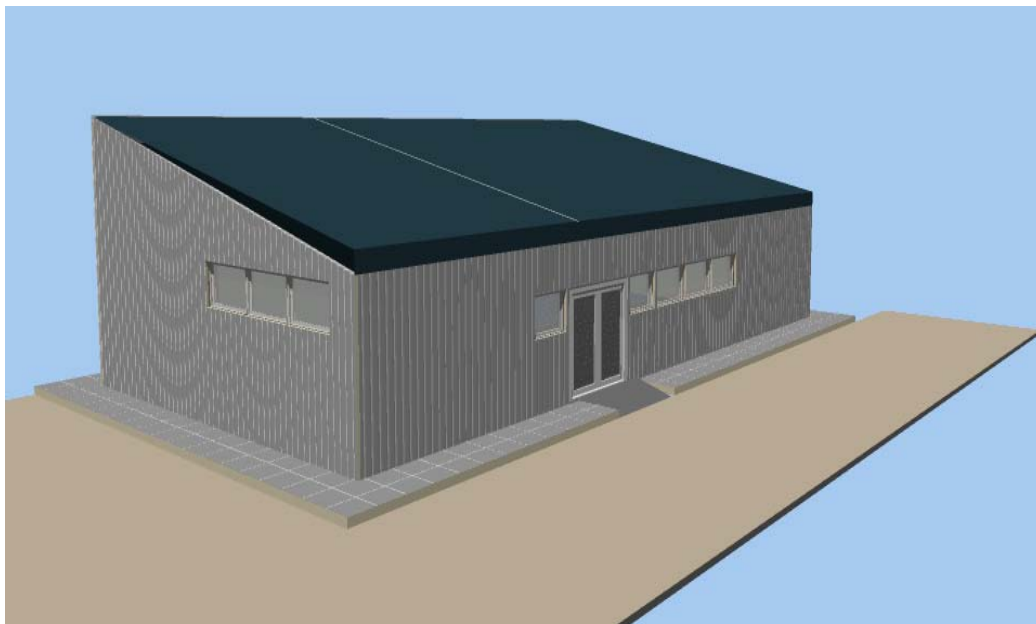


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»**



**ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΜΕΤΑΞΑ ΣΟΦΙΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ : ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΟΥ ΜΑΓΔΑ**

**A.M : 18583**

**ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

**A.M : 25754**

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2007

ΤΕΥΧΟΣ Α'  
ΤΕΥΧΟΣ Α'

*Η εργασία αυτή αφιερώνεται σε έναν Άγγελο που έφυγε άδικα στις αρχές του χρόνου και μας γέμισε θλίψη και σε έναν Άγγελο που θα έρθει σε 5 μήνες και μας έχει γεμίσει χαρά και αισιοδοξία.*

### *Ευχαριστίες*

*Ευχαριστούμε την εισηγήτρια και καθηγήτριά μας κα Σοφία Μεταξά για την αμέριστη συμπαράστασή και βοήθειά της χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η διεκπεραίωση της παρούσης εργασίας , καθώς και τους Κουκουλίδη Γιάννη και Χαρέλη Γρηγόρη , Πολιτικούς Μηχανικούς για την πολύτιμη βοήθεια και την χορήγηση των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της.*

Μετά τιμής  
Αποστολίδου Μάγδα  
Φωτοπούλου Βασιλική

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

### ΜΕΡΟΣ Α΄

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

«ΡΟΛΟΣ - ΣΥΝΘΕΣΗ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ  
ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ»

- 1.1 Γενικά
- 1.2 Ο Ρόλος του Φέροντα Οργανισμού στην Κατασκευή
- 1.3 Η Σύνθεση και τα Υλικά του Φέροντα Οργανισμού

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

«ΧΗΜΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ  
ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ»

- 2.1 Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Ο.Σ.)
- 2.2 Φέρουσα Λιθοδομή
- 2.3 Μέταλλο στη Δόμηση
- 2.4 Ξύλινες Κατασκευές

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

«ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ»

- 3.1 Γενικά Στοιχεία
- 3.2 Μηχανικές Ιδιότητες
- 3.3 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Μηχανική Συμπεριφορά του Χάλυβα

**3.4** Μορφολογικά Στοιχεία των Μεταλλικών Κατασκευών

**3.5** Συνδέσεις Μεταλλικών Κατασκευών

**3.6** Θεμελίωση των Κατασκευών από Χάλυβα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

«ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ Α΄ ΥΛΩΝ»

**4.1** Γενικά

**4.2** Διαθέσιμος Χώρος και Κτιριολογικό Πρόγραμμα

**4.3** Υπολογισμοί και Έλεγχος Μελών της Κατασκευής

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

«ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 ΚΑΙ SAP 2000»

**5.1** Ευρωκώδικας 3 και SAP 2000

**5.2** Έλεγχος Μελών της Κατασκευής με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 3

## **ΜΕΡΟΣ Β΄**

«ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»

**A.** ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

**B.** ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

**Γ.** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΩΝ

**Δ.** ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις στον τομέα των κατασκευών, για ταχύτητα οικονομία και αντισεισμικότητα αυτών, οδήγησε στην ολοένα αυξανόμενη εφαρμογή των μεταλλικών κατασκευών τόσο στη χώρα μας όσο και διεθνώς, γεγονός που τις οδήγησε στο να διαδραματίζουν σημαντικό και εξέχοντα ρόλο, ειδικά όσον αφορά κατασκευές μεγάλης κλίμακας και υψηλών αρχιτεκτονικών απαιτήσεων.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό κατ' αρχή, τη γνωριμία με τις μεταλλικές κατασκευές και τους τρόπους σχεδιασμού αυτών και των συνδέσεων τους, καθώς και τους χρησιμοποιούμενους για τους σκοπούς αυτούς κανονισμούς και λογισμικά. Μέσα από αναλυτική παρουσίαση αυτών, θα επιχειρηθεί η μελέτη, ο σχεδιασμός, η επιμέτρηση και κοστολόγηση μιας τέτοιας κατασκευής η οποία θα χρησιμοποιηθεί ως χώρος αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων, καθώς επίσης και οι απαιτούμενοι έλεγχοι σε αυτή, έτσι ώστε να προκύψει μια εξοικείωση με κατασκευές τέτοιου τύπου.

Η εκπονούμενη εργασία που ακολουθεί έχει ως αντικείμενο τη μελέτη για την κατασκευή κτιριακής εγκατάστασης στην στρατιωτική μονάδα 304 ΠΕΒ (Προκεχωρημένο Εργοστάσιο Βάσης).

Η 304 ΠΕΒ είναι εντεταγμένη χωροταξικά στη Β' βιομηχανική περιοχή Βόλου στην περιοχή του Βελεστίνου και αποτελεί το μεγαλύτερο επισκευαστικό εργοστάσιο του Στρατού Ξηράς και συγχρόνως ένα από τα μεγαλύτερα, όχι μόνο στον Ελλαδικό χώρο, ανακατασκευή και τον εκσυγχρονισμό όλων των τύπων αρμάτων του Γενικού Επιτελείου Στρατού, λόγω του μηχανολογικού του εξοπλισμού και της εμπειρίας του προσωπικού του.

Η μελέτη που θα ακολουθήσει ζητήθηκε κατόπιν προβλήματος που παρουσιάσθηκε στο εργοστάσιο με εκτεθειμένα απόβλητα.

Τα απόβλητα βρίσκονται την παρούσα στιγμή διάσπαρτα στο χώρο του εργοστασίου και είναι τα εξής:

- Υγρά συσσωρευτών σε πλαστικά δοχεία
- Νιτρικά άλατα Καλίου - Νατρίου σε σάκους
- Συγκολλητικές ουσίες MEGUM 100 και 3270 σε μεταλλικά βαρέλια 200kgr
- Έλαιο χαλικυτιρίου, σαπουνέλαιο, (alibration oil), μεταλλικά βαρέλια 200kgr
- Υλικό προστασίας (BLACK) ελαστικού σε μεταλλικά δοχεία.
- Παράθυρα Γερμανίου και λυχνίες σε κιβώτια. Βρίσκονται ορισμένες ποσότητες σε ένα στέγαστρο, ορισμένες σε κοντέινερ και εκτεθειμένα βαρέλια στο χώρο του εργοστασίου.



Μετά από διαγωνισμό αναδείχθηκε εταιρία που της ανατέθηκε η Περισυλλογή - Διαχείριση και καταστροφή τους. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο χρονικό διάστημα που παραμένουν στο εργοστάσιο με συνέπεια να απαιτείται κτιριακή εγκατάσταση για την αποθήκευση τους.

Η παρούσα αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

ΜΕΡΟΣ Α΄

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Ρόλος- σύνθεση - Ιδιότητες και υλικά του Φ.Ο κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Χημικές Φυσικές και Μηχανικές ιδιότητες των υλικών το Φ.Ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Κατασκευές από χάλυβα - Μεταλλικές και σύμμεικτες κατασκευές - Φ.Οργανισμός από ξύλο - Φ.Ο από οπλισμένο σκυρόδεμα (Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα - σύγκριση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Χώροι αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων και επικίνδυνων Α΄ υλών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 ΚΑΙ SAP 2000

ΜΕΡΟΣ Β΄: Αναλυτική περιγραφή της κατασκευής / Τεχνική περιγραφή (Φέροντας οργανισμός, δάπεδα, κουφώματα, επενδύσεις, οροφές) Μελέτη φέροντα οργανισμού / συνδέσεις / οικονομικό τεύχος / Σχέδια ( Αρχιτεκτονική κάτοψη και τομές, φέροντας οργανισμός κάτοψη θεμελίωσης, σχέδια λεπτομερειών θεμελίωσης και συνδέσεων)

Παραρτήματα: Ισχύουσα νομοθεσία για χώρους αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων και επικίνδυνων Α υλών.

Τοπογραφικό Διάγραμμα, Στατική Μελέτη και Υπολογισμός Εντατικών μεγεθών σχεδιασμού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>0</sup>

### «ΡΟΛΟΣ - ΣΥΝΘΕΣΗ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ»

---

#### 1.1 Γενικά

Τα σημαντικά κτίρια άλλων εποχών κτίζονταν όλα με όμοια τεχνολογία που κυρίως είχε προκύψει:

- Από τις τεχνικές δυνατότητες της εποχής
- Από τις κοινωνικές και περιβαλλοντολογικές αιτίες

Με βάση τις τεχνικές δυνατότητες της κάθε εποχής διαπιστώνεται , ότι τα κτίρια αυτά ικανοποιούσαν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες που για αυτές προορίζονταν.

Αιτίες της επιτυχίας των κτιρίων αυτών είναι:

- ✓ Η δοκιμασμένη στο χρόνο (παραδοσιακή) τεχνολογία που χρησιμοποιούσαν
- ✓ Η βαθιά γνώση που είχαν οι αρχιμάστοροι της εποχής για τα υλικά και τις τεχνολογίες που εφάρμοζαν

Η βιομηχανική όμως επανάσταση των μέσων του 18<sup>ου</sup> αιώνα προκαλεί όχι μόνο μεγάλες αλλαγές στην κοινωνία και την ανθρώπινη σκέψη αλλά δημιουργεί νέες τεχνολογίες και νέο τρόπο ζωής (αστυφιλία). Όλα αυτά κάποια στιγμή μεταφράζονται σε μια νέα αρχιτεκτονική έκφραση πολύ διαφορετική από την προηγούμενη με τη δημιουργία:

- Νέων τύπων κτιρίων
- Νέων δομικών υλικών και στοιχείων και
- Νέων τρόπων δόμησης

Οι μεγαλύτερες ομάδες εργασιών που συντελούνται μέχρι την πραγματοποίηση της κατασκευής και που συνιστούν κατασκευαστικές ενότητες, επειδή έχουν χαρακτηριστική η κάθε μια λειτουργία, είναι οι παρακάτω:

- α)** Ο Φέρων Οργανισμός της κατασκευής (Φ.Ο.).
- β)** Το εξωτερικό περίβλημα (εξωτερικοί τοίχοι - κατώτερο πάτωμα - ανώτερο πάτωμα).
- γ)** Περίβλημα εσωτερικών χώρων (εσωτερικά χωρίσματα - δάπεδα και οροφές - μηχανικά μέσα κυκλοφορίας).
- δ)** Περιβάλλοντας χώρος (κατασκευές σε επαφή με το εξωτερικό περίβλημα - κατασκευές σε απόσταση).

## **1.2 Ο Ρόλος του Φέροντα Οργανισμού στην κατασκευή**

Όλες οι κατασκευές για να εξυπηρετήσουν τους σκοπούς για τους οποίους κτίστηκαν έχουν ανάγκη να στηριχθούν στο έδαφος και ταυτόχρονα να δημιουργούν στεγασμένους αλλά και απαλλαγμένους από δομικά στοιχεία χώρους που να προσφέρονται για τη λειτουργία του οικοδομήματος (κατοικία,

γραφεία, γκαράζ, αποθήκες, χώροι κοινωνικής συνάθροισης κ.λ.π.)

Η εξασφάλιση των χώρων αυτών γίνεται με ποικίλα υλικά (λίθοι, ξύλα, σίδηρο, οπλισμένο σκυρόδεμα, πλαστικό κ.λ.π.). Τα υλικά αυτά μπορεί μόνο να περικλείουν κι έτσι να δημιουργούν τους χώρους, μπορεί όμως ταυτόχρονα και να αντέχουν να κρατήσουν τα φορτία που τους επιβάλλονται (από τα δικά τους βάρη, από τις εξωτερικές συνθήκες λειτουργίας) και να μεταβιβάσουν τα φορτία αυτά στο έδαφος με ασφάλεια.

Μπορούμε όμως και να διαφοροποιήσουμε τις λειτουργίες αυτές και με την πρόβλεψη δομικών στοιχείων, που αποκλειστικό σκοπό έχουν να παραλαμβάνουν και να μεταβιβάζουν τα φορτία όλων των υπόλοιπων κατασκευών, όπως επίσης και τα δικά τους βάρη στο έδαφος. Οι τοίχοι ενός λιθόκτιστου σπιτιού αποτελούν και τα υλικά διαμόρφωσης του εσωτερικού χώρου άλλα και το Φ.Ο. για τα φορτία της στέγης και το δικό τους βάρος.

Οι στύλοι και οι δοκοί μια πολυκατοικίας αποτελούν μόνο το Φ.Ο., δηλαδή το σκελετό που σηκώνει όλα τα φορτία. Εδώ λοιπόν ο Φ.Ο. έχει αποκλειστικά και περιορισμένα την αποστολή εξασφάλισης της αντοχής του κτιρίου.

Συνεπώς κύριος ρόλος του Φ.Ο. είναι όπως εξ' άλλου υπονοεί και ο όρος να φέρει τα φορτία και να τα μεταβιβάζει στο έδαφος. Η κατασκευή πρέπει να αντιδρά στα φορτία χωρίς να παραμορφώνεται ή να καταρρέει και να μεταβιβάζει τις δυνάμεις μέσω των οριζοντίων στοιχείων στα κατακόρυφα.

### **1.3 Η σύνθεση και τα υλικά του Φέροντα Οργανισμού**

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι για να μεταφερθούν τα φορτία στο έδαφος απαιτούνται οριζόντια και κατακόρυφα φέροντα δομικά στοιχεία που να αντέχουν και να είναι άκαμπτα όταν υφίστανται τις καταπονήσεις από τα διάφορα συγκεντρωμένα ή κατανεμημένα φορτία (σταθερά ή κινητά). Τα στοιχεία αυτά στις συνηθισμένες κατασκευές, που είναι ταυτόχρονα και κατασκευές μικρής σχετικά κλίμακας (μικρά ανοίγματα, περιορισμένη ύλη εσωτερικών χώρων) είναι είτε γραμμικά (δοκίδες, τοιχία πατωμάτων, δοκοί, υποστυλώματα) είτε επιφανειακά (τοιχία, πλάκες) κατασκευασμένα συνήθως από:

- Οπλισμένο σκυρόδεμα
- Σίδηρο
- Ξύλο

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται τα γραμμικά και τα επιφανειακά στοιχεία διαμορφώνουν 3 τύπους Φέροντα Οργανισμού:

- Τους σκελετούς
- Τα φέροντα τοιχία
- Μικτές κατασκευές

Κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους Φ.Ο. προσφέρει συγκεκριμένες δυνατότητες διαμόρφωσης χώρων κι αρχιτεκτονικής έκφρασης. Έτσι οι σκελετοί έχουν τη δυνατότητα να διαμορφώσουν χώρους ανοικτούς και διαμπερείς με διαχωριστικά χωρίσματα που μπορεί να είναι από οποιοδήποτε υλικό ελαφρό ή συμπαγές (ξύλο, γυαλί, τούβλο, συνθετικά υλικά, πάνελς κ.λ.π.). Αντίθετα όταν χρησιμοποιούνται φέροντα στοιχεία, οι εσωτερικοί χώροι αποκτούν κατεύθυνση και περιορίζουν το ανοικτό του χώρου. Τα ανοίγματα μεταξύ των

εσωτερικών χώρων είναι περιορισμένου μεγέθους ώστε να μη μειώνεται η αντοχή και η ακαμψία των στοιχείων.

Κάθε Φέρων Οργανισμός για να αντέξει στις καταπονήσεις και να μην παραμορφωθεί ή να μην καταρρεύσει πρέπει να έχει 3 βασικά χαρακτηριστικά - ιδιότητες:

- ✓ Ευστάθεια
- ✓ Αντοχή
- ✓ Ακαμψία

Η ευστάθεια είναι μία ταυτόχρονα απλή και πολύπλοκη ιδιότητα. Μια σανίδα σταθεροποιείται είτε όταν υπάρχει ένα αντίβαρο στη συγκεντρωμένη δύναμη που ασκείται στο ένα άκρο της, είτε όταν καρφωθεί στο άλλο άκρο. Ευστάθεια για να μη σπάσει απαιτείται και σε μία ράβδο (υποστύλωμα) που φορτίζεται με μία δύναμη κατά μήκος του άξονα του. Το φαινόμενο της καταπόνησης της ράβδου ονομάζεται λυγισμός κι εξαρτάται από την ένταση της δύναμης που ασκείται σε μία ράβδο, το μήκος της, το υλικό της, τη μορφή της χρησιμοποιούμενης διατομής και από τον τρόπο στήριξης της ράβδου στα δύο άκρα της.

Δηλαδή εάν πακτώνετε στα δύο άκρα το μήκος λυγισμού που λαμβάνεται είναι μικρότερο από τις περιπτώσεις που το ένα της άκρο είναι ελεύθερο ή και τα δύο της άκρα ελεύθερα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>0</sup>

### «ΧΗΜΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ»

---

#### 2.1 Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Ο.Σ.)

Το υλικό το οποίο θεωρείται ως το κατ' εξοχήν υλικό δόμησης τόσο για τη χώρα μας όσο και σε διεθνές επίπεδο είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο.Σ.).

Η γαλλική λέξη μπετόν έχει τις ρίζες της στη λατινική λέξη bitumen = λάσπη και χαρακτηρίζει ένα τεχνητό πέτρωμα που προκύπτει από τη χημική σύνθεση συνδετικών υλικών, πρόσθετων ορυκτών (αδρανών) και νερού. Τα συνδετικά υλικά περιτυλίζουν τους κόκκους των αδρανών και δημιουργούν τη συνοχή. Οι κόκκοι των αδρανών στο μπετόν φθάνουν μέχρι διάμετρο 63mm σε σύγκριση με εκείνους των κονιαμάτων (max4mm).

Η τεχνολογία του μπετό όπως, το γνωρίζουμε σήμερα, άρχισε στην Αγγλία με τη βιομηχανική παραγωγή του τσιμέντου (λατ. Caementrum = θρυμματισμένος ή απεξέργαστος λίθος), που πήρε

το όνομα του από τον ασβεστόλιθο που χρησιμοποιούταν στο τσιμέντο Portland. Η αναλογία 2/3 ασβέστη και 1/3 πηλού ήταν επιτυχής.

Το μπετόν όταν άρχισε να επικρατεί και χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με το σίδηρο (οπλισμένο σκυρόδεμα) περί τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, από τους Άγγλους και τους Γάλλους, τεχνική που ήταν επίσης γνωστή και από τους Ρωμαίους που χρησιμοποιούσαν οπλισμό από ορειχάλκινες βέργες. Ο Άγγλος Hayatt αναγνώρισε πρώτος ότι μπετόν και χάλυβας έχουν πρακτικά τον ίδιο βαθμό διαστολής και με σωστό συνδυασμό και τοποθέτηση, το μπετόν αναλαμβάνει τις θλιπτικές δυνάμεις και το σίδηρο τις δυνάμεις εφελκυσμού. Τα πρώτα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για οπλισμένο σκυρόδεμα απέκτησε ο παριζιάνος κηπουρός Joseph Monier το 1867 πάνω σε κατασκευές δοχείων, πλακών, δοκών, σωλήνων κ.λ.π. Δούλεψε χωρίς στατικές γνώσεις και θεωρίες που αναπτύχθηκαν κατόπιν εμπειρικά και υπολογιστικά από Μηχανικούς.

Η δομή του σκυροδέματος (τύπος, ποσότητα, μέγεθος, σχήμα, και κατανομή των διαφόρων φάσεων) είναι εξαιρετικά ανομοιογενής και περίπλοκη, και ακόμη και σήμερα δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως οι σχέσεις δομής και ιδιοτήτων του υλικού. Παρόλα αυτά, η κατανόηση των βασικών στοιχείων της δομής του σκυροδέματος θεωρείται ιδιαίτερα απαραίτητη για να εξηγηθούν οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τις σημαντικότερες ιδιότητες του (αντοχή, ελαστικότητα, συστολή, ερυσμός, ρηγμάτωση, ανθεκτικότητα σε διάρκεια).

Μια πρώτη μακροσκοπική εξέταση του υλικού (δηλαδή με γυμνό μάτι, οπότε και διακρίνονται οι φάσεις με διαστάσεις περίπου 0,2mm) δείχνει ότι το σκυρόδεμα αποτελείται από



αδρανή (άμμος, χαλίκι, σκύρα) διαφόρων σχημάτων και μεγεθών που είναι συγκολλημένα μεταξύ τους μέσω του ενυδατωμένου τσιμεντοπολτού, που είναι το προϊόν της αντίδρασης του νερού με το τσιμέντο. Η πολυπλοκότητα της δομής του σκυροδέματος αποκαλύπτεται σε μικροσκοπικό επίπεδο (δηλαδή με παρατήρηση μέσω ηλεκτρονικού οπτικού μικροσκοπίου), οπότε επιτυγχάνεται μεγέθυνση έως  $10^5$  περίπου, όπου παρατηρούνται τα παρακάτω φαινόμενα:

Πρώτον, διακρίνεται μια τρίτη φάση, η μεταβατική ζώνη, η οποία αντιπροσωπεύει την περιοχή της διεπιφάνειας μεταξύ των μεγάλων αδρανών και του τσιμεντοπολτού και έχει πάχος 10-15μm περίπου. Η ζώνη αυτή είναι γενικά ασθενέστερη από τα προαναφερθέντα συστατικά του σκυροδέματος και επηρεάζει σημαντικότερα τη μηχανική συμπεριφορά του.

Δεύτερον, η κάθε μια από τις παραπάνω φάσεις είναι από τη φύση της πολυφασική. Για παράδειγμα, τα αδρανή αποτελούνται από διάφορα ορυκτά, μικρορωγμές και κενά, ενώ ο τσιμεντοπολτός αλλά και η μεταβατική ζώνη αποτελούνται από διάφορα στερεά σωματίδια, πόρους και μικρορωγμές.

Τρίτον, η δομή του σκυροδέματος δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται με το χρόνο, την υγρασία του περιβάλλοντος και τη θερμοκρασία.

Το μπετόν σήμερα υπάρχει σε μεγάλη ποικιλία και ανάλογα με τη σύνθεση του ανταποκρίνεται στις διαφορετικότερες στατικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις. Χωρίς απώλειες και με σχετικά λίγη εργασία χύνεται σε προετοιμασμένα καλούπια ("τύπους") οποιασδήποτε μορφής και αποτελεί το πρότυπο των σύγχρονων δομικών υλικών. Το μπετόν, ειδικά οπλισμένο σκυρόδεμα, είναι ενδεδειγμένο υλικό για φέροντα οικοδομικά στοιχεία για

σκελετούς, τοίχους, πλάκες, επίπεδους φορείς, πλαίσια κ.λ.π. Οι κατηγορίες που ακολουθούν είναι οι πιο συνήθεις όταν αναφερόμαστε στο σκυρόδεμα:

- Το ελαφρομπετόν ( $2t/m^3$ ) εκτός από ελαφρά αδρανή όπως κίσηρη, πηλό, στάχτη, λάβα, μπορεί να περιέχει και υλικά που δημιουργούν πόρους ή το καθιστούν αφρώδες.
- Το κανονικό μπετόν ( $2t/m^3$  έως  $2,8t/m^3$ ), έχει ως αδρανή άμμο και χαλίκι (σκύρα). Όταν δεν υπάρχει περίπτωση σύγχυσης με ελαφρομπετόν ή βαρύ μπετόν χρησιμοποιούμε για αυτή την κατηγορία τον όρο "μπετόν".
- Το μπετόν υψηλής αντοχής (άνω των  $2,8t/m^3$ ) που περιέχει και μαγνησίτη ή σιδηράλευρο και χρησιμοποιείται στις κατασκευές αντιδραστήρων.

Η Αντοχή του μπετόν σε θλίψη ανάλογα με την ποσότητα του περιεχόμενου τσιμέντου, αρχίζει από  $5Nt/mm^2$  και φθάνει άνω των  $60Nt/mm^2$  ( $500 - 600kp / cm^2$ ). Οι κατηγορίες αντοχής είναι :

- Μπετόν Β Ι κλάσεως Β5 και Β25
- Μπετόν ΒΙΙ κλάσεως Β35 και άνω με ιδιαίτερες ιδιότητες

Οι χαρακτηρισμοί αυτοί αφορούν τη θλιπτική αντοχή

Το ότι το σκυρόδεμα είναι το υλικό που παρουσιάζει την ευρύτερη χρήση από όλα τα άλλα δομικά υλικά στη χώρα μας, οφείλεται κυρίως στον εξαιρετικά ευνοϊκό συνδυασμό ιδιοτήτων και κόστους και ειδικότερα:

**α)** Το σκυρόδεμα σαν δομικό υλικό έχει μεγάλη πυκνότητα και αν σε αυτή του την ιδιότητα προσθέσουμε και τις διάφορες τεχνικές μείωσης του λόγου  $N/T$  (με τη χρήση διάφορων χημικών προσμίξεων), τότε του προσδίδεται μικρή απορροφητικότητα, υδατοπερατότητα και υγροσκοπικότητα. Αποτέλεσμα των

παραπάνω είναι η ικανότητα που αποκτά το υλικό στο να ανθίσταται στην εισροή νερού στον πυρήνα του, γεγονός που θα οδηγούσε στη γρήγορη διάβρωση του (για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την ύπαρξη υδραγωγείων από σκυρόδεμα, τα οποία κατασκευάστηκαν στη ρωμαϊκή εποχή).

**β)** Χωρίς απώλειες και με σχετικά λίγη εργασία, χύνεται σε προετοιμασμένα καλούπια ("τύπους") οποιασδήποτε μορφής και σχήματος και αποτελεί πρότυπο των σύγχρονων δομικών υλικών.

**γ)** Η υψηλή αντοχή του σκυροδέματος που ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί, μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε τοίχους και άλλα δομικά στοιχεία με σχετικά μικρά πάχη γεγονός που οδηγεί σε κέρδος σε ωφέλιμη επιφάνεια χώρων.

**δ)** Η θερμοαπορροφητικότητα του μπετόν, είναι λόγω του μεγάλου βάρους του πολύ καλή και ειδικά σε εσωτερικούς χώρους βοηθά στην επίτευξη ευχάριστου κλίματος.

**ε)** Το μπετόν με την πυκνότητα του και το υψηλό ειδικό βάρος του, έχει καλή μονωτικότητα για αερόφερτους ήχους και πολύ καλή για ήχους των σωμάτων.

Παρά τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει το σκυρόδεμα ως υλικό δόμησης, παρουσιάζει και σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία εντοπίζονται στα παρακάτω σημεία:

**α)** Η Διάρκεια ζωής του σκυροδέματος συνδέεται άμεσα με την αντοχή του και την ανθεκτικότητά του, οι οποίες μειώνονται στη διάρκεια του χρόνου λόγω φυσικών αιτίων. Τα φυσικά αυτά αίτια κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες που σχετίζονται με την επιφανειακή φθορά και τη ρηγμάτωσή του.

Στην επιφανειακή φθορά συγκαταλέγονται:

- Η απότριψη

- Η υδροφθορά

- Η σπηλαιώση

Στη ρηγματώση, δε , συγκαταλέγονται:

- Μεταβολή του όγκου λόγω διαφορών στη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος.

- Επιβαλλόμενα φορτία: Σχεδιασμού - Υπερφόρτωση - Ερπυσμός - Διαφορική Καθίζηση - Σεισμός.

- Ακραίες θερμοκρασίες.

**β)** Ο Φ.Ο. από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί ένα ενιαίο κομμάτι γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα ένα τυχόν φθαρμένο στοιχείο του να μην μπορεί να αντικατασταθεί παρά μόνο να επιδιορθωθεί τοπικά με κίνδυνο η επικείμενη φθορά να προχωρήσει και στον υπόλοιπο οργανισμό.

γ) Τείθονται ορισμένοι περιορισμοί στη χρησιμοποίηση του αναλόγως των καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα απαγορεύεται η διάστρωση "ρίξιμο" του σκυροδέματος σε υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες.

**δ)** Ενώ παρουσιάζει μεγάλη θερμοαπορροφητικότητα η θερμομονωτικότητα του είναι μικρή και για αυτό το λόγο χρειάζεται απαραίτητα πρόσθετη θερμομόνωση μια κατασκευή ενώ προϋπόθεση για τη χρήση του αποτελεί η ύπαρξη κεντρικής θέρμανσης στην κατασκευή έτσι ώστε να μην υπάρχουν από χώρο σε χώρο μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας.

ε) Επειδή, όπως προαναφέρθηκε υπάρχει συνοχή των στοιχείων της κατασκευής από σκυρόδεμα είναι απαραίτητη η πρόσθετη μόνωση για την αποφυγή μετάδοσης των κρουσιγενών ήχων.

Παρότι στη χώρα μας ο συνηθέστερος τρόπος σύνθεσης της φέρουσας κατασκευής είναι η χρήση του σκυροδέματος με οπλισμό υπάρχουν και τρόποι οι οποίοι είναι λιγότερο

διαδεδομένοι όπως η φέρουσα λιθοδομή και ο μεταλλικός ή και ξύλινος Φ.Ο.

## **2.2 Φέρουσα Λιθοδομή**

Χιλιάδες χρόνια πριν, ένα πρωτόγονο μίγμα χώματος και νερού βοηθούσε στο να μετατραπεί ένας σωρός από πέτρες (λίθους) σε έναν κατοικήσιμο χώρο. Από τότε μέχρι σήμερα μια πολύπλοκη και πολυπολιτισμική αλλαγή τόσο σε τεχνικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο έλαβε χώρα, αλλάζοντας διαρκώς τον τρόπο που χτίζουμε οδηγώντας μας σε έναν πιο σύγχρονο τρόπο δόμησης και αρχιτεκτονικής.

Η ανάπτυξη των καμίνων στη Μεσοποταμία γύρω στο 2450π.Χ παρείχε ένα μεγάλο άλμα εμπρός στην τεχνολογία της κατασκευής των κτιρίων. Κατασκεύασαν ασβεστοκονίαμα, το οποίο ήταν κατά πολύ ισχυρότερο και ανθεκτικό από τη λάσπη με άχυρο που χρησιμοποιούταν έως εκείνη τη στιγμή, υλικό το οποίο έδενε ισχυρότερα τις λίθινες κατασκευές. Αυτό σήμαινε κτίρια μεγαλύτερα, ισχυρότερα και εξαιρετικά δαιδαλώδη.

Σε μερικά μέρη του κόσμου, όπως και στην Ελλάδα, τα κτίρια κατασκευάζονταν από συμπαγή λίθινο Φέροντα Οργανισμό, τύπος κατασκευής που επικράτησε για περίπου 4000 χρόνια. Η αρχή κατασκευής αυτών των κτιρίων είχε τη βάση της στην ικανότητα της πέτρας να φέρει το βάρος της κατασκευής και να ανθίσταται σε εξωτερικές επιδράσεις (καιρικές συνθήκες και

φαινόμενα). Η ζέστη και η υγρασία ελέγχονται καθώς απορροφώνται αργά και κατανέμονται στην πυκνή μάζα της λιθοδομής που παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα να αποθηκεύει και τα δύο χωρίς όμως να τους επιτρέπει να εισχωρήσουν στο εσωτερικό της κατασκευής. Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε πως ο φέρων οργανισμός από λιθοδομή λειτουργεί σαν σφουγγάρι και όχι σαν φράγμα και είναι τόσο υδροαπορροφητικός όσο και μονωτικός.

Η μέθοδος δόμησης με πέτρες βασιζόταν περισσότερο στην εμπειρία των τεχνιτών παρά στο λεπτομερή και μελετημένο σχεδιασμό της κατασκευής. Χρόνο με το χρόνο οι τεχνίτες έμαθαν από τα λάθη του παρελθόντος και βελτίωσαν τις κατασκευές τους ανάλογα. Έτσι αυτή η διαδικασία δοκιμής - σφάλματος παρείχε στους τεχνίτες έναν πλούτο κατευθυντηρίων που οδήγησε στην κατασκευή και ανέγερση ασφαλών κτιρίων.

Από τη βιομηχανική επανάσταση έως και τις μέρες μας κάτοικοι μεταφέρθηκαν από τους παραδοσιακούς οικισμούς, όπου ως επί το πλείστον κατοικούσαν σε κατασκευές από πέτρα, ενώ σήμερα επικρατεί μια τάση επανόδου σε τέτοιου είδους δόμηση τόσο στις πόλεις όσο και στην ύπαιθρο.

Ο φέρων οργανισμός από λιθοδομή προσφέρει:

- ✓ Ασφάλεια
- ✓ Ικανοποιητική θερμομόνωση - οικονομία ενέργειας και θέρμανσης
- ✓ Ηχομόνωση
- ✓ Αισθητική και λειτουργικότητα

- **Θερμομόνωση**

Αναλυτικότερα για τη θερμομόνωση, μπορούμε να εστιάσουμε στο γεγονός ότι ο άνθρωπος έχει την ανάγκη να ζει σε χώρους που οι θερμοκρασίες τους βρίσκονται σε πλαίσια που του προσφέρουν άνεση. Αυτό σημαίνει ότι είναι επιθυμητό, η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου του κτιρίου να διαφοροποιείται από αυτή του περιβάλλοντος ανάλογα με τις ανάγκες. Η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση κλιματισμού, συνεπάγεται και κατανάλωση ενέργειας. Το κέλυφος του κτιρίου προσφέρει το περίβλημα που προστατεύει από τις καιρικές συνθήκες άλλα από μόνο του δεν αρκεί. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά, τα οποία δεν είναι σε θέση να αποτρέψουν τη μεταφορά της θερμότητας, επιτυγχάνουν όμως την καθυστέρηση της μεταφοράς αυτής.

Το πάχος όμως των τοίχων των κτιρίων που είναι κατασκευασμένα με φέρουσα λιθοδομή παρέχει άριστη προστασία κατά τις ψυχρές περιόδους και τη συνεταγόμενη οικονομία καυσίμων. Έχει επίσης εκτιμηθεί ότι η οικονομία στις δαπάνες θέρμανσης αντισταθμίζει το κόστος επιλογής μίας καλής μόνωσης. Στην περίπτωση της φέρουσας λιθοδομής αυτή η λύση παρέχεται δωρεάν επειδή προϋπάρχει.

#### ▪ Ηχομόνωση

Όπως συμβαίνει με τον αντίλαλο, που όταν ο ήχος προσκρούει σε μια βραχώδη πλαγιά, αντανακλάται πιο δυνατός, από ότι σε μια πλαγιά με βλάστηση, έτσι συμβαίνει και στα κτίρια. Κάθε υλικό προσφέρει διαφορετικό επίπεδο ηχομονωτικών ιδιοτήτων. Είναι γνωστό πως ο ήχος μεταδίδεται στο χώρο ως αόρατα κύματα. Όταν αυτά προσκρούσουν σε κάποιο υλικό, δονούνται

και αυτό δημιουργεί ένα νέο κύμα. Όταν το υλικό στο οποίο προσκρούει ο ήχος δεν ταλαντώνεται εύκολα, τότε ο ήχος μεταδίδεται ασθενέστερα.

Στην περίπτωση των πέτρινων κτιρίων, ισχύουν και τα δύο περισσότερο από ότι σε μια σύγχρονη κατασκευή. Γι αυτούς και για κάποιους πιο περίπλοκους λόγους, το κέλυφος της λίθινης κατασκευής προσφέρει ικανοποιητικό ηχομονωτικό αποτέλεσμα.

#### ▪ Ασφάλεια

Είναι γνωστό ότι η δύναμη που ασκείται από ένα βάρος σε μια επιφάνεια, έχει σχέση με την επιφάνεια στήριξης. Αν επιχειρήσουμε να καρφώσουμε ένα καρφί ανάποδα, θα είναι πάρα πολύ δύσκολο διότι το «κεφάλι» έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από ότι η « μύτη» του καρφιού.

Στην περίπτωση των λίθινων κτιρίων το βάρος τους μεταφέρεται σε όλη την έκταση όπου εδράζονται οι τοίχοι τους πάχους γύρω στα 70cm και μεγάλου μήκους. Σε μια σύγχρονη κατασκευή το βάρος του κτιρίου μεταφέρεται στη επιφάνεια που καταλαμβάνουν στο έδαφος συνολικά όλα τα πέδιλα, που είναι λιγότερη από ότι στα πέτρινα κτίρια. Από άποψης θεμελίωσης οι πέτρινες κατασκευές υπερέχουν σημαντικά των σύγχρονων. Ακόμη και στην περίπτωση σεισμού, οι κινήσεις των τοίχων προκαλούν μικρομετακινήσεις ανάμεσα στις δομικές πέτρες που έτσι τρίβονται μεταξύ τους και με τη λάσπη που τις συνδέει. Αυτή η χαλαρή μετακίνηση είναι σε θέση να απορροφήσει ένα μεγάλο μέρος της σεισμικής διέγερσης. Φυσικά είναι απαραίτητη η προσεκτική επισκευή και συντήρηση των στοιχείων που δεν βρίσκονται σε καλή κατάσταση, πάντοτε με τις συμβουλές των ειδικών. Η εμπειρία έχει δείξει ότι τυχαίες επεμβάσεις είναι συχνά μοιραίες.



### ▪ **Αισθητική και λειτουργικότητα**

Πρόκειται για παρεξηγημένες έννοιες. Όταν γίνεται αναφορά στη συντήρηση πέτρινων κτιρίων δε νοείται κατ' ανάγκη επαναφορά στην αρχική τους κατάσταση που μπορεί να είναι όμορφη αλλά λιγότερο λειτουργική. Επιτρέπονται παρεμβάσεις που χωρίς να αλλοιώνουν τη βασική αρχιτεκτονική και τυπολογία, δημιουργούν τις προϋποθέσεις για άνετη διαβίωση, σύμφωνα με τις σύγχρονες συνθήκες αναγκών. Η σημειολογία του χώρου δεν είναι μονοσήμαντη έννοια.

Στον αντίποδα των παραπάνω πλεονεκτημάτων της πέτρινης κατασκευής βρίσκονται και αρκετά σημαντικά μειονεκτήματα.

Η χρήση της πέτρας που αποτέλεσε και τον παραδοσιακό τρόπο κατασκευής κατοικιών στη χώρα μας έχει παραγκωνιστεί τα τελευταία 30 χρόνια μιας και το κόστος αλλά και ο χρόνος κατασκευής είναι απαγορευτικά στις μέρες μας. Πλέον δεν υπάρχουν τεχνίτες που μπορούν να ασχοληθούν με την κατασκευή και ο χρόνος απόσβεσης του κόστους της κατασκευής είναι μεγάλος.

Η πληθώρα όμως αυτών των κατασκευών στην Ελλάδα και με τη σκέψη της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, ωθεί τους φορείς του κράτους να θεσπίσουν ουσιαστικά κίνητρα για τη διάσωση και συντήρηση των κατασκευών αυτών, γεγονός που οδηγεί σε άνθιση της ανακαίνισης όλων αυτών των κτιρίων.

## **2.3 Μέταλλο στη δόμηση**

Ο σίδηρος δεν είναι νέο υλικό. Η χρήση του ξεκινά από την προϊστορική εποχή. Στα κτίρια, όπως της κλασσικής αρχαιότητας, ο σίδηρος χρησιμοποιήθηκε με την ακραία οικονομία. Τόσο οι

Έλληνες όσο και οι Ρωμαίοι προτιμούσαν το μπρούντζο για τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητά του στις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Ακόμη και η Αναγέννηση δεν είχε μεγάλη εμπιστοσύνη στο σίδηρο σαν υλικό κατασκευής γι' αυτό και χρησιμοποιούταν σε συνδέσεις ή σε διάφορες δευτερεύουσες κατασκευές όπως κάγκελα, διακοσμητικά κ.λ.π.

Οι λόγοι που ο σίδηρος δεν συμμετείχε για τόσους αιώνες στις δομικές κατασκευές δεν ήταν μόνο η μικρή του ανθεκτικότητα στις ατμοσφαιρικές αλλαγές και η έλλειψη κλασικών προηγούμενων μοντέλων, αλλά και η δύσκολη και περιορισμένη παραγωγή του. Πράγματι όλα τα μέταλλα και βέβαια μεταξύ αυτών και όλα τα οποία χρησιμοποιούνται για πρωτεύουσες κατασκευές, δηλαδή ο σίδηρος ο χάλυβας και το αλουμίνιο, προκύπτουν μετά από επεξεργασία και δε χρησιμοποιούνται στη δόμηση αυτούσια όπως τα παίρνουμε από τη φύση, όπως για παράδειγμα το ξύλο ή η πέτρα έτσι λοιπόν, η ευρύτητα της χρησιμοποίησης του σιδήρου στη δόμηση, οι μορφές με τις οποίες χρησιμοποιείται καθώς και οι μέθοδοι συνδέσεων και προστασίας του, ακολουθούν πιστά τα βήματα της βιομηχανικής και τεχνολογικής εξέλιξης.

Η βιομηχανική επανάσταση θεωρείται και η κατ' εξοχήν αρχή της συστηματικής χρησιμοποίησης του σιδήρου στις δομικές κατασκευές. Οι πρώτες μεταλλικές κατασκευές κατασκευάστηκαν από χυτοσίδηρο και ήταν σιδηροδρομικές γέφυρες, δοκοί και υποστυλώματα για στέγες κτιρίων.

Ο σίδηρος ο χάλυβας και το αλουμίνιο σπάνια χρησιμοποιούνται στις κατασκευές καθαρά (δηλαδή χωρίς προσμίξεις) ενώ αναμειγνυόμενα με άλλα μέταλλα η αμέταλλα στοιχεία δημιουργούν κράματα. Αυτά συχνά εμφανίζουν

ιδιότητες πολύ ανώτερες των απλών μετάλλων και σε αυτά οφείλεται η μεγάλη ανάπτυξη των μεταλλικών κατασκευών. Ανάλογα με τις προσμίξεις που έχουν τα κράματα, επηρεάζονται σημαντικά και οι ιδιότητες τους.

Σημαντική πρόσμιξη, καθοριστικής σημασίας είναι ο άνθρακας και ανάλογα με την επί τοις εκατό περιεκτικότητα του σε κάποιο κράμα, βελτιώνονται οι μηχανικές ιδιότητες του όπως η αντοχή σε εφελκυσμό, η σκληρότητα κ.λ.π.

Ανάλογα με την εποχή και τις τεχνολογικές της δυνατότητες το μέταλλο ξεκίνησε από χυτές και σφυρήλατες κατασκευές. Είναι προφανές ότι οι μέθοδοι αυτές που απαιτούσαν ειδικά καλούπια για τα χυτά στοιχεία και πάρα πολύ εργασία για τα σφυρήλατα δεν ευνοούσαν την πλατειά διάδοση της μεταλλικής κατασκευής. Με την πρόοδο της τεχνολογίας το μέταλλο απέκτησε τρόπους κατεργασίας όπως: έλαση, όλκυση, εφέλκυση κ.λ.π. που έδωσαν τις σημερινές μορφές και διατομές διαφόρων σχημάτων: λαμαρίνες, κοίλες διατομές, σωλήνες, σύρματα κ.λ.π. Όλες αυτές οι μορφές του υλικού τυποποιήθηκαν και συστηματοποιήθηκαν ως προς τις διατομές και τα μεγέθη διεθνώς. Με την βελτίωση των τεχνολογικών δυνατοτήτων και την εξέλιξη των κραμάτων αξιοποιούνται περισσότερο οι θετικές ιδιότητες του υλικού και γίνεται περισσότερο εξειδικευμένη η χρήση του. Όπως αναφέραμε και πριν, δικτυώματα και τένοντες υπό μορφή καλωδίων αξιοποιούν πλήρως την αντοχή του σε εφελκυσμό, χωρίς να εκλείψουν τελείως χυτά και ειδικά για κάποιο συγκεκριμένο έργο, μεταλλικά στοιχεία, τα οποία εμφανίζονται μόνο σε περιορισμένες άλλα και σημαντικές περιπτώσεις όπως το κτίριο Pompidou στο Παρίσι.

Αν θελήσουμε να εξετάσουμε τις κυριότερες ιδιότητες των δομικών μετάλλων μπορούμε να διαπιστώσουμε πως τα πρωτεία όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες κατέχουν: ο πολύ υψηλός συντελεστής θερμικής διαστολής και η πολύ μεγάλη θερμική αγωγιμότητα. Αυτές οι δύο ιδιότητες χαρακτηρίζουν την ευαισθησία του υλικού στις θερμοκρασιακές μεταβολές και τη φωτιά.

Από τις μηχανικές ιδιότητες καθοριστικές για τη χρήση του υλικού στη δόμηση είναι η αντοχή στα διάφορα είδη καταπονήσεων (θλίψη, εφελκυσμός κ.α.) και το μεγάλο μέτρο ελαστικότητας του υλικού. Σε αυτά οφείλονται οι τόσο μεγάλες αντοχές του υλικού με ελαχίστου μεγέθους παραμορφώσεις.

Έτσι ο χάλυβας που είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό στην κατασκευή μεταλλικού φέροντα οργανισμού λειτουργεί εξίσου καλά και σε θλίψη και σε εφελκυσμό. Το γεγονός αυτό επηρέασε και εξακολουθεί να επηρεάζει σημαντικά την αξιοποίηση του στις κατασκευές και χαρακτηρίζει έντονα την αισθητική των μεταλλικών κατασκευών. Κανένα υλικό δεν έδωσε στην εφαρμογή του τόσες μορφές εφελκόμενων φορέων όσο ο χάλυβας: ανηρτημένες γέφυρες, ανηρτημένα κτίρια, καλώδια κ.λ.π.

Μεγάλη σημασία στην εξέλιξη και τη μορφή των μεταλλικών κατασκευών έπαιξαν οι τεχνολογικές δυνατότητες μέσω των οποίων το υλικό παίρνει διάφορα σχήματα και μορφές για να χρησιμοποιηθεί στη δόμηση.

### **Πλεονεκτήματα των μεταλλικών κατασκευών**

- ✓ Δυνατότητα μεγάλων ανοιγμάτων χωρίς την ύπαρξη ενδιάμεσων υποστυλωμάτων ενώ συγχρόνως διατηρούνται

εξάριετα τα αντισεισμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεταλλική κατασκευή, στο σύνολο ή επί μέρους, είναι μη συνεχής, συντεθειμένη από πολλά κομμάτια κατάλληλα συνενωμένα μεταξύ τους. Έτσι εμφανίζονται διαπερατά φέροντα συστήματα που και το ίδιο βάρος μειώνουν και τη δίοδο του τεχνικού εξοπλισμού διευκολύνουν.

- ✓ Σημαντικά χαμηλό κόστος κατασκευής ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλου ύψους και μεγάλου ανοίγματος. Αυτό συμβαίνει επειδή όλα τα προς χρήση στοιχεία κατασκευάζονται στο εργοστάσιο και μεταφέρονται και συναρμολογούνται στο εργοτάξιο.
- ✓ Μικρό ποσοστό αστοχιών εάν δεν υπάρχουν σφάλματα στη μελέτη εφαρμογής.
- ✓ Η χρήση του μετάλλου στην κατασκευή και ειδικά όταν χρησιμοποιείται για εξωτερικές επικαλύψεις προσφέρουν μια ιδιαίτερη και σύγχρονη αισθητική.

### **Μειονεκτήματα**

- Το γεγονός ότι μια μεταλλική κατασκευή δεν παρουσιάζει τη συνέχεια ενός χυτού υλικού (π.χ. οπλισμένο σκυρόδεμα), και αποτελείται από πολλά συννευόμενα στοιχεία, την κάνει ιδιαίτερα ευαίσθητη στο πρόβλημα της ακαμψίας. Για το λόγο αυτό συνδυάζουμε τις μεταλλικές κατασκευές με άκαμπτα στοιχεία όπως π.χ. θεμελίωση, πυρήνες από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Ένα σημείο που παίζει καθοριστικό ρόλο στη σύνδεση και τη μορφή μεταλλικών κατασκευών είναι η αντιμετώπιση της προστασίας τους από τη φωτιά και τη διάβρωση. Πολλά από

τα μέταλλα χάνουν την αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες.

- ο Άλλο σοβαρό μειονέκτημα είναι η οξείδωση από το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα που επιτείνεται με την παρουσία υγρασίας αναθυμιάσεων κ.λ.π.

## 2.4 Ξύλινες κατασκευές

Το ξύλο είναι ένα από τα παλαιότερα υλικά δόμησης, με ιστορία χιλιετηρίδων στις κατασκευές. Παράδειγμα αποτελούν τα ξύλινα πλοία και οι ξύλινες κατασκευές της Αρχαιότητας, όπως αυτές που αποκαλύφθηκαν πρόσφατα στη θέση «Ακρωτήριο» της Σαντορίνης. Τέτοιες κατασκευές, άλλοτε ως οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα ενίσχυαν λιθοδομές, και άλλοτε ως καλοφτιαγμένα διαμπερή πλαίσια όριζαν την εσωτερική περίμετρο των ανοιγμάτων λίθινων κτιρίων. Η χρήση του ξύλου στις κατασκευές είναι και σήμερα αρκετά διαδεδομένη, ιδιαίτερα σε χώρες με πολλά δάση (π.χ. ΗΠΑ, Καναδάς, Β. Ευρώπη). Στη χώρα μας βρίσκει αρκετές εφαρμογές στην κατασκευή φερόντων (π.χ. Δοκοί, υποστυλώματα, στέγες, πλαίσια μεγάλων ανοιγμάτων) αλλά και μη φερόντων (π.χ. πόρτες, παράθυρα, δάπεδα, οροφές) στοιχείων.

Το ξύλο είναι οργανικό προϊόν, προέρχεται δηλαδή από ζώντες οργανισμούς τα δένδρα. Αυτά διακρίνονται στα κωνοφόρα (ή βελονοφόρα), που δίνουν τη «μαλακή» ξυλεία, και στα πλατύφυλλα, που δίνουν «τη σκληρή». Το μεγαλύτερο ποσοστό της δομικής ξυλείας προέρχεται από τα κωνοφόρα (π.χ. έλατο,

πέυκο). Μετά από την κοπή των δένδρων (υλοτομία) και προκατεργασία, το ξύλο υπόκειται σε μια σειρά κατεργασίες.

Οι κορμοί των φυλλοβόλων αποτελούνται (ανατομικά) από αγγεία (τραχείες) για τροφοδότηση νερού, παρεγχυματικά κύτταρα για (συσσώρευση) και ίνες για στερέωση. Όλα αυτά έχουν την ίδια κυτταρική μορφή που καθοδηγεί, βαστάζει και συσσωρεύει. Έτσι προκύπτει η μεγάλη ελαστικότητα του ξύλου. Η εντεριώνη είναι το πρώτο βλάστημα του δένδρου και είναι στεγνή σε παλιούς κορμούς. Το εγκάρδιο ξύλο με τα σκληρά κύτταρα, είναι σκοτεινόχρωμο, συμπαγές και λίγο μόνο κατεργάσιμο. Το σομφό ξύλο που αποτελείται από τους πρώτους ετήσιους δακτυλίους είναι το εξωτερικό και πιο ανοιχτόχρωμο τμήμα. Χρησιμεύει κυρίως για τη διοχέτευση του νερού. Οι παλιότεροι ετήσιοι δακτύλιοι του γεμίζονται βαθμηδόν με ρετσίνι η παρεγχυματικά στοιχεία. Στους ετήσιους δακτυλίους διακρίνονται το αραιό και μαλακό εαρινό ξύλο που ενεργεί κυρίως απομυζητικά και διοχετευτικά, ενώ το συμπαγές φθινοπωρινό ξύλο συμβάλλει σαν φορέας.

Η χημική σύσταση όλων των ξύλων είναι:

- Άνθρακας 50%
- Υδρογόνο 6%
- Οξυγόνο 42%

Το ξύλο σαν υλικό βρίσκεται άφθονο στη φύση, δεν παρουσιάζει μεγάλη σκληρότητα και είναι εύκολο στην επεξεργασία του λόγοι που κάνουν την προμήθεια του απλή και εύκολη υπόθεση.

Αποτελεί εξαιρετικά στερεό υλικό από το οποίο προκύπτουν στερεές κατασκευές. Παρουσιάζει εξαιρετική μονωτική

ικανότητα από τη θερμότητα και το ψύχος. Μπορεί να βρεθεί σε μία ποικιλία χρωμάτων και σχεδίων καθώς και πυκνότητας.

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται ποιοτικός έλεγχος στο ξύλο κι έτσι είναι πλέον εφικτό να υπάρχει η δυνατότητα διάθεσης υλικού με καθορισμένες ιδιότητες και πλήρως ελεγχόμενο.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζει το ξύλο σαν υλικό συνοψίζονται στα παρακάτω:

#### Προστασία από την υγρασία:

Ο μεγαλύτερος εχθρός του ξύλου είναι το νερό. Ξύλινες κατασκευές, υπό την επίδραση της υγρασίας και σε συνδυασμό με την αλλαγή της θερμοκρασίας και τον ελλιπή αερισμό, απειλούνται από σήψη και ζωικούς ή φυτικούς μύκητες.

#### Ασθένειες:

Αυτές εκδηλώνονται κυρίως λόγω της αποσύνθεσης των ινών από την υγρασία. Προκαλούνται από μύκητες τόσο σε ζωντανά όσο και σε υλοτομημένα και κατεργασμένα ξύλα. Αυτές είναι η λευκοσάθρωση, περιμετρική σάθρωση και κυανοσάθρωση, προσβολή από διάφορα έντομα όπως είναι το σαράκι αλλά και οι τερμίτες.

#### Ευπάθεια σε πυρκαγιά:

Το σημείο καύσης στα ξύλα μπορεί να ξεκινήσει γύρω στους 300°C με αποτέλεσμα την σταδιακή απώλεια του υλικού λόγω απανθράκωσης (μετατροπής του δηλαδή σε άνθρακα) που μεταφέρεται από τις εξωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων προς το εσωτερικό.

Αν θελήσουμε να βγάλουμε ένα γενικό συμπέρασμα μπορούμε να πούμε πως παρά τη διαδεδομένη χρήση του σκυροδέματος



στον τομέα των κατασκευών υπάρχει και μια πληθώρα υλικών στη δόμηση που παρουσιάζουν καλύτερες και σημαντικότερες ιδιότητες από αυτό. Έτσι λαμβάνοντας υπ' όψιν τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα των παραπάνω υλικών αποφασίσθηκε πως θα ήταν προτιμότερο το αντικείμενο του θέματος να αποτελέσει μια κατασκευή από χάλυβα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### «ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ»

---

#### 3.1 Γενικά Στοιχεία

Το βασικό συστατικό των χαλύβων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σαν υλικό κατασκευής κάθε είδους έργων και ιδίως των έργων του πολιτικού μηχανικού, είναι ο σίδηρος (Fe). Ο καθαρός σίδηρος έχει χρώμα τεφρό - λευκό κυανίζων και μεγάλο ειδικό βάρος ( $7,85 \text{ gr/cm}^3$ ), το οποίο, παρ' όλο που είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα υλικά σπάνια εμφανίζεται ελεύθερο στη φύση, αλλά συνήθως εμφανίζεται σε προσμίξεις με άλλα ορυκτά. Από αυτά ο σίδηρος που είναι βιομηχανικά εκμεταλλεύσιμος βρίσκεται στα παρακάτω ορυκτά:

- Στο Μαγνησίτη σε περιεκτικότητα 55-70%
- Στον Αιματίτη σε ποσοστό 45-70%
- Στο Σιδηρίτη σε ποσοστό 30-35%
- Στο Λιμωνίτη σε ποσοστό 25-30%

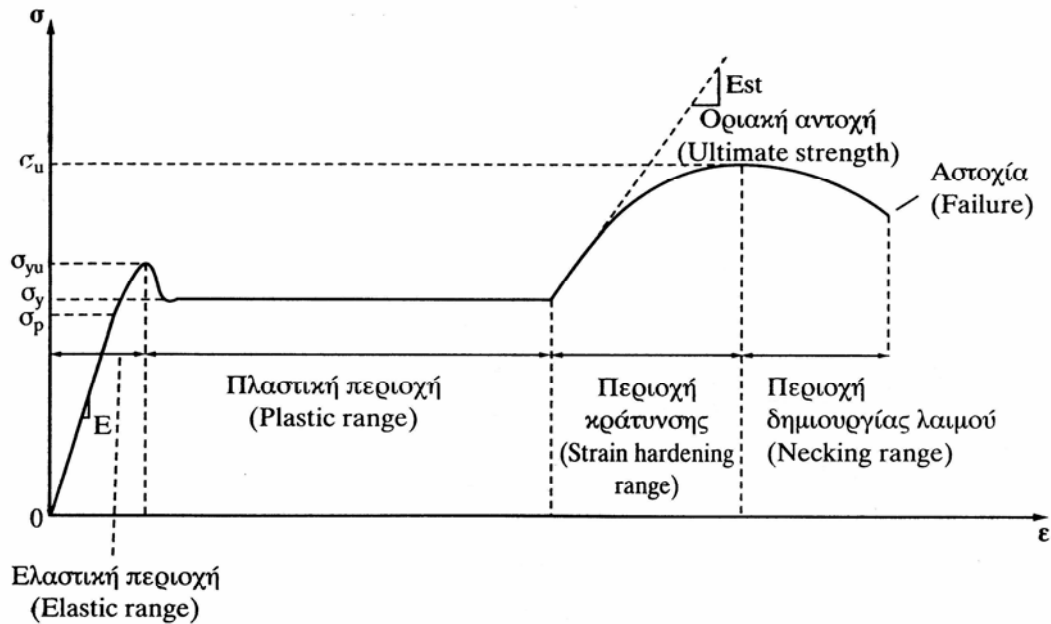
Η εξαγωγή του σιδήρου από τα εν' λόγω μεταλλεύματα περιλαμβάνει 2 στάδια:

- 1) Την παραγωγή του ακατέργαστου σιδήρου και
- 2) Τη μετατροπή αυτού στις μορφές του χάλυβα που χρησιμοποιούνται

Στα σιδηρά δομικά έργα, χρησιμοποιείται κατ' εξοχήν ο ρευστοπαγής χάλυβας ο οποίος παράγεται σε στρόμβους, γνωστός ως δομικός χάλυβας. Αυτός διακρίνεται σε συνήθη χάλυβα κανονικής αντοχής και σε χάλυβα υψηλής αντοχής (με προσμίξεις μαγγανίου, χρωμίου, πυριτίου κ.λ.π.) και σε διαφόρους τύπους ειδικού χάλυβα (Patimax 37, Cor-Ten). Πέραν αυτών υφίσταται και διάκριση των δομικών χαλύβων ανάλογα με τη διαδικασία απόχυσης του προϊόντος που βρίσκεται σε τήξη σε κάδους.

### **3.2 Μηχανικές Ιδιότητες**

Για να μελετήσουμε τη μηχανική συμπεριφορά των διαφόρων ειδών δομικών χαλύβων είναι χρήσιμο να διαθέτουμε το διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων δοκιμίων υλικού που υποβάλλονται σε εφελκυσμό. Για τη δημιουργία του διαγράμματος αυτού χρησιμοποιούμε πειραματικό δοκίμιο ράβδο με κυκλική διατομή (συνήθης διάμετρος  $d=1,5\text{cm}$ ), με πεπλατυσμένα άκρα, το οποίο υποβάλλεται σε αξονικό εφελκυσμό, ασκώντας σε αυτό εξωτερική δύναμη  $P$ . Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων.



Οι μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το δομοστατικό σχεδιασμό είναι οι παρακάτω:

### 1. Όριο Αναλογίας

Η σχέση τάσης παραμόρφωσης είναι γραμμική μέχρι το όριο αναλογίας και έχει κλίση ίση με το μέτρο ελαστικότητας του υλικού. Άρα μέχρι το όριο αναλογίας το υλικό συμπεριφέρεται τελείως ελαστικά. Ο προσδιορισμός του ορίου αναλογίας δεν είναι σαφής και για το λόγο αυτό συμβατικά ορίζεται ως η τιμή εκείνη της τάσης, η οποία αντιστοιχεί σε επιμήκυνση 0,01% ή 0,005% για πιο ακριβείς μετρήσεις. Έκτος ειδικών περιπτώσεων το όριο αυτό δεν παρουσιάζει πρακτικό ενδιαφέρον.

### 2. Όριο διαρροής και αντοχή ή τάση διαρροής

Πέρα από το όριο αναλογίας το ως άνω διάγραμμα παύει να είναι ευθύγραμμο και γίνεται καμπύλη ενώ η παραμόρφωση καθίσταται πλέον πλαστική. Όριο διαρροής ονομάζουμε το

σημείο εκείνο του διαγράμματος όπου για πρώτη φορά ενώ η τάση παραμένει πρακτικά σταθερή η παραμόρφωση παρουσιάζει αξιοσημείωτη αύξηση. Από το σημείο αυτό ξεκινά η περιοχή διαρροής ή πλαστική περιοχή στο τέλος της οποίας η παραμόρφωση του δοκιμίου φθάνει το 1,5% του αρχικού του μήκους (άρα η πλαστική επιμήκυνση είναι 15 φορές μεγαλύτερη της μέγιστης ελαστικής παραμόρφωσης). Σε πολλές περιπτώσεις παρουσιάζεται στην περιοχή ανώτερο και κατώτερο όριο διαρροής γεγονός που οφείλεται στην τεχνική της δοκιμής (ταχύτητα φόρτισης - μορφή δοκιμίου κ.λ.π.). Παρόλα αυτά η τάση διαρροής πρέπει να καθορίζεται από το σαφές οριζόντιο τμήμα του διαγράμματος. Η τάση διαρροής είναι η τάση που αντιστοιχεί στο όριο διαρροής.

### **3. Αντοχή εφελκυσμού**

Μετά τη πλαστική περιοχή το δοκίμιο εμφανίζει αντίσταση με την αύξηση της φόρτισης, και από εκεί ξεκινάει η περιοχή κράτυνσης και παρουσιάζει κλίση της καμπύλης τάσεων - παραμορφώσεων πολύ μικρότερη εκείνης της ελαστικής περιοχής και αποτελεί συνάρτηση της ποιότητας του χάλυβα. Το φαινόμενο της κράτυνσης συνεχίζεται μέχρι το δοκίμιο να φτάσει τη μέγιστη (οριακή) αντοχή που καθορίζει την αντοχή του δοκιμίου σε εφελκυσμό και σχετίζεται με την τάση  $\sigma_u$ . Αμέσως μετά η καμπύλη ακολουθεί καθοδική πορεία (μείωση των τάσεων), ενώ το δοκίμιο στη μέση του περίπου στενεύει σχηματίζοντας τοπικό λαιμό. Το φαινόμενο αυτό ακολουθεί η θραύση του δοκιμίου το οποίο έχει συνολικά λάβει επιμήκυνση ίση με το 20% του αρχικού καταπονούμενου μήκους του.

### **4. Ολκιμότητα**

Η ιδιότητα αυτή μαζί με την αντοχή σε εφελκυσμό του χάλυβα αποτελούν τις περισσότερο σημαντικές ιδιότητες του υλικού. Με τον όρο ολκιμότητα εννοούμε την ικανότητα του υλικού να υπόκειται σε μεγάλες πλαστικές (μόνιμες) παραμορφώσεις, οι οποίες εμφανίζονται μετά το όριο αναλογίας έως τη θραύση και μετρείται μέσω της δοκιμής εφελκυσμού με τον καθορισμό του % ποσοστού μήκυνσης του δοκιμίου. Σε αντίθεση λοιπόν με τα ψαθυρά υλικά (σκυρόδεμα, τοιχοποιία κ.λ.π.), που θραύονται απότομα και χωρίς προειδοποίηση, οι χαλύβδινες κατασκευές μπορούν να υποβληθούν σε μεγάλες μόνιμες μη καταστροφικές παραμορφώσεις λόγω της ολκιμότητας, ενώ είναι δυνατή και η ανακατανομή τάσεων, όπου λαμβάνει χώρα τοπική διαρροή. Ουσιαστικά η ολκιμότητα είναι η απαρχή και η βάση του πλαστικού σχεδιασμού, κατά την οποία λαμβάνεται υπ' όψιν η ανελαστική συμπεριφορά, με έντονο περιθώριο ανάληψης φορτίων.

## **5. Μέτρο ελαστικότητας**

Συμβολίζεται με  $E$  και είναι ίσο με το λόγο τάση / παραμόρφωση του αρχικού ευθύγραμμου τμήματος του διαγράμματος του εφελκυσμού. Γενικά θεωρείται κοινό για όλους τους χάλυβες και είναι ίσο με  $2,1 \times 10^6$  MPa. Ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (περίπου 4500MPa ανά  $40^\circ\text{C}$ ) μέχρι τους  $430^\circ\text{C}$  και κατόπιν μειώνεται ταχύτατα.

## **6. Μέτρο διάτμησης**

Συμβολίζεται με  $G$  και σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας ισούται με το λόγο της διατμητικής τάσης προς τη διατμητική (γωνιακή) παραμόρφωση.

## **7. Επανάταξη και ανθεκτικότητα**

Αυτές οι δύο ιδιότητες αποδεικνύουν την ικανότητα των μετάλλων εν γένει να απορροφούν μηχανική ενέργεια. Επανάταξη είναι το ποσόν της ελαστικής ενέργειας που μπορεί να απορροφηθεί από τη μονάδα όγκου του υλικού λόγω ελαστικής φόρτισης οπότε είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων πρακτικά μέχρι το όριο διαρροής (όταν δεν συνυπάρχουν παραμένουσες τάσεις). Η ανθεκτικότητα συνδέεται τόσο με την ελαστική όσο και με την πλαστική ενέργεια, δηλαδή με τη συνολική ενέργεια που μπορεί να απορροφήσει η μονάδα όγκου του υλικού μέχρι τη θραύση, οπότε ισούται με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη τάσεων - παραμορφώσεων και μέχρι το σημείο θραύσης. Στις πραγματικές κατασκευές σπάνια εμφανίζεται μονοαξονική κατάσταση όπως αυτή της δοκιμής, χρησιμοποιείται ένας πιο πρακτικός δείκτης ανθεκτικότητας, ο οποίος βασίζεται σε πιο σύνθετες εντατικές καταστάσεις (διαξονική ή τριαξονική) και αναπτύσσεται στη ρίζα μιας εγκοπής. Αυτός ο δείκτης ονομάζεται ανθεκτικότητα εγκοπής και πρόκειται για την ικανότητα της εγκοπής να προβάλλει αντίσταση στη δημιουργία και τη διάδοση ρωγμής στη ρίζα της, που μετράται συνήθως με τη βοήθεια πειραματικού δοκιμίου με οξεία εγκοπή σχήματος V.

## **8. Ικανότητα συγκόλλησης, κατεργασίας και μορφοποίησης**

Η πρώτη αφορά την ικανότητα του χάλυβα να συγκολλείται χωρίς σοβαρές επιπτώσεις στις μηχανικές του ιδιότητες, η δεύτερη δείχνει την ευκολία του χάλυβα να πριονιστεί, να διατηρηθεί ή να κοπεί χωρίς ουσιώδη μεταβολή των μηχανικών

του ιδιοτήτων, ενώ η τρίτη καταδεικνύει την ευχέρεια να κάμπτεται και να συμπιέζεται (δηλαδή να λαμβάνει διάφορες μορφές) χωρίς να θραύεται ή να υφίσταται άλλου είδους βλάβη.

### **9. Ανθεκτικότητα αντίσταση σε διάβρωση**

Όπως είναι γνωστό, οι κατασκευές από χάλυβα, αν δεν είναι επαρκώς προστατευμένες, υπόκεινται σε οξείδωση από το οξυγόνο του αέρα (σκωρίαση), που επιτείνεται παρουσία αναθυμιάσεων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, φώσφορο, ιώδιο κ.λ.π. Η προστασία αυτή δύναται να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα ειδικές βαφές, επίχριση, προσθήκη προσμίξεων χαλκού, νικελίου, άνθρακα κ.λ.π.

### **10. Ερπυσμός**

Είναι η βαθμιαία ροή η μεταβολή διαστάσεων υπό μακροχρόνια σταθερή τάση και δεν επηρεάζει τις χαλύβδινες κατασκευές παρά μόνο σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών, υψηλών τάσεων και συνδυασμού αυτών.

### **11. Χαλάρωση**

Πρόκειται για την ελάττωση του φορτίου ή της τάσης λόγω μακροχρόνιας και σταθερής παραμόρφωσης. Παρουσιάζεται μόνο στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν και για τον ερπυσμό, ενώ μόνο σε συρματόσχοινα μπορεί να εμφανιστεί και σε συνθήκες περιβάλλοντος.

## **3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά του χάλυβα**

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά του δομικού χάλυβα είναι οι παρακάτω:

- Χημική σύσταση
- Θερμοκρασία
- Διαδικασία παραγωγής - κατασκευής και γεωμετρία των διατομών
- Τρόπος επιβολής τάσης ή παραμόρφωσης.

Οι διατομές που παράγονται ανά την υφήλιο βιομηχανικά, συνήθως κατασκευάζονται με βάση τα πρότυπα της χώρας παραγωγής σε ποικιλία μορφών και διαστάσεων (πρότυπα ελάσματα).

Όμως για λόγους διεθνούς τεχνικής και οικονομικής συνεργασίας εναρμονίστηκαν τα εθνικά με τα διεθνή πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης. Πάντως, εξακολουθούν να υφίστανται σημαντικές διαφορές ιδίως μεταξύ των Ευρωπαϊκών προτύπων (Euro norms) και των αντίστοιχων Αμερικάνικων (ASTM)

Σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές συστάσεις οι τρεις κύριες ποιότητες δομικού χάλυβα και οι αντοχές τους έχουν ως εξής:

Τύπος Χάλυβα	Αντοχή διαρροής $f_y$ (Nt/mm <sup>2</sup> )	Οριακή Αντοχή $f_u$ (Nt/mm <sup>2</sup> )
Fe360	235	360
Fe430	275	430
Fe510	355	510



### 3.4 Μορφολογικά στοιχεία των μεταλλικών κατασκευών

#### ➤ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ

##### Επίπεδα δικτυώματα

Γενικά τα επίπεδα δικτυώματα (ζευκτά) συντίθενται από το άνω και κάτω πέλμα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ορθοστατών και των διαγωνίων ράβδων. Η δυνατότητα σύνδεσης των δικτυωμάτων είναι μεγάλη, βασικά σχήματα που ακολουθούνται είναι τα δικλινή, τριγωνικού τραπεζοειδούς ή παραβολικού σχήματος, όπως επίσης και δικτυώματα με παράλληλα πέλματα. Χρησιμοποιούνται για στέγαση χώρων με ανοίγματα από 12 - 60m.

Βασικός στόχος κατά το σχεδιασμό των ζευκτών (σχήμα, δικτύωση) πρέπει να αποτελεί:

- Η μόρφωση των διατομών να ακολουθεί το νόμο της μεταβολής των εντατικών (αξονικών) τάσεων που προκαλούνται από τις εξωτερικές φορτίσεις, για την όσο δυνατόν οικονομικότερη χρήση του χάλυβα ο οποίος αποτελεί ένα σχετικά δαπανηρό υλικό.
- Η εφαρμογή των εξωτερικών φορτίσεων να γίνεται στους κόμβους για την αποφυγή πρόσθετων καμπτικών καταπονήσεων.
- Η ύπαρξη στοιχείων από δομοστατικά ανεξάρτητους παράγοντες, όπως διαστάσεις διατομής υδρορροής, λεπτομέρειες συναρμογών με τον οργανισμό πλήρωσης (π.χ. panels).

Γενικά το ύψος των δικτυωτών δοκών επιβάλλεται:

- Από τη δυνατότητα μεταφοράς και ανέγερσης

- Από αρχιτεκτονικές και πολεοδομικές απαιτήσεις
- Από καθαρά στατικούς λόγους (βέλος δοκών,  $f \leq L/200$ ,  $L/250$ )

Η κλίση των ζευκτών κυμαίνεται από 2-35% ανάλογα με τον τύπο της επικάλυψης, πιθανότητα ισχυρών βροχοπτώσεων, σχήμα ζευκτού και το άνοιγμα. Η γωνία κλίσης  $[\alpha]$  των διαγωνίων ράβδων κυμαίνεται μεταξύ 35° και ως 55° με βέλτιστη γωνία 45°. Στις περιπτώσεις όπου  $a < 300$  οι τάσεις στις διαγώνιες ράβδους αυξάνονται σημαντικά ενώ όταν χρησιμοποιούνται και κομβοελάσματα αυτά στον υπολογισμό προκύπτουν με αυξημένες διαστάσεις. Στις περιπτώσεις που  $a > 550$  προκύπτει πυκνή δικτύωση αυξημένες διαστάσεις κομβοελασμάτων, αυξημένη κατανάλωση χάλυβα καθώς και εξαιρετικά αντιαισθητικά αποτελέσματα. Τα φατνώματα μεταξύ των ορθοστατών εκλέγονται μεταξύ 1,5 έως 3,00 m σε συνδυασμό με την αντοχή των τεγίδων και της επικάλυψης, έτσι ώστε να προκύπτουν γωνίες στις διαγώνιες μεταξύ 35° και 55°. Όταν τα ανοίγματα είναι μεγάλα και τα φατνώματα είναι μεγαλύτερα από 3,00m τοποθετείται πρόσθετη δευτερεύουσα δικτύωση.

### Χωρικά δικτυώματα

Τα χωρικά δικτυώματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

- Χωρικές δικτυωτές δοκοί
- Χωροκατασκευές

Οι χωρικές δικτυωτές δοκοί χρησιμοποιούνται σε μεγάλα κυρίως ανοίγματα ( $l \geq 40\text{m}$ ) όταν το ύψος του επίπεδου δικτυώματος προκύπτει πολύ μεγάλο. Επιπρόσθετα είναι αναγκαία η χρήση ισχυρών οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας. Η

μόρφωση τους γίνεται από κοίλες διατομές (κυκλικές, τετράγωνες, ή και πιο σπάνια από πρότυπες (γωνιακά ταυ, κοκ) που δημιουργούν σύνθετες κιβωτοειδείς, τριγωνικές οι και τραπεζοειδείς διατομές. Η ανάλυση τους γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της ραβδοστατικής, αναλύοντας τα χωρικά δικτυώματα σε επίπεδα. Η διαστασιολόγησή τους γίνεται όπως και στα επίπεδα δικτυώματα. Γενικά για τη σύνθεση των χωροδικτυωμάτων συνίσταται η χρήση κυκλικών διατομών (CHS), γιατί παρουσιάζουν εξαιρετικά καλή θλιπτική συμπεριφορά (μεγάλη ακτίνα αδράνειας, προκύπτουν οικονομικές διατομές, ενώ παράλληλα η σύνδεση των κόμβων είναι δυνατόν να γίνει απ' ευθείας χωρίς τη χρήση κομβοελασμάτων, γεγονός που μειώνει το κόστος τέτοιων φορέων.

Τα χωροδικτυώματα αποτελούν κατασκευές από ράβδους στο χώρο, που σχηματίζουν σχάρες (απλές, διπλές, πολλαπλές) οι οποίες συνδέονται με διαγώνιες και οριζόντιες ράβδους δημιουργώντας επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες. Ομάδες ράβδων σχηματίζουν κόμβους (αρθρωτούς ή άκαμπτους) μέσω ειδικών μεταλλικών τεμαχίων (μεταλλικές σφαίρες, διάτρητα κομβοελάσματα κ.λ.π.)

### Πλαισιακοί φορείς

Οι ολόσωμοι φορείς άρχισαν να χρησιμοποιούνται για τη στέγαση χώρων κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες, μετά την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτροσυγκολλήσεων και την αυξανόμενη δυνατότητα επεξεργασίας των μεταλλικών ελασμάτων για τη δημιουργία κυψελοειδών δοκών και δοκών μεταβλητής διατομής. Βασική διαφορά μεταξύ των ολόσωμων και των δικτυωτών φορέων είναι ότι ο κορμός είναι συμπαγής. Η

μόρφωση των διατομών γίνεται από πρότυπα ελάσματα απλής (IPE, HEA, HEB) ή σύνθετης μορφής ( 2IPE, 2HEB κ.ο.κ.), για ανοίγματα από 10-30m, χωρίς ενδιάμεσα υποστυλώματα, ενώ για μεγαλύτερα ανοίγματα ή και αυξημένο επίπεδο φορτίσεων γίνεται χρήση συγκολλητών διατομών σταθερής ή και μεταβλητής ροπής αδράνειας. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες για τη μόρφωση της διατομής τα ελάσματα που συνθέτουν τη διατομή έχουν διαφορετικές ποιότητες χάλυβα (π.χ. πέλματα St52, κορμός St37).

Το γενικό σχήμα των ολόσωμων δοκών μπορεί να είναι σταθερό ή μεταβλητό κατά την έννοια του μήκους του στοιχείου ή να παρουσιάζει οπές (κυκλικές, εξαγωνικές) κατά την ίδια έννοια. Είναι δυνατόν να καλύψουν ανοίγματα μέχρι και 60m με τη μορφή καμπύλων τόξων ή ενισχυμένων πλαισίων. Το αποτέλεσμα από άποψης αισθητικής μπορεί να μην είναι εφάμιλλο των δικτυωτών φορέων όμως η χρήση των δοκών μεταβλητού ύψους σε συνδυασμό με πρόσθετα συγκολλητά ελάσματα είναι δυνατόν να δώσει στην κατασκευή μας αυξημένη αρχιτεκτονική ευελιξία.

Η ανάλυση των ολόσωμων φορέων είναι σχετικά απλή μιας και τα εφαρμοζόμενα στατικά συστήματα είναι ισοστατικές δοκοί, συνεχείς δοκοί, τόξα, πλαίσια. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στα προβλήματα κύρτωσης του κορμού, στρέβλωσης, όταν γίνεται χρήση συγκολλητών διατομών και διατομών μεταβλητής ροπής αδράνειας.

Επίσης είναι αναγκαίο να γίνεται έλεγχος λειτουργικότητας (παραμορφωσιμότητας) για μεγάλα ανοίγματα, λόγω της σχετικά μικρής ροπής αδράνειας των ολόσωμων δοκών. Επιπρόσθετα, προσοχή χρειάζεται και στον σχεδιασμό - διαστασιολόγησή των

κυψελοειδών δοκών που παρουσιάζουν ευαισθησία στο πρόβλημα της διάτμησης.

### **3.5 Συνδέσεις μεταλλικών κατασκευών**

Η μεταλλική κατασκευή αποτελείται από κομμάτια (στο σύνολο ενός κτιρίου ή στο σύνολο ενός φορέα). Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη συνδέσμων και ενώσεων των στοιχείων μεταξύ τους. Οι συνδέσεις αυτές ακολούθησαν μια σειρά εξέλιξης ανάλογη της τεχνολογίας και της εμπειρίας των μελετητών. Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη συνδέσμων και ενώσεων των στοιχείων μεταξύ τους.

Οι συνδέσεις των μεταλλικών κατασκευών προσδιορίζουν αφ' ενός την ποιότητα του σχεδιασμού, των συνθηκών βιομηχανικής παραγωγής και της εξωτερικής δόμησης και αφετέρου τον λόγο της απαιτούμενης ασφάλειας. Ακολουθώντας την τεχνολογική ανάπτυξη των μεταλλικών κατασκευών και με την πάροδο του χρόνου οι συνδέσεις εξελίχθηκαν από αρχικά ηλωτές, αργότερα σε συγκολλητές και σε επί τόπου κοχλιωτές συνδέσεις.

#### Κοχλιώσεις

Οι συνδέσεις χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των εσωτερικών δυνάμεων από το ένα δομικό στοιχείο στο άλλο. Παρόλο που τόσο οι συγκολλητές όσο και οι κοχλιωτές συνδέσεις χρησιμοποιούνται ευρέως στις κατασκευές από χάλυβα, οι τελευταίες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται ευρύτατα λόγω της απλότητας της παραγωγής τους, της εύκολης παραγωγής τους και της δυνατότητας μικροδιορθώσεων κατά τη διαδικασία ανέγερσης των έργων. Οι διάφοροι τύποι κοχλιώσεων περιλαμβάνουν κοχλιωτές πλάκες συνέχειας, ακραίες πλάκες σύνδεσης, και

γωνιακά που συνθέτουν τις αντίστοιχες κοχλιώσεις μέσω μηχανικής σύσφιγξης των κοχλιών.

Η απόκριση μιας κοχλιωτής σύνδεσης είναι συνήθως σύνθετη. Η κατανομή των τάσεων στη σύνδεση, καθώς και οι δυνάμεις στους κοχλίες εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η δυσκαμψία των κοχλιών και των συνδεόμενων χαλύβδινων στοιχείων ( πλακών, γωνιακών ), με αποτέλεσμα μια ακριβής θεωρητική μελέτη να μην είναι εύκολα δυνατή.

Ο σχεδιασμός μιας κοχλιωτής σύνδεσης είναι συνήθως ημι-εμπειρικός και βασίζεται σε μια σειρά πειραματικών αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με την εμπειρία τις επαγγελματικές συνήθειες και την πρακτική.

#### Βασικά χαρακτηριστικά

Οι κατηγορίες των κοχλιών που χρησιμοποιούνται για συνήθεις κατασκευές φαίνονται στον Πίνακα. Όλες αυτές οι κατηγορίες κοχλιών χρησιμοποιούνται συχνά για συνδέσεις που μεταφέρουν στατικές ροπές και δυνάμεις. Για κοχλιώσεις που υπόκεινται σε κόπωση, χρησιμοποιούνται κοχλίες υψηλής αντοχής, που παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή και μικρές παραμορφώσεις.

## ΠΙΝΑΚΑΣ

Κατηγορία κοχλιών	4,6	5,6	6,8	8,8	10,9
fyb MPa	240	300	480	640	900
fub MPa	400	500	600	800	1000
Υλικό	Χάλυβας υψηλής ή μέσης ποιότητας			Κράμα χάλυβα μέσης ποιότητας	

### Συγκολλήσεις

Η πλειοψηφία των συγκολλητών συνδέσεων εκτελείται στο εργοστάσιο. Το βασικό πρόβλημα των συνδέσεων αυτών είναι η πλαστιμότητα του υλικού συγκόλλησης, το οποίο μπορεί όμως να λυθεί με την τήρηση ορισμένων κανόνων. Όσον αφορά το δομικό χάλυβα, η μέθοδος συγκόλλησης που χρησιμοποιείται είναι αυτή του μεταλλικού τόξου, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις συγκόλλησης βλήκτρων. Κατά την προσέγγιση αυτή το υλικό συγκόλλησης πρέπει να είναι συμβατό με το μητρικό μέταλλο όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες. Το πάχος του υλικού πρέπει να είναι τουλάχιστον 4mm ενώ για τα λεπτότοιχα μέλη υπάρχουν ειδικές προδιαγραφές. Οι συγκολλήσεις διακρίνονται σε εξώραφες, σε ραφές με διάκενα, σε εσώραφες, σε ραφές με οπές ή σχισμές και σε ψευδοεσώραφες.

Στις κατασκευές δομικού χάλυβα χρησιμοποιούνται διαφόρων τύπων συνδέσεις, από πολύ συνηθισμένες έως πολύ ειδικές. Και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Η καλύτερη λύση σχεδιασμού επιλέγεται ανάλογα με την περίπτωση. Τα κριτήρια της καλύτερης λύσης διαφέρουν από χώρα σε χώρα (κόστος εργατικών, παράδοση, παραγωγή, εγκαταστάσεις ανέγερσης και συνθήκες). Αυτό σημαίνει ότι ο κάθε ένας που σχεδιάζει τις συνδέσεις μπορεί να εκτιμήσει την ίδια σύνδεση με διαφορετικό τρόπο. Οι λεπτομέρειες της σύνδεσης καθορίζονται από την τεχνολογία της παραγωγής και της ανέγερσης. Σε περιπτώσεις που μια λύση είναι ανεπιτυχής δεν επιτυγχάνεται η αναμενόμενη λειτουργικότητα και παρουσιάζονται κάποια δευτερογενή φαινόμενα (εκκεντρότητα, μερικώς άκαμπτη σύνδεση, ενώ έχει πιθανά εκτιμηθεί ως αρθρωτή), η κατασκευή ή η ανέγερση είναι δύσκολη και η λύση ακριβή καθιστώντας τη μη ανταγωνιστική σε σχέση με κάποια άλλη.

Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό των συνδέσεων είναι οι παρακάτω:

Υπολογισμός :

- Μεταφορά δυνάμεων μέσω της σύνδεσης
- Εκκεντρότητες στη σύνδεση
- Κώδικες
- Σχεδιασμός [EN 1993 - 1 - 1]
- Σχεδιασμός συνδέσεων [EN 1993 - 1 - 8]
- Ανέγερση [EN1090 - 1]



Εμφάνιση

- Αρχιτεκτονική μορφή
- Διαβρωσιμότητα του περιβάλλοντος

Σχεδίαση

- Πιθανότητα προτυποποίησης
- Περιορισμός του αριθμού των στοιχείων
- Περιορισμός του αριθμού του τύπου / μήκους / βαθμού των κοχλιών

Παραγωγή

- Δυνατότητες κατασκευαστή εμπειρία και συνήθειες
- Περιορισμός του αριθμού των χειρισμών ανά στοιχείο  
δηλαδή:
  - ◇ Κοπή
  - ◇ Διάτρηση
  - ◇ Δημιουργία εγκοπών
  - ◇ Συγκόλληση
  - ◇ Διόρθωση των πλεοναζόντων παραμορφώσεων
- Συντήρηση δηλαδή:
  - ◇ Βαφή
  - ◇ Γαλβανισμός
  - ◇ Μεταφορά (βλάβες)

Ανέγερση

- Προσαρμογή θέσεων
- Αριθμός κοχλιών (κατηγορία, βαθμός, μήκος, μήκος σπειρώματος, δακτύλιοι)
- Μέθοδος σύσφιγξης των κοχλιών

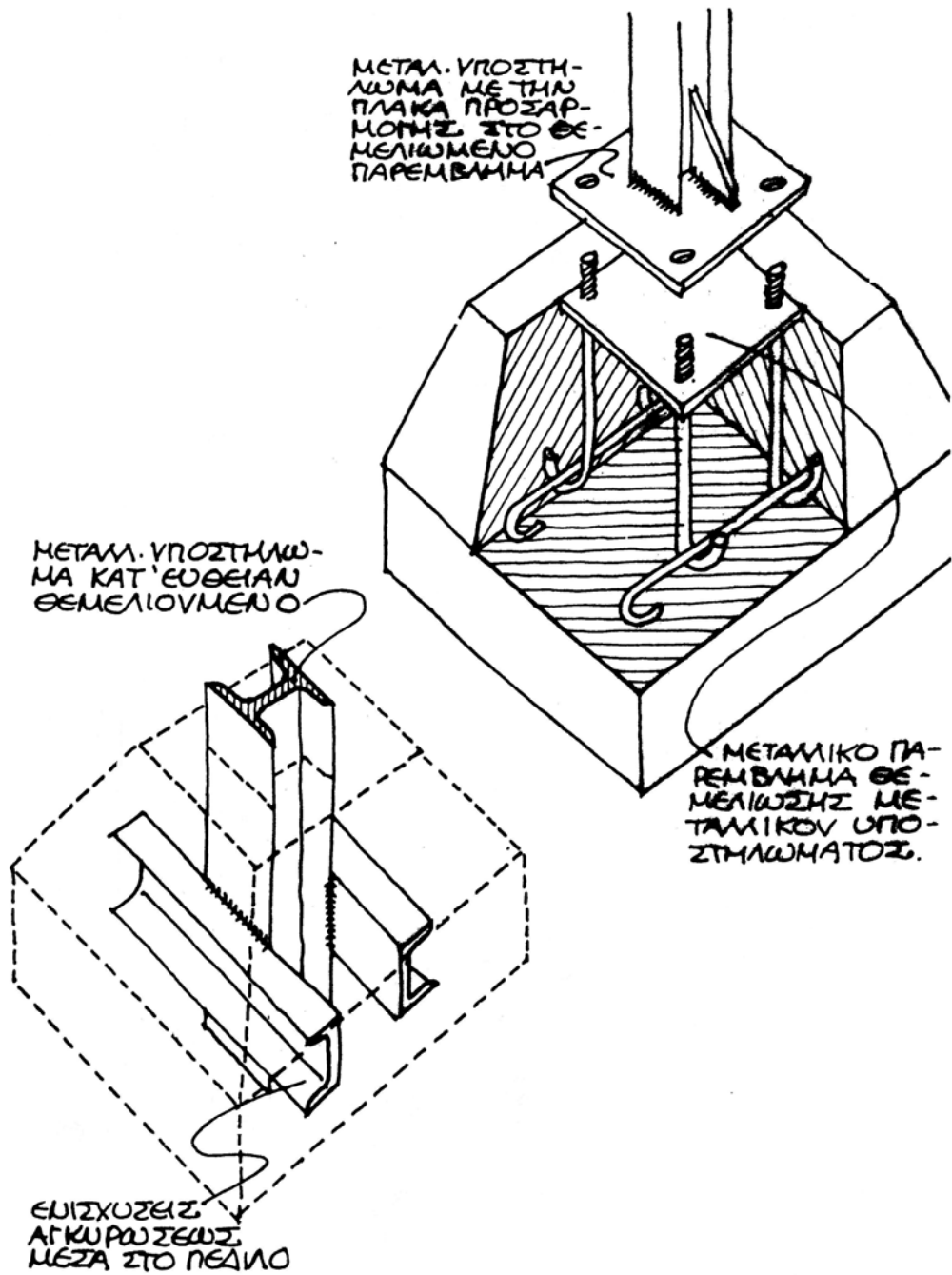
**3.6 Θεμελίωση των κατασκευών από χάλυβα**

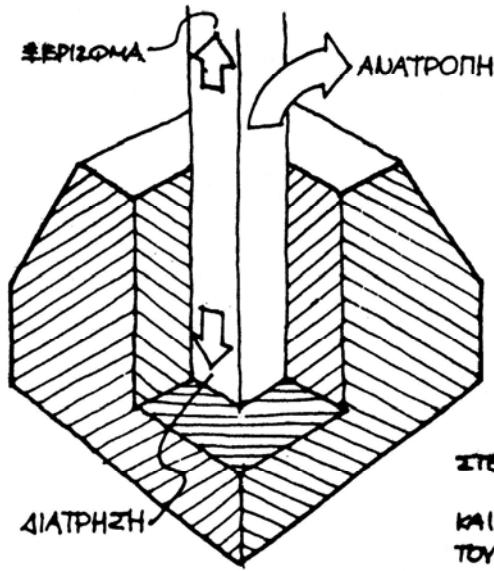
Ένα θεμελιούμενο μεταλλικό υποστυλώμα έχοντας συνήθως πολύ μικρή (συγκριτικά με το ύψος) την οριζόντια διατομή και λεία επιφάνεια φορτιζόμενο κατάλληλα κινδυνεύει:

1. Να τρυπήσει το πέδιλο κατακόρυφα
2. Να ξεριζωθεί από το πέδιλο επίσης κατακόρυφα
3. Ανατρεπόμενο να σχίσει το πέδιλο

Έτσι το ενσωματωμένο στο πέδιλο τμήμα του υποστυλώματος ή του παρεμβλήματος πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα έτσι ώστε να αντιστέκεται στις τρεις παραπάνω κινήσεις. Μεγάλη βοήθεια σε αυτό προσφέρει και η απ' ευθείας συγκόλληση του τμήματος του υποστυλώματος ή του παρεμβλήματος με τον οπλισμό του πέδιλου.

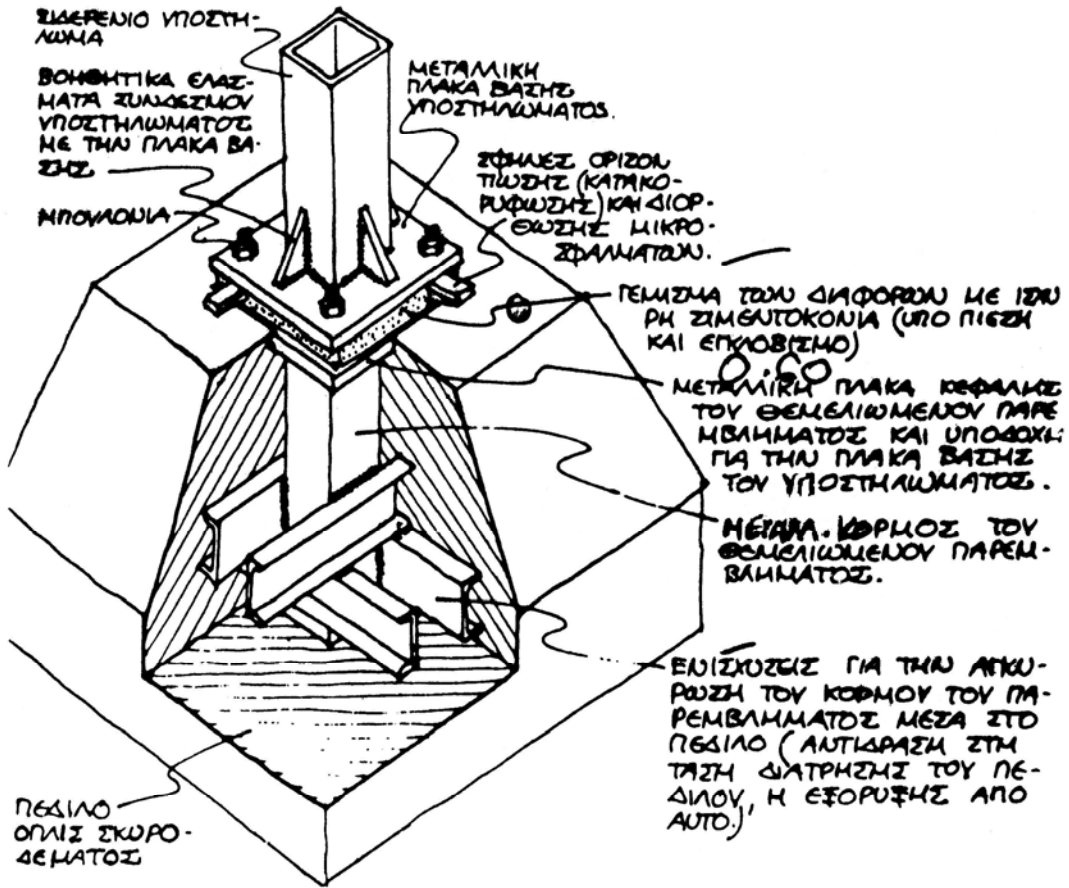
Μερικοί από τους τρόπους θεμελίωσης των μεταλλικών υποστυλωμάτων εκτός της παραπάνω περίπτωσης φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.





ΕΝΑ ΘΕΜΕΛΙΩΜΕΝΟ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ, ΕΧΟΥΝΤΑΣ ΣΥΛΛΗΘΩΣ ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ) ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ, ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟ ΚΑΤΑΜΗΛΑ ΚΙΝΗΘΕΙ: 1.- ΝΑ ΔΙΑΤΡΥΠΗΣΕ ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ. 2.- ΝΑ ΑΠΕΡΙΣΤΡΟΦΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΔΙΟ, ΠΑΛΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ. 3.- ΑΝΑΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΝΑ ΞΕΚΙΣΗ ΤΟ ΠΕΔΙΟ.

ΕΤΣΙ ΤΟ ΒΑΣΙΣΜΑΤΟΦΘΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ Η ΤΟΥ ΠΑΡΕΜΒΛΗΜΑΤΟΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΥΕΤΑΙ ΚΑΤΑΜΗΛΑ, ΩΣΤΕ ΝΑ ΑΥΤΟΣΤΕΚΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΑΥΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ. ΜΕΓΑΛΗ ΒΟΗΘΕΙΑ Σ'ΑΥΤΟ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΚΑΙ Η ΣΥΓΚΟΜΜΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΟΣ Η ΤΟΥ ΠΑΡΕΜΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟΝ ΟΡΓΑΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.



Κατά τη μελέτη είναι σκόπιμο να ληφθούν υπ' όψιν τα παρακάτω:

- Ο πυθμένας των εκσκαφών πρέπει να είναι επίπεδος και ομαλός.
- Η μελέτη της θεμελίωσης και της τοποθέτησης των αγκυρίων πρέπει να είναι ακριβής γιατί τυχόν σφάλματα τόσο στη θέση όσο και στον προσανατολισμό των αγκυρίων είναι συνήθη και οδηγούν σε σημαντικά προβλήματα κατά την ανέγερση του σκελετού. Για αποφυγούμε τέτοιου είδους σφάλματα πρέπει να πραγματοποιηθεί εξονυχιστικός έλεγχος της ακρίβειας των διαστάσεων της θεμελίωσης, της επιπεδότητας της πλάκας του δαπέδου και της κατακορυφότητας των αγκυρίων σε σχέση με τα κατασκευαστικά σχέδια, μέσω τοπογραφικών μετρήσεων, αποτυπώσεων και επαληθεύσεων.

Τα παραπάνω πρέπει να συνδυάζονται με αυτά που ακολουθούν και σχετίζονται με τις υπόλοιπες διαδικασίες κατά την ανέγερση.

**α)** Ομαδοποίηση και ομοιομορφία των διαφόρων μεταλλικών στοιχείων και τυποποίηση των συνδέσεων (ιδίως αυτών στις βάσεις των στύλων), έστω και αν αυτό είναι αντιοικονομικό.

**β)** Επιλογή λεπτομερειών (με έμφαση στους κόμβους της θεμελίωσης) με γνώμονα την ευκολία της κατασκευής και το εφικτό αυτής, σε σχέση με τις επί τόπου συνθήκες και τις ιδιαιτερότητες χαρακτηριστικά του έργου αλλά και με την επίτευξη της απαιτούμενης ολκιμότητας και αντοχής.

Φτάνοντας στο τέλος της ανάλυσης των κατασκευών από χάλυβα είναι σκόπιμο να παρατεθούν και οι λόγοι που τις κάνουν εξέχουσες ή όχι.

Στα κτίρια αυτά η ανέγερση και συναρμολόγηση είναι ανεξάρτητες από τις καιρικές συνθήκες γεγονός που επιταχύνει τη χρήση του κτιρίου άλλα και οδηγεί σε τήρηση των προθεσμιών, μια παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική για τη βιομηχανία.

Ο χάλυβας σαν υλικό έχει άριστη συμπεριφορά απέναντι στο σεισμό.

Μειώνονται σημαντικά τόσο ο όγκος των εκσκαφών όσο και ο συνολικός όγκος της θεμελίωσης λόγω μικρότερου βάρους των στοιχείων της κατασκευής. Η μεγάλη φέρουσα ικανότητα των χαλύβδινων διατομών επιτρέπει μικρές στατικές διατομές σε υποστυλώματα και δοκούς γεγονός που οδηγεί στη μείωση του ύψους των ορόφων και των επιφανειών των όψεων συνεπώς το κτίριο αποκτά και μικρότερο όγκο.

Οι κατασκευές από χάλυβα μπορούν να αποσυντεθούν και να ανακυκλωθούν εξ' ολοκλήρου. Συνεπώς οι κατασκευές αυτές αποκτούν μια έννοια φιλικότερη προς το περιβάλλον σε σχέση με κάποιες κατασκευές για παράδειγμα από σκυρόδεμα.

Είναι δυνατή η αποσυναρμολόγηση και η μεταφορά και χρησιμοποίηση τους σε κάποιο άλλο σημείο από το αρχικά επιλεγμένο.

Φέροντα στοιχεία από χάλυβα είναι ιδιαίτερα οικονομικά όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για μεγάλα ανοίγματα.

Σε περιπτώσεις καθιζήσεων των θεμελίων οι σκελετοί από χάλυβα επιτρέπουν την ανύψωση και επισκευή ολόκληρων των δομικών στοιχείων.

Τέλος ο φέρων οργανισμός από χάλυβα επιτρέπει ανά πάσα στιγμή πρόσθετες ενισχύσεις των φερόντων στοιχείων που μπορεί να απαιτηθούν σε περίπτωση τροποποιήσεων ή προσθηκών (για παράδειγμα ενίσχυση δοκού για ανάρτηση γερανού ή τροχών μεταφοράς, σωληνώσεων κ.λ.π.)

Παρά όμως τα πολλά πλεονεκτήματα παρουσιάζουν και μειονεκτήματα που όμως ξεπερνιούνται εύκολα και συνήθως με μικρό κόστος.

Αρχικά ας αναφέρουμε τον κίνδυνο της διάβρωσης από τον ατμοσφαιρικό αέρα και τη μικρή τους αντοχή σε παραμορφώσεις καθώς και την ελάττωση της φέρουσας ικανότητας σε περίπτωση πυρκαγιάς. Το πρόβλημα λύνεται με τη χρήση ειδικών βαφών η εγκιβωτισμό των στοιχείων.

Απαραίτητη για την προστασία επίσης των κατασκευών από χάλυβα είναι και η μελέτη πυροπροστασίας καθώς και η μελέτη αντικεραυνικής προστασίας μιας και ο κίνδυνος προσβολής από κεραυνό είναι μεγάλος για ευνόητους λόγους.

Οι μεταλλικές και συνεπώς και οι χαλύβδινες κατασκευές είναι ευαίσθητες στο πρόβλημα της ακαμψίας. Για να αποφευχθεί η κατάσταση αυτή χρησιμοποιούνται πακτώσεις των στοιχείων του μεταλλικού φορέα, χρησιμοποιώντας πλαισιωτές κατασκευές, δικτυώματα (εδώ ανήκουν και οι διάφορες χιαστί ενισχύσεις με τένοντες οπότε χρειάζονται δύο για κάθε επίπεδο ακαμψίας, και ράβδους οπότε μία καλύπτει τις δύο διευθύνσεις ακαμψίας στο κάθε επίπεδο) και συμπαγείς δίσκους, που είναι συνήθως τοιχώματα από σκυρόδεμα επίσης κατάλληλη στήριξη σε άκαμπτα υλικά (πυρήνες από Ο.Σ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>0</sup>

### «ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ Α΄ ΥΛΩΝ»

---

#### 4.1 Γενικά

Με την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης, χρησιμοποιήθηκαν κι επεξεργάστηκαν υλικά, τα οποία διευκόλυναν και προσέφεραν ποιότητα στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Η επεξεργασία όμως αυτών των υλικών δημιούργησε και μια κατηγορία αποβλήτων άγνωστων έως τότε. Με την πάροδο των χρόνων και με τη συσσώρευση όλων αυτών των «περισσευμάτων» της επεξεργασίας, η παρατήρηση αλλά και η επιστήμη έδειξαν ότι αυτά είχαν αρνητική επίδραση τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στην ισορροπημένη λειτουργία του περιβάλλοντος (τοξικά). Η κατάσταση αυτή οδήγησε στην ανάγκη της ασφαλούς διάθεσης και καταστροφής των απόβλητων αυτών υλικών.

Παρ' όλα αυτά χρειάστηκαν αρκετά χρόνια έτσι ώστε να γίνει συνειδητή προσπάθεια από τους ανθρώπους όσον αφορά την «χρήση» τέτοιων υλικών και έως ότου γίνει συντονισμένη προσπάθεια για την υλοποίηση της ιδέας της ασφαλούς χρήσης και διάθεσης.

Οι συνελεύσεις των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων του 1973 και το 1974 στον τομέα του περιβάλλοντος, υπογράμμισαν την ανάγκη κοινοτικής δράσης για τον έλεγχο της διάθεσης των τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων, έχοντας σαν βασικό στόχο την προστασία της υγείας του ανθρώπου και τη διαφύλαξη του



περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς συνέπειες που προκλήθηκαν από τη συγκέντρωση, μεταφορά, επεξεργασία και εναπόθεση των αποβλήτων αυτών.

Στις 20 Μαρτίου 1978 το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων πραγματοποιεί μια ευρύτερη ρύθμιση με την οδηγία «78/319/ΕΟΚ Περί τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων», στην οποία θεωρεί:

**α)** «Απόβλητο»: Κάθε ουσία ή αντικείμενο από το οποίο ο κάτοχος απαλλάσσεται ή υποχρεούται να απαλλαγεί βάσει των ισχυουσών εθνικών διατάρ.

**β)** «Τοξικό και επικίνδυνο απόβλητο»: Κάθε απόβλητο που περιέχει ουσίες ή είναι μολυσμένο από τις ουσίες ή ύλες που αναγράφονται στο παράρτημα της παρούσας οδηγίας σε ποσότητες ή περιεκτικότητες τέτοιες ώστε να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία και το περιβάλλον

**γ)** «Διάθεση»: Η συγκέντρωση, η διαλογή, η μεταφορά και η επεξεργασία των τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων ως και η αποθήκευση και εναπόθεση τους επί ή εντός του εδάφους. Οι αναγκαίες εργασίες μετατροπής για επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή ανακύκλωση τους.

Η παραπάνω οδηγία καλεί όλα τα Κράτη Μέλη της μετέπειτα Ευρωπαϊκής Ένωσης, το ίδιο και την Ελλάδα από την είσοδο της στην ΕΟΚ έως σήμερα, να συμμορφωθούν προς αυτή. Θεσμοθετήθηκε λοιπόν με Προεδρικό Διάταγμα (Π.Δ329/83), κανονισμός «Περί ταξινόμησης, συσκευασίας, αποθήκευσης κι επισήμανσης επικίνδυνων και τοξικών ουσιών».

Σ' αυτό το Π.Δ τα τοξικά απόβλητα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

**α.** Αυτά που αποθηκεύονται στο χώρο παραγωγής τους. Σ' αυτή τη περίπτωση εκτελείται «προσωρινή αποθήκευση» (προ της συλλογής τους) και

**β.** Αυτά που αποθηκεύονται εκτός του χώρου παραγωγής τους εκτελείται αποθήκευση εν' αναμονή περαιτέρω εργασιών διαχείρισης τους» (μετά την περισυλλογή τους) η οποία σύμφωνα με τον ορισμό της παραγράφου 12 του άρθρου 2 της υπ' αριθμ. 13588/725 κοινής υπουργικής απόφασης καλείται «αποθήκευση».(παράρτημα Β)

Και για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις, απαιτούνται συγκεκριμένες κτιριακές εγκαταστάσεις με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

**α.** Οι κτιριακές εγκαταστάσεις αποθήκευσης τοξικών και επικίνδυνων υλικών θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση ασφαλείας από του χώρους αποθήκευσης Α' και βοηθητικών υλών.

**β.** Οι χώροι αυτοί είναι σημαντικό να φέρουν την ανάλογη σήμανση με βάση το είδος των αποθηκευμένων αποβλήτων.

**γ.** Τα προς αποθήκευση απόβλητα πρέπει να είναι τοποθετημένα σε κτιριακές εγκαταστάσεις τέτοιας κατασκευής ώστε να προφυλάσσονται από βροχές πλημμύρες κ.λ.π.

**δ.** Είναι αναγκαίος ο επαρκής αερισμός και φωτισμός του χώρου αποθήκευσης.

**ε.** Τα δάπεδα των χώρων αποθήκευσης να είναι βιομηχανικού τύπου, κατάλληλης στιλπνότητας κι επαρκούς αντιδιαβρωτικής προστασίας.

**στ.** Η βάση του κτιρίου να είναι κεκλιμένη και να φέρει αγωγούς απορροής, οι οποίοι να καταλήγουν σε φρεάτιο συλλογής επαρκούς χωρητικότητας και κατάλληλης στεγάνωσης.

**ε.** Θα πρέπει να αποφεύγεται η γειτνίαση των αποθηκευμένων επικίνδυνων αποβλήτων με δίκτυα υποδομών που ενδέχεται να επηρεαστούν.

**ζ.** Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν σωληνώσεις για τη μεταφορά αυτών των υλικών, αυτές θα πρέπει να είναι κατάλληλης διατομής και ποιότητας, ανθεκτικές και συμβατές με το μεταφερόμενο απόβλητο και κυρίως να τοποθετούνται υπέργεια έτσι ώστε να διαπιστώνονται έγκαιρα πιθανά σημεία διαρροών και διαβρώσεων.

**η.** Το άνοιγμα των θυρών ενός τέτοιου κτιρίου αποθήκευσης, να γίνεται μόνο προς τα έξω και με απλή ώθηση. Το πλάτος τους δε δεν μπορεί να είναι μικρότερο των 0,80m.

**θ.** Η κατασκευή των παραθύρων να είναι τέτοια ώστε ανά 2 να είναι απέναντι, να ανοίγουν εύκολα προς τα έξω και σε περίπτωση ανάγκης και όταν δεν υπάρχουν θύρες εξόδου να επιτρέπουν τη γρήγορη έξοδο από το κτίριο.

**ι.** Είναι αναγκαία η απομόνωση των εύφλεκτων υλικών και η τοποθέτηση τους σε ασφαλές κι απομονωμένο μέρος.

**ια.** Ύπαρξη εξωτερικών σκιάδων ή βαφής των υαλοπινάκων, σε περίπτωση που οι ηλιακές ακτίνες προκαλούν αλλοίωση των αποθηκευμένων αποβλήτων.

**ιβ.** Τέλος είναι αναγκαία η τοποθέτηση αλεξικέραυνων σε κατάλληλα σημεία της κατασκευής εφ' όσον δεν εξασφαλίζεται αντικεραυνική προστασία από άλλο παρακείμενο κτίριο.

## **4.2 Διαθέσιμος χώρος και κτιριολογικό πρόγραμμα**

Όπως προαναφέρθηκε το 304 ΠΕΒ είναι ενταγμένο στη βιομηχανική περιοχή του Βελεστίνο παρότι πρόκειται για εργοστάσιο του στρατού. Αυτό σημαίνει αυτόματα πως τα γύρω κτίρια είναι επίσης βιομηχανικά. Η θέση λοιπόν του υπό κατασκευή κτιρίου συμφωνήθηκε με την ηγεσία του εργοστασίου και λαμβάνοντας υπόψη τη νομοθεσία και τα ακόλουθα:

**α.** Πρέπει το κτίριο να βρίσκεται μακριά από τα λειτουργικά κτίρια του στρατοπέδου (στοές, υποσταθμούς και φυλάκια, βλητικών δοκιμών για αποφυγή του κινδύνου πυρκαγιάς, αποθήκες ηλεκτρολογικού υλικού και αποθήκες πυρομαχικών).

**β.** Η θέση του να είναι τέτοια ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης του με δίκτυο ηλεκτροδότησης και ύδρευσης.

**γ.** Να υπάρχει πλησίον δρόμος πρόσβασης

Επίσης ζητήθηκε η κατασκευή να γίνει έτσι ώστε αν απαιτηθεί στο μέλλον αυτή να μπορεί να μετακινηθεί από την συμφωνηθείσα θέση με το λιγότερο δυνατό κόστος και να επανατοποθετηθεί σε νέα θέση.

Η θέση κατασκευής της αποθήκης φαίνεται στο απόσπασμα χωροταξικού διαγράμματος του παραρτήματος Γ.

## **4.3 Υπολογισμοί και έλεγχος μελών της κατασκευής**

Ο σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα πρέπει να διέπεται από τους παρακάτω κανόνες:

(1) Πρέπει να γίνεται πάντα έλεγχος ότι δεν γίνεται υπέρβαση καμίας σχετικής οριακής κατάστασης.

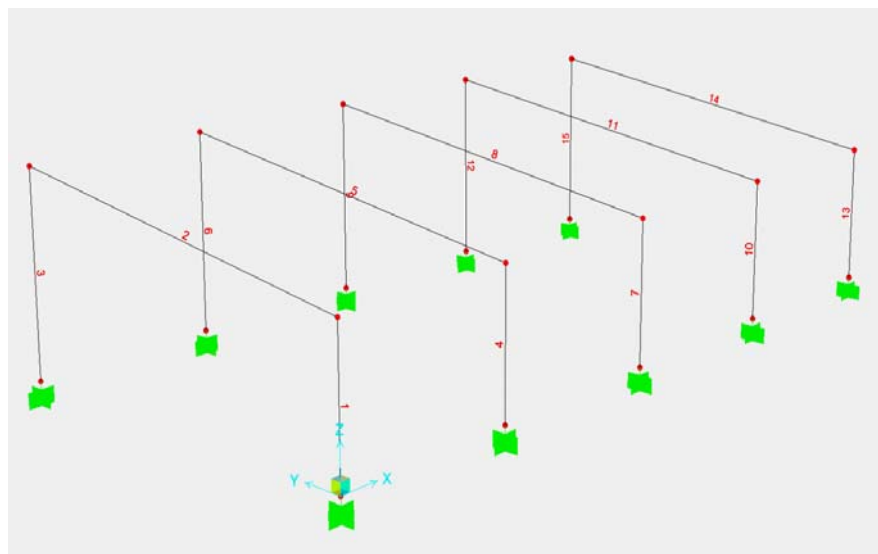
(2) Εξετάζουμε όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού και τις αντίστοιχες φορτικές καταστάσεις.

(3) Πρέπει να παίρνουμε υπόψη τις πιθανές αποκλίσεις από τις υποτιθέμενες διευθύνσεις ή τις θέσεις των δράσεων.

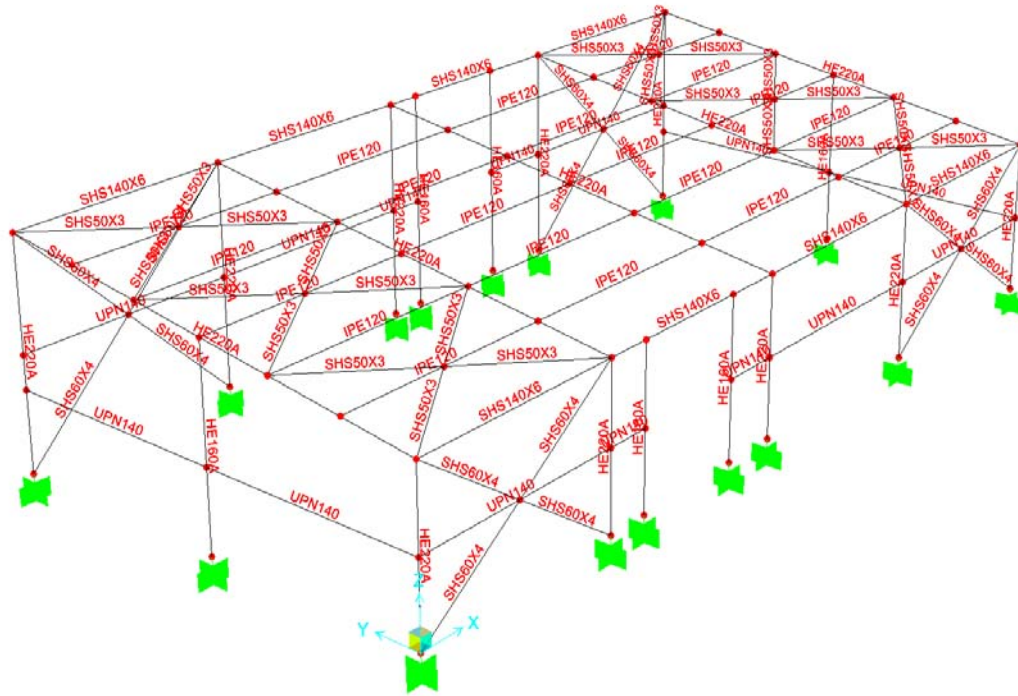
(4) Πρέπει οι υπολογισμοί μας να γίνονται με χρήση κατάλληλων προσομοιωμάτων σχεδιασμού (τα οποία θα συμπληρώνονται αν είναι αναγκαίο, και από πειραματικές μετρήσεις), στα οποία θα υπεισέρχονται όλες οι σχετικές μεταβλητές. Τα προσομοιώματα αυτά πρέπει να είναι αρκετά ακριβή για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του δομήματος, συμβατά με την αναμενόμενη στάθμη κατασκευαστικής ποιότητας και με την αξιοπιστία των στοιχείων στα οποία βασίζεται ο σχεδιασμός.

Στο παράρτημα Α παρατίθεται η στατική επίλυση της κατασκευής και η διαστασιολόγηση της, των οποίων καλούμαστε να ελέγξουμε την αξιοπιστία. Για το λόγο αυτό θα ακολουθήσουν οι έλεγχοι των δυσμενέστερων μελών της κατασκευής (δοκός – ζύγωμα, υποστύλωμα, σύνδεση) που υποβάλλονται στις δυσμενέστερες κατά την επίλυση φορτίσεις.

Ακολουθεί το προσομοίωμα της κατασκευής αλλά και των βασικών χρησιμοποιούμενων πλαισίων.



## Πλαίσια Κατασκευής



## Προσομοίωμα Κατασκευής

Βάση της επίλυσης ως δυσμενέστερα μέλη με δυσμενέστερες φορτίσεις παρουσιάζονται τα ακόλουθα:

Δοκός - ζύγωμα, η δοκός 8.

Σύνδεση, στον κόμβο 8 (σύνδεση υποστύλωματος 6 με πέδιλο μέσω πλάκας έδρασης).

Υποστύλωμα, το υποστύλωμα 6.

## Έλεγχος Ζυγώματος

### Στοιχεία Διατομής

HEA 220

Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

$h = 210\text{mm}$

$M_{sd} = -58.27\text{ KN.m}$

$b = 220\text{mm}$

$N_{sd} = -16.02\text{ KN}$

$twb = 7\text{mm}$

$V_{sd} = 35.45\text{ KN}$

$t_{fb} = 11\text{mm}$

$W_{pl} = 568\text{ cm}^3$

$A = 64.3\text{cm}^2$



Υποτίθεται πως το ζύγωμα στηρίζεται πλευρικά κι έτσι δεν θα γίνουν οι έλεγχοι πλευρικού και στρεπτοκαμπτικού λυγισμού. Επειδή εξ' άλλου η αξονική δύναμη είναι μικρή, θα ελεγχθεί μόνο η διατομή και δε θα γίνει έλεγχος λυγισμού εντός του επιπέδου του πλαισίου.

$$\text{Πρέπει } V_{sd} \leq V_{pl, Rd}$$

Όπου  $V_{pl, Rd}$  η πλαστική αντίσταση σχεδιασμού που δίνεται από τη σχέση:

$$V_{pl, Rd} = A_v \times (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

$$\begin{aligned} \text{Φορτίο παράλληλο στον κορμό άρα : } A_v &= 1.04 \times h \times t_w b \\ &= 1.04 \times 21 \times 0.7 \\ &= 15.3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{και } V_{pl, Rd} = 15,3 \chi ( 23,5 / \sqrt{3} ) / 1,1 = 189 \text{KN}$$

$$\underline{\text{Συνεπώς}} \quad V_{sd} = 35,45 \leq 0,5 V_{pl, Rd} = 0,5 \times 189 = 94.5 \text{KN}$$

Επομένως δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ροπών – τεμνουσών.

$$N_{pl, Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0} = 64,3 \times 23.5 / 1.10 = 1374 \text{KN}$$

$$\text{Και } n = N_{sd} / N_{pl, Rd} = 0.012$$

Για τη ροπή σχεδιασμού πρέπει να ισχύει:  $M_{sd} \leq \min$

$$(M_{pl, y, Rd}, M_{N, y, Rd})$$

Όπου :

$$\begin{aligned} M_{pl, y, Rd} &= W_{pl} \times f_y / \gamma_{M0} = 568 \times 23.5 / 1.10 \times 100 \\ &= 121 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

$$M_{N, y, Rd} = 1.11 \times 121 \times (1+0.012) = 136 \text{ KN} \cdot \text{m} > M_{pl, y, Rd} = 121 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Επομένως  $M_{N, y, Rd} = 121 \text{ KN} \cdot \text{m} > M_{sd} = 121 \text{ KN} \cdot \text{m}$

Συνεπώς η διατομή επαρκής για όλους τους ελέγχους.

### Έλεγχος Σύνδεσης

Έδραση υποστυλώματος που καταπονείται από αξονική δύναμη και ροπή περί τον ισχυρό του άξονα.

### ΔΙΑΤΟΜΗ HEA 220

Ισχύουν τα στοιχεία της διατομής όπως παρατέθηκαν παραπάνω.

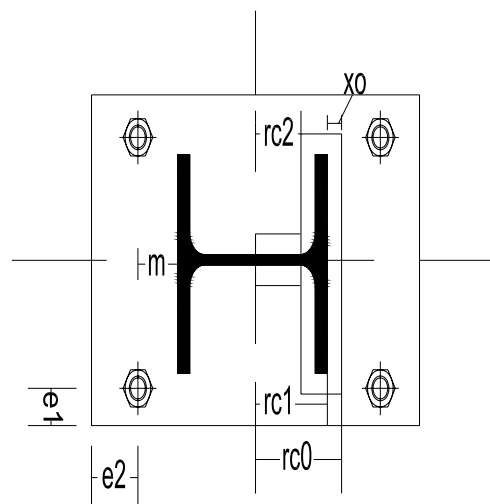
Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού:

$$M_{sd} = 145 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$N_{sd} = 1354 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 10.00 \text{ KN}$$

$$W_{pl} = 568 \text{ cm}^3$$





## 1. Ενεργό μήκος

$$\sum l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff}, \text{op.}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_1 \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_1 + 0.5p \\ b/2 \end{array} \right.$$

Αλλά πρέπει:

$$\sum l_{\text{eff},1} \leq l_{\text{eff}, \text{cp.}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m \\ \pi m + 2e_1 \\ \pi m + p \\ 2e_1 + p \end{array} \right.$$

και  $\sum l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff}, \text{op}}$  όπου:

$$m = 100 - e_{\text{min}} - 0.8\alpha\sqrt{2} = 100 - 50 - 0,8 \times 10\sqrt{2} = 33.69\text{mm}$$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει:

$$\begin{aligned} l_{\text{eff}, \text{op}} &= 4 \times 33.69 + 1.25 \times 50 = 197.3\text{mm} \\ &= 2 \times 33.69 + 0.625 \times 50 + 50 = \underline{148.6} \\ &= 2 \times 33.69 + 0.625 \times 50 + 0.5 \times 220 = 208.6\text{mm} \\ &= 50 + 0.5 \times 220 = 160\text{mm} \\ &= b/2 = 460/2 = 230\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{\text{eff}, \text{cp}} &= 2\pi \times 33.69 = 211.6\text{mm} \\ &= \pi \times 33.69 + 2.50 = 205.8\text{mm} \\ &= \pi \times 33.69 + 220 = 325.8\text{mm} \\ &= 220 + 2 \times 50 = 320\text{mm} \end{aligned}$$

$$\text{Άρα } \sum l_{\text{eff},1} = 148,6\text{mm}$$

$$\sum l_{\text{eff},2} = 148.6\text{mm}$$

2. Αντοχή τμήματος της πλάκα έδρασης προς τη πλευρά των εφελκυσόμενων αγκυρίων

$$\begin{aligned} \text{Είναι : } M_{pl, 1, R_d} &= 0,25 \sum l_{eff,1} \times t f^2 \times f_y / \gamma_{M0} \\ &= 0,25 \times 148.6 \times 11^2 \times 2.35 / 1.10 \\ &= 7144 \text{KN. m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pl, 2, R_d} = M_{pl, 1, R_d} &= 0,25 \sum l_{eff,2} \times t f^2 \times f_y / \gamma_{M0} \\ &= 0.25 \times 148.6 \times 11^2 \times 23.5 / 1.10 \\ &= 7144 \text{KN.m} \end{aligned}$$

$$n = e_{min} = 26.4 \text{mm} < 1.25m = 42.1 \text{mm}$$

$$\text{Και } B_{t, R_d} = 0.9 f_{ub} \times A_s / \gamma_{Mb} = 0.9 \times 50 \times 6.43 / 1.25 = 88.20 \text{ KN}$$

Οπότε :

Πρώτη μορφή αστοχίας

$$F_{T, R_d} = 4 M_{pl, 1, R_d} / m = 4 \times 7144 / 33.69 = 848.3 \text{KN}$$

Δεύτερη μορφή αστοχίας

$$\begin{aligned} F_{T, R_d} &= 2 M_{pl, 2, R_d} + n \times \sum B_{t, R_d} / m + n \\ &= 2 \times 7144 + 50 \times 2 \times 88.20 / 33.69 + 50 = 276.1 \text{KN} \end{aligned}$$

Τρίτη μορφή αστοχίας

$$F_{T, R_d} = \sum B_{t, R_d} = 2 \times 88.20 = 176.4 \text{ KN}$$

$$\text{Και } \min F_{T, R_d} = 176.4 \text{ KN}$$

### 3. Ενεργός επιφάνεια έδρασης

Ισχύουν οι εξισώσεις ισορροπίας:

$$N_{Rd} = A_{eff} \times f_j - \sum F_{T,Rd}$$

$$M_{Rd} = A_{eff} \times f_j \times r_c + \sum F_{T,Rd} \times r_b$$

$$f_j = \beta_j \times k_j \times f_{ck} / \gamma_c$$

#### Αντοχή σχεδιασμού σκυροδέματος

$$k_j = [\alpha_1 \times b_1 / \alpha \times b]^{0.5} = 1.29 \text{ Συντελεστής συγκέντρωσης}$$

Ο συντελεστής κόμβου, με υπόθεση αντοχής κονιάματος μεγαλύτερης του 0,2 της αντοχής του σκυροδέματος θεμελίωσης και ακόμα για πάχος κονιάματος 30mm ισχύει:

$$0.2 \min(\alpha, b) = 0.2 \times 460 - 92 > 30\text{mm} (= \text{πάχος κονιάματος})$$

$$\begin{aligned} \text{Είναι : } f_j &= \beta_j \times k_j \times f_{ck} / \gamma_c = 0.67 \times 1.29 \times 20 / 1.5 \\ &= 11.5 \text{ N} / \text{mm}^2 \end{aligned}$$

#### Ενεργός επιφάνεια έδρασης

$$\begin{aligned} c \leq t \times (f_y / 3f_j \times \gamma_{M0})^{0.5} &= 30 \times (235 / 3 \times 11.5 \times 1.10)^{0.5} \\ &= 74.90 \text{ mm} \end{aligned}$$

και η ενεργός επιφάνεια :

$$\begin{aligned} A_{eff} &= (220 + 2c)^2 - (220 + 2c - t_w - 2c) \times (300 - 2t_f - 2c) \\ &= 289,025 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Όμως } A_{eff} = x_0 \times (2c + b_f)$$

$$x_0 = 82.7 \text{ mm} < t_f + 2c = 11 + 274.90 = 160.8\text{mm}$$

#### 4. Αντοχή έδρασης σε κάμψη

$$r_c = bf/2 + c - x_0/2 = 220/2 + 74.9 - 82.7/2 = 143.6$$

$$\begin{aligned} \text{και } M_{Rd} &= A_{eff} \times f_j \times r_c + \sum F_{T,Rd} \times r_b \\ &= 176.4 \times 10^3 \times 150 + 289,02 \times 10^2 \times 11.5 \times 143.6 \\ &= 26460 \times 10^3 + 47728 \times 10^3 = 74.2 \times 10^6 \text{ N.mm} \\ &= 74.2 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

#### 5. Αντοχή σε κάμψη και θλίψη του στύλου στη διατομή του ποδός

Ισχύει :

$$\begin{aligned} M_{pl,y,Rd} &= 110.02 \text{ KN.m} \\ N_{pl,Rd} &= 1373.68 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

και

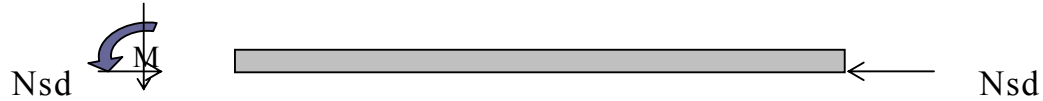
$$\begin{aligned} M_{N,y,Rd} &= 1,11 M_{pl,y,Rd} \times (1 - N_{sd} / N_{pl,Rd}) \\ &= 1.11 \times 110,02 \times (1 - 1354 / 1373.68) \\ &= 119.4 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

Επειδή  $V_{sd} = 10 \text{ KN} < V_{pl,Rd} = 202,04 \text{ KN}$  δεν απαιτείται μείωση ροπής λόγω τέμνουσας.

**Παρατήρηση:** Η αντοχή αυτή είναι μεγαλύτερη από την αντοχή της έδρασης, δεν εξαντλείται δηλαδή η αντοχή της διατομής σε ροπή.

Έλεγχος Υποστυλώματος

Κάμψη περί τον άξονα y-y και αξονική θλίψη



Στοιχεία Διατομής

HEA 220

$h = 210\text{mm}$

$b = 220\text{ mm}$

$t_{wb} = 7\text{mm}$

$t_{fb} = 11\text{mm}$

$W_{pl} = 568\text{ cm}^3$

$A = 64.3\text{cm}^2$

$i_y = 9.17\text{ cm}$

$i_z = 5.51\text{cm}$

Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

$M_{sd} = 34,47\text{ KN.m}$

$N_{sd} = 64,31\text{ KN}$

$V_{z.sd} = 11,87\text{KN}$  (στον άξονα ζ-ζ)

Υλικό Fe 360 με  $t_f \leq 40\text{mm}$ ,  $f_y = 235\text{Nt/mm}^2$ ,  $f_u = 360\text{ Nt/mm}^2$

Συντελεστές ασφαλείας :  $\gamma_{M0} = 1,10$ ,  $\gamma_{M1} = 1,10$ ,  $\gamma_{M2} = 1,25$

### • Κατάταξη Διατομών σε Κατηγορίες

Κορμός

$$d / t_w = 184 / 7 = 26.3$$

$$a = N_{sd} / 2 t_w \times f_y / \gamma_{M0} = 64,31/2 \times 0.7 \times 23.5 / 1.1 = 2.15\text{ cm}$$

$$\alpha = (1/d) \times (d/2 + a) = (1/18.4) \times (18.4 / 2 + 2.15) = 0.005 \leq \alpha$$

Άρα  $d / t_w \leq 36 \varepsilon / \alpha = 36 \times 1 / 0.005$  Ισχύει.

Οπότε ο κορμός κατηγορίας I

Πέλμα

$$c / t_f = 200/2 / 11 = 9 < 10 \times \varepsilon = 10 \times 1 = 1 \text{ Ισχύει}$$

Κατηγορία πέλματος I

Συνολική κατηγορία διατομής I

- **Αντοχή της Διατομής**

Αντοχή της θλιβόμενης διατομής.

$$N_{c, Rd} = N_{pl, Rd} = A \times f_y / \gamma_{M1} = 64.3 \times 23.5 / 1.1$$

$$N_{c, Rd} = N_{pl, Rd} = 1374 \text{ KN}$$

Έλεγχος

$$N_{sd} \leq N_{c, Rd}$$

$$64,31 \text{ KN} \leq 1374 \text{ KN}$$

- **Καμπτική Αντίσταση Σχεδιασμού**

Ενεργό πλάτος διατομής

$$c = 100 \text{ mm} \leq L_0 / 20 = 225 \text{ cm}$$

Μπορεί να αμεληθεί η απομείωση του πραγματικού πλάτους της διατομής στο ενεργό πλάτος.

$$M_{c, Rd} = M_{pl, Rd} = W_{pl} \times f_y / \gamma_{M0} = 568 \times 23.5 / 1.1 = 12134 \text{ KNcm}$$

$$M_{c, Rd} = 121.34 \text{ KNm}$$

Έλεγχος

$$M_{sd} \leq M_{c, Rd}$$

$$34.47 \text{ KNm} \leq 121.34 \text{ KNm}$$

Η διατομή επαρκής σε κάμψη

- **Πλαστική Διατμητική Αντίσταση Σχεδιασμού**

$$d / t_w = 184 / 7 = 26.3 \leq 69 \varepsilon = 69 \times 1 = 69$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε κύρτωση (διατμητικό λυγισμό).

$$V_{pl,z,Rd} = (\text{διάτμηση στον άξονα } \zeta\text{-}\zeta) = A_{v,z} \times f_y / \sqrt{3} \times \gamma_{M0}$$

Η ενεργός επιφάνεια διάτμησης  $A_{v,z}$  είναι:

$$A_{v,z} = 1.04 \times h \times t_w = 1.04 \times 21 \times 0.7 = 15.3 \text{ cm}^3$$

$$V_{pl,z,Rd} = 15.3 \times 23.5 / \sqrt{3} \times 1.1$$

$$V_{pl,z,Rd} = 189 \text{ KN}$$

### Έλεγχος

$$V_{z,Sd} \leq V_{pl,z,Rd}$$

$$11.87 \text{ KN} \leq 189 \text{ KN}$$

Η διατομή επαρκής σε διάτμηση

### • **ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ M-N-V**

(Κάμψη - Τέμνουσα - και Αξονική Δύναμη)

### Αξονική Δύναμη N

$$N_{sd} = 64.31 \text{ KN}$$

$$0.25 N_{pl,Rd} = 0.25 \times 1374 = 343.5 \text{ KN}$$

$$N_{sd} \leq 0.25 N_{pl,Rd} \text{ ----- Μικρή αξονική δύναμη N}$$

### Τέμνουσα

$$V_{z,Sd} = 11,87 \text{ KN}$$

Πρέπει:

$$0.5 V_{pl,z,Rd} = 0.5 \times 189 = 94.5 \text{ KN}$$

$$V_{z,Sd} \leq 0.5 V_{pl,z,Rd}$$

Για μικρή αξονική δύναμη N και  $V_{z,Sd} \leq 0.5 V_{pl,z,Rd}$  ισχύει :

$$M_{N.V.y.Rd} / M_{y.Rd} = 1.00$$

$$M_{N.V.y.Rd} = 121.34 \text{ KNm}$$

### Έλεγχος

$$M_{y.Sd} \leq M_{N.V.y.Rd}$$

$$34.47 \text{ KN m} \leq 121.34 \text{ KN m}$$

Συνεπώς ικανοποιείται το κριτήριο αλληλεπίδρασης M - N - V

### • Κάμψη και θλίψη

#### Λυγισμός

$$N_{b, Rd} = \chi \times \beta_A \times A \times f_y / \gamma_{M1}$$

Άξονας y-y

Άξονας ζ - ζ

#### Μήκη λυγισμού

$$l_{iy} = 450 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 450 \text{ cm}$$

#### Λυγηρότητες

$$\lambda_y = l_{iy} / i_y = 450 / 9.17 = 49.1 \quad \lambda_z = l_{iz} / i_z = 450 / 5.51 = 81.7$$

#### Αδιάστατες λυγηρότητες

$$\lambda = \lambda / \lambda_1 \times \beta_A^{1/2}$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{(E/f_y)} = \pi \times \sqrt{(21000/23.5)} = 93.9$$

Άξονας y-y

Άξονας ζ - ζ

Κατηγορία διατομής 1 άρα  $\beta_A = 1$

$$\lambda_y = 49,1 / 93,9 \times 1.00^{1/2} = 0.52 \quad \lambda_z = 81.7 / 93.9 \times 1.00^{1/2} = 0.87$$

#### Επιλογή καμπύλης λυγισμού



$$h / b = 210/220 = 0.95 < 1.2$$

$$t_f = 11 < 100\text{mm}$$

Καμπύλη λυγισμού b

Καμπύλη λυγισμού c

Ο υπολογισμός του μειωτικού συντελεστή  $\chi$  που αντιστοιχεί στην αδιάστατη λυγηρότητα γίνεται με τη χρήση του πίνακα με γραμμική παρεμβολή.

$$\chi_y = 0,8748$$

$$\chi_z = 0,6185$$

$$N_{y b, R_d} = \chi_y \times \beta_A \times A \times f_y / \gamma_{M1} = 0.8748 \times 1 \times 64.3 \times 23.5 / 1.1$$

$$N_{y b, R_d} = 1201 \text{ KN}$$

$$N_{z b, R_d} = \chi_z \times \beta_A \times A \times f_y / \gamma_{M1} = 0.6185 \times 1 \times 64.3 \times 23.5 / 1.1$$

$$N_{z b, R_d} = 849 \text{ KN}$$

### Έλεγχος

$$N_{sd} \leq N_{y b, R_d}$$

$$64.31 \text{ KN} \leq 1201 \text{ KN}$$

### Έλεγχος

$$N_{sd} \leq N_{z b, R_d}$$

$$64.31 \leq 849 \text{ KN}$$

### • Πλευρικός Λυγισμός Καμπτόμενων Φορέων

$$M_{cr} = C_1 \times [\pi^2 \times E \times I_z / (k \times L)^2] \times [-C_2 \times z_g + \sqrt{(k / k_w)^2 \times (I_w / I_z) + (k \times L)^2 \times G \times I_t / \pi^2 \times E \times I_z + (C_2 \times z_g)^2}]$$

Όπου:

$$L = 450 \text{ cm}$$

$z_g = 0 \text{ cm}$  ( $z_g = z_a - z_s$  (τεταγμένη του σημείου επιβολής του φορτίου – τετμημένη του κέντρου διάτμησης = 0-0 =0))

$$G = E / 2 \times (1 + \nu)$$

$$E = \text{Μ.Ελαστικότητα} = 21000 \text{ KN/cm}^2 \quad G = 8077 \text{ KN/cm}^2$$

$$\nu = \text{λόγος Poisson} = 0.3$$

(Απο πίνακα F 1.1 Παραρτημάτων Ευρωκώδικα)

$$k = 1.00$$

$$\psi = 0 \quad (0 / 37,47 = 0 \text{ Από διάγραμμα ροπών } M_{\min} / M_{\max})$$

$$k_w = 1.00$$

$$\text{Οπότε: } C_1 = 1,879, C_2 = 0$$

$$I_w = 193000 \text{ cm}^6 \text{ (Δευτεροβάθμια επιφανειακή ροπή στρέβλωσης)}$$

$$I_z = 1950 \text{ cm}^2 \text{ (Ροπή αδράνειας προς τον ασθενή άξονα)}$$

$$I_t = 28,6 \text{ cm}^4 \text{ (Στρεπτική δευτεροβάθμια επιφανειακή ροπή – Στρεπτική αντίσταση)}$$

$$h = d + t_f = 195 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 1,879 \times \left[ \pi^2 \times 21000 \times 1950 / (1 \times 450)^2 \right] \times \left[ -0 \times 0 + \sqrt{(1/1)^2 \times (193000 / 1950) + (1 \times 450)^2 \times 8077 \times 28,6 / \pi^2 \times 8077 \times 1950 + (0 \times 0)} \right]$$

$$M_{cr} = 121166 \text{ KN.cm} = 1211,66 \text{ KNm}$$

### Αδιάστατη Λυγηρότητα

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y / M_{cr})}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(1 \times 568 \times 23.5 / 121166) = 0,33 < 0.4}$$

Εφόσον  $\lambda_{LT} < 0,4$ , δεν είναι αναγκαίος ο έλεγχος για στρεπτοκαμπτικό λυγισμό.

- **Κάμψη και Διάτμηση**

$$M_{V, Rd} = [W_{pl} - (p \times A_v^2 / 4 \times t_w) \times f_y / \gamma_{M0}]$$

$$P = [(2V_{sd} / V_{pl, Rd}) - 1]^2 = [(2 \times 11,87 / 189) - 1]^2 = 0,76$$

$$\text{Και } M_{V, Rd} \leq M_{c, Rd}$$

$$M_{V, Rd} = [568 - (0,76 \times 15,3^2 / 4 \times 0,7)] \times 923,5 / 1,10 = 10777 \text{ KNcm ή } 107,77 \text{ KNm}$$

$$107,77 \text{ KNm} \leq 121,34 \text{ KNm}$$

Άρα ικανοποιείται το κριτήριο για συνδυασμό Κάμψης και Διάτμησης.

- **Κάμψη και Αξονική**

$$\text{Πρέπει } M_{sd} \leq M_{N, Rd}$$

$$M_{N, Rd} = W_{pl, Rd} \times [1 - (N_{sd} / N_{pl, Rd})]^2$$

$$M_{pl, Rd} = W_{pl} \times f_y / \gamma_{M0} = 568 \times 23,5 / 1,10 = 12134,5 \text{ KNcm ή } 121,34 \text{ KNm}$$

$$M_{N, Rd} = 121,34 \times [1 - (64,31 / 1374)]^2 = 121,34 \times 3,14 = 381 \text{ KNm}$$

$$34,74 \text{ KNm} \leq 381 \text{ KNm}$$

Έλεγχος

$$M_{sd} / M_{pl, Rd} - [N_{sd} / N_{pl, Rd}]^2 \leq 1$$

$$34,47 / 121,34 - [64,31 / 1374]^2 = 0,28 \leq 1$$

Ικανοποιείται το κριτήριο για συνδυασμό κάμψης και αξονικής.

Συνεπώς η επιλεγμένη ως υποστύλωμα διατομή συνολικά επαρκής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>0</sup>

### «ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 ΚΑΙ SAP 2000»

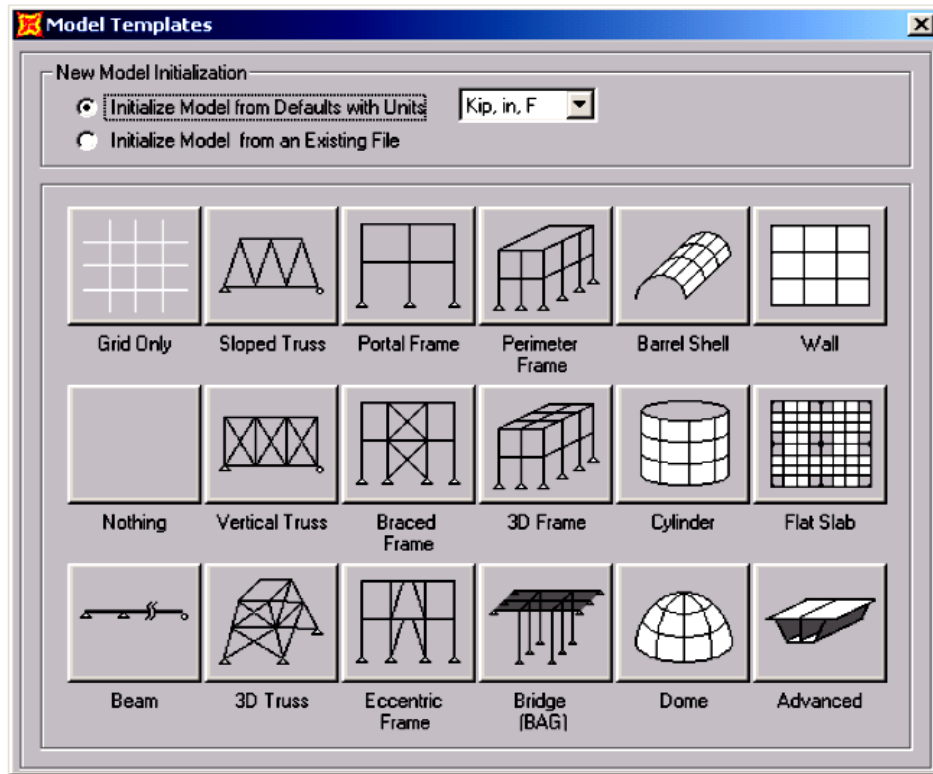
---

#### 5.1 Ευρωκώδικας 3 και SAP 2000

Προκείμενου να γίνει δυνατός ο σχεδιασμός της Μεταλλικής Κατασκευής του θέματος χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία τόσο ο Ευρωκώδικας 3 όσο και το πρόγραμμα SAP 2000 της εταιρείας CSI. Παρακάτω θα αναλυθεί ο ρόλος του καθενός από αυτά στην πραγματοποίηση της ζητούμενης μελέτης.

Το πρόγραμμα SAP 2000 διατίθεται στην αγορά από την Αμερικάνικη εταιρεία CSI και αποτελεί το λογισμικό που βοηθά στη διαστασιολόγηση, ανάλυση και στατική επεξεργασία τόσο των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα όσο και των Μεταλλικών και Σύμμεικτων Κατασκευών. Αποτέλεσμα της χρήσης του εν λόγω λογισμικού είναι η αναπαραγωγή του μοντέλου της κατασκευής καθώς και η στατική επίλυση του μέσω μητρικής ανάλυσης. Στο λογισμικό σχεδιάζονται τα επιμέρους στοιχεία της κατασκευής και στη συνέχεια αυτά μπορεί να αντιμετωπιστούν ως σύνολο όπως ακριβώς συμβαίνει και στην πραγματικότητα.

Ξεκινώντας με το SAP 2000 ο χειριστής καλείται να δημιουργήσει ένα νέο μοντέλο. Η αρχική του οθόνη από την οποία μπορεί να επιλεγεί ο τύπος της κατασκευής είναι η παρακάτω:

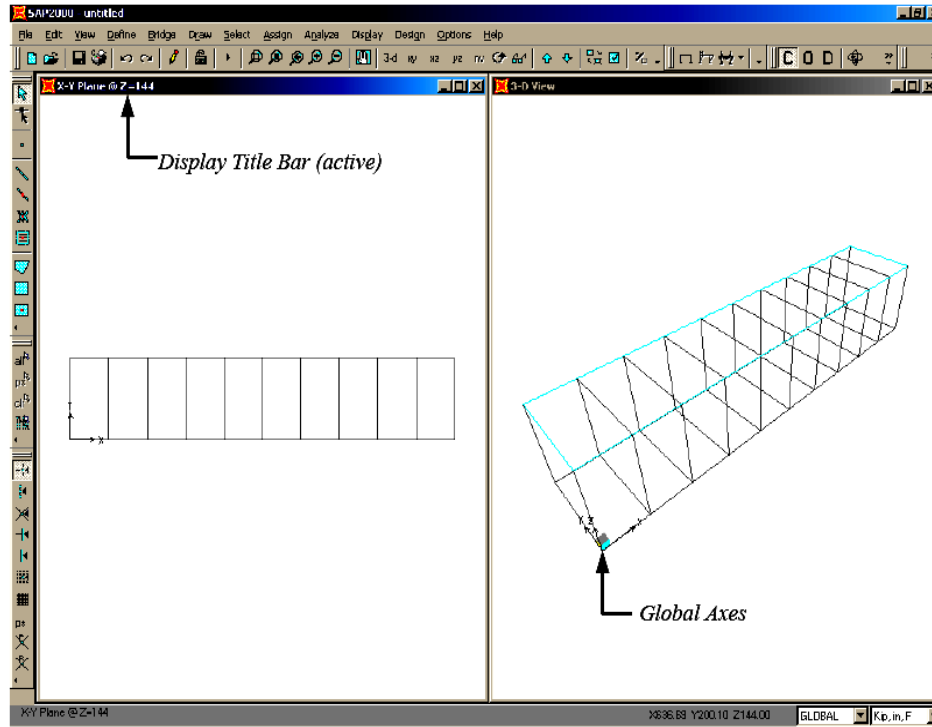


Αυτή η οθόνη οδηγεί στο να επιλεγθεί η δισδιάστατη μορφή της κατασκευής και να εισαχθούν στοιχεία όπως από πόσους ορόφους αποτελείται η κατασκευή, από πόσα πλαίσια, το ύψος της και τις σχετικές αποστάσεις των στοιχείων μεταξύ τους.

Το επόμενο βήμα είναι η ένταξη της κατασκευής στο χώρο με τη βοήθεια των σχετικών συντεταγμένων της (καρτεσιανές συντεταγμένες). Η οθόνη για την εισαγωγή των στοιχείων αυτών είναι η ακόλουθη:

The image shows a dialog box titled "New Coord/Grid System". It has two tabs: "Cartesian" and "Cylindrical", with "Cylindrical" selected. The "System Name" field contains "GLOBAL". There are two sections: "Number of Grid Lines" and "Grid Spacing". In the "Number of Grid Lines" section, the X direction is 11, Y direction is 2, and Z direction is 2. In the "Grid Spacing" section, the X direction is 72, Y direction is 144, and Z direction is 144. At the bottom, there are three buttons: "Edit Grid...", "OK", and "Cancel".

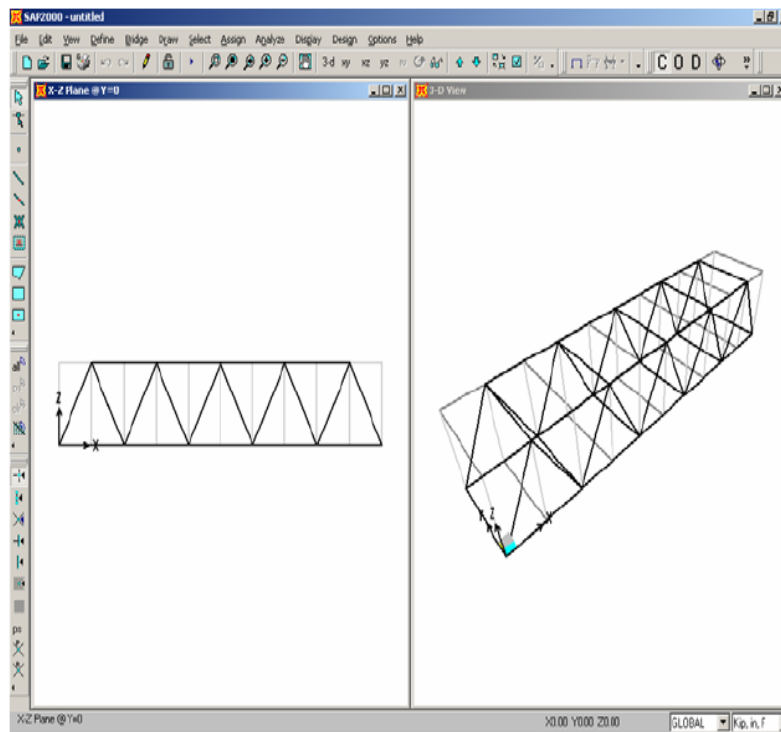
Με τον τρόπο αυτό έγινε δυνατή η τρισδιάστατη απεικόνιση της κατασκευής που θα παρουσιάζεται από εδώ και στο εξής με την διπλή οθόνη που ακολουθεί και στην οποία θα φαίνεται ταυτόχρονα τόσο το δισδιάστατο όσο και το τρισδιάστατο μοντέλο αυτής:



Στη συνέχεια γίνεται ο σχεδιασμός των υποστυλωμάτων των ζευκτών και των κόμβων της κατασκευής με τη βοήθεια του μενού που βρίσκεται στα αριστερά της παραπάνω οθόνης και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου εμφανίζονται στην επόμενη οθόνη όπου φαίνεται το είδος του στοιχείου και οι συντεταγμένες του:

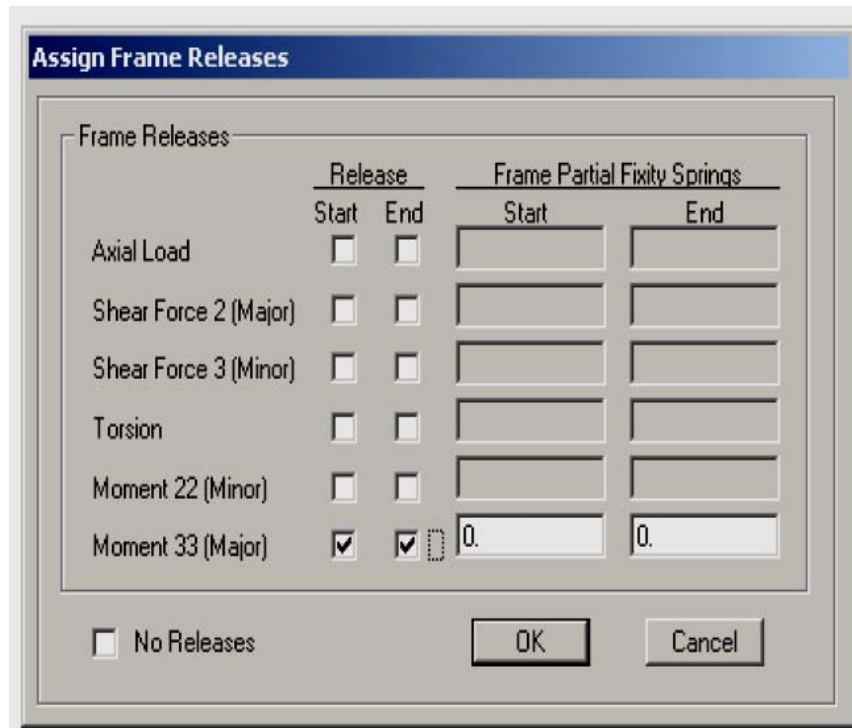
Properties of Object	
Property	TRUSS
Moment Releases	Continuous
XY Plane Offset Normal	0.
Drawing Control Type	None <space bar>

Εφόσον έρθει εις πέρας και η παραπάνω εργασία η κατασκευή παίρνει τη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω οθόνη.



Στη συνέχεια ξεκινά η σταδιακή ελευθέρωση των κόμβων της κατασκευής δηλώνοντας την αρχή και το τέλος του κάθε επιβαλλόμενου φορτίου επάνω στα μέλη της κατασκευής. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται αρθρώσεις στους κόμβους της κατασκευής (κορυφές υποστυλωμάτων - συνδέσεις υποστυλωμάτων με δοκούς και συνδέσεις διαγώνιων στις κορυφές των υποστυλωμάτων) μέσω της παρακάτω οθόνης.





Σε αυτό το σημείο της επεξεργασίας είναι εφικτό να προστεθεί και την πλάκα έδρασης της κατασκευής η οποία είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιώντας την παρακάτω οθόνη στην οποία δηλώνεται ο χαρακτηρισμός του αντικειμένου που θα σχεδιασθεί (DECK) και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που αυτό θα έχει:

**Area Section Data**

**Section Name** DECK

**Material**

Material Name CONC

Material Angle 0.

**Area Type**

Shell

Plane

Axisymmetric Solid (Asolid)

**Thickness**

Membrane 5

Bending 5

**Type**

Shell  Membrane  Plate

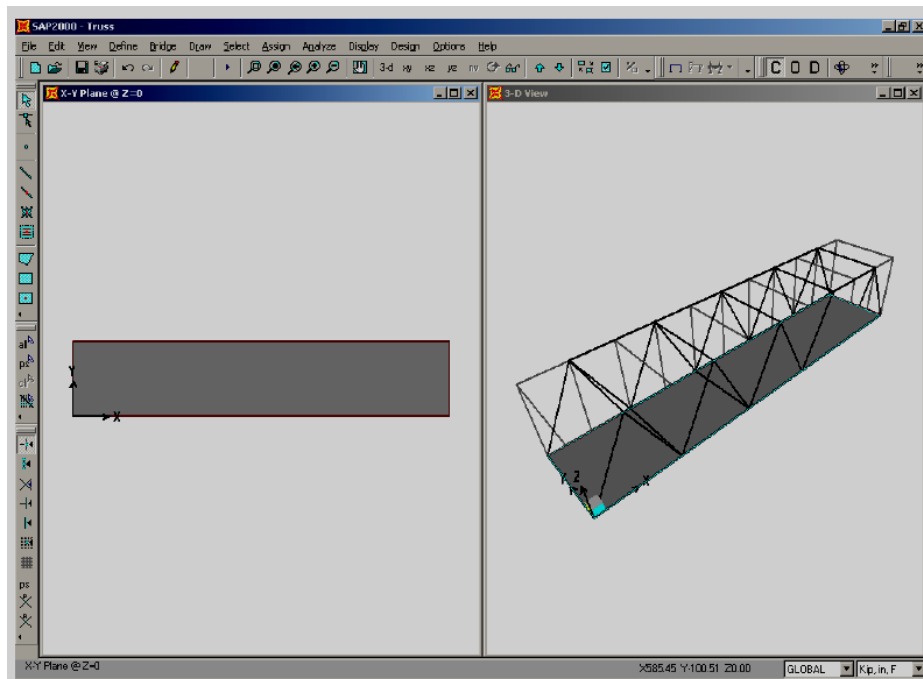
Thick Plate

Set Modifiers... Display Color ■

OK Cancel

Και τέλος σχεδιάζεται η πλάκα στο μοντέλο που έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας για μια ακόμη φορά τις σχετικές συντεταγμένες του αντικειμένου.

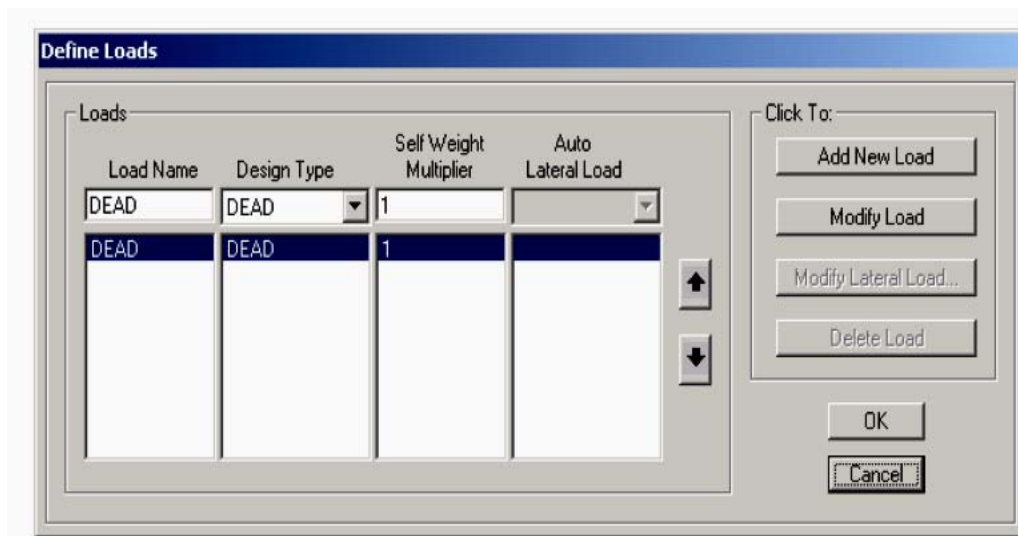
Το μοντέλο που αναπτύσσεται θα έχει τώρα την παρακάτω μορφή:



Εφόσον σχεδιάστηκε η πλάκα έδρασης είναι σκόπιμο να δηλώσουμε και τον τρόπο με τον οποίο τα μέλη της κατασκευής είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους (πακτώσεις - αρθρώσεις - κυλίσεις). Μαρκάροντας λοιπόν την κάθε σύνδεση είναι εύκολο μέσω της παρακάτω οθόνης να γίνει ο προσδιορισμός του είδους αυτής:

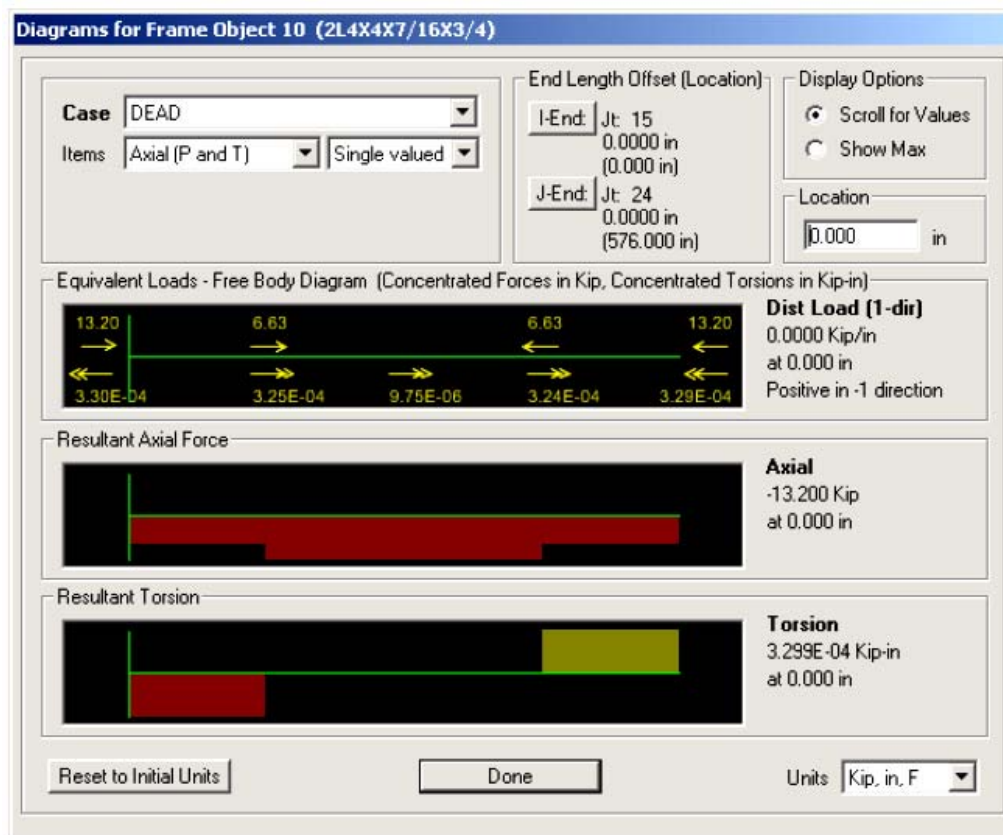


Τα παραπάνω βήματα οδήγησαν στο βασικό σχεδιασμό του μοντέλου της κατασκευής. Για να ακολουθήσει η στατική ανάλυση της κατασκευής πρέπει να δοθούν σε αυτή και οι κατάλληλες φορτίσεις. Τα φορτία της κατασκευής αποτελούνται από νεκρά φορτία και κινητά φορτία συν τα φορτία που προέρχονται από τον άνεμο το χιόνι και τις μεταβολές στη θερμοκρασία. Με τη χρήση της παρακάτω οθόνης γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει ήδη δηλωμένο το νεκρό φορτίο που είναι το ίδιο βάρος της κατασκευής το οποίο λαμβάνεται αυτόματα από το λογισμικό βάσει των υλικών - προτύπων διατομών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή. Πρέπει λοιπόν να δηλωθούν και τα υπόλοιπα φορτία με ονομασία και μέγεθος.

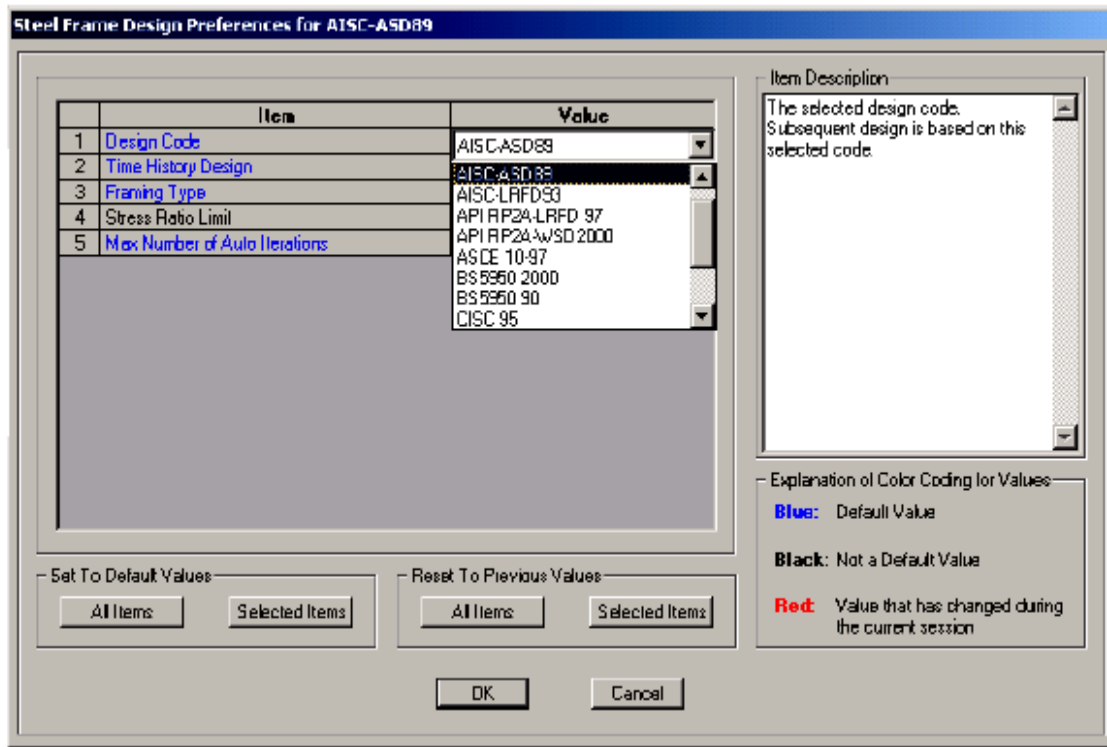


Στη συνέχεια μέσα από μια σειρά διαδικασιών του λογισμικού ξεκινά η ανάλυση από την οποία φαίνεται για κάθε συνδυασμό φόρτισης η παραμόρφωση του φορέα τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών καθώς και οι τυχόν μετατοπίσεις των κόμβων (συνδέσεων) με τη μορφή των πινάκων που παρατίθενται:

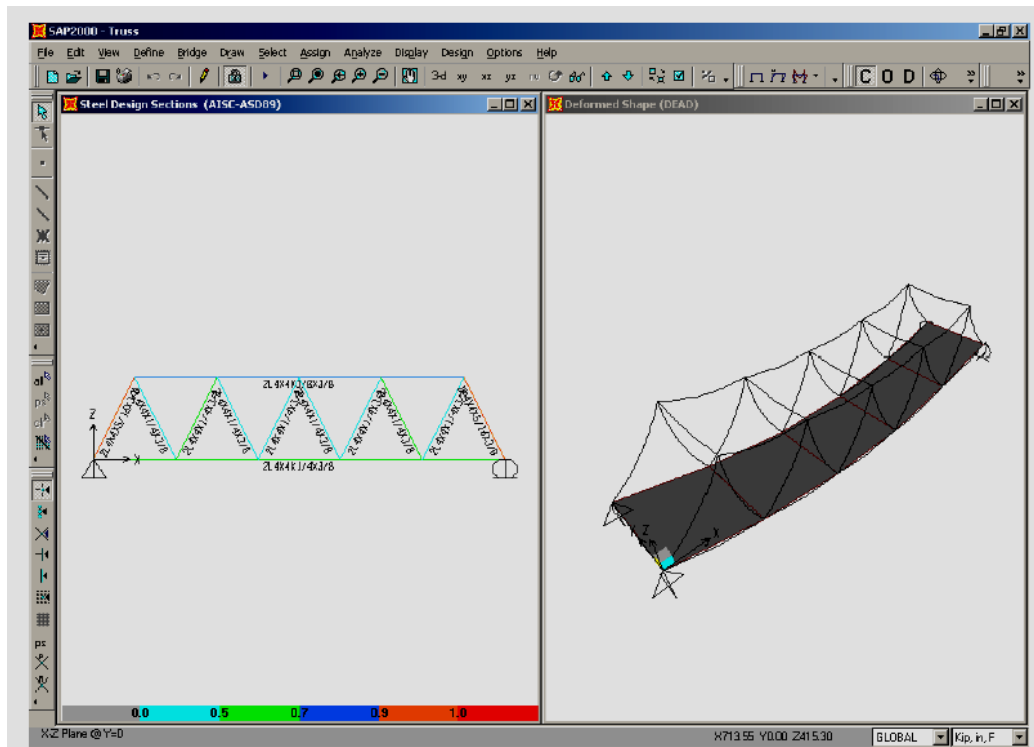
Joint Displacements			
Joint ID	20		
	1	2	3
Trans	0.02697	1.539E-06	-0.13156
Rotn	1.062E-05	0.00000	0.00000



Αμέσως μετά ξεκινά η διαστασιολόγηση της κατασκευής μέσω της ακόλουθης οθόνης.



Στο σημείο αυτό γίνεται η επιλογή του κώδικα που θα χρησιμοποιηθεί για τη διαστασιολόγηση της κατασκευής καθώς και το είδος των δοκών που επιθυμείται να χρησιμοποιηθούν για αυτή. Όταν ο σχεδιασμός τελειώσει εμφανίζεται η διαστασιολόγηση της κατασκευής όπως παρακάτω.



Η στατική ανάλυση του φορέα μπορεί να εξαχθεί σε περιβάλλον EXCEL. Τα εξαγόμενα της παρούσης παρουσιάζονται στο παράρτημα.

Με τη χρήση του λογισμικού SAP 2000 έγινε η προσπάθεια για τη διαστασιολόγηση και στατική ανάλυση του φορέα όπως περιγράφηκε στα παραπάνω βήματα. Είναι όμως σκόπιμο να ελεγχθεί και η αξιοπιστία της προκύπτουσας διαστασιολόγησης. Ο τρόπος για να γίνει αυτό είναι με έλεγχο των μελών της κατασκευής χρησιμοποιώντας σαν εργαλείο μια κοινά αποδεκτή ομάδα προτύπων που αφορούν τις κατασκευές από χάλυβα. Τα πρότυπα αυτά είναι οι Ευρωκώδικες.

Οι Δομικοί Ευρωκώδικες αποτελούν μια ομάδα προτύπων που αφορά, τόσο το δομικό όσο και το γεωτεχνικό σχεδιασμό κτιρίων. Χρησιμοποιούν δε ως κείμενα αναφοράς για τους παρακάτω σκοπούς:

(α) Αποτελούν έναν τρόπο για τη διαπίστωση της συμμόρφωσης των κτιριακών έργων με τις ουσιώδεις απαιτήσεις της Οδηγίας για Δομικά Προϊόντα ( ΟΔΠ).

(β) Ως ένα πλαίσιο για των καθορισμό εναρμονισμένων Τεχνικών Προδιαγραφών για δομικά προϊόντα.

Την παρούσα στιγμή γίνεται επεξεργασία των παρακάτω Ευρωκωδίκων ο κάθε ένας από τους οποίους αποτελείται από έναν αριθμό επιμέρους τμημάτων.

<b>Ευρωκώδικας 1 - ENV 1991</b>	<b>Basis of design and actions on structures</b> Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις στις κατασκευές
<b>Ευρωκώδικας 2 - ENV 1992</b>	<b>Design of concrete structure</b> Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα
<b>Ευρωκώδικας 3 - ENV 1993</b>	<b>Design of steel structures</b> Σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών
<b>Ευρωκώδικας 4 - ENV 1994</b>	<b>Design of composite steel and concrete structures</b> Σχεδιασμός σύμμεικτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα
<b>Ευρωκώδικας 5 - ENV 1995</b>	<b>Design of timber structures</b> Σχεδιασμός κατασκευών από λιθοδομή
<b>Ευρωκώδικας 6 - ENV 1996</b>	<b>Design of masonry structures</b> Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών
<b>Ευρωκώδικας 7 - ENV 1997</b>	<b>Geotechnical design</b> Γεωτεχνικός σχεδιασμός
<b>Ευρωκώδικας 8 - ENV 1998</b>	<b>Design provisions for earthquake resistance of structures</b> Σχεδιασμός αντισεισμικών κατασκευών
<b>Ευρωκώδικας 9 - ENV 1999</b>	<b>Design of aluminium structures</b> Σχεδιασμός κατασκευών από αλουμίνιο



Η συγκέντρωση των διεθνών προτύπων για τις κτιριακές κατασκευές δεν αποτελεί μια νέα ιδέα. Πραγματικά όπως η πρώτη έκδοση του Ευρωκώδικα 2 για κατασκευές από σκυρόδεμα, βασίστηκε στο CEB (Comite European du Beton), έτσι και ο Ευρωκώδικας 3 βασίστηκε στη Recommendations for steel design of steel structures του 1977 από την ECCS (European Convention for Constructional Steelwork), που βασιζόταν στην εργασία πολλών εταιρών από διαφορετικές χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας [Araya]. Έτσι προέκυψε η ιδέα της σύνδεσης όλης αυτής της γνώσης με την υλοποίηση των Ευρωκωδίκων.

Υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα στο να υπάρχουν σχεδιαστικά πρότυπα, τα οποία να είναι αποδεκτά από όλες τις χώρες. Το σημαντικότερο όλων των πλεονεκτημάτων είναι πως με έναν κοινά αποδεκτό κανονισμό, γίνεται εφικτός ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών και των μελετητών που προέρχονται από διαφορετικές χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, γεγονός που δίνει ίσες ευκαιρίες στην Ευρωπαϊκή αγορά εργασίας.

Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα αποτελεί και το γεγονός πως με τον τρόπο αυτό γίνεται ανταλλαγή απόψεων και συνδυασμός της γνώσης που αποκτήθηκε μέσω της εμπειρίας και της μελέτης από διαφορετικούς ανθρώπους. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εφικτή η συνεχής βελτίωση των αντικειμένων που οι Ευρωκώδικες πραγματεύονται [Araya].

Συνεπώς είναι χρήσιμο για κάποιον Πολιτικό Μηχανικό να γνωρίζει τη χρήση και τη χρησιμότητα των Ευρωκωδίκων μιας και αυτό του προσδίδει ένα επιπλέον εφόδιο στην αγορά των κατασκευών ανά την Ευρώπη.

## 5.2 Έλεγχος μελών της κατασκευής με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ

Το αντικείμενο της μελέτης του θέματος καλύπτεται από τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 3 που αφορά το σχεδιασμό Μεταλλικών Κατασκευών. Ο ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 εφαρμόζεται στο σχεδιασμό κτιρίων από χάλυβα και έργων που εμπίπτουν στην αρμοδιότητα του Πολιτικού Μηχανικού και έχουν ως δομικό τους στοιχείο το χάλυβα. Περιλαμβάνει μόνο τις απαιτήσεις αντοχής, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας των εν λόγω κατασκευών, ενώ δεν περιλαμβάνει κάποιες άλλες απαιτήσεις όπως για παράδειγμα θερμική ή ηχητική μόνωση. Επιπλέον δεν καλύπτει τον αντισεισμικό σχεδιασμό για του οποίου τις απαιτήσεις πρέπει να γίνει αναφορά στον ΕΑΚ (Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό) ή στον ανάλογο Ευρωκώδικα 8 που συμπληρώνει η προσαρμόζει τους κανόνες του Ευρωκώδικα 3.

Στις εκδόσεις του ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 3 που κυκλοφορούν αντιμετωπίζονται τα παρακάτω θέματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>0</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>0</sup> : ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>0</sup> : ΥΛΙΚΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>0</sup> : ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>0</sup> : ΤΕΛΙΚΕΣ ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>0</sup> : ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΕΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ  
ΦΟΡΤΙΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>0</sup> : ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΝΕΓΕΡΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>0</sup> : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>0</sup> : ΚΟΠΩΣΗ

Καθώς και παραρτήματα τα οποία αναφέρονται σε αναλύσεις των επιμέρους κεφαλαίων.

Στην παρούσα ο ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των μελών και συνεπώς της διαστασιολόγησης της κατασκευής ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα.

Δεδομένης της διαστασιολόγησης που έγινε με τη βοήθεια του SAP 2000 και της επίλυσης των φορέων μέσω αυτού, χρησιμοποιήθηκαν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού όπως αυτά προέκυψαν από την επίλυση για να γίνει ο έλεγχος των μελών εκείνων της κατασκευής που παρουσιάζουν τη δυσμενέστερη συμπεριφορά υπό τη δυσμενέστερη φόρτιση.

Έτσι προέκυψε ο έλεγχος ενός υποστυλώματος μιας σύνδεσης και ενός ζυγώματος της κατασκευής. Οι έλεγχοι αυτοί έγιναν με την παρακάτω σειρά και μεθοδολογία:

Αρχικά έγινε έλεγχος του ζυγώματος που σύμφωνα με τη στατική επίλυση καταπονείται σε θλίψη (Nsd θλιπτική), ροπή κάμψης (Msd) αλλά και διάτμηση. Σύμφωνα με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 3 οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν με βάση των ακόλουθων σχέσεων:

$$V_{sd} \leq V_{pl, Rd}$$

$$M_{sd} \leq \min ( M_{pl, y, Rd}, M_{N, y, Rd} ).$$

## ΜΕΡΟΣ Β΄

### «ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»

---

**ΕΡΓΟ:** ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ 304 ΠΕΒ

**ΘΕΣΗ:** ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ

ΤΕΥΧΟΣ Ι

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η παρούσα αφορά στη σύνταξη μελέτης αποθήκης τοξικών αποβλήτων στο 304ΠΕΒ.

#### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στο εργοστάσιο του 304 ΠΕΒ υπάρχουν απόβλητα διάσπαρτα στο χώρο του εργοστασίου και είναι τα εξής:

- Υγρά συσσωρευτών σε πλαστικά δοχεία
- Νιτρικά άλατα Καλίου / Νατρίου σε σάκους.
- Συγκολλητικές ουσίες MEGUM 100 και 3270 σε μεταλλικά βαρέλια 200 kgr
- Έλαιο χαλικυτηρίου, σαπουνέλαιο (alibration oil) σε μεταλλικά βαρέλια των 200kgr.
- Υλικό προστασίας (BLACK) ελαστικού σε μεταλλικά δοχεία.
- Παράθυρα Γερμανίου σε κιβώτια.

Μετά από διαγωνισμό αναδείχθηκε εταιρεία στην οποία ανατέθηκε η περισυλλογή / διαχείριση και καταστροφή τους. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο μεγάλο χρονικό διάστημα που αυτά παραμένουν στο χώρο του εργοστασίου αποτελώντας κίνδυνο τόσο για την υγεία των εργαζομένων και περιοίκων όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Προτείνεται λοιπόν η κατασκευή κτιριακής εγκατάστασης για την αποθήκευση τους.

#### A. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

1. Το κτίριο είναι ισόγειο κτίσμα εμβαδού  $200\text{m}^2$ , το οποίο θα κατασκευασθεί πλησίον της Στοάς Βλητικών Δοκιμών, όπως σημειώνεται η θέση στο απόσπασμα Χωροταξικού Διαγράμματος του 304 ΠΕΒ.
2. Ο Φέρων Οργανισμός του κτιρίου αποτελείται εξ' ολοκλήρου από μεταλλική κατασκευή (Υποστυλώματα, Ζυγώματα, Σύνδεσμοι Ακαμψίας) η οποία φέρει μονόριχτη στέγη με κλίση από την πίσω μεγάλη πλευρά της προς τη μπροστινή μεγάλη πλευρά της, όπως στα αρχιτεκτονικά σχέδια και εδράζεται επί θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι συνδέσεις των μελών θα γίνουν με κοχλιώσεις έτσι ώστε να είναι δυνατή η αποσυναρμολόγηση της κατασκευής.
3. Το δάπεδο της κατασκευής είναι βιομηχανικό, κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και φέρει κατάλληλη επίστρωση έτσι ώστε να είναι ανθεκτικό σε χημικές καταπονήσεις. Έχει κλίση ίση με 1% από την πίσω μεγάλη πλευρά του προς τη μπροστινή μεγάλη πλευρά του για την αποστράγγιση τυχόν διαρροών.

4. Στο εσωτερικό του κτιρίου προβλέπεται κλειστός από γυψοσανίδα χώρος με εμβαδόν  $9\text{m}^2$  για την ξεχωριστή αποθήκευση κάποιων εκ των υλικών, στον οποίο η είσοδος θα γίνεται από μεταλλική θύρα.
5. Η επιστέγαση και πλαγιοκάλυψη του κτιρίου θα γίνει με θερμομονωτικά πανό τύπου «σάντουιτς».
6. Στο περίβλημα του κτιρίου προβλέπονται μεταλλικές θύρες εισόδου οχημάτων, μεταλλικοί σταθεροί φεγγίτες και περσίδες αερισμού αλουμινίου σταθερής κλίσης  $45^\circ$  με μεταλλικό πλαίσιο που στο εσωτερικό τους καλύπτονται από πλέγμα, στις θέσεις που φαίνονται στα σχέδια.
7. Περιμετρικά του κτιρίου κατασκευάζεται πεζοδρόμιο το οποίο διακόπτεται στα σημεία εισόδου των οχημάτων από ράμπες εισόδου. Επίσης κατασκευάζεται περιμετρικός δρόμος που συνδέει το εν' λόγω κτίσμα με τον κεντρικό δρόμο του εργοστασίου.

## **B. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

### **1. ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ**

#### **α. Γενικές εκσκαφές**

Γενικές εκσκαφές με μηχανικά μέσα, σε έδαφος πάσης φύσης, εκτελούνται για την διαμόρφωση του επιπέδου του κτιρίου, των προσπελάσεων και την εκσκαφή στο απαιτούμενο βάθος. Από τα προϊόντα εκσκαφής τα πλέον κατάλληλα και στις απαιτούμενες ποσότητες θα εναποτεθούν παραπλεύρως του κτιρίου και θα χρησιμοποιηθούν στις επιχώσεις, τα δε ακατάλληλα θα απορρίπτονται σε επιτρεπόμενα μέρη.

### β. Ειδικές εκσκαφές

Όπως παραπάνω, εκτελούνται με μηχανικά μέσα για την εκσκαφή των λάκκων των πέδιλων, των τάφρων και των συνδετήριων δοκών της πεδιλοδοκού. Τα προϊόντα εκσκαφής θα διατεθούν όπως παραπάνω.

### γ. Επιχώσεις

1. Με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών, που θα προέρχονται από τις εκσκαφές του έργου ή από δανειοθαλάμους εφ' όσον αυτά δεν επαρκούν ή κρίθηκαν ακατάλληλα, θα επιχωθούν τα σκάμματα των πάσης φύσης θεμελίωσης του κτιρίου, το δάπεδο μέχρις ύψους 60 cm από την τελική στάθμη και οι χώροι προσπελάσεως και πεζοδρόμια μέχρι ύψους 40 cm από την τελική στάθμη. Μετά την επίχωση θα συμπυκνωθούν με διαβροχή και τύπανση με κατάλληλα μέσα μέχρι να επιτευχθεί το 95 % της κατά PROCTOR συμπύκνωσης.
2. Με θραυστό υλικό λατομείου 3<sup>A</sup>, κατάλληλα συμπυκνωμένο, με όσο το δυνατόν προς πλήρη άρνηση, το δάπεδο και οι ράμπες εισόδου των οχημάτων σε πάχος 30 cm (3 στρώσεις των 10 cm) και τα πεζοδρόμια σε πάχος 10 cm.
3. Κάτω από το θραυστό υλικό λατομείου (3<sup>A</sup>), θα τοποθετηθεί γεώφασμα ενδεικτικού τύπου POLYFET – TS65 των 155 gr / m<sup>2</sup> για την αύξηση αντοχής της υπόβασης του δαπέδου έναντι θραύσεως.

## 2. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

**α.** Με σκυρόδεμα  $C_{12/15}$  των 200 kgf θα κατασκευασθεί η στρώση έδρασης (μπετόν καθαριότητας) του συστήματος θεμελίωσης (πέδιλα - συνδετήριες δοκοί) και σε πάχος 10 cm.

**β.** Με σκυρόδεμα  $C_{20/25}$  των 350 kgf θα κατασκευαστούν τα πέδιλα των κυρίων υποστυλωμάτων και οι συνδετήριες δοκοί, με διαστάσεις αυτές που υποδεικνύονται στα σχέδια κάτοψης της θεμελίωσης, τα περιμετρικά πεζοδρόμια, το δάπεδο της κατασκευής, οι ράμπες εισόδου των οχημάτων και το φρεάτιο απορροής των διαρροών.

**γ.** Πριν την έναρξη των εργασιών και σε συνεργασία με την επίβλεψη, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη θέση και τις διαστάσεις των περιμετρικών συνδετήριων δοκών, ιδιαίτερα στο πλάτος αυτών ούτως ώστε να διασφαλίζεται η έδραση των panels πάνω σε αυτά.

## 3. ΟΠΛΙΣΜΟΙ

**α.** Για την κατασκευή της θεμελίωσης και ως οπλισμός στο φρεάτιο απορροής των διαρροών θα χρησιμοποιηθεί στρεπτός νευρογάλυβας S500s.

**β.** Στο δάπεδο, τις ράμπες εισόδου θα χρησιμοποιηθεί δομικό πλέγμα T131 S500s σε δύο (2) στρώσεις και στα πεζοδρόμια η ίδια ποιότητα σε μια (1) στρώση.

## 4. ΞΥΛΟΤΥΠΟΙ

Θα χρησιμοποιηθούν ξυλότυποι συνήθων χυτών κατασκευών για τη σκυροδέτηση της θεμελίωσης και ξυλότυποι χυτών μικροκατασκευών για τα πεζοδρόμια και τις ράμπες εισόδου των οχημάτων και όπου αλλού απαιτηθεί.



## 5. ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ (ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ)

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από μεταλλικά πλαίσια μορφοσιδήρου (χάλυβας Fe 360) που περιλαμβάνει υποστυλώματα κύρια και βοηθητικά, δοκούς ζυγώματος, μηκίδες, και συνδέσμους ακαμψίας, με τις παρακάτω προδιαγραφές:

**α.** Τα υποστυλώματα (HEA 220) θεμελιώνονται μέσω κοχλιών και μεταλλικών πλακών έδρασης σε πέδιλα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

**β.** Το ζύγωμα (HEA 220) των πλαισίων είναι τριγωνικής μονοκλινούς μορφής με ενισχυμένη διατομή στους κόμβους σύνδεσης με τα υποστυλώματα και στη κορυφή του.

**γ.** Δοκοί προτύπου διατομής SHS 140 x 60 χρησιμοποιούνται ως ακροδοκοί σύνδεσης κεφαλών υποστυλωμάτων (κεφαλόδεσμοι), και κορυφών των ζυγωμάτων, κατά τη διαμήκη έννοια, ώστε να εξασφαλίζεται η κατά το δυνατόν πλαισιακή λειτουργία τους.

**δ.** Ως τεγίδες για την στήριξη της επικάλυψης της οροφής χρησιμοποιούνται δοκοί προτύπου διατομής IPE 220.

**ε.** Ως μηκίδες πλαγιοκάλυψης χρησιμοποιούνται δοκοί προτύπου διατομής UPN 140, επίσης και ως πρέκια, ποδιές και ορθοστάτες κουφωμάτων.

**στ.** Ως δοκοί των θυρών εισόδου χρησιμοποιούνται δοκοί προτύπου διατομής HEA160.

**ζ.** Για την εξασφάλιση της ενιαίας συμπεριφοράς και της ευστάθειας του κτιρίου μορφώνονται σύνδεσμοι ακαμψίας οι οποίοι μεταφέρουν με ασφάλεια όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία στο έδαφος και αναλυτικότερα:

- Αντιανέμιοι σύνδεσμοι στην οροφή στις δύο (2) ακραίες θέσεις για την εξασφάλιση της χωρικής συμπεριφοράς της στέγης (SHS 50 x 30).
- Αντιανέμιοι και στις δύο μεγάλες πλευρές του κτιρίου στις αντίστοιχες θέσεις των αντιανέμιων της οροφής (SHS 60 x40).

## 6. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΑΠΕΔΟ

α. Της κατασκευής του δαπέδου προηγείται η προετοιμασία των αρμών διαχωρισμού και η τοποθέτηση ξύλινων ή μεταλλικών υψομετρικών δεικτών, κατά προτίμηση στις κορυφές του καννάβου των αρμών συστολής.

Η διάστρωση και η επεξεργασία του σκυροδέματος γίνεται με την παρακάτω σειρά:

- 1) *Προσαρμογή – Διασκορπισμός*: Πρέπει να αποφεύγεται ο διαχωρισμός των μεγάλου μεγέθους αδρανών στον πυθμένα και των λεπτόκοκκων στην επιφάνεια. Η προσαγωγή γίνεται με χοάνες κοντά στην επιφάνεια του δαπέδου. Ο διασκορπισμός γίνεται με κοντά φτυάρια ορθογωνικού χειλού, πλατύχειλες σκαπάνες και όχι με τσουγκράνες ή μυστριά ούτε με τη χρήση δονητών μάζας.

Η ρηγμάτωση από συστολή ξήρανσης περιορίζεται όταν η διάστρωση γίνεται σε παράλληλες λωρίδες εναλλάξ μεταξύ των αρμών συστολής. Η διάστρωση σε μορφή σκακιάρας αν και ευνοϊκότερη αποφεύγεται για τους λόγους κυκλοφορίας στην κατασκευή.

- 2) *Συμπύκνωση*: Η συμπύκνωση γίνεται με δονητές μάζας μεγαλύτερης συχνότητας μικρού εύρους, ή με δονητές επιφάνειας μικρής συχνότητας (50-100Hz) προσαρμοσμένους στους πήχεις οριζοντίωσης.
- 3) *Οριζοντίωση*: Η οριζοντίωση γίνεται με ευθύγραμμους πήχεις, μήκους περίπου 3,00m, με ενισχυμένη ακμή από μαγνησιούχο χάλυβα. Οριζοντιώνονται αρχικά παράλληλες ταινίες μεταξύ υψομετρικών δεικτών και κατόπιν η μεταξύ τους επιφάνεια του σκυροδέματος. Οι υψομετρικοί δείκτες είτε αφαιρούνται είτε βυθίζονται με κρούση στην υπόβαση. Οι ανοχές στην οριζοντίωση είναι 3 - 5 mm στα 3,00m.
- 4) *Απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού*: Το πλεονάζον νερό ανάμιξης που αναβλύζει στην επιφάνεια μετά τη συμπύκνωση όταν παραμένει μετατρέπεται σε εύθρυπτη την άνω επιφάνεια και πρέπει να απομακρύνεται. Η απομάκρυνση γίνεται με ελαστικοφόρους πήχεις ή με σπόγγους σε μικρές επιφάνειες. Η χρήση των συστημάτων κενού επιταχύνει παράλληλα τη σκλήρυνση του σκυροδέματος.
- 5) *Αναμονή*: Μια ελαφρά σκλήρυνση του σκυροδέματος είναι αναγκαία για την παραπέρα επιφανειακή επεξεργασία η οποία διαπιστώνεται όταν η πίεση ποδιού προκαλεί βύθιση του σκυροδέματος 5mm.
- 6) *Διάνοιξη αρμών*: Γίνεται σύμφωνα με τα σχέδια των λεπτομερειών. Ο χρόνος κοπής των αρμών εξαρτάται από την έναρξη της σκλήρυνσης του σκυροδέματος (καιρικές συνθήκες, τύπος τσιμέντου, πλαστικοποιητές κ.λ.π.). Η

κοπή των αρμών πρέπει να γίνει όσο το δυνατόν ταχύτερα μετά τη διάστρωση του δαπέδου για την αποφυγή δημιουργίας ρωγμών λόγω συστολής ξηράνσεως του σκυροδέματος, αλλά όχι πολύ νωρίς προκειμένου να αποφευχθεί ο τραυματισμός των αδρανών και των ινών. Κατά κανόνα η κοπή των αρμών μπορεί να γίνεται το αργότερο σε μία (1) ημέρα μετά την ολοκλήρωση της σκυροδέτησης και σε δύο (2) ημέρες όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες.

- 7) *Επιπεδοποίηση:* Η επεξεργασία της επιφάνειας αρχίζει με την επιπεδοποίηση η οποία αποβλέπει στην έμπηξη χονδρόκοκκων αδρανών που προεξέχουν, στην απαλοιφή προεξοχών και κενών και στη συμπύκνωση του κονιάματος στην επιφάνεια. Η επιπεδοποίηση γίνεται με χρήση ελαφρών ελικόπτρων με κεκλιμένες λεπίδες, ή με περιστρεφόμενους δίσκους.
- 8) *Ομαλοποίηση:* Γίνεται αμέσως μετά την επιπεδοποίηση και αποβλέπει στην δημιουργία ομαλής και σκληρής επιφάνειας. Γίνεται με επαναφορτιζόμενα ελικόπτερα που έχουν περίπου οριζόντιες λεπίδες. Εκτελείται σε διαδοχικές φάσεις κατά τη διάρκεια της σκλήρυνσης ώστε να εξαλείφονται η εμφανιζόμενες αχιβάδες. Στη φάση αυτή δεν επιτρέπεται η χρήση νερού ή σκόνης τσιμέντου διότι προκαλούν κονιοποίηση της επιφάνειας.
- 9) *Συντήρηση:*
  - α. Η συντήρηση αρχίζει όταν η πρόοδος σκλήρυνσης επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μέσων χωρίς αλλοίωση της ομαλοποίησης της επιφάνειας και διαρκεί επτά (7)

περίπου ημέρες για το κοινό τσιμέντο και τέσσερις (4) ημέρες για το τσιμέντο ταχείας αναπτύξεως αντοχής.

Τα συνήθη μέσα συντήρησης είναι τα εξής:

(1) Συνεχώς υγραινόμενες λινάτσες στην επιφάνεια.

(2) Σε οριζόντια δάπεδα στρώση νερού 25mm περίπου σε περιμετρικό φράγμα από χώμα ή άμμο.

Αντί αυτών προβλέπεται και επιβάλλεται η χρήση χημικής μεμβράνης (curing compound) για εξασφάλιση της άριστης συντήρησης και αντοχής σε επιφανειακή ρηγμάτωση και κονιορτοποίηση της τελικής επιφάνειας.

**β.** Η μόρφωση του βιομηχανικού δαπέδου γίνεται στη φάση της «ομαλοποίησης» επί της νωπής επιφάνειας του σκυροδέματος από «ελικόπτερο» με επίπαση προαναμεμιγμένης κονίας που περιέχει ειδικά μεταλλικά αδρανή και προσμίξεις για αντοχή σε μεγάλη κρούση και τριβή.

**γ.** Θα κατασκευασθούν αρμοί διαστολής και συστολής

#### Αρμοί συστολής

Γίνονται με δισκοπρίονο την επόμενη της σκυροδέτησης κατά τους θερινούς μήνες και 2-3 μέρες κατά τους χειμερινούς και κατά τις δύο διευθύνσεις με πλάτος 6 mm και βάθος το  $\frac{1}{4}$  του πάχους του δαπέδου, που σφραγίζονται με θειόκολλα.

#### Αρμοί διαστολής

Θα κατασκευασθούν αρμοί διαστολής πάχους 20mm όπως δείχνουν τα σχέδια με τοποθέτηση 2 πλακών FLEXCELL των 10 mm. Ο αρμός διαστολής στο επάνω μέρος θα σφραγισθεί με πολυσουλφιδικής βάσεως θειόκολλα τύπου **ΘΕΙΟΖΗΛ** ή άλλη ιδίων ή καλύτερων προδιαγραφών.

## 7. ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ (ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ) ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ

Την κατασκευή του Βιομηχανικού Δαπέδου θα ακολουθήσει διάστρωση του με το σύστημα διάστρωσης RINOL ALL ROUNDER-VE της εταιρείας RINOL HELLAS (ή αντίστοιχου), σύστημα διάστρωσης 3 στρώσεων με βάση βινυλικούς εστέρες 2 συστατικών, συνολικού πάχους κατασκευής 3,5 - 5,5 kgr / m<sup>2</sup>, ώστε να επιτευχθεί οξύμαχη, απόλυτα λεία, και κλειστόπορη ομοιογενής και χωρίς αρμούς επιφάνεια, ανθεκτική σε χημικές καταπονήσεις.

Η διαδικασία θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

### α. Αστάρωμα – Εμποτισμός του υποστρώματος

Προμήθεια και διάστρωση ασταρώματος προσφύσεως για την εξασφάλιση σωστής σύνδεσης (γεφύρωσης) του υποστρώματος με τις ακόλουθες στρώσεις του συστήματος επίστρωσης.

Προτεινόμενα υλικό: RINOL EP - P 200

Κατανάλωση περίπου 0,4 kgr / m<sup>2</sup>

Διασπορά χαλαζιακής άμμου RINOL Q<sub>2</sub> (κοκκομετρίας 0,25 - 0,8 mm) σε όλη την επιφάνεια όταν το αστάρωμα είναι ακόμη νωπό, πρέπει να είναι τέτοια, ούτως ώστε σε μέτρηση κατά HERION να επιτυγχάνεται αντοχή εφελκυσμού Κατανάλωση περίπου 3 kgr / m<sup>2</sup>.

Η συναρμολόγηση του ασταρώματος με το υπόστρωμα τουλάχιστον 2,5 N / mm<sup>2</sup>

**β. Εξομαλυντική στρώση ασταρωμένου υποστρώματος**

Προμήθεια και διάστρωση ενδιάμεσης εξομαλυντικής στρώσης μέσου πάχους 1.00 - 1.5 mm, αδιάλυτη, ελαστική, απόλυτα κλειστόπορη.

Η διάστρωση γίνεται σε όλη την επιφάνεια της ασταρωμένης επιφάνειας, με σπάτουλα χρησιμοποιώντας υψηλής ποιότητας ρητινούχα υλικά με βάση τις πολυεστερικές ρητίνες.

Προτεινόμενο υλικό: RINOL UP - L300

Κατανάλωση περίπου 1,1 kgr / m<sup>2</sup>, συμπεριλαμβανομένου και του ως άνω Q<sub>2</sub>, ανάλογα με την επιπεδότητα του υποστρώματος.

Η εργασία περιλαμβάνει και το τρίψιμο της διαστρωθείσας επιφάνειας κατόπιν της πλήρους ξήρανσης της.

**γ. Τελική στρώση**

Προμήθεια και διάστρωση τελικής στρώσης μη αγωγίμης, αυτοεπιπεδούμενης, απόλυτα λείας, ομοιογενούς και ματ.

Η στρώση αυτή διαστρώνεται με οδοντωτή σπάτουλα σε όλη την επιφάνεια της προηγούμενης στρώσης, χωρίς αρμούς, και είναι απόλυτα κλειστόπορη.

Έχει ιδιότητες αντιολισθητικές, με υψηλή αντοχή στα χημικά των κατηγοριών χημικών ουσιών 1-14 (συμπεριλαμβάνεται και το γαλακτικό οξύ).

Προτεινόμενο υλικό: RINOL VE - C 500 στα χρώματα 21 - 28 από το χρωματολόγιο της RINOL και σε όλα τα χρώματα της RAL.

Κατανάλωση περίπου 1,8 kgr / m<sup>2</sup>.

## 8. ΕΠΙΣΤΕΓΑΣΗ – ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΗ

**α.** Η επιστέγαση και η πλαγιοκάλυψη θα γίνει ανάλογα με την επιλογή και τις χρηστικές ανάγκες της εξυπηρετούμενης μονάδας με θερμομονωτικά πανό (σάντουιτς), που θα αποτελούνται από ελασματόφυλλα πάχους 0,5 mm γαλβανισμένα εν' θερμώ σε χρώμα επιλογής των ενδιαφερόμενων, μεταξύ των οποίων θα υπάρχει πολυουρεθάνη πάχους 50mm. Το εσωτερικό φύλλο θα είναι αυλακωτό και το εξωτερικό τραπεζοειδούς διατομής. Στις ενώσεις και τις ελεύθερες πλευρές των παραπάνω πανό θα τοποθετηθούν ειδικά τεμάχια για τη στεγανοποίηση τους.

**β.** Τα παραπάνω θερμομονωτικά πανό που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να τηρούν τις παρακάτω προδιαγραφές, οι τιμές των οποίων θα πιστοποιούνται από τον ΕΛΟΤ, ή αναγνωρισμένο από την Ευρωπαϊκή Ένωση εργαστήριο:

- |   |   |
|---|---|
| (1) Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας         | $0,22 \pm 1 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ |
| (2) Θλιπτική αντοχή με συμπίεση 10 %          | 0,2 Μρα   |
| (3) Αντοχή σε κάμψη                           | 0,4 Μρα   |
| (4) Αντοχή σε κάμψη                           | 0,5 Μρα   |
| (5) Συμπεριφορά σε πυρκαγιά                   | B1  |
| (6) Στεγανωτικά με τα παρακάτω χαρακτηριστικά |   |

- α. Να είναι διαρκώς ελαστικά και μη σκληρύνσιμα
- β. Να έχουν καλή προσκόλληση
- γ. Να είναι επαρκώς μαλακά ώστε να δέχονται παραμορφώσεις των ενώσεων 10%
- δ. Να έχουν αντίσταση στους υδρατμούς τουλάχιστον 15MN<sub>g</sub> /g
- ε. Να λειτουργούν ικανοποιητικά σε ένα φάσμα θερμοκρασιών -20 έως +80 °C
- στ. Να έχουν αντοχή στις υπεριώδεις ακτινοβολίες (UV) όταν βρίσκονται εκτεθειμένα σε ηλιακή ακτινοβολία.
- ζ. Να διατηρούν τις παραπάνω τους ιδιότητες για μια περίοδο



## 9. ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

### 1. Θύρες μεταλλικές κοινές

- α. Θύρες δίφυλλες μεταλλικές ανοιγόμενες προς τα έξω με τις διαστάσεις που φαίνονται στα σχέδια στις δύο μεγάλες πλευρές του κτιρίου, οι οποίες θα είναι εξωτερικά μόνο επενδεδυμένες με λαμαρίνα διπλής όψεως (ψυχρής έλασης) πάχους 1,5 mm. Τα φύλλα τους, θα έχουν τόσο οριζόντιες όσο και διαγώνιες ενισχύσεις του πλαισίου τους.
- β. Θύρα μεταλλική μονόφυλλη ανοιγόμενη προς τα έξω με τις διαστάσεις των σχεδίων, ίδιας κατασκευής με τις παραπάνω, στον κλειστό εσωτερικό χώρο που θα χρησιμοποιηθεί για την ξεχωριστή αποθήκευση των λυχνιών και των παραθύρων Γερμανίου.

### 2. Μεταλλικές περσίδες

Στις θέσεις που φαίνονται στα σχέδια θα τοποθετηθούν μεταλλικές περσίδες από λαμαρίνα πάχους 1,2 mm, σταθερές και υπό κλίση  $45^{\circ}$ , εδραζόμενες σε μεταλλικό πλαίσιο (κάσα) μετά σήτας εδραζόμενης σε κούφωμα (τελάρο), για τη μη διέλευση εντόμων και πτηνών.

### 3. Φεγγίτες

Στις θέσεις και με τις διαστάσεις που φαίνονται στα σχέδια, τοποθετούνται τριπλοί φεγγίτες με σταθερά υαλοστάσια πάχους 5 mm.

## 10. ΤΟΙΧΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΗΣ

Περιμετρικά της πλάκας έδρασης θα κατασκευαστεί από σκυρόδεμα C<sub>12/15</sub> τοίχιο ύψους 25cm και πλάτους 14 cm το οποίο θα αποτελέσει τη βάση έδρασης της πλαγιοκάλυψης.

## 11. ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Στους φεγγίτες του κτιρίου θα τοποθετηθούν υαλοπίνακες πάχους 5 mm.

## 12. ΚΡΑΣΠΕΔΑ (ΡΕΙΘΡΑ) ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ

Στα πεζοδρόμια θα χρησιμοποιηθούν ως ρείθρα, πρόχυτα κράσπεδα από άοπλο σκυρόδεμα C<sub>12/15</sub> (B<sub>10</sub>), διαστάσεων 15x30 cm.

## 13. ΠΛΑΚΟΣΤΡΩΣΕΙΣ

Πλακοστρώσεις θα γίνουν περιμετρικά του κτιρίου στα πεζοδρόμια. Πριν την τελική πλακόστρωση θα διαστρωθεί σκυρόδεμα C<sub>12/15</sub> πάχους ανάλογα με την κλίση προς τον περιβάλλοντα χώρο με ελάχιστο 8 cm και οπλισμό δομικό πλέγμα T131-S500s.

Η πλακόστρωση θα γίνει με πλάκες τσιμέντινες λευκές πεζοδρομίου διαστάσεων 50 x 50 cm με τσιμεντοκονία των 450 kgr.

Σε όλη την πλακόστρωση θα χρησιμοποιηθούν ως ρείθρα, πρόχυτα κράσπεδα από άοπλο σκυρόδεμα C<sub>12/15</sub> (B<sub>10</sub>), διαστάσεων 15 x 30 cm.

#### 14. ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ

- α. Ο μεταλλικός σκελετός του κτιρίου θα βαφεί με μία (1) στρώση μίνιο, μία (1) στρώση primer και δύο (2) στρώσεις αλκυδικής βαφής της ERLAC ή αναλόγου.
- β. Τα μεταλλικά κατακόρυφα στοιχεία θα έχουν πυροπροστατευτική βαφή που θα επιβραδύνει τη φωτιά κατά 60 min τουλάχιστον.
- γ. Με χρώμα θα βαφούν και οι τρεις (3) θύρες του κτιρίου.

#### 15. ΚΑΝΑΛΙ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΥΓΡΩΝ ΠΛΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΕΟΝΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Εσωτερικά του κτιρίου και στη θέση που φαίνεται στα σχέδια θα διαμορφωθεί επί της πλάκας της κατασκευής κανάλι για την απορροή των υγρών πλύσης και τυχόν διαρροών του χώρου, με διαστάσεις 15,00 x 0.20 x 0.20 m (μήκος x ύψος x πλάτος) και κλίση 1,5 % . Το κανάλι εσωτερικά θα επιστρωθεί (επαλειφθεί) με στεγανωτική επένδυση και στη συνέχεια θα ακολουθήσει επίστρωση του με το ίδιο υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την τελική διαμόρφωση του Βιομηχανικού δαπέδου. Στο πάνω μέρος του καναλιού θα τοποθετηθεί η ανάλογη μεταλλική εσχάρα.

#### 16. ΦΡΕΑΤΙΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΩΝ

Εξωτερικά του κτιρίου θα κατασκευαστεί φρεάτιο από οπλισμένο σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> με εξωτερικές διαστάσεις 1,90 x 1.90 x 2.20 m (μήκος x πλάτος x βάθος) και εσωτερικές διαστάσεις 1,50 x 1.50 x 2.00 m (μήκος x πλάτος x βάθος) το οποίο θα συνδέεται με σωλήνα με το κανάλι απορροής που βρίσκεται στο εσωτερικό του κτιρίου και στο οποίο θα

καταλήγουν οι απορροές του εσωτερικού χώρου. Το φρεάτιο θα επαλειφθεί με στεγανωτική επίστρωση και η τελική του διαμόρφωση θα γίνει με επίστρωση με το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί και για την τελική διαμόρφωση του Βιομηχανικού δαπέδου. Στο πάνω μέρος του φρεατίου θα τοποθετηθεί διπλό χυτοσιδηρό κάλυμμα.

## 17. ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΕΣ

Εσωτερικά της κατασκευής και στη θέση που φαίνεται στα σχέδια θα δημιουργηθεί από γυψοσανίδα πάχους 12mm και μεταλλική κατασκευή από στραντζαριστή γαλβανισμένη λαμαρίνα, χώρος για την ξεχωριστή αποθήκευση των λυχνιών και των παραθύρων Γερμανίου. Ο χώρος αυτός θα έχει μία πόρτα εισόδου.

## ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΩΡΟΥ

Ο περιβάλλον χώρος γύρω από το κτίριο θα ασφαλτοστρωθεί περιμετρικά σε πλάτος 5,00m και θα συνδεθεί με άσφαλτο σε απόσταση 10,00m με υπάρχοντα δρόμο πλησίον της Στοάς Βλητικών Δοκιμών. Θα προηγηθεί γενική εκσκαφή σε βάθος 0,30m. Η εκσκαφή θα κυλινδρωθεί με δονητικό οδοστρωτήρα τουλάχιστον 6 φορές. Θα ακολουθήσει στρώση οδοποιίας σε πάχος 0,30m και στη συνέχεια θα κατασκευαστούν δύο στρώσεις υποβάσεως της ΠΤΠ 0150 η μεν πρώτη μεταβλητού πάχους η δε δεύτερη τελικού συμπιεσμένου πάχους 0,10 m.

Επί των στρώσεων υποβάσεως θα διαστρωθούν δυο στρώσεις βάσεως της ΠΤΠ 0155 τελικού πάχους 0,10m η κάθε μια.

Οι στρώσεις υποβάσεως επεκτείνονται και κάτω από τα προβλεπόμενα ρείθρα που θα γίνουν από σκυρόδεμα C12/15 διαστάσεων 15 x 30 cm (ΝΑΟΔΟ Α / Β51).

Οι στρώσεις βάσεως θα εγκιβωτίζονται από τα ρείθρα.

Επί των στρώσεων βάσης θα γίνει ασφαλική προεπάλειψη με ασφαλικό διάλυμα τύπου ME-0 και δυο ασφαλικές στρώσεις εκ των οποίων η μεν κατώτερη της ΠΤΠ Α260 τελικού συμπυκνωμένου πάχους 5cm και η ανώτερη της ΠΤΠ Α260 τελικού πάχους 5cm. Μεταξύ των ασφαλικών στρώσεων θα γίνει ασφαλική συγκολλητική επάλειψη με ασφαλικό διάλυμα της ME.O.

Στο οδόστρωμα θα δοθούν οι κατάλληλες ρύσεις για την απορροή των όμβριων. Οι παρειές του οδοστρώματος θα διαμορφωθούν με πρόχυτα κράσπεδα από μορφολογημένο καθαρό μπετόν με σπασμένες τις γωνίες, που θα τοποθετηθούν με ισχυρή τσιμεντοκονία των 450kgf.

### ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Για τη σύνταξη της στατικής μελέτης εφαρμογής θα ισχύσουν οι εξής παραδοχές:

#### **α. Υλικά**

- α<sub>1</sub>. Οπλισμένο Σκυρόδεμα <sub>20/25</sub>
- α<sub>2</sub>. Χάλυβας οπλισμού κυρίων οπλισμών και οπλισμών συνδετήριων δοκών, S500s
- α<sub>3</sub>. Χάλυβας Fe360 κατά EC – 3 (St κατά **DIN1050**)  
Κοχλίες , M<sub>20</sub> 8.8  
Ηλεκτρόδια K<sub>6</sub> 70/80  
Συγκολλήσεις, κατά **DIN 4100**, ελάχιστο πάχος ραφής 5 mm.

**β. Φορτία**

Χιόνι κατά EC-1 ,  $-1,57 \text{ KN} / \text{m}^2$ .

Άνεμος κατά EC-1 ,  $-1,43 \text{ KN} / \text{m}^2$ .

Θερμοκρασία  $25^\circ\text{C}$

Επικάλυψη (θερμομονωτικά πάνελ  $8 \text{ cm}$  ),  $0,17 \text{ KN} / \text{m}^2$ .

Θα ληφθούν υπόψη τα φορτία ( στατικά και δυναμικά ) από τη λειτουργία των θυρών και η ανεμοπίεση σε αυτές  $1,75 \text{ KN} / \text{m}^2$ .

**Σεισμικότητα - Έδαφος Θεμελίωσης**

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας, III

Κατηγορία σπουδαιότητας κτιρίου,  $\Sigma_3$

Συντελεστής σπουδαιότητας,  $\gamma = 1,15$

Κατηγορία εδάφους, Γ

Επιτρεπόμενη τάση,  $0,15 \text{ MPa}$

Συντελεστής Θεμελίωσης,  $\theta = 1$

Συντελεστής συνδυασμού δράσεων,  $\varphi = 0,5$

Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς,

Πλαίσια  $q = 4,00$

Αντιανέμιοι  $q = 3,00$

Θεμελίωση  $p = 3,50$

Υπολογισμοί σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς  
(ΕΑΚ 2000 και ΕΚΟΣ)

**Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ****ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΟΚΟΥ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ**

<b>ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
Αρχείο	<b>HEA220</b>
Ημερομηνία	
Μηχανικός	
Έργο	

<b>ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Μήκος	<b>mm</b>
Δύναμη	<b>kN</b>
Γωνία	<b>deg</b>

<b>ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</b>	
Κανονισμός	<b>ENV(1993-1-1)</b>
$\gamma M_0$	<b>1.10</b>
$\gamma M_b$ (διάτμηση)	<b>1.25</b>
$\gamma M_b$ (εφελκυσμός)	<b>1.25</b>
$\gamma M_w$	<b>1.25</b>
$\gamma M_2$	<b>1.25</b>

<b>ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ</b>	
1	<b>HEA220</b>

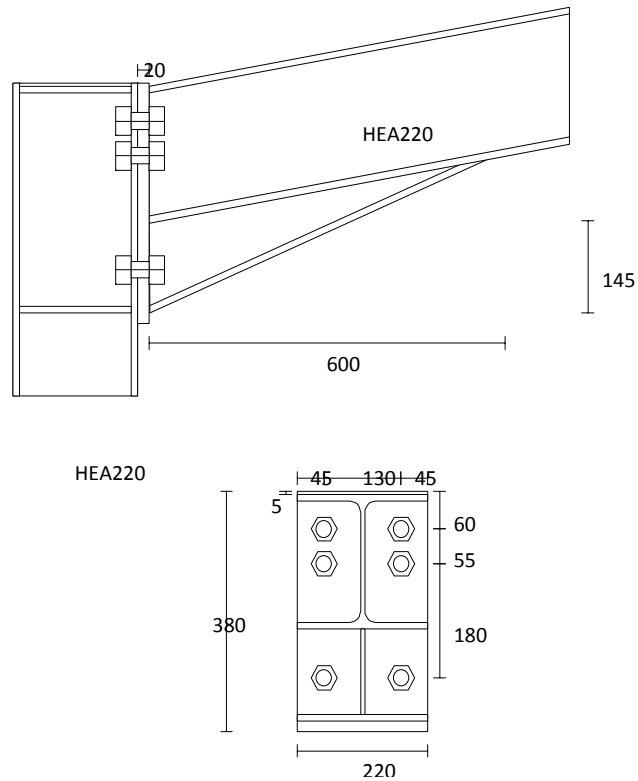
<b>ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ</b>	
1	<b>LC2</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	HEA220.....	113
1.0	ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	114
1.0.1.1	ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ .....	1115
1.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [LC2].....	115
<b>1.1.1</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΞΙΑ ΔΟΚΟ</b> .....	115
1.1.1.1	ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΟΧΛΙΩΝ {J3.6.2} .....	116
1.1.1.2	ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΡΟΠΗ .....	116
1.1.1.3	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ .....	116
1.1.1.4	ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	116
1.1.1.5	ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ .....	116
1.1.1.6	ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ {J.4.1} & ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ {J.5} .....	116
1.1.1.7	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ .....	117



## 1 HEA220



### Περιγραφή:

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ: ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ-ΥΠΟΣΤ.ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΠΛΑΚΑ (ΚΟΧΛΙΩΤΗ)**

#### ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- Οι διατομές είναι **Τάξης 1, 2 ή 3**
- $N_{Sd} < 0.1 * N_{pl.Rd}$ , όπου
  - $N_{Sd}$ : αξονική δύναμη στη δοκό
  - $N_{pl.Rd}$ : αντοχή σε αξονική διατομής της δοκού

### 1.0 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

**Στοιχεία συνδεόμενων μελών**

<b>Συνδεόμενα μέλη</b>	<b>Υποστύλωμα</b>	<b>Δεξιά Δοκός</b>	<b>Αριστερή Δοκός</b>
Διατομή	HEA220	HEA220	
Ποιότητα υλικού	S235	S235	

**Δεδομένα κλίσης δεξιάς δοκού**

Γωνία	: 10.00deg
Προβαλλόμενο ύψος δοκού (h')	: 213.00mm

**Δεδομένα μετωπικής πλάκας**

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά &amp; τύπος μετωπικής πλάκας</b>				
Ύψος (h <sub>p</sub> ) (mm)	Πλάτος (b <sub>p</sub> ) (mm)	Πάχος (t <sub>p</sub> ) (mm)	Απόσταση του πάνω άκρου από το πέλμα της δοκού (mm)	Τύπος μετωπικής πλάκας
380.000	220.000	20.000	5.000	Μη προεξέχουσα εξωτερική

**Δεδομένα ενίσχυσης κόμβου**

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενίσχυσης κόμβου</b>					
Ύψος (h) (mm)	Πλάτος πέλματος (b <sub>f</sub> ) (mm)	Πάχος πέλματος (t <sub>f</sub> ) (mm)	Πάχος κορμού (t <sub>w</sub> ) (mm)	Μήκος (l <sub>h</sub> ) (mm)	Γωνία (a <sub>h</sub> ) (deg)
145.000	220.000	11.000	7.000	600.000	22.685

**Δεδομένα κοχλιών**

<b>Χαρακτηριστικά κοχλιών</b>	
Τύπος	Κανονικοί
Διάμετρος d	24.00
Διάμετρος οπής (d <sub>0</sub> )	26.00
Ποιότητα	8.8
Το επίπεδο διάτμησης είναι	εντός σπειρώματος

**Δεδομένα τοπολογίας κοχλιών**

<b>Τοπολογία κοχλιών</b>
--------------------------

<b>Τοπολογία κοχλιών</b>	
Απόσταση $e_1$ (mm)	60.00
Απόσταση $e_2$ (mm)	45.00
Απόσταση $w$ (mm)	130.00
Απόσταση $p(1)$ (mm)	55.00
Απόσταση $p(2)$ (mm)	180.00

### 1.0.1.1 ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ

Πάχος ast : 11.00mm  
 Πάχος συγκολλήσεων afst : 10.00mm

#### Νευρώσεις

Πλήρης Νεύρωση στην εφελκόμενη περιοχή που τοποθετείται: Στο ίδιο ύψος με το πέγμα της δοκού  
 Νεύρωση στην θλιβόμενη περιοχή

## 1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [LC2]

### ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

(Αναγωγή των δυνάμεων των δοκών)

	<b>Αξονική (<math>N_{sd}</math>) (kN)</b>	<b>Τέμνουσα (<math>V_{sd}</math>) (kN)</b>	<b>Ροπή (<math>M_{sd}</math>) (kN.mm)</b>
<b>Δεξιά δοκός</b>	21.83	37.25	58000.00
<b>Υποστώλωμα</b>	0.00	0.00	0.00

### 1.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΞΙΑ ΔΟΚΟ

#### 1.1.1.1 ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΟΧΛΙΩΝ {J3.6.2}

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Σ' ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΣΕΙΡΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ

Σειρές κοχλιών ανεξάρτητες και ομάδα κοχλιών

Σειρά κοχλιών	Αντοχή σχεδιασμού σ' εφελκυσμό $F_{t,Rd}$
1	124.856
2	103.112

#### 1.1.1.2 ANTOXH ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΡΟΠΗ

Αντοχή σχεδιασμού σε ροπή  $M_{Rd}$  : 62149.34kN.mm  
 Λόγος  $M_{Sd} / M_{Rd}$  : 0.93 < 1  
 Η αντοχή σε ροπή είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

#### 1.1.1.3 ANTOXH ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

Η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση  $V_{Rd}$  : 426.02kN  
 Λόγος  $V_{Sd} / V_{Rd}$  : 0.09 < 1.00  
 Η αντοχή σε διάτμηση είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

#### 1.1.1.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Το πάχος των συγκολλήσεων του κορμού δοκού στην μετωπική πλάκα είναι : 10.00mm  
 Η απαιτούμενη τιμή είναι : 3.00mm  
 Το πάχος των συγκολλήσεων του πέλματος δοκού στην μετωπική πλάκα είναι : 10.00mm  
 Η απαιτούμενη τιμή για μεταθετό πλαίσιο είναι : 3.00mm  
 Η απαιτούμενη τιμή για αμετάθετο πλαίσιο είναι : 3.00mm

#### 1.1.1.5 ANTOXH ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ

Η αντοχή του κορμού της δοκού είναι επαρκής

#### 1.1.1.6 ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ {J.4.1} & ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ {J.5}

Ιδεατή ακαμψία  $S_j$  : 150137.39kN.mm/deg

Δεν παρέχεται πληροφορία στον Ευρωκώδικα 3 για πλαστική ανάλυση

### 1.1.1.7 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

#### Ταξινόμηση με την ακαμψία

ΑΡΘΡΩΤΗ

ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΗ

ΑΚΑΜΠΤΗ

για  $L \leq L_1$

για  $L_1 < L < L_2$

για  $L_2 \leq L$

L

= μήκος συνδεόμενης ράβδου

Για μεταθετό πλαίσιο

L<sub>1</sub>

= 660.34mm

L<sub>2</sub>

= 10565.44mm

Για αμετάθετο πλαίσιο

L<sub>1</sub>

= 660.34mm

L<sub>2</sub>

= 33017.01mm

#### Κατάταξη ως προς την αντοχή

Η σύνδεση κατατάσσεται σε

ΜΕΡΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΠΕΔΙΛΟ ΜΕΣΩ  
ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ

<b>ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
Αρχείο	<b>ΕΔΡΑΣΗ ΗΕΑ220</b>
Ημερομηνία	
Μηχανικός	
Έργο	

<b>ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Μήκος	<b>mm</b>
Δύναμη	<b>kN</b>
Γωνία	<b>deg</b>

<b>ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</b>	
Κανονισμός	<b>ENV(1993-1-1)</b>
$\gamma M_0$	<b>1.10</b>
$\gamma M_b$ (διάτμηση)	<b>1.25</b>
$\gamma M_b$ (εφελκυσμός)	<b>1.25</b>
$\gamma M_w$	<b>1.25</b>
$\gamma M_2$	<b>1.25</b>

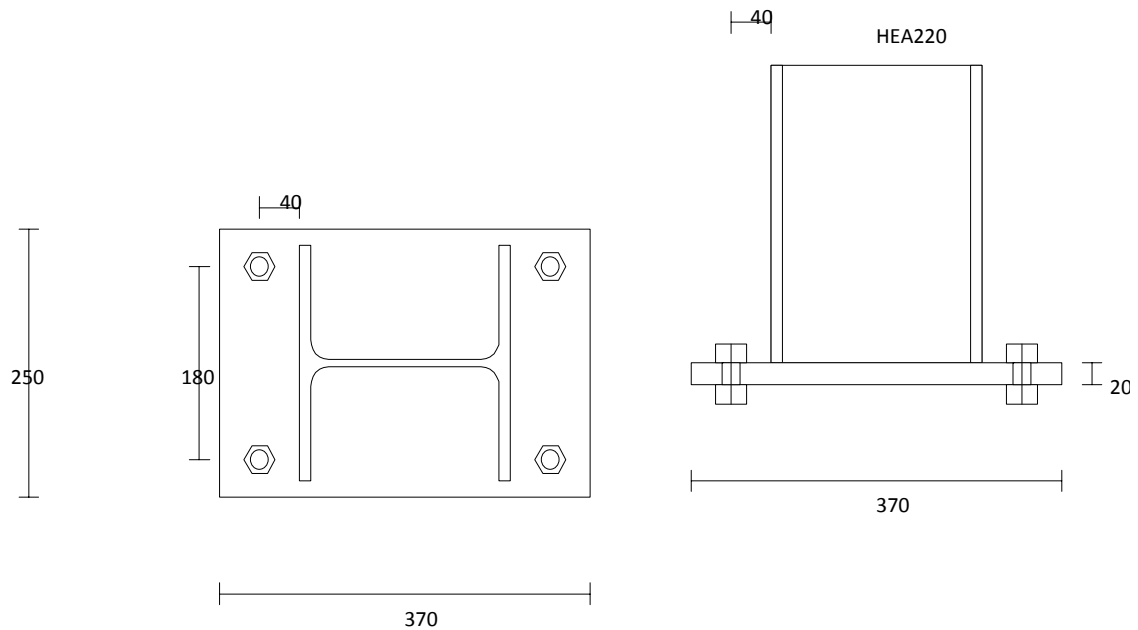
<b>ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ</b>	
1	<b>EDRASH ΗΕΑ220</b>

<b>ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ</b>	
1	<b>LC14</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

1	ΕΔΡΑΣΗ HEA220 .....	120
1.0	ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	120
1.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [LC14].....	123

## 2 ΕΔΡΑΣΗ HEA220



### Περιγραφή:

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ: ΕΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΟΡΦΗΣ Η (ΠΑΚΤΩΣΗ)**

### 2.0 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

#### Δεδομένα διατομών συνδεόμενων μελών

<i>Γεωμετρικά &amp; μηχανικά χαρακτηριστικά συνδεόμενων μελών / Συνδεόμενο μέλος</i>	<i>Υποστόλωμα</i>
Διατομή	HEA220
Ύψος (h) (mm)	210.000
Πλάτος πέλματος ( $b_f$ ) (mm)	220.000
Πάχος πέλματος ( $t_f$ ) (mm)	11.000
Πάχος κορμού ( $t_w$ ) (mm)	7.000
Ποιότητα υλικού	S235



<b>Γεωμετρικά &amp; μηχανικά χαρακτηριστικά συνδεδεμένων μελών / Συνδεδεμένο μέλος</b>	<b>Υποστόλωμα</b>
Όριο διαρροής $f_{yb}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	0.235

#### Δεδομένα πλάκας έδρασης

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά</b>	
Πλευρά ( $h_p$ ) (mm)	370.000
Πλευρά ( $b_p$ ) (mm)	250.000
Πάχος ( $t_p$ ) (mm)	20.000
Ποιότητα υλικού	S235
Όριο διαρροής $f_{yb}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	0.235
Πάχος συγκόλλησης στον κορμό ( $a_w$ ) (mm)	3.000
Πάχος συγκόλλησης στα πέλματα ( $a_f$ ) (mm)	3.000

#### Δεδομένα σκυροδέματος

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά</b>	
Ποιότητα	C16
Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού (kN/mm <sup>2</sup> )	0.01067
Διατμητική αντοχή σχεδιασμού (kN/mm <sup>2</sup> )	0.00095
Μέτρο Ελαστικότητας (kN/mm <sup>2</sup> )	28.000
Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας $\gamma_c$	1.500

#### Δεδομένα αγκυρίων (με άγκιστρο)

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά</b>	
Διάμετρος (d) (mm)	16.000
Ποιότητα	5.6
Όριο διαρροής $f_{yb}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	0.300
Διάμετρος ράβδου αγκύρωσης (mm)	24.000
Διάμετρος αγκίστρου (D) (mm)	50.000
Ευθύγραμμο μήκος αγκίστρου (l <sub>2</sub> ) (mm)	100.000
Μήκος αγκυρίου (H) (mm)	500.000

<b>Τοπολογία αγκυρίων</b>	
Αριθμός αγκυρίων	4
Απόσταση s των αγκυρίων μεταξύ τους (mm)	180.000
Απόσταση $a_2$ αγκυρίων από πέλμα υποστυλώματος (mm)	40.000

**Λεδομένα στοιχείου διάτμησης**

Διατομή :  
 Ύψος : 0.00mm

**ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ**

- \* Ο έλεγχος γίνεται για μονοαξονική κάμψη (ως προς τον ισχυρό άξονα αδρανείας) αξονική δύναμη και διάτμηση.
- \* Γραμμική ελαστική συμπεριφορά για την σύνδεση (υπόθεση Navier-Bernoulli).
- \* Στην περίπτωση διαμόρφωσης με περισσότερα από 2 εφελκόμενα αγκύρια σε διαφορετικές αποστάσεις από τον ουδέτερο άξονα, το κέντρο εφαρμογής της συνισταμένης εφελκυσμού υπολογίζεται θεωρώντας ότι όλα τα αγκύρια παραλαμβάνουν ίση εφελκυστική δύναμη (υπερ της ασφάλειας).
- \* Τα θλιβόμενα αγκύρια αγνοούνται στους υπολογισμούς.
- \* Οι ορθές και διατμητικές τάσεις λόγω κάμψης της πλάκας έδρασης θεωρούνται ανεξάρτητα από τις τάσεις λόγω επαφής με το σκυρόδεμα θεμελίωσης.
- \* Το μέγιστο ενεργό πλάτος των ελασμάτων στην ζώνη των εφελκόμενων αγκυρίων είναι (ανά αγκύριο) ίσο με  $\pi \cdot a_2$ .
- \* Ο συντελεστής συγκέντρωσης τάσης για το σκυρόδεμα ισούται με 1.5
- \* Για την επίλυση της πλάκας έδρασης στην περιοχή μεταξύ κορμού και πελμάτων υποστυλώματος θεωρείται μοντέλο τριέριστης πλάκας υποκείμενης σε πίεση ίση με την μέση τιμή της εφαρμοζόμενης από την επαφή με το σκυρόδεμα.
- \* Ο έλεγχος της ακαμψίας της πλάκας έδρασης γίνεται με βάση σχέση πειραματικής προέλευσης.
- \* Για τον έλεγχο των συγκολλήσεων θεωρείται ότι:
  - η συγκόλληση γίνεται με περιμετρικές συνεχείς εξωραφές. Οι εξωραφές των πελμάτων και του κορμού είναι διπλές και του ίδιου πάχους για τα δύο πέλματα.
  - η αξονική δύναμη σχεδιασμού κατανέμεται ομοιόμορφα στην διατομή όλων των εξωραφών.
  - η διατμητική δύναμη σχεδιασμού κατανέμεται ομοιόμορφα στην διατομή των εξωραφών του κορμού.
  - η ροπή σχεδιασμού αναλύεται σε ζεύγος δυνάμεων οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα στην διατομή των εξωραφών των πελμάτων.
- \* Η διατμητική δύναμη σχεδιασμού μεταφέρεται στο σκυρόδεμα θεμελίωσης μόνο μέσω τριβής μεταξύ του θλιβόμενου τμήματος της πλάκας έδρασης και του σκυροδέματος ή μέσω πρόσθετου διατμητικού στοιχείου (αγνοείται η συμμετοχή των αγκυρίων). Ο συντελεστής τριβής ισούται με 0.3.
- \* Η εφελκυστική δύναμη στα αγκύρια μεταφέρεται στο σκυρόδεμα θεμελίωσης μέσω:
  - συνάφειας και τριβής στην περίπτωση αγκυρίων με άγκιστρο (καμπύλο).
  - συνάφειας και πίεσης στην περίπτωση αγκυρίων με πλάκα αγκύρωσης.

## 2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [LC14]

### ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

	Αξονική ( $N_{sd}$ ) (kN)	Τέμνουσα ( $V_{sd}$ ) (kN)	Ροπή ( $M_{sd}$ ) (kN.mm)
<b>Υποστώλωμα</b>	-30.00	10.00	38.00

### ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Ο ουδέτερος άξονας είναι εκτός της πλάκας  
Αριθμός εφελκυσμένων αγκυρίων : 4

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Δεν αναπτύσσεται θλιπτική τάση

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

Μέγιστη εφελκυστική δύναμη ανά αγκύριο  $N_j$  : 7.57kN  
Αντοχή διατομής αγκυρίου  $N_{Rd}$  : 37.68kN  
Λόγος  $N_j/N_{Rd}$  : 0.20  
Η διατομή είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

Ικανότητα συνάφειας με σκυρόδεμα  $N_{Rd}$  : 35.19kN  
Λόγος  $N_j/N_{Rd}$  : 0.21  
Η αντοχή είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

Μήκος ενεργού ζώνης εφελκυσμού πέλματος  $l_{eff}$  : 83.00mm  
Μέγιστη εφελκυστική δύναμη πέλματος : 7.57kN  
Αντοχή : 214.55kN  
Λόγος : 0.04

Η αντοχή είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΧΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ

Δυσμενέστερη περιοχή :  
πρός την πλευρά εφελκυσμού αγκυρίων

Απαιτούμενο ελάχιστο πάχος ( $t_p$  minimum) : 8.00mm  
Το πάχος είναι **ΕΠΑΡΚΕΣ** ( $t_p \geq t_p$  minimum)

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ

Απαιτούμενο ελάχιστο πάχος ( $t_p$  minimum) : 2.00mm  
Το πάχος είναι **ΕΠΑΡΚΕΣ** ( $t_p \geq t_p$  minimum)

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

Ελάχιστο πάχος συγκόλλησης κορμού/πλάκας : 3.00mm  
Η συγκόλληση είναι **ΕΠΑΡΚΗΣ**

Ελάχιστο πάχος συγκόλλησης πέλματος/πλάκας : 3.00mm  
Η συγκόλληση είναι **ΕΠΑΡΚΗΣ**

Ορθή τάση : 0.00855kN/mm<sup>2</sup>  
Διατμητική τάση : 0.01570kN/mm<sup>2</sup>  
Αντοχή : 0.23500kN/mm<sup>2</sup>  
Λόγος : 0.07  
Η αντοχή είναι : **ΕΠΑΡΚΗΣ**

#### Δ. ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗ

Το Τιμολόγιο της μελέτης και ο προϋπολογισμός παρατίθενται σε HARD COPY διότι η σύνταξη και οι υπολογισμοί έγιναν με το πρόγραμμα ERGA της 4M , κατοχής του Γενικού Επιτελείου Στρατού , το οποίο δίνει απ' ευθείας εξαγόμενα και τεύχος τα οποία δεν μπορούν να αντιγραφούν η να επεξεργασθούν με κάποιο άλλο λογισμικό.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

---

Συνοψίζοντας αξίζει να αναφερθούν τα συμπεράσματά καθώς και οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσης.

Βασικό συμπέρασμα της όλης εργασίας είναι ότι πράγματι η μεταλλική κατασκευή αποτελεί έναν ανερχόμενο κλάδο στην Ελληνική αγορά των κατασκευών . Για το Μηχανικό αποτελεί πρόκληση μιας και συνδυάζει τη γνώση και τη ικανότητα στους υπολογισμούς , την ικανότητα του συνδυασμού των υλικών , άλλα και την ικανότητα παρουσίασης ενός άψογου αισθητικού αποτελέσματος.

Για να ολοκληρωθεί η μελέτη απαιτήθηκε η χρήση τόσο λογισμικών όσο και ιδιαίτερων γνώσεων , γεγονός το οποίο δημιούργησε προβληματισμό και αναζήτηση βοήθειας μιας και οι γνώσεις που λήφθηκαν από τις σπουδές του Τεχνολόγου Μηχανικού φάνηκαν σε ορισμένα σημεία ανεπαρκείς. Όλη αυτή η αναζήτηση , οδήγησε στην απόκλιση από το αρχικό χρονικό πλάνο για σημαντικό διάστημα.

Πρόβλημα παρουσιάστηκε επίσης κατά το αρχικό στάδιο της μελέτης όταν ξεκινώντας την επίλυση του φορέα χρησιμοποιήθηκαν «σπασμένα» λογισμικά τα οποία ναι μεν αποτελούν μια οικονομική λύση άλλα δεν παρέχουν την απαραίτητη αξιοπιστία και ακρίβεια που χρειάζεται μια μελέτη. Παρόλα αυτά το κόστος για την αγορά ενός «αυθεντικού» λογισμικού είναι απαγορευτικό γεγονός που οδήγησε και πάλι στην αναζήτηση τρόπων εξασφάλισης ενός έγκυρου λογισμικού. Στην αγορά κυκλοφορούν λογισμικά τα οποία παρέχονται δωρεάν

για εκπονήσεις πτυχιακών εργασιών . Μειονέκτημα φυσικά αποτελεί το γεγονός ότι δεν εξασφαλίζεται και η απαραίτητη για τη χρήση αυτών εκπαίδευση . Για το λόγο αυτό χρήσιμη είναι η βοήθεια ενός έμπειρου Πολιτικού Μηχανικού που να είναι κάτοχος των λογισμικών αυτών.

Παρά τις αντιξοότητες που παρουσιάστηκαν , όσον αφορά τα παραπάνω , σε γενικές γραμμές η εκπόνηση της εργασίας δεν προκάλεσε ανυπέρβλητα προβλήματα και πρόσθεσε πολύτιμες γνώσεις και εμπειρία που κάνουν το νέο Μηχανικό ανταγωνιστικό στην αγορά εργασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. **Καλογερά, Κιότιν, Παπαιωάννου, Τζίτζα, Τουλιάτου:**  
«Θέματα οικοδομικής» - Εκδόσεις Συμμετρία 1999
2. **Heinrich Schmitt–Andreas Heene:**  
«Κτιριακές Κατασκευές» - Εκδόσεις Γκιούρδα
3. **Π.Α Βυθούνη :** «Αντοχή των Υλικών»
4. **Δημ.Σ.Σοφριανόπουλος:**  
«Στοιχεία Μεταλλικών Κατασκευών» - Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
5. **Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης :**  
«Συνδέσεις Μεταλλικών Κατασκευών» - Επιμέλεια Χ.Κ Μπανιωτόπουλος.
6. **Chanakya Araya :** «Design of structural elements, concrete, steelwork, masonry and timber designs to British Standards and Eurocodes (Chanakya Araya)», Εκδόσεις Spon Press
7. **Βάγιας:** «Σιδηρές Κατασκευές»
8. **Περιοδικό «Υλικά και δόμηση»,** Έκδοση 1999
9. Internet Online Περιοδικό Κτίριο – [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)
10. Internet [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int) Οδηγία 78/319/ ΕΟΚ περί των τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων.
11. «ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3», Εκδόσεις Φούντα



