται στο εργοστάσιο κάτω από ιδανικές συνθήκες περιβάλλοντος ώστε να εξασφαλίζονται οι ελάχιστες δυνατές κατασκευαστικές ατέλειες.

### 6.2 Σύνδεση Ζυγώματος



#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

#### ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΠΛΕΥΡΑ

#### ΔΟΚΟΣ

ΔΙΑΤΟΜΗ:

IPE 500

ΡΑΒΔΟΣ no.:

19

a = -170,0 [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

h<sub>bl</sub> = 500 [mm] ΥΨΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

b<sub>fb</sub> = 200 [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$a = -170,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ  
 $t_{wbl} = 10$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $t_{fbl} = 16$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $r_{bl} = 21$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $A_{bl} = 115,52$  [cm<sup>2</sup>] ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
 $I_{xbl} = 48198,50$  [cm<sup>4</sup>] ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 ΥΛΙΚΟ S355  
 $f_{yb} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### ΛΕΞΙΑ ΠΛΕΥΡΑ

#### ΔΟΚΟΣ

ΔΙΑΤΟΜΗ: IPE 500  
 ΡΑΒΔΟΣ no.: 20  
 $a = -10,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ  
 $h_{br} = 500$  [mm] ΥΨΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $b_{fbr} = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $t_{wbr} = 10$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $t_{fbr} = 16$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $r_{br} = 21$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 $A_{br} = 115,52$  [cm<sup>2</sup>] ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
 $I_{xbr} = 48198,50$  [cm<sup>4</sup>] ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ  
 ΥΛΙΚΟ S355  
 $f_{yb} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

#### ΚΟΧΛΙΕΣ

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d = 20$  [mm] ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΧΛΙΑ  
 ΠΟΙΟΤΗΤΑ = 10.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΟΧΛΙΩΝ  
 $F_{tRd} = 176,40$  [kN] Εφελκυστική αντοχή κοχλία  
 $n_h = 2$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ  
 $n_v = 8$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΙΡΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ  
 $h_1 = 70$  [mm] Απόσταση μεταξύ πρώτου κοχλία και άνω άκρου λεπίδας σύνδεσης  
 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $e_i = 70$  [mm]  
 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $p_i = 75;75;75;75;75;100;75$  [mm]

#### ΠΛΑΚΑ

$h_{pr} = 677$  [mm] ΥΨΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 $b_{pr} = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 $t_{pr} = 20$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 ΥΛΙΚΟ S235  
 $f_{ypr} = 235,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

#### ΚΑΤΩ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

$w_{rd} = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 $t_{frd} = 16$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ  
 $h_{rd} = 150$  [mm] ΥΨΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 $t_{wrd} = 13$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΚΟΡΜΟΥ  
 $l_{rd} = 300$  [mm] ΜΗΚΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ



## ΚΑΤΩ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

$w_{rd} = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ  
 $a_d = 18,3$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ  
ΥΛΙΚΟ S355  
 $f_{ybu} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

## ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΕΞΩΡΑΦΗΣ

$a_w = 8$  [mm] ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΟΡΜΟΥ  
 $a_f = 12$  [mm] ΚΟΛΛΗΣΗ ΠΕΛΜΑΤΟΣ  
 $a_{fd} = 5$  [mm] ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ

$g_{M0} = 1,00$  ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]  
 $g_{M1} = 1,00$  ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]  
 $g_{M2} = 1,25$  ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]  
 $g_{M3} = 1,25$  ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]

## ΦΟΡΤΙΑ

### ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: 14: COMB4  $1*1.35+3*1.50+2*1.05+9*0.90$

$M_{b1,Ed} = -351,90$  [kN\*m] ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ  
 $V_{b1,Ed} = -18,91$  [kN] ΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ  
 $N_{b1,Ed} = -43,01$  [kN] ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

#### ΘΛΙΨΗ

$A_b = 115,52$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ EN1993-1-1:[6.2.4]  
 $N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$   
 $N_{cb,Rd} = 4101,03$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ EN1993-1-1:[6.2.4]

#### ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$A_{vb} = 79,37$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]  
 $V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / g_{M0}$   
 $V_{cb,Rd} = 1626,84$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]  
 $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,01 < 1,00$  **ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ** (0,01)

#### ΚΑΜΨΗ - ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ(ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ)

$W_{plb} = 2194,26$  [cm<sup>3</sup>] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ modulus EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]  
 $M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$   
 $M_{b,pl,Rd} = 778,9$  [kN\*m] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ (ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

#### ΚΑΜΨΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕ ΠΛΑΚΑ Η'ΣΕ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕΛΟΣ

$W_{pl} = 2758,53$  [cm<sup>3</sup>] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ modulus EN1993-1-1:[6.2.5]  
 $M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / g_{M0}$   
 $M_{cb,Rd} = 979,28$  [kN\*m] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ EN1993-1-1:[6.2.5]

#### ΠΕΛΜΑ-ΚΟΡΜΟΣ ΘΛΙΨΗ

$M_{cb,Rd} = 979,28$  [kN\*m] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ EN1993-1-1:[6.2.5]  
 $h_f = 641$  [mm] ΚΕΝΤΡΟΒΑΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΕΛΜΑΤΩΝ [6.2.6.7.(1)]  
 $F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$   
 $F_{c,fb,Rd} = 1527,28$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΟΡΜΟΥ [6.2.6.7.(1)]

## ΚΟΡΜΟΣ Η ΕΛΑΣΜΑ ΠΕΛΜΑΤΟΣ - ΘΛΙΨΗ - ΣΤΑΘΜΗ ΚΑΤΩ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

ΦΕΡΩΝ:

b =	10,0 [Deg]	ΓΩΝΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΜΠΡΟΣΤΙΝΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΑΡΙΟΥ	
g =	18,3 [Deg]	ΕΠΙΚΛΙΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	
$b_{\text{eff,c,wb}}$	= 253 [mm]	Ε ΝΕΡΓΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΓΙΑ ΘΛΙΨΗ	[6.2.6.2.(1)]
$A_{\text{vb}}$	= $\frac{59,8}{7}$ [cm <sup>2</sup> ]	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
w =	0,90	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ	[6.2.6.2.(1)]
$s_{\text{com,Ed}}$	= 0,00 [MPa]	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΚΟΡΜΟ	[6.2.6.2.(2)]
$k_{\text{wc}}$	= 1,00	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	[6.2.6.2.(2)]

$$F_{c,wb,Rd1} = [w k_{wc} b_{\text{eff,c,wb}} t_{wb} f_{yb} / g_{M0}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$$F_{c,wb,Rd1} = 1642,56 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

ΛΥΓΙΣΜΟΣ:

$d_{wb}$	= 426 [mm]	ΥΨΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ	[6.2.6.2.(1)]
$l_p$	= 1,23	ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]
r	= 0,68	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΛΥΓΙΣΜΟ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]

$$F_{c,wb,Rd2} = [w k_{wc} r b_{\text{eff,c,wb}} t_{wb} f_{yb} / g_{M1}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$$F_{c,wb,Rd2} = 1116,45 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

ΑΝΤΟΧΗ ΑΓΚΥΣΤΡΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

$$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \cdot g_{M0})$$

$$F_{c,wb,Rd3} = 1420,00 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΑΓΚΥΣΤΡΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ:

$$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$$

$$F_{c,wb,Rd,low} = 1116,45 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

## ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΑ ΜΗΚΗ-ΜΠΡΟΣΤΙΝΟ ΕΛΑΣΜΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	21	-	65	-	75	131	167	131	167	140	122	122	122
2	21	-	65	-	88	131	165	131	165	175	88	88	88
3	21	-	65	-	88	131	165	131	165	175	88	88	88
4	21	-	65	-	75	131	165	131	165	150	75	75	75
5	21	-	65	-	75	131	165	131	165	150	75	75	75
6	21	-	65	-	75	131	165	131	165	150	75	75	75
7	21	-	65	-	75	131	165	131	165	150	75	75	75
8	21	-	65	-	75	131	165	131	165	140	120	120	120

m	– ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΟΡΜΟ
m <sub>x</sub>	– ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ
e	– ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΡΑΙΑ ΑΚΜΗ
e <sub>x</sub>	– ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΞΩ ΑΚΜΗ
p	– ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΟΧΛΙΩΝ
l <sub>eff,cp</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
l <sub>eff,nc</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΣΤΗΝ ΜΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
l <sub>eff,1</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ mode 1
l <sub>eff,2</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ mode 2
l <sub>eff,cp,g</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
l <sub>eff,nc,g</sub>	– ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΜΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

- m – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΟΡΜΟ  
 $l_{eff,1,g}$  – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ mode 1  
 $l_{eff,2,g}$  – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ mode 2

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

$$N_{j,Rd} = \text{Min} ( N_{cb,Rd} 2 F_{c,wb,Rd,low} )$$

$$N_{j,Rd} = 2232,90 \quad [\text{kN}] \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ} \quad [6.2]$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,02 < 1,00 \text{ ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑ (0,02)}$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

$$F_{t,Rd} = 176,40 \quad [\text{kN}] \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 325,72 \quad [\text{kN}] \quad \text{Διατηρητική διατμητική αντοχή κοχλία} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$F_{t,fc,Rd}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$F_{t,wc,Rd}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$F_{t,ep,Rd}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΕΤΩΠΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

$F_{t,wb,Rd}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} ( F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd} ) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} ( F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd} ) \quad [6.2.6.5] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t1,Rd,comp}$	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t1,Rd} = \text{Min} ( F_{t1,Rd,comp} )$	352,80	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(1)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(1)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} = 1527,28$	1527,28	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t2,Rd,comp}$	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t2,Rd} = \text{Min} ( F_{t2,Rd,comp} )$	249,07	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(2)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(2)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 1527,28 - 352,80$	1174,48	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 601,87 - 352,80$	249,07	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 758,49 - 352,80$	405,69	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No.

$F_{t3,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t3,Rd,comp}$	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t3,Rd} = \text{Min} ( F_{t3,Rd,comp} )$	283,67	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(3)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(3)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 1527,28 - 601,87$	925,41	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 567,33 - 249,07$	318,26	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 633,68 - 249,07$	384,61	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 885,54 - 601,87$	283,67	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 1075,33 - 601,87$	473,46	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

### ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{t3,Rd} = F_{t1,Rd} h_3/h_1$$

$F_{t3,Rd} = 250,22$  [kN] ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 4

$F_{t4,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t4,Rd,comp}$	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t4,Rd} = \text{Min}(F_{t4,Rd,comp})$	304,59	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(4)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(4)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 1527,28 - 852,09$	675,19	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 554,81 - 250,22$	304,59	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 588,41 - 250,22$	338,19	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{ij,Rd} = 838,48 - 499,29$	339,19	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{ij,Rd} = 905,25 - 499,29$	405,96	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{ij,Rd} = 1156,68 - 852,09$	304,59	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{ij,Rd} = 1346,90 - 852,09$	494,81	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

#### ΕΠΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{t4,Rd} = F_{t1,Rd} h_4/h_1$

$F_{t4,Rd} = 206,26$  [kN] ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 5

$F_{t5,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t5,Rd,comp}$ p	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t5,Rd} = \text{Min}(F_{t5,Rd,comp})$	336,03	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(5)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(5)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^4 F_{ij,Rd} = 1527,28 - 1058,35$	468,93	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{ij,Rd} = 542,29 - 206,26$	336,03	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum_4^4 F_{ij,Rd} = 543,15 - 206,26$	336,89	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum_4^3 F_{ij,Rd} = 825,95 - 456,48$	369,48	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum_4^3 F_{ij,Rd} = 859,99 - 456,48$	403,51	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum_4^2 F_{ij,Rd} = 1109,62 - 705,55$	404,07	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum_4^2 F_{ij,Rd} = 1176,83 - 705,55$	471,28	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_4^1 F_{ij,Rd} = 1427,82 - 1058,35$	369,48	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum_4^1 F_{ij,Rd} = 1618,48 - 1058,35$	560,13	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

#### ΕΠΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{t5,Rd} = F_{t1,Rd} h_5/h_1$

$F_{t5,Rd} = 162,30$  [kN] ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 6

$F_{t6,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t6,Rd,comp}$ p	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t6,Rd} = \text{Min}(F_{t6,Rd,comp})$	306,63	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(6)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(6)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^5 F_{ij,Rd} = 1527,28 - 1220,64$	306,63	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(6+5)} - \sum_5^5 F_{ij,Rd} = 542,29 - 162,30$	379,99	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ

<b>F<sub>t6,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t6,Rd,comp</sub> p</b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t,wb,Rd(6+5)} - \sum 5^5 F_{ij,Rd} = 543,15 - 162,30$	380,85	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{ij,Rd} = 813,43 - 368,55$	444,88	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(6+5+4)} - \sum 5^4 F_{ij,Rd} = 814,73 - 368,55$	446,17	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{ij,Rd} = 1097,10 - 618,77$	478,32	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3)} - \sum 5^3 F_{ij,Rd} = 1131,56 - 618,77$	512,79	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{ij,Rd} = 1380,76 - 867,84$	512,92	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2)} - \sum 5^2 F_{ij,Rd} = 1448,40 - 867,84$	580,56	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{ij,Rd} = 1698,97 - 1220,64$	478,32	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(6+5+4+3+2+1)} - \sum 5^1 F_{ij,Rd} = 1890,05 - 1220,64$	669,41	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

#### ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{t6,Rd} = F_{t1,Rd} h_6/h_1$$

$$F_{t6,Rd} = 118,33 \text{ [kN]} \text{ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]}$$

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ Νο. 7

<b>F<sub>t7,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t7,Rd,comp</sub> p</b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t7,Rd} = \text{Min}(F_{t7,Rd,comp})$	188,30	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(7)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(7)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^6 F_{ij,Rd} = 1527,28 - 1338,98$	188,30	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 542,29 - 118,33$	423,95	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6)} - \sum 6^6 F_{ij,Rd} = 543,15 - 118,33$	424,82	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{ij,Rd} = 813,43 - 280,63$	532,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6+5)} - \sum 6^5 F_{ij,Rd} = 814,73 - 280,63$	534,10	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 1084,57 - 486,89$	597,69	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4)} - \sum 6^4 F_{ij,Rd} = 1086,30 - 486,89$	599,41	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 1368,24 - 737,11$	631,13	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3)} - \sum 6^3 F_{ij,Rd} = 1403,14 - 737,11$	666,03	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 1651,91 - 986,18$	665,73	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2)} - \sum 6^2 F_{ij,Rd} = 1719,98 - 986,18$	733,80	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 1970,11 - 1338,98$	631,13	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 6^1 F_{ij,Rd} = 2161,63 - 1338,98$	822,65	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

#### ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{t7,Rd} = F_{t1,Rd} h_7/h_1$$

$$F_{t7,Rd} = 74,37 \text{ [kN]} \text{ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]}$$

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ Νο. 8

$F_{t8,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t8,Rd,comp}$ p	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t8,Rd} = \text{Min} (F_{t8,Rd,comp})$	113,93	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,ep,Rd(8)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(8)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 651,44$	651,44	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^7 F_{tj,Rd} = 1527,28 - 1413,35$	113,93	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,ep,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{tj,Rd} = 587,20 - 74,37$	512,82	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7)} - \sum 7^7 F_{tj,Rd} = 705,45 - 74,37$	631,08	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{tj,Rd} = 858,34 - 192,70$	665,64	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6)} - \sum 7^6 F_{tj,Rd} = 977,03 - 192,70$	784,33	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{tj,Rd} = 1129,48 - 355,00$	774,48	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5)} - \sum 7^5 F_{tj,Rd} = 1248,60 - 355,00$	893,60	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 1400,63 - 561,26$	839,37	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4)} - \sum 7^4 F_{tj,Rd} = 1520,18 - 561,26$	958,92	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 1684,29 - 811,48$	872,81	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3)} - \sum 7^3 F_{tj,Rd} = 1837,02 - 811,48$	1025,54	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 1967,96 - 1060,55$	907,41	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3+2)} - \sum 7^2 F_{tj,Rd} = 2153,85 - 1060,55$	1093,31	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 2286,16 - 1413,35$	872,81	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(8+7+6+5+4+3+2+1)} - \sum 7^1 F_{tj,Rd} = 2595,50 - 1413,35$	1182,16	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

#### ΕΠΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{t8,Rd} = F_{t1,Rd} h_8/h_1$$

$$F_{t8,Rd} = 30,41 \text{ [kN]} \text{ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.2.7.2.(9)]}$$

#### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Nr	$h_j$	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	602	352,80	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
2	527	249,07	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
3	427	250,22	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
4	352	206,26	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
5	277	162,30	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
6	202	118,33	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
7	127	74,37	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44
8	52	30,41	-	-	352,80	474,34	352,80	651,44

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 602,80 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ [6.2]}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,58 < 1,0 \text{ ΕΠΙΛΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,58)}$$

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$$a_v = 0,60 \quad \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ } F_{v,Rd} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$b_{Lf} = 0,94 \quad \text{ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ [3.8]}$$

$a_v =$	0,60	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ $F_{v,Rd}$	[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]
$F_{v,Rd} =$	141,37 [kN]	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ	[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]
$F_{t,Rd,max} =$	176,40 [kN]	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ	[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]
$F_{b,Rd,int} =$	255,27 [kN]	ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΚΟΧΛΙΑ	[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]
$F_{b,Rd,ext} =$	247,61 [kN]	ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗ ΠΙΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΥ ΚΟΧΛΙΑ	[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	352,80	-5,38	352,80	205,96	200,58	167,92
2	352,80	-5,38	249,07	145,40	140,02	202,59
3	352,80	-5,38	250,22	146,07	140,70	202,20
4	352,80	-5,38	206,26	120,41	115,03	216,89
5	352,80	-5,38	162,30	94,74	89,37	231,58
6	352,80	-5,38	118,33	69,08	63,70	246,28
7	352,80	-5,38	74,37	43,42	38,04	260,97
8	352,80	-5,38	30,41	17,75	12,38	275,66

$F_{tj,Rd,N}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΛΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ  
 $F_{tj,Ed,N}$  – ΔΥΝΑΜΗ ΛΟΓΩ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ  
 $F_{tj,Rd,M}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΛΗ ΚΑΜΨΗ  
 $F_{tj,Ed,M}$  – ΔΥΝΑΜΗ ΛΟΓΩ ΡΟΠΗΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ  
 $F_{tj,Ed}$  – ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ  
 $F_{vj,Rd}$  – ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad \text{[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]}$$

$$V_{j,Rd} = 1804,09 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ} \quad \text{[ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]}$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,01 < 1,00 \text{ ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,01)}$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

$$A_w = 167,03 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{ΕΜΒΑΔΟ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wy} = 76,51 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{ΕΜΒΑΔΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wz} = 90,52 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{ΕΜΒΑΔΟ ΚΑΘΕΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$I_{wy} = 71777,42 \text{ [cm}^4\text{]} \quad \text{ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$s^{\wedge}_{\max} = t^{\wedge}_{\max} = -121,80 \text{ [MPa]} \quad \text{ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΛΛΗΣΗ} \quad \text{[4.5.3.2(6)]}$$

$$s^{\wedge} = t^{\wedge} = -116,57 \text{ [MPa]} \quad \text{ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$t_{II} = -2,09 \text{ [MPa]} \quad \text{ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$b_w = 0,80 \quad \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ} \quad \text{[4.5.3.2(7)]}$$

$$\sigma [s^{\wedge}_{\max}{}^2 + 3*(t^{\wedge}_{\max}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 243,60 < 360,00 \text{ ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,68)}$$

$$\sigma [s^{\wedge}{}^2 + 3*(t^{\wedge}{}^2 + t_{II}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 233,16 < 360,00 \text{ ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,65)}$$

$$s^{\wedge} \leq 0.9 * f_u / g_{M2} \quad 121,80 < 259,20 \text{ ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,47)}$$

### ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

$$t_{wash} = 4 \text{ [mm]} \quad \text{Washer ΠΑΧΟΣ} \quad \text{[6.2.6.3.(2)]}$$

$$h_{head} = 14 \text{ [mm]} \quad \text{ΥΨΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΟΧΛΙΑ} \quad \text{[6.2.6.3.(2)]}$$

$$h_{nut} = 20 \text{ [mm]} \quad \text{ΥΨΟΣ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟΥ ΚΟΧΛΙΑ} \quad \text{[6.2.6.3.(2)]}$$

$$L_b = 61 \text{ [mm]} \quad \text{ΜΗΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑ} \quad \text{[6.2.6.3.(2)]}$$

$$k_{10} = 6 \text{ [mm]} \quad \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ} \quad \text{[6.3.2.(1)]}$$

### ΑΚΑΜΨΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

Nr	$h_j$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j} h_j$	$k_{eff,j} h_j^2$
					ΣΥΝΟΛΟ	139,43	5924,65

Nr	h <sub>j</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>eff,j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub> <sup>2</sup>
1	602	¥	¥	97	6	34,15	2055,32
2	527	¥	¥	70	5	28,58	1505,56
3	427	¥	¥	70	5	23,15	988,29
4	352	¥	¥	60	5	18,60	654,50
5	277	¥	¥	60	5	14,64	405,23
6	202	¥	¥	60	5	10,67	215,43
7	127	¥	¥	60	5	6,71	85,09
8	52	¥	¥	95	6	2,94	15,24

$$k_{\text{eff},j} = 1 / (\sum_{i=3}^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$z_{\text{eq}} = \sum_j k_{\text{eff},j} h_j^2 / \sum_j k_{\text{eff},j} h_j$$

$$z_{\text{eq}} = 425 \text{ [mm]} \text{ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΥΝΑΜΗ ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑ [6.3.3.1.(3)]}$$

$$k_{\text{eq}} = \sum_j k_{\text{eff},j} h_j / z_{\text{eq}}$$

$$k_{\text{eq}} = 33 \text{ [mm]} \text{ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΜΙΑΣ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ}$$

$$S_{j,\text{ini}} = E z_{\text{eq}}^2 k_{\text{eq}} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,\text{ini}} = 1244176,70 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΡΧΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ [6.3.1.(4)]}$$

$$m = 1,00 \text{ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΜΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ [6.3.1.(6)]}$$

$$S_j = S_{j,\text{ini}} / m \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 1244176,70 \text{ [kN*m]} \text{ ΤΕΛΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ [6.3.1.(4)]}$$

#### ΚΑΤΗΓΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΚΑΜΨΙΑΣ.

$$S_{j,\text{rig}} = 66448,90 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ [5.2.2.5]}$$

$$S_{j,\text{pin}} = 4153,06 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΚΑΜΨΙΑ ΑΡΘΡΩΜΕΝΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ [5.2.2.5]}$$

$$S_{j,\text{ini}} \geq S_{j,\text{rig}} \text{ ΣΤΑΘΕΡΗ}$$

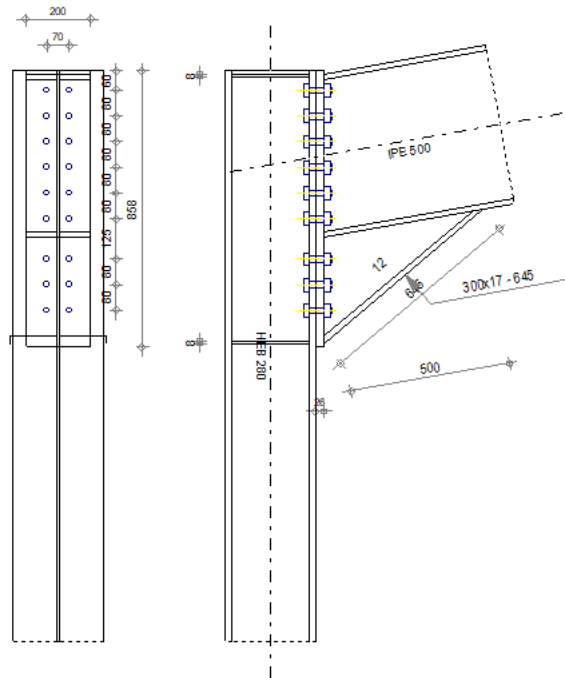
#### ΠΙΟ ΔΥΝΑΜΟ ΤΜΗΜΑ:

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

<b>H ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ</b>	ΛΟΓΟΣ	0,68
---	-------	------



### 6.3 Σύνδεση ζυγώματος με υποστύλωμα



#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

#### ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ

ΔΙΑΤΟΜΗ: ΗΕΒ 280

ΡΑΒΔΟΣ no.: 18

$a = -90,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

$h_c = 280$  [mm] ΥΨΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$b_{fc} = 280$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$t_{wc} = 11$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$t_{fc} = 18$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$r_c = 24$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$A_c = 131,36$  [cm<sup>2</sup>] ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΤΟΜΗ: HEB 280

$I_{xc} = 19270,30$  [cm<sup>4</sup>] ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{yc} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### ΔΟΚΟΣ

ΔΙΑΤΟΜΗ: IPE 500

ΡΑΒΔΟΣ no.: 20

$a = 10,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

$h_b = 500$  [mm] ΥΨΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$b_f = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$t_{wb} = 10$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$t_{fb} = 16$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$r_b = 21$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$r_b = 21$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$A_b = 115,52$  [cm<sup>2</sup>] ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

$I_{xb} = 48198,50$  [cm<sup>4</sup>] ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{yb} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### ΚΟΧΛΙΕΣ

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d = 20$  [mm] ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΧΛΙΑ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ = 10.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{tRd} = 176,40$  [kN] Εφελκυστική αντοχή κοχλία

$n_h = 2$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

$n_v = 9$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΙΡΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ

$h_1 = 60$  [mm] Απόσταση μεταξύ πρώτου κοχλία και άνω άκρου λεπίδας σύνδεσης

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $e_i = 70$  [mm]

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $p_i = 80;80;80;80;80;125;80;80$  [mm]

### ΠΛΑΚΑ

$h_p = 858$  [mm] ΥΨΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

$b_p = 200$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

$t_p = 26$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{yp} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### ΚΑΤΩ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

$w_d = 300$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

$t_{fd} = 17$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

$h_d = 330$  [mm] ΥΨΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

$t_{wd} = 12$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΚΟΡΜΟΥ

$l_d = 500$  [mm] ΜΗΚΟΣ ΛΕΠΙΔΑΣ

$a = 40,3$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{ybu} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

#### **ΑΝΩ**

$h_{su} = 244$  [mm] ΥΨΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$b_{su} = 135$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΝΕΥΡΩΣΗΣ

$t_{hu} = 8$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{ysu} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

#### **ΚΑΤΩ**

$h_{sd} = 244$  [mm] ΥΨΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$b_{sd} = 135$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΝΕΥΡΩΣΗΣ

$t_{hd} = 8$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{ysu} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

### Συγκολλήσεις εξωραφής

$a_w = 8$  [mm] ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΟΡΜΟΥ

$a_f = 12$  [mm] ΚΟΛΛΗΣΗ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

$a_w =$	8	[mm]	ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΟΡΜΟΥ
$a_s =$	8	[mm]	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ
$a_{fd} =$	5	[mm]	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ

$g_{M0} =$	1,00	ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]
$g_{M1} =$	1,00	ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]
$g_{M2} =$	1,25	ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]
$g_{M3} =$	1,25	ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [2.2]

### **ΦΟΡΤΙΑ**

#### **ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: 35: COMB25 1\*1.35+9\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

$M_{b1,Ed} = 441,25$ [kN*m]	ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ
$V_{b1,Ed} = 87,06$ [kN]	ΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ
$N_{b1,Ed} = -65,74$ [kN]	ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ
$M_{c1,Ed} = 441,25$ [kN*m]	ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΒΑΣΗΣ
$V_{c1,Ed} = -63,03$ [kN]	ΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΒΑΣΗΣ
$N_{c1,Ed} = -70,42$ [kN]	ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΒΑΣΗΣ

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

##### **ΘΛΙΨΗ**

$A_b = 115,52$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ EN1993-1-1:[6.2.4]

$$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$$

$N_{cb,Rd} = 4101,03$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ EN1993-1-1:[6.2.4]

##### **ΔΙΑΤΜΗΣΗ**

$A_{vb} = 99,47$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / g_{M0}$$

$V_{cb,Rd} = 2038,81$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$	$0,04 < 1,00$	ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,04)
----------------------------------	---------------	----------------------

#### **ΚΑΜΨΗ - ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ(ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ)**

$W_{plb} = 2194,26$  [cm<sup>3</sup>] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ modulus EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$$

$M_{b,pl,Rd} = 778,9$  [kN\* m] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ (ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

### ΚΑΜΨΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕ ΠΛΑΚΑ Η'ΣΕ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕΛΟΣ

$W_{pl} = 4020,90$  [cm<sup>3</sup>] ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ modulus EN1993-1-1:[6.2.5]

$$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$M_{cb,Rd} = 1427,42$  [kN\*m] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ EN1993-1-1:[6.2.5]

### ΠΕΛΑΜΑ-ΚΟΡΜΟΣ ΘΛΙΨΗ

$M_{cb,Rd} = 1427,42$  [kN\*m] ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_f = 818$  [mm] ΚΕΝΤΡΟΒΑΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΕΛΑΜΑΤΩΝ [6.2.6.7.(1)]

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$F_{c,fb,Rd} = 1743,99$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΟΥ ΠΕΛΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΟΡΜΟΥ [6.2.6.7.(1)]

### ΚΟΡΜΟΣ Η ΕΛΑΣΜΑ ΠΕΛΑΜΑΤΟΣ - ΘΛΙΨΗ - ΣΤΑΘΜΗ ΚΑΤΩ ΠΕΛΑΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

ΦΕΡΩΝ:

$b = 10,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΜΠΡΟΣΤΙΝΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

$g = 40,3$  [Deg] ΕΠΙΚΛΙΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

$b_{eff,c,wb} = 253$  [mm] ΕΝΕΡΓΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΓΙΑ ΘΛΙΨΗ [6.2.6.2.(1)]

$A_{vb} = 59,87$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$w = 0,90$  ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ [6.2.6.2.(1)]

$\sigma_{com,Ed} = 200,7$  [MPa] ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΚΟΡΜΟ [6.2.6.2.(2)]

$k_{wc} = 1,00$  ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ [6.2.6.2.(2)]

$$F_{c,wb,Rd1} = [w k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$F_{c,wb,Rd1} = 1244,54$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ [6.2.6.2.(1)]

ΛΥΓΙΣΜΟΣ:

$d_{wb} = 426$  [mm] ΥΨΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ [6.2.6.2.(1)]

$l_p = 1,23$  ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕΛΟΥΣ [6.2.6.2.(1)]

$r = 0,68$  ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΛΥΓΙΣΜΟ ΜΕΛΟΥΣ [6.2.6.2.(1)]

$$F_{c,wb,Rd2} = [w k_{wc} r b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(g) / \sin(g - b)$$

$F_{c,wb,Rd2} = 845,86$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ [6.2.6.2.(1)]

## ΑΝΤΟΧΗ ΑΓΚΥΣΤΡΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

$$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \cdot g_{M0})$$

$$F_{c,wb,Rd3} = 1508,75 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΑΓΚΥΣΤΡΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ:

$$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wb,Rd1} , F_{c,wb,Rd2} , F_{c,wb,Rd3})$$

$$F_{c,wb,Rd,low} = 845,86 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

## ΑΝΤΟΧΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

### ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$$M_{b1,Ed} = 441,25 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ (ΔΕΞΙ ΔΟΚΑΡΙ)} \quad [5.3.(3)]$$

$$M_{b2,Ed} = 0,00 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΔΟΚΑΡΙ)} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c1,Ed} = -63,03 \text{ [kN]} \quad \text{ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΒΑΣΗΣ)} \quad [5.3.(3)]$$

$$V_{c2,Ed} = 0,00 \text{ [kN]} \quad \text{ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (ΑΝΩΤΕΡΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ)} \quad [5.3.(3)]$$

$$z = 737 \text{ [mm]} \quad \text{ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑΣ} \quad [6.2.5]$$

$$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

$$V_{wp,Ed} = 630,54 \text{ [kN]} \quad \text{ΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΣΕ ΚΟΡΜΟ} \quad [5.3.(3)]$$

$$A_{vs} = 41,09 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$A_{vc} = 41,09 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$d_s = 830 \text{ [mm]} \quad \text{ΚΕΝΤΡΟΒΑΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 8,05 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,stu,Rd} = 1,59 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΗΣ ΥΨΗΛΟΤΕΡΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$M_{pl,sl,Rd} = 1,59 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΗΣ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ} \quad [6.2.6.1.(4)]$$

$$V_{wp,Rd} = 0.9 ( A_{vs} \cdot f_{y,wc} ) / (\sqrt{3} g_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sl,Rd}) / d_s)$$

$$V_{wp,Rd} = 781,27 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ} \quad [6.2.6.1]$$

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0 \quad 0,81 < 1,00 \quad \text{ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,81)}$$

### ΚΟΡΜΟΣ- ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΘΛΙΨΗ - ΣΤΑΘΜΗ ΑΝΩ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

ΦΕΡΩΝ:

$$t_{wc} = 11 \text{ [mm]} \quad \text{ΕΝΕΡΓΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ} \quad [6.2.6.2.(6)]$$

$$b_{eff,c,wc} = 318 \text{ [mm]} \quad \text{ΕΝΕΡΓΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΓΙΑ ΘΛΙΨΗ} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

$t_{wc} = 11$	[mm] ΕΝΕΡΓΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ	[6.2.6.2.(6)]
$A_{vc} = 41,09$	[cm <sup>2</sup> ] ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$w = 0,73$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ	[6.2.6.2.(1)]
$S_{com,Ed} = 229,76$	[MPa] ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΚΟΡΜΟ	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	[6.2.6.2.(2)]
$A_s = 17,01$	[cm <sup>2</sup> ] ΕΜΒΑΔΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΟΡΜΟΥ	EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$$

$$F_{c,wc,Rd1} = 1473,89 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

ΛΥΓΙΣΜΟΣ:

$d_{wc} = 196$	[mm] ΥΨΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ	[6.2.6.2.(1)]
$l_p = 0,91$	ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]
$r = 0,86$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΛΥΓΙΣΜΟ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]
$l_s = 2,38$	ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$c_s = 1,00$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1}$$

$$F_{c,wc,Rd2} = 1348,99 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ:

$$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$$F_{c,wc,Rd} = 1348,99 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

### **ΚΟΡΜΟΣ- ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΘΛΙΨΗ - ΣΤΑΘΜΗ ΚΑΤΩ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ**

ΦΕΡΩΝ:

$t_{wc} = 11$	[mm] ΕΝΕΡΓΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 312$	[mm] ΕΝΕΡΓΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΓΙΑ ΘΛΙΨΗ	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 41,09$	[cm <sup>2</sup> ] ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$w = 0,74$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ	[6.2.6.2.(1)]
$S_{com,Ed} = 229,76$	[MPa] ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΚΟΡΜΟ	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	[6.2.6.2.(2)]
$A_s = 17,01$	[cm <sup>2</sup> ] ΕΜΒΑΔΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΟΡΜΟΥ	EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$$

$$F_{c,wc,Rd1} = 1464,91 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

ΛΥΓΙΣΜΟΣ:

$d_{wc} = 196$ [mm]	ΥΨΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ	[6.2.6.2.(1)]
$I_p = 0,90$	ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]
$r = 0,86$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΛΥΓΙΣΜΟ ΜΕΛΟΥΣ	[6.2.6.2.(1)]
$I_s = 2,38$	ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$c_s = 1,00$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s c_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$$F_{c,wc,Rd2} = 1346,38 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ:

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$$

$$F_{c,wc,Rd,upp} = 1346,38 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ [6.2.6.2.(1)]}$$

### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

#### ΕΝΕΡΓΑ ΜΗΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	11	-	105	-	80	66	84	66	84	113	38	38	38
2	11	-	105	-	80	66	173	66	173	160	80	80	80
3	11	-	105	-	80	66	173	66	173	160	80	80	80
4	11	-	105	-	80	66	173	66	173	160	80	80	80
5	11	-	105	-	80	66	173	66	173	160	80	80	80
6	11	-	105	-	103	66	173	66	173	205	103	103	103
7	11	-	105	-	103	66	173	66	173	205	103	103	103
8	11	-	105	-	80	66	173	66	173	160	80	80	80
9	11	-	105	-	80	66	84	66	84	113	38	38	38

#### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΑ ΜΗΚΗ-ΜΠΡΟΣΤΙΝΟ ΕΛΑΣΜΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
1	21	-	65	-	80	131	167	131	167	145	124	124	124
2	21	-	65	-	80	131	165	131	165	160	80	80	80
3	21	-	65	-	80	131	165	131	165	160	80	80	80
4	21	-	65	-	80	131	165	131	165	160	80	80	80
5	21	-	65	-	80	131	165	131	165	160	80	80	80



Nr	m	m <sub>x</sub>	e	e <sub>x</sub>	p	l <sub>eff,cp</sub>	l <sub>eff,nc</sub>	l <sub>eff,1</sub>	l <sub>eff,2</sub>	l <sub>eff,cp,g</sub>	l <sub>eff,nc,g</sub>	l <sub>eff,1,g</sub>	l <sub>eff,2,g</sub>
6	21	-	65	-	103	131	165	131	165	205	103	103	103
7	21	-	65	-	103	131	165	131	165	205	103	103	103
8	21	-	65	-	80	131	165	131	165	160	80	80	80
9	21	-	65	-	80	131	165	131	165	145	122	122	122

m – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΟΡΜΟ

m<sub>x</sub> – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

e – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΡΑΙΑ ΑΚΜΗ

e<sub>x</sub> – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΧΛΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΞΩ ΑΚΜΗ

p – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΟΧΛΙΩΝ

l<sub>eff,cp</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

l<sub>eff,nc</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΣΤΗΝ ΜΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

l<sub>eff,1</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ mode 1

l<sub>eff,2</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ mode 2

l<sub>eff,cp,g</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

l<sub>eff,nc,g</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΜΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

l<sub>eff,1,g</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ mode 1

l<sub>eff,2,g</sub> – ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΟΜΑΔΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ mode 2

### **ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ**

$$N_{j,Rd} = \text{Min} ( N_{cb,Rd} 2 F_{c,wb,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp} )$$

$$N_{j,Rd} = 1691,71 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ} \quad [6.2]$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,04 < 1,00 \quad \text{ΕΠΙΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,04)}$$

### **ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ**

$$F_{t,Rd} = 176,40 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΧΛΙΑ ΓΙΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 399,01 \text{ [kN]} \quad \text{Διατρητική διατμητική αντοχή κοχλία} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

F<sub>t,fc,Rd</sub> – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

F<sub>t,wc,Rd</sub> – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

F<sub>t,ep,Rd</sub> – ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΕΤΩΠΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

F<sub>t,wb,Rd</sub> – ΑΝΤΟΧΗ ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} ( F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd} ) \quad [6.2.6.4] , [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4] , [Tab.6.2]$$

$$F_{t,wc,Rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5] , [Tab.6.2]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 1

<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t1,Rd,comp</sub></b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	242,60	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,fc,Rd(1)} = 352,80$	352,80	ΠΕΛΑΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wc,Rd(1)} = 242,60$	242,60	Column ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$F_{t,ep,Rd(1)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(1)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 798,01$	798,01	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$V_{wp,Rd}/b = 781,27$	781,27	ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ
$F_{c,wc,Rd} = 1348,99$	1348,99	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΚΟΡΜΟΥ-ΘΛΙΨΗ
$F_{c,fb,Rd} = 1743,99$	1743,99	ΠΕΛΑΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{c,wb,Rd} = 845,86$	845,86	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ No. 2

<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub></b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	172,32	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,fc,Rd(2)} = 352,80$	352,80	ΠΕΛΑΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wc,Rd(2)} = 242,60$	242,60	Column ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$F_{t,ep,Rd(2)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(2)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 798,01$	798,01	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 781,27 - 242,60$	538,66	ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 1348,99 - 242,60$	1106,39	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΚΟΡΜΟΥ-ΘΛΙΨΗ
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 1743,99 - 242,60$	1501,38	ΠΕΛΑΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 845,86 - 242,60$	603,25	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 677,10 - 242,60$	434,49	ΠΕΛΑΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ

<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t2,Rd,comp</sub> p</b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 414,93 - 242,60$	172,32	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 705,60 - 242,60$	463,00	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 740,38 - 242,60$	497,78	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ Νο. 3

<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t3,Rd,comp</sub> p</b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	223,59	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,fc,Rd(3)} = 352,80$	352,80	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wc,Rd(3)} = 242,60$	242,60	Column ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$F_{t,ep,Rd(3)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(3)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 798,01$	798,01	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 781,27 - 414,93$	366,34	ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 1348,99 - 414,93$	934,07	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΚΟΡΜΟΥ-ΘΛΙΨΗ
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 1743,99 - 414,93$	1329,06	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 845,86 - 414,93$	430,93	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 705,60 - 172,32$	533,28	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 540,56 - 172,32$	368,24	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 414,93$	643,47	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 638,52 - 414,93$	223,59	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 705,60 - 172,32$	533,28	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 579,36 - 172,32$	407,04	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 414,93$	643,47	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 1030,06 - 414,93$	615,13	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

**ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ Νο. 4**

<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t4,Rd,comp</sub></b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	142,75	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,fc,Rd(4)} = 352,80$	352,80	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wc,Rd(4)} = 242,60$	242,60	Column ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$F_{t,ep,Rd(4)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(4)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 798,01$	798,01	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$V_{wp,Rd}/b - \sum 1^3 F_{ti,Rd} = 781,27 - 638,52$	142,75	ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^3 F_{tj,Rd} = 1348,99 - 638,52$	710,47	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΚΟΡΜΟΥ-ΘΛΙΨΗ
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^3 F_{tj,Rd} = 1743,99 - 638,52$	1105,47	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^3 F_{tj,Rd} = 845,86 - 638,52$	207,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 705,60 - 223,59$	482,01	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 540,56 - 223,59$	316,97	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 395,92$	662,48	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 733,16 - 395,92$	337,25	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 1411,20 - 638,52$	772,68	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 804,70 - 638,52$	166,18	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 705,60 - 223,59$	482,01	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{tj,Rd} = 579,36 - 223,59$	355,77	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 395,92$	662,48	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{tj,Rd} = 869,04 - 395,92$	473,12	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 1411,20 - 638,52$	772,68	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{tj,Rd} = 1319,74 - 638,52$	681,22	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

**ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ Νο. 5**

<b>F<sub>t5,Rd,comp</sub> - ΤΥΠΟΣ</b>	<b>F<sub>t5,Rd,comp</sub></b>	<b>ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ</b>
$F_{t5,Rd} = \text{Min} (F_{t5,Rd,comp})$	0,00	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ
$F_{t,fc,Rd(5)} = 352,80$	352,80	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wc,Rd(5)} = 242,60$	242,60	Column ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$F_{t,ep,Rd(5)} = 352,80$	352,80	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ
$F_{t,wb,Rd(5)} = 474,34$	474,34	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ
$B_{p,Rd} = 798,01$	798,01	Κοχλίες λόγω της διάτρησης από διάτμηση
$V_{wp,Rd}/b - \sum I^4 F_{tj,Rd} = 781,27 - 781,27$	0,00	ΚΟΡΜΟΣ - ΔΙΑΤΜΗΣΗ
$F_{c,wc,Rd} - \sum I^4 F_{tj,Rd} = 1348,99 - 781,27$	567,73	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΚΟΡΜΟΥ-ΘΛΙΨΗ
$F_{c,fb,Rd} - \sum I^4 F_{tj,Rd} = 1743,99 - 781,27$	962,72	ΠΕΛΜΑ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{c,wb,Rd} - \sum I^4 F_{tj,Rd} = 845,86 - 781,27$	64,59	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ - ΘΛΙΨΗ
$F_{t,fc,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 705,60 - 142,75$	562,85	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 540,56 - 142,75$	397,81	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 366,34$	692,06	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 733,16 - 366,34$	366,83	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 1411,20 - 538,66$	872,54	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 872,47 - 538,66$	333,81	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,fc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 1764,00 - 781,27$	982,73	ΠΕΛΜΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wc,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 923,15 - 781,27$	141,88	ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ - ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 705,60 - 142,75$	562,85	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4)} - \sum 4^4 F_{tj,Rd} = 579,36 - 142,75$	436,61	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 1058,40 - 366,34$	692,06	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3)} - \sum 4^3 F_{tj,Rd} = 869,04 - 366,34$	502,70	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

$F_{t,Rd,comp}$ - ΤΥΠΟΣ	$F_{t5,Rd,comp}$	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 1411,20 - 538,66$	872,54	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2)} - \sum 4^2 F_{tj,Rd} = 1158,72 - 538,66$	620,06	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,ep,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 1764,00 - 781,27$	982,73	ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΠΛΑΚΑ-ΤΑΣΗ-ΓΚΡΟΥΠ
$F_{t,wb,Rd(5+4+3+2+1)} - \sum 4^1 F_{tj,Rd} = 1609,42 - 781,27$	828,16	ΚΟΡΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ-ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ-ΓΚΡΟΥΠ

ΟΙ ΕΝΑΠΟΜΙΝΑΝΤΕΣ ΚΟΧΛΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΑΝΕΝΕΡΓΟΙ (ΔΕΝ ΜΕΤΑΦΕΡΟΥΝ ΦΟΡΤΙΑ) ΓΙΑΤΙ Η ΑΝΤΟΧΗ ΕΝΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΧΕΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΟΙ ΚΟΧΛΙΕΣ ΑΥΤΟΙ ΕΧΟΥΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΘΕΙ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΣΤΡΕΨΗΣ.

### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Nr	$h_j$	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	777	242,60	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
2	697	172,32	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
3	617	223,59	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
4	537	142,75	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
5	457	-	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
6	377	-	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
7	252	-	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
8	172	-	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01
9	92	-	352,80	242,60	352,80	474,34	352,80	798,01

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 522,92 \text{ [kN*m]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,84 < 1,00 \quad \text{ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,84)}$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$$a_v = 0,60 \quad \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ } F_{v,Rd} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$b_{Lf} = 0,90 \quad \text{ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ} \quad [3.8]$$

$$F_{v,Rd} = 136,28 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$F_{t,Rd,max} = 176,40 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΝΟΣ ΚΟΧΛΙΑ} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$a_v = 0,60$  ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ  $F_{v,Rd}$  [ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]

$F_{b,Rd,int} = 339,44$  [kN] ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΚΟΧΛΙΑ [ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]

$F_{b,Rd,ext} = 320,73$  [kN] ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗ ΠΙΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΥ ΚΟΧΛΙΑ [ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	352,80	-7,30	242,60	204,71	197,41	163,63
2	352,80	-7,30	172,32	145,41	138,11	196,35
3	352,80	-7,30	223,59	188,67	181,37	172,48
4	352,80	-7,30	142,75	120,45	113,15	210,13
5	352,80	-7,30	0,00	0,00	-7,30	272,56
6	352,80	-7,30	0,00	0,00	-7,30	272,56
7	352,80	-7,30	0,00	0,00	-7,30	272,56
8	352,80	-7,30	0,00	0,00	-7,30	272,56
9	352,80	-7,30	0,00	0,00	-7,30	272,56

$F_{tj,Rd,N}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΛΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

$F_{tj,Ed,N}$  – ΔΥΝΑΜΗ ΛΟΓΩ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{tj,Rd,M}$  – ΑΝΤΟΧΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΛΗ ΚΑΜΨΗ

$F_{tj,Ed,M}$  – ΔΥΝΑΜΗ ΛΟΓΩ ΡΟΠΗΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{tj,Ed}$  – ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΟΧΛΙΩΝ

$F_{vj,Rd}$  – ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕΙΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$V_{j,Rd} = 2105,40 \text{ [kN]} \quad \text{ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ} \quad [\text{ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4}]$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,04 < 1,00 \quad \text{ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,04)}$$

### ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

$$A_w = 198,56 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ ΕΜΒΑΔΟ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$$A_{wy} = 80,11 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ ΕΜΒΑΔΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$$A_{wz} = 118,45 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ ΕΜΒΑΔΟ ΚΑΘΕΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$A_w =$	198,56	[cm <sup>2</sup> ] ΕΜΒΑΔΟ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} =$	127883,90	[cm <sup>4</sup> ] ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	[4.5.3.2(5)]
$s^{\wedge}max=t^{\wedge}max =$	104,84	[MPa] ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΛΛΗΣΗ	[4.5.3.2(6)]
$s^{\wedge}t^{\wedge} =$	100,99	[MPa] ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ	[4.5.3.2(5)]
$t_{II} =$	7,35	[MPa] ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.2(5)]
$b_w =$	0,90	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	[4.5.3.2(7)]

$\sigma[s^{\wedge}max^2 + 3*(t^{\wedge}max^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2})$	209,68 < 435,56	ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,48)
$\sigma[s^{\wedge}t^{\wedge} + 3*(t^{\wedge} + t_{II}^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2})$	202,39 < 435,56	ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,46)
$s^{\wedge} \leq 0.9 * f_u / g_{M2}$	104,84 < 352,80	ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,30)

### ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

$t_{wash} =$	4	[mm] Washer ΠΑΧΟΣ	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	14	[mm] ΥΨΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	20	[mm] ΥΨΟΣ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟΥ ΚΟΧΛΙΑ	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	69	[mm] ΜΗΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑ	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	6	[mm] ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΚΟΧΛΙΩΝ	[6.3.2.(1)]

### ΑΚΑΜΨΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

Nr	h <sub>j</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>eff,j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub>	k <sub>eff,j</sub> h <sub>j</sub> <sup>2</sup>
					ΣΥΝΟΛΟ	53,34	2896,01
1	777	1	168	217	1	7,27	564,87
2	697	2	296	140	1	10,13	705,97
3	617	2	296	140	1	8,97	553,13
4	537	2	296	140	1	7,81	418,91
5	457	2	296	140	1	6,64	303,31
6	377	2	296	179	1	5,49	206,81
7	252	2	296	179	1	3,67	92,31
8	172	2	296	140	1	2,50	42,84
9	92	1	168	214	1	0,86	7,86

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$



$$z_{eq} = \frac{\sum_j k_{eff,j} h_j^2}{\sum_j k_{eff,j} h_j}$$

$$z_{eq} = 543 \text{ [mm]} \text{ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΥΝΑΜΗ ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑ [6.3.3.1.(3)]}$$

$$k_{eq} = \frac{\sum_j k_{eff,j} h_j}{z_{eq}}$$

$$k_{eq} = 10 \text{ [mm]} \text{ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΜΙΑΣ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ [6.3.3.1.(1)]}$$

$$A_{vc} = 41,09 \text{ [cm}^2\text{]} \text{ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ} \text{ EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]}$$

$$b = 1,00 \text{ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ} \text{ [5.3.(7)]}$$

$$z = 543 \text{ [mm]} \text{ ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑΣ} \text{ [6.2.5]}$$

$$k_1 = 3 \text{ [mm]} \text{ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΥΠΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗ} \text{ [6.3.2.(1)]}$$

$$k_2 = \text{¥} \text{ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ} \text{ [6.3.2.(1)]}$$

$$S_{j,ini} = E \text{ [6.3.1.(4)]}$$

$$S_{j,ini} = 137718,87 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΡΧΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ} \text{ [6.3.1.(4)]}$$

$$m = 1,89 \text{ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΜΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ} \text{ [6.3.1.(6)]}$$

$$S_j = S_{j,ini} / m \text{ [6.3.1.(4)]}$$

$$S_j = 72890,49 \text{ [kN*m]} \text{ ΤΕΛΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ} \text{ [6.3.1.(4)]}$$

#### **ΚΑΤΗΓΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΚΑΜΨΙΑΣ.**

$$S_{j,rig} = 66448,90 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ} \text{ [5.2.2.5]}$$

$$S_{j,pin} = 4153,06 \text{ [kN*m]} \text{ ΑΚΑΜΨΙΑ ΑΡΘΡΩΜΕΝΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ} \text{ [5.2.2.5]}$$

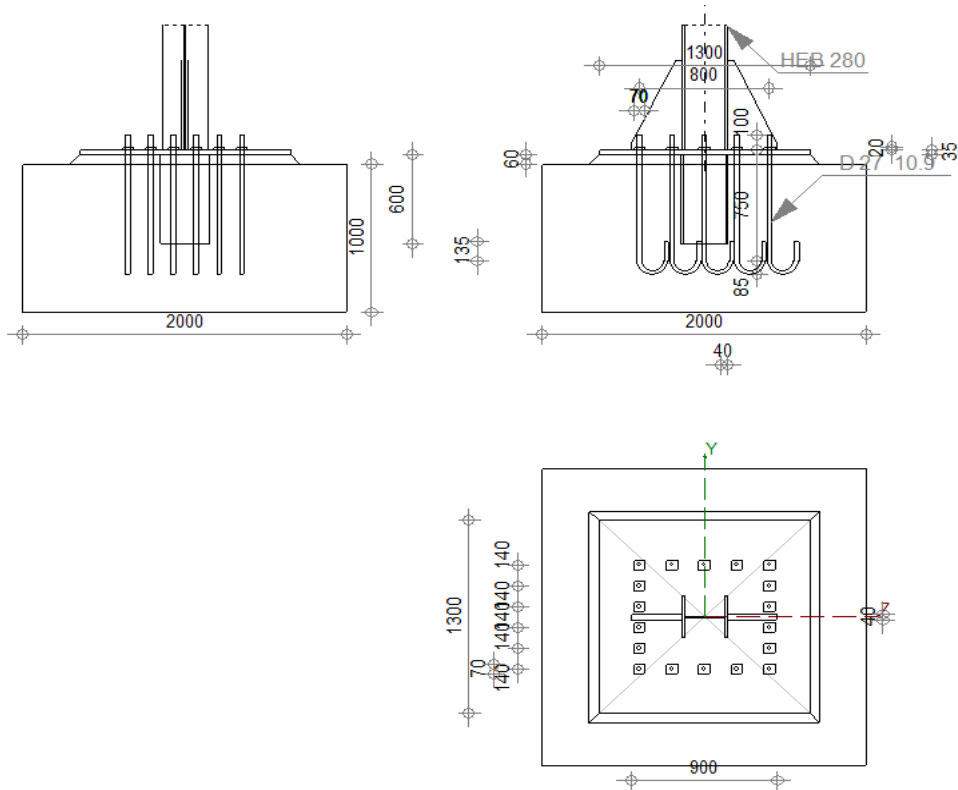
$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ ΣΤΑΘΕΡΗ}$$

#### **ΠΙΟ ΑΔΥΝΑΜΟ ΤΜΗΜΑ:**

ΚΟΡΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ- ΔΙΑΤΜΗΣΗ

**Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΛΟΓΟΣ 0,84**

## 6.4 Σύνδεση θεμελίου υποστύλωματος



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ

ΔΙΑΤΟΜΗ: HEB 280

ΡΑΒΔΟΣ no.: 18

$L_c = 10,40$  [m] ΜΗΚΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$a = 0,0$  [Deg] ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

$h_c = 280$  [mm] ΥΨΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$b_{fc} = 280$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$t_{wc} = 11$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$t_{fc} = 18$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΠΕΛΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$r_c = 24$  [mm] ΑΚΤΙΝΑ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$A_c = 131,36$  [cm<sup>2</sup>] ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$I_{yc} = 19270,30$  [cm<sup>4</sup>] ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{yc} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

$f_{uc} = 490,00$  [MPa] ΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΟΣ ΥΛΙΚΟΥ

#### **ΒΑΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ**

$l_{pd} = 1300$  [mm] ΜΗΚΟΣ

$b_{pd} = 1300$  [mm] ΠΛΑΤΟΣ

$t_{pd} = 35$  [mm] ΠΑΧΟΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{ypd} = 355,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

$f_{upd} = 490,00$  [MPa] ΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΟΣ ΥΛΙΚΟΥ

#### **ΑΓΚΥΡΩΣΗ**

ΠΟΙΟΤΗΤΑ = 10.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ

$f_{yb} = 900,00$  [MPa] ΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΥ ΑΓΚΥΡΙΟΥ

$f_{ub} = 1000,00$  [MPa] ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΥ ΑΓΚΥΡΙΟΥ

$d = 27$  [mm] ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΧΛΙΑ

$A_s = 4,59$  [cm<sup>2</sup>] ΕΝΕΡΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΟΧΛΙΑ

$A_v = 5,73$  [cm<sup>2</sup>] ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΜΗΣ ΚΟΧΛΙΩΝ

$n_H = 5$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

$n_V = 6$  ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΙΡΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $e_{Hi}$  = 200;200 [mm]

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ  $e_{vi}$  = 140;140;140 [mm]

#### **ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ**

$L_1$  = 100 [mm]

$L_2$  = 750 [mm]

$L_3$  = 170 [mm]

$L_4$  = 135 [mm]

#### **ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ**

$l_{wd}$  = 70 [mm] ΜΗΚΟΣ

$b_{wd}$  = 70 [mm] ΠΛΑΤΟΣ

$t_{wd}$  = 20 [mm] ΠΑΧΟΣ

#### **ΠΤΕΡΥΓΙΟ**

ΔΙΑΤΟΜΗ: HEA 300

$l_w$  = 600 [mm] ΜΗΚΟΣ

ΥΛΙΚΟ S355

$f_{yw}$  = 355,00 [MPa] ΑΝΤΟΧΗ

#### **ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

$l_s$  = 900 [mm] ΜΗΚΟΣ

$h_s$  = 600 [mm] ΥΨΟΣ

$t_s$  = 40 [mm] ΠΑΧΟΣ

$d_1$  = 40 [mm] ΤΟΜΗ

$d_2$  = 40 [mm] ΤΟΜΗ

#### **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ**

$g_{M0}$  = 1,00 ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

$g_{M2}$  = 1,25 ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

$g_C$  = 1,50 ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

#### **ΒΑΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

$L$  = 2000 [mm] ΜΗΚΟΣ ΠΕΔΙΛΟΥ

$B$  = 2000 [mm] ΠΛΑΤΟΣ ΠΕΔΙΛΟΥ

$H$  = 1000 [mm] ΥΨΟΣ ΠΕΔΙΛΟΥ

## ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ C25/30

$f_{ck} = 25,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

## ΣΤΡΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΜΑΤΟΣ

$t_g = 60$  [mm] ΠΑΧΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΜΑ)

$f_{ck,g} = 12,00$  [MPa] ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

$C_{f,d} = 0,30$  ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

## ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

$a_p = 30$  [mm] ΠΛΑΚΑ ΠΕΔΙΛΟΥ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

$a_w = 25$  [mm] ΠΤΕΡΥΓΙΟ

$a_s = 10$  [mm] ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

## ΦΟΡΤΙΑ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: 35: COMB25 1\*1.35+9\*1.50+2\*1.05+3\*0.75

$N_{j,Ed} = -104,22$  [kN] ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

$V_{j,Ed,y} = -0,88$  [kN] ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

$V_{j,Ed,z} = -110,57$  [kN] ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

$M_{j,Ed,y} = 460,46$  [kN\*m] ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΡΟΠΗ

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	0,04 < 1,0	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ	(0,04)
$e_y = 4418$ [mm]	ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		[6.2.8.3]
$z_{c,y} = 280$ [mm]	ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑΣ $F_{C,Rd,y}$		[6.2.8.1.(2)]
$z_{t,y} = 400$ [mm]	ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑΣ $F_{T,Rd,y}$		[6.2.8.1.(3)]
$M_{j,Rd,y} = 479,75$ [kN*m]	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ		[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)	0,90 < 1,00	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ	(0,96)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,y} = 4687,21$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$  0,00 < 1,00 ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,00)

$V_{j,Rd,z} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,z} = 4827,21$  [kN] ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$  0,02 < 1,00 ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,02)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$  0,02 < 1,00 ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,02)

## ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΒΑΣΗΣ

$s^{\wedge} = 30,97$ [MPa]	ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΛΛΗΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t^{\wedge} = 30,97$ [MPa]	ΚΑΘΕΤΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t_{yII} = -0,03$ [MPa]	ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΤΟ $V_{j,Ed,y}$	[4.5.3.(7)]
$t_{zII} = -4,09$ [MPa]	ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΤΟ $V_{j,Ed,z}$	[4.5.3.(7)]
$b_w = 0,90$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$s^{\wedge} / (0,9 * f_u / g_{M2}) \leq 1,0$ (4.1)	$0,09 < 1,00$	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,09)
$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3,0 (t_{yII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1)	$0,14 < 1,00$	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,14)
$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3,0 (t_{zII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1)	$0,10 < 1,00$	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,10)

#### **ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ**

##### **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΤΟΝ ΚΟΡΜΟ (ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ)**

$s^{\wedge} = 97,17$ [MPa]	ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΛΛΗΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t^{\wedge} = 97,17$ [MPa]	ΚΑΘΕΤΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t_{II} = 52,85$ [MPa]	ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$s_z = 214,81$ [MPa]	ΟΛΙΚΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$b_w = 0,90$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1)	$0,49 < 1,00$	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,49)

#### **ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ**

##### **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΤΟΝ ΚΟΡΜΟ (ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ)**

$s^{\wedge} = 72,33$ [MPa]	ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΛΛΗΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t^{\wedge} = 72,33$ [MPa]	ΚΑΘΕΤΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$t_{II} = 68,15$ [MPa]	ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$s_z = 186,71$ [MPa]	ΟΛΙΚΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$b_w = 0,90$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	[4.5.3.(7)]
$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1)	$0,43 < 1,00$	ΕΠΑΛΗΘΕΥΕΤΑΙ (0,43)

**Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ**

**ΛΟΓΟΣ**

**0,90**

## 7 Βιβλιογραφία

1. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2013) - «Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα με παραδείγματα εφαρμογής», Εκδόσεις Κλειδάριθμος
2. Βάγιας Ι., Γαντές Χ., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2013) - «Παραδείγματα εφαρμογής σε ειδικά θέματα μεταλλικών κατασκευών», Εκδόσεις Κλειδάριθμος
3. Ερμόπουλος Ι. - «Ευρωκώδικας 1 – Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών», Εκδόσεις Κλειδάριθμος
4. Ευρωκώδικας 0: Βάσεις σχεδιασμού (EN1990:2002)
5. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών – Μέρος 1-3: Φορτία Χιονιού (EN1991-1-3:2003)
6. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών – Μέρος 1.1: Γενικές Δράσεις- Πυκνότητες, ίδιο βάρος, επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια (EN1991-1-5:2003)
7. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών – Μέρος 1.5: Θερμοκρασιακές Δράσεις (EN1991-1-5:2003)
8. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών – Μέρος 1.4: Δράσεις Ανέμου (EN1991-1-4:2005)
9. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών – Μέρος 3: Φορτία οφειλόμενα σε γερανούς και μηχανές (EN1991-3:2006)
10. Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα – Μέρος 1.8: Γενικοί κανόνες – Σχεδιασμός κόμβων ( EN1993-1-8:2003)
11. Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα – Μέρος 1.1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια (EN1993-1-1:2005)
12. Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα – Μέρος 6: Κατασκευές που υποστηρίζουν γερανούς (EN1993-6:2007)
13. Ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός 2000 – ΕΑΚ 2000
14. Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων – Μέρος 1 (EC8)
15. Ηλεκτρονικές σημειώσεις από τις παραδόσεις των μαθημάτων Σιδηρές Κατασκευές I & Σιδηρές Κατασκευές II