

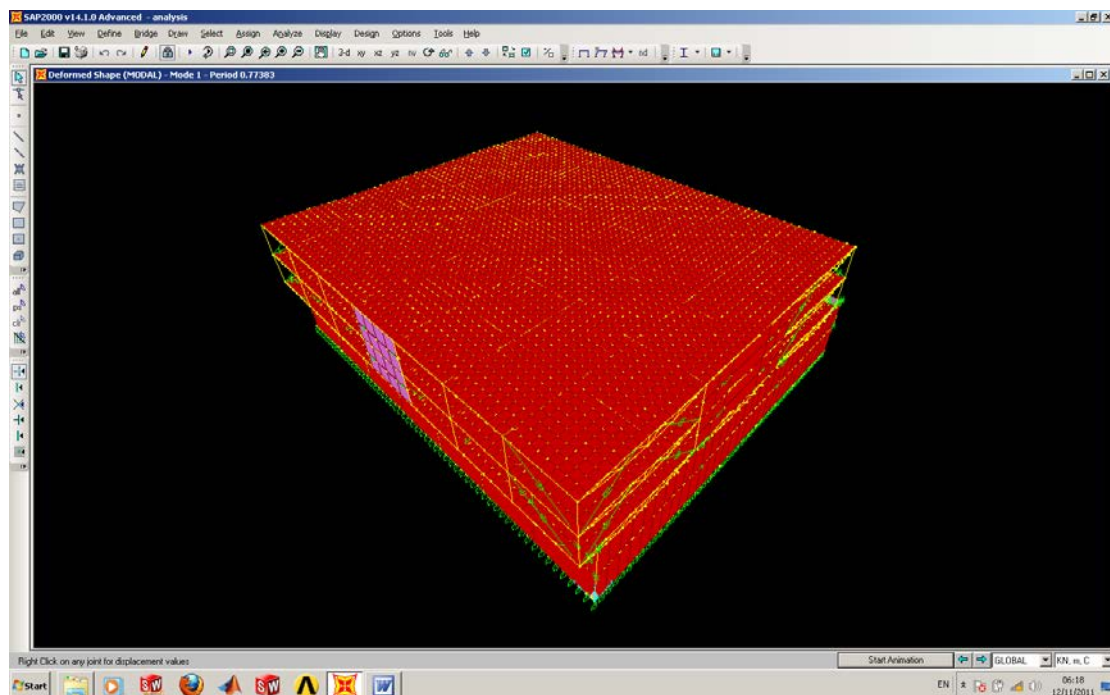


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΔΥΟ ΥΠΟΓΕΙΑ
ΜΕ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ
ΑΠΟΣΒΕΣΗ**



ΣΤΑΥΡΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΑΓΙΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ
ΝΟΕΒΡΙΟΣ 2011
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή	3
1.1 Αρχιτεκτονικά.....	3
1.2 Στοιχεία του κτιρίου.....	3
1.2.1 Κύριοι φορείς.....	3
1.2.2 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας	4
1.2.3 Συνδέσεις συστημάτων δυσκαμψίας.....	6
1.2.4 Ορθοστάτες.....	7
1.2.5 Μηκίδες.....	8
1.2.6 Μετωπικοί στύλοι.....	8
1.2.8. Χώρος γραφείων.....	9
1.3. Υλικά.....	10
2. Δράσεις επί της κατασκευής.....	15
2.1 Μόνιμες δράσεις.....	15
2.2 Επιβαλλόμενες (μεταβλητές) δράσεις.....	15
2.3 Χώρος γραφείων.....	19
2.4 Εμπορικό Κέντρο	19
2.4.1. Φορτίο χιονιού.....	19
2.4.2. Δράση ανέμου.....	23
2.4.3 Σεισμικές δράσεις	52
3.Οριακές καταστάσεις – Συνδυασμοί δράσεων.....	58
3.1 Γενικά.....	58
3.2 Συνδυασμοί δράσεων.....	59
3.2.1 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση αστοχίας	59
3.2.2 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	63
3.3 Έλεγχος επάρκειας	64
3.4 Συνδυασμοί δράσεων του κτιρίου	65

3.4.1 Οριακή κατάσταση αστοχίας.....	65
3.4.2 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	67
4. Μέθοδος ανάλυσης.....	69
5. Προσομοίωση για την ανάλυση και το σχεδιασμό του κτιρίου.....	71
6. Έλεγχοι αποτελεσμάτων	171

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αρχιτεκτονικά

Στην παρούσα εργασία γίνεται η ανάλυση και ο σχεδιασμός ενός διώροφου κτιρίου με δύο υπόγεια. Οι απαιτήσεις του κτιρίου είναι η κατασκευή δύο ορόφων με σεισμική μόνωση 2688τ.μ με διαστάσεις 48x56μ., ενός εμπορικού κέντρου, επίσης 2688τ.μ και διαστάσεων 48x56μ. δύο υπογείων. Η απαίτηση όσο αφορά το ύψος του κτιρίου είναι 9m. Οι κύριοι φορείς που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του κτιρίου είναι σε κάναβο 16x8 με καμπυλωμένο δυκτίομα. Το υπέδαφος είναι μαλακή άργιλος με χαρακτηριστικά ελατηριακής κατάστασης (30.000 kN/m^3). Επίσης για την διατμητική δύναμη του σεισμού έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορα σημεία του κτηρίου διατάξεις ενεργητικής απόσβεσης.

1.2 Στοιχεία του κτιρίου

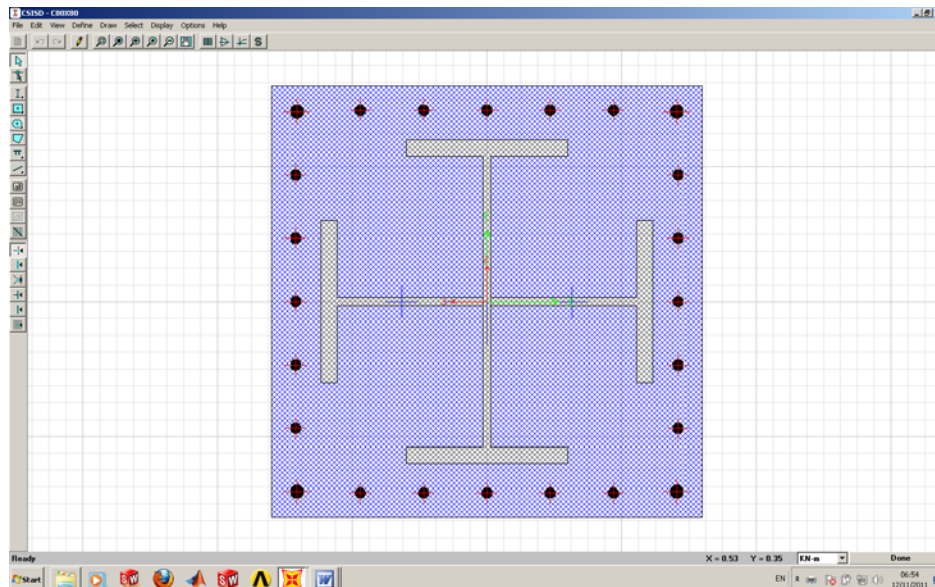
Ο φέρον οργανισμός δεν έχει πλαισιακή λειτουργία, τόσο κατά την χ διεύθυνση όσο και στην ψ διεύθυνση οι δράσεις αναλαμβάνονται από τους αποσβεστήρες οι οποίοι είναι υβριδικοί. Δηλαδή όσον αφορά γραμμικές λειτουργίες του κτιρίου για μικρές δράσεις όπως αυτή του ανέμου οι αποσβεστήρες λειτουργούν γραμμικά ενώ για σεισμικές δράσεις

αναλαμβάνονται με μη γραμμικό τρόπο. Η αναλυτική λειτουργία και οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε στοιχείο της κατασκευής αναφέρονται παρακάτω.

1.2.1 Κύριοι φορείς

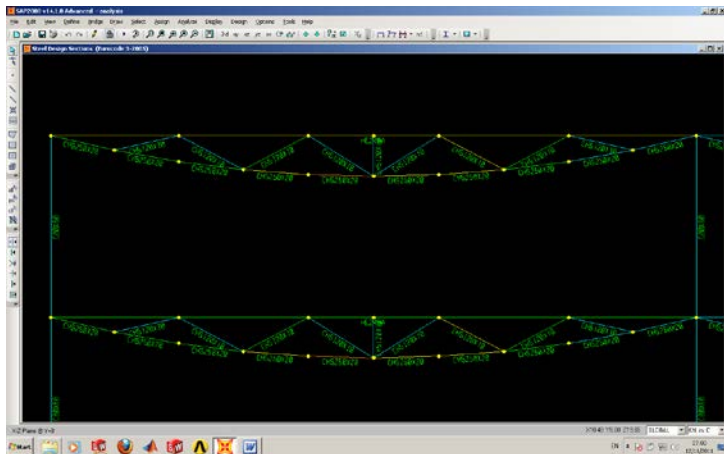
Για δεδομένο μήκος κτιρίων, ο μελετητής πρέπει να καθορίσει τις αποστάσεις μεταξύ των κυρίων φορέων που θα προσφέρουν τη βέλτιστη διάταξη, μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των κυρίων φορέων οδηγούν σε περισσότερους κύριους φορείς, με μικρότερες όμως διατομές. Ο μεγαλύτερος αριθμός των κυρίων φορέων έχει δυσμενή επίπτωση στο κόστος καταργασίας και το κόστος ανέγερσης, Όταν το κύριο κριτήριο μόρφωσης είναι η οικονομικότητα της λύσης σε συνάρτηση με κατάλληλα ανοίγματα για την λειτουργικότητα του εμπορικού.

Στην διεύθυνση κατά χ έχει επιλεγεί τετράστηλο πλαίσιο (όχι πλαισιακή λειτουργία), για λόγους οικονομίας στους κόμβους, έχουν επιλεγθεί αρθρωτοί με πείρο. Οι διατομές που θα επιλεγούν για τα υποστυλώματα είναι σύμμεικτα διατομής σταυρού εσωτερικά με HEB 600 κατά την μία διεύθυνση και μισό και μισό HEB 600 κατά την άλλη. Σκυρόδεμα C25/30 χάλυβας σκυροδέματος B500C Φ25 στις πλευρές ενώ στις γωνίες Φ28

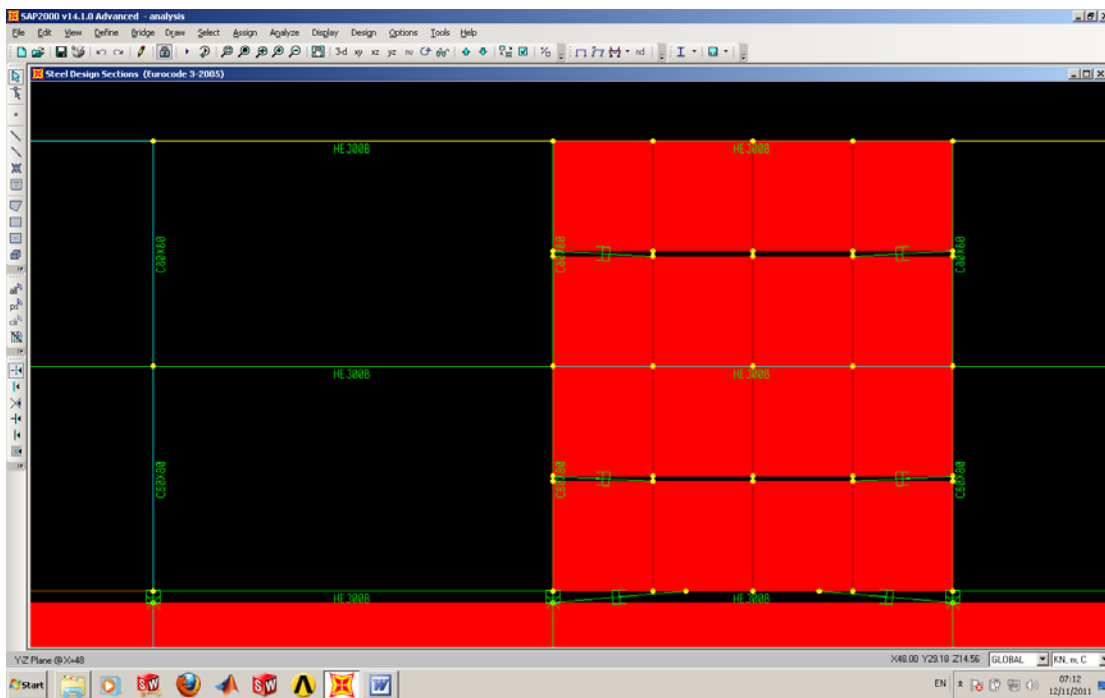


Όπως εξάλλου φαίνεται και από την εικόνα έχει επιλεγεί με κάλυψη σκυροδέματος για δύο λόγους. Για λόγους ακαμψίας λαμβάνοντας την σύμμεικτη λειτουργία. Αλλά και για λόγους προστασίας από πυρκαγιά. Αυτό για να έχουν εξισορροπημένη αντοχή έναντι λυγισμού και στις δύο διευθύνσεις. Για τα ζυγώματα θα επιλεγθούν διατομές της σειράς

HEA 240, αφού καταπονούνται κυρίως σε κάμψη και όχι σε μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις. Και καμπυλομένο δικτύωμα από CHS250X20 και CHS120X10 (σωλήνας) όλα αντοχής S275.



Ενώ κατά την διεύθυνση Y χρησιμοποιούνται τόσο συστήματα ενεργητικής απόσβεσης όσο και πλαισιακή λειτουργία.



1.2.2 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας – ενεργητική απόσβεση

Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας χρησιμεύουν κυρίως στην παραλαβή και μεταφορά στη θεμελίωση των οριζόντιων δυνάμεων που ασκούνται κάθετα στα μέτωπα του κτιρίου. Συμβάλλουν επί πλέον στην εξασφάλιση της πλευρικής ευστάθειας των μελών των κυρίων

πλαισίων και αποτελούν κεντρικά στοιχεία της διαδικασίας ανέγερσης.

Οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Οι οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας (εδώ συστήματα ενεργητικής απόσβεσης και τοιχώματα χωρισμένα στην μέση με αποσβεστήρες), όπως έχει ήδη αναφερθεί, διατάσσονται στο επίπεδο των ζυγωμάτων, παρακολουθούν την κλίση τους και διαμορφώνουν φατνώματα δυσκαμψίας μεταξύ διαδοχικών κύριων φορέων. Η δυσκαμψία του φατνώματος, στο επίπεδό του, επιτυγχάνεται με την προσθήκη συστημάτων δυσκαμψίας, οι οποίες σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία του φέροντος οργανισμού (ζυγώματα των εκατέρωθεν πλαισίων στις περισσότερες περιπτώσεις) διαμορφώνουν δικτυωτούς φορείς.

Οι κύριες λειτουργίες των συνδέσμων της κατηγορίας αυτής είναι:

- α) η μεταφορά στα κατακόρυφα (μεταξύ υποστυλωμάτων) συστήματα δυσκαμψίας των οριζόντιων ανεμοπιέσεων οι οποίες ασκούνται στα μέτωπα και φτάνουν στο επίπεδο των ζυγωμάτων μέσω των μετωπικών υποστυλωμάτων,
- β) η μεταφορά στα κατακόρυφα συστήματα δυσκαμψίας των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων που ασκούνται στο επίπεδο των ζυγωμάτων,
- γ) η διαμόρφωση στοιχείου δυσκαμψίας εξασφάλιση έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού στα ζυγώματα,
- δ) η συμβολή στην ευστάθεια της κατασκευής κατά τη διάρκεια της ανέγερσης

Οι σύνδεσμοι που θα χρησιμοποιηθούν είναι της DECS ALGASIMS

$$F = C \times V^a$$

F = είναι η δύναμη

V = είναι η ταχύτητα

C = είναι μια σταθερά η οποία $C = (0.1 \pm 0.02) \times W$ W = το βάρος της κατασκευής

$a = 0.1 - 1$ $a = 0.1$ προτείνεται

1.2.3 Συνδέσεις συστημάτων αποσβέσεως

Οι συνδέσεις των συστημάτων απόσβεσης πρέπει να είναι πείροι για να μην δημιουργούνται εντάσεις εκτός των αξονικών αλλά και για ευκολία της κατασκευής.

1.2.4 Ορθοστάτες

Οι ορθοστάτες του κτιρίου είναι συμπληρωματικά στοιχεία των μετωπικών στύλων έχουν επιλεγεί από διατομή ψυχρής ελάσεως κατηγορίας 4 C180X2 και η τοποθέτηση τους γίνεται με αυτοδιάτρητες βίδες με λεπτές πλάκες συνήθως 4mm

1.2.5 Μηκίδες

Οι μηκίδες είναι οριζόντιες δοκοί που τοποθετούνται ανά αποστάσεις, σε όλες τις όψεις του κτιρίου, γεφυρώνουν τις αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων (πλαισιακών και μετωπικών) και δέχονται τα φύλλα της πλευρικής επένδυσης της κατασκευής. Κυρία φόρτιση για τις μηκίδες είναι επίσης η ανεμοπίεση.

Οι μηκίδες σχεδιάζονται κατά τρόπο όμοιο με εκείνο των τεγίδων και πολλές φορές έχουν την ίδια διατομή. Οι συνηθισμένες αποστάσεις μεταξύ των μηκίδων είναι 1,5 έως 2,5m. Οι διατομές που θα χρησιμοποιηθούν για τις μηκίδες θα είναι της σειράς C180x2 και το στατικό η αμφιεριστή δοκός.

1.2.6 Μετωπικοί στύλοι

Οι μετωπικοί στύλοι προσφέρουν στήριξη στις μηκίδες και επομένως οι αποστάσεις μεταξύ τους συνδέονται: 1) με το άνοιγμα που οι χρησιμοποιούμενες διατομές μηκίδων μπορούν να γεφυρώσουν συνήθως 4,0 έως 7,0 m) 2) θέση των μετωπικών στύλων επιλέγεται επίσης σε συνδυασμό με τη διάταξη των τεγίδων και των οριζόντιων συστημάτων δυσκαμψίας. Επιδιώκεται οι στύλοι να τοποθετούνται σε θέσεις στις οποίες αντιστοιχούν κόμβοι του οριζόντιου συνδέσμου. 3) Η θέση, τέλος, καθορίζεται από τα ανοίγματα που

διαμορφώνονται στην όψη, ώστε να εξυπηρετούνται οι λειτουργικές ανάγκες του κτιρίου.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φύλλα πλευρικής επένδυσης μπορεί να τοποθετούνται απ' ευθείας επί των μετωπικών στύλων (με οριζόντιες τις νευρώσεις των φύλλων), χωρίς την παρεμβολή μηκίδων, οπότε οι αποστάσεις μεταξύ των μετωπικών στύλων πρέπει να προσαρμόζονται στη φέρουσα ικανότητα των φύλλων.

Κύρια καταπόνηση για τους μετωπικούς στύλους αποτελεί η ανεμοπίεση, πρόκειται δηλαδή για στοιχεία κυρίως καταπονούμενα σε κάμψη, ενώ κατά κανόνα χρησιμοποιούμενη διατομή είναι τα I με πέλματα παράλληλα προς την όψη.

Το μετωπικό υποστύλωμα μπορεί να είναι πακτωμένο ή αρθρωτό στη βάση του. Είναι επιθυμητή κατ' αρχήν μία απλή αρθρωτή έδραση που διαμορφώνεται με δύο αγκύρια εκατέρωθεν του κορμού, η οποία είναι κατασκευαστικά απλή και δεν επιβαρύνει με ροπή το θεμέλιο έδρασης. Η κεφαλή του μετωπικού στύλου στηρίζεται άνω στους κύριους φορείς με απλή σύνδεση οπότε η ανεμοπίεση που του αντιστοιχεί κατανέμεται κατά το ένα ήμισυ απ' ευθείας στη θεμελίωση (οριζόντια δύναμη) και κατά το άλλο (με την υπόθεση σταθερής τιμής της ανεμοπίεσης καθ' ύψος του στύλου), μέσω της στήριξης στον κύριο φορέα, στο οριζόντιο αντιανέμιο σύστημα, άμεσα μεν εάν το σύστημα αυτό έχει τοποθετηθεί στο ακραίο φάτνωμα έμμεσα δε μέσω των τεγίδων, εάν έχει τοποθετηθεί σε εσωτερικό φάτνωμα. Εάν ο στύλος έχει μεγάλο ύψος προκειμένου να απομειωθεί η οριζόντια ώθηση εκ του ανέμου στα οριζόντια συστήματα δυσκαμψίας μπορεί να διαμορφώνεται πάκτωση στη βάση του.

Τα μετωπικά υποστύλωματα είναι δυνατόν να τοποθετούνται: 1) στον άξονα των ακραίων πλαισίων η 2) έξω από τον άξονα αυτόν. Όταν επιλέγεται η τοποθέτηση στον άξονα των ακραίων πλαισίων και επειδή συνήθως επιδιώκεται, για λόγους απλοποίησης της κατασκευής, τα ακραία πλαίσια του κτιρίου να διαμορφώνονται όμοια με τα εσωτερικά, δεν είναι επιθυμητή η παρεμπόδιση της ελεύθερης παραμόρφωσης των πλαισίων από τους μετωπικούς στύλους. Για το λόγο αυτό η σύνδεση άνω πραγματοποιείται μέσω κοχλιών σε επιμήκεις οπές η ακριβής διάσταση των οποίων καθορίζεται από το μέγεθος των παραμορφώσεων του ακραίου πλαισίου. Αποφεύγεται έτσι, προσθέτως, η μεταφορά αξονικών δυνάμεων στα μετωπικά υποστύλωματα.

Οι διατομές που θα χρησιμοποιηθούν για τα μετωπικά θα είναι της σειράς IPE.

1.2.8. Χώρος γραφείων

Για την κατασκευή του θα τοποθετηθούν βραχείς πρόβολοι όπου θα στηρίζουν ένα ανεξάρτητο πατάρι το οποίο θα διαχωρίζεται με την τοποθέτηση ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Το πατάρι αυτό θα είναι φτιαγμένο από δικτυόματα τόσο και στις δύο διευθύνσεις θα τοποθετηθούν ήλοι διάτμησης στα δοκάρια παραλαβής των καμπτικών ροπών. Θα φτιαχτεί με σύμμεικτη λαμαρίνα πάχους 1mm πλήρης διατμητικής κάλυψης

1.3. Υλικά

Ο δομικός χάλυβας είναι το βασικό υλικό από το οποίο συντίθεται ο φέρων οργανισμός των χαλύβδινων κτιριακών και λοιπών τεχνικών έργων. Είναι κράμα με βασικό συστατικό τον σίδηρο (Fe) και διάφορα άλλα μεταλλικά και μη στοιχεία σε μικρή αναλογία, όπως άνθρακας (C), Μαγγάνιο (Mn), Πυρίτιο (Si), Νικέλιο (Ni), Χαλκός (Cu), Χρώμιο (Cr), Μολυβδαίνιο (Mo), Βανάδιο (V), Ζιρκόνιο (Zr), Θείο (S), Φωσφόρος (P) κλπ., ορισμένα εκ των οποίων είναι ανεπιθύμητα, επειδή επηρεάζουν δυσμενώς κάποια χαρακτηριστικά του χάλυβα.

Η ποσοστιαία συμμετοχή των στοιχείων αυτών προσδιορίζει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του χάλυβα (αντοχή, συγκολλησιμότητα, ευαισθησία στη διάβρωση, ολκιμότητα κλπ), μικρή δε μεταβολή της αναλογίας αυτής οδηγεί στη δημιουργία άλλου είδους χάλυβα. Έτσι, αναφορικά με την περιεκτικότητα σε άνθρακα, που είναι από τα κυριότερα συστατικά του χάλυβα, αυτή ποικίλει από 0,15% έως 1,70%, οι συνήθεις δε δομικοί χάλυβες έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 0,15% και 0,29%.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του χάλυβα, τα οποία του προσδίδουν το χαρακτηρισμό του πλέον ευέλικτου και ίσως του καλύτερου σήμερα δομικού υλικού, είναι τα εξής:

Μεγάλη αντοχή ή μεγάλος λόγος αντοχής προς ίδιο βάρος. Αυτό οδηγεί σε λεπτές διατομές, μείωση των ιδίων βαρών του φέροντα οργανισμού, οικονομία χώρου και υλικού, ζεύξη μεγάλων ανοιγμάτων χωρίς ενδιάμεση υποστήλωση κλπ (π.χ. γέφυρες μεγάλων ανοιγμάτων, υψηλά κτίρια και κατασκευές με κακές συνθήκες θεμελίωσης).

Ομογένεια υλικού. Τα χαρακτηριστικά του είναι σταθερά σε κάθε σημείο της μάζας του υλικού, γεγονός που εξασφαλίζει την ακρίβεια των παραδοχών ανάλυσης και των ελέγχων αντοχής.

Μονιμότητα. Τα χαρακτηριστικά του είναι αμετάβλητα στο χρόνο, εφ' όσον δε παρέχεται η κατάλληλη συντήρηση, εξασφαλίζεται απεριόριστη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Ελαστικότητα. Ο χάλυβας συμπεριφέρεται ελαστικά μέχρι σχετικά υψηλές τάσεις, τα δε γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προσδιορίζονται με μεγάλη ακρίβεια.

Ολκιμότητα. Είναι η ικανότητα του χάλυβα να υπόκειται σε μεγάλες παραμορφώσεις χωρίς να αστοχεί. Έτσι, αν ένα τεμάχιο χάλυβα με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα υποβάλλεται σε εφελκυσμό, επιμηκύνεται σημαντικά με ταυτόχρονη μείωση της διατομής του στο σημείο αστοχίας, πριν επέλθει η τελική θραύση. Υλικό που δεν διαθέτει αυτή την ιδιότητα, χαρακτηρίζεται ως ψαθυρό και αν υποβληθεί Π.χ. σε κρουστικό φορτίο, μπορεί να θραυσθεί. Η ολκιμότητα στο χάλυβα, επιτρέπει την ανάπτυξη τοπικής διαρροής σε σημεία όπου εμφανίζεται συγκέντρωση υψηλών τάσεων υπό τα φορτία σχεδιασμού, με αποτέλεσμα την ανακατανομή της έντασης και την πρόληψη πρόωρης αστοχίας. Επιπλέον, εάν η κατασκευή υπερφορτισθεί, οι μεγάλες παραμορφώσεις λόγω της ολκιμότητας, είναι ορατές και μπορεί να οδηγήσουν στην πρόληψη της επερχόμενης αστοχίας.

Η ταχύτητα εκτέλεσης.

Βιομηχανικό κατά το μεγαλύτερο μέρος του προϊόν με ελεγχόμενη εκ τούτου ποιότητα.

Το σχετικά μικρό βάρος των χαλύβδινων κατασκευών συνεπάγεται μικρότερες αδρανειακές σεισμικές δυνάμεις. Σε συνδυασμό με την ικανότητα ανάπτυξης σημαντικών πλαστικών παραμορφώσεων και απορρόφησης εξ αυτού προ της αστοχίας σημαντικής ενέργειας, καθίσταται ο χάλυβας ιδανικό υλικό για αντισεισμικές κατασκευές.

Ευχέρεια διάνοιξης οπών για τη διέλευση καναλιών κλιματισμού και άλλων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Άλλα πλεονεκτήματα του χάλυβα είναι: η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής του (ως έχει ή μετά από ανάτηξη), η ευκολία ενίσχυσης υπαρχουσών κατασκευών (με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας), η ευκολία στην τυποποίηση και την προκατασκευή κλπ.

Στα μειονεκτήματα του υλικού συγκαταλέγονται:

η ευαισθησία σε υψηλές θερμοκρασίες (οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε περίπτωση πυρκαγιάς, προκαλούν έντονη απομείωση της αντοχής του χάλυβα) και η ανάγκη λήψης μέτρων πυροπροστασίας,

η ευαισθησία σε φαινόμενα αστάθειας (η οποία οδηγεί σε αναγκαία αύξηση του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί σε θλιβόμενα στοιχεία, για την αποτροπή του φαινομένου του λυγισμού),

η ευαισθησία έναντι κόπωσης (σε περίπτωση μεγάλου αριθμού κύκλων επαναλαμβανόμενης φόρτισης) κλπ.

Είναι προφανές, ότι ο χαλύβδινος φορέας θα πρέπει να συντηρείται περιοδικά, όπως συμβαίνει με όλα τα δομικά υλικά.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 1993-1-1 (Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα-Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια), οι χάλυβες οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό δομικών έργων θα πρέπει να διαθέτουν μία ελάχιστη ολκιμότητα, η οποία εξασφαλίζεται μέσω της ικανοποίησης των παρακάτω περιορισμών:

- i. Πρέπει να ισχύει: $f_u / f_y \geq 1,15$
- ii. Η οριακή παραμόρφωση ϵ_u πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση προς 15%.
- iii. Πρέπει να ισχύει $\epsilon_u \geq \epsilon_y$

όπου f_y όριο διαρροής

f_u αντοχή θραύσης (εφελκυστική αντοχή)

ϵ_y παραμόρφωση διαρροής

ϵ_u οριακή παραμόρφωση (που αντιστοιχεί στην ϵ_u).

Οι χάλυβες οι οποίοι περιλαμβάνονται στους Πίνακες 1.8 και 1.9 θεωρείται ότι ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις.

Πίνακας 1.8: Ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής f_y και της εφελκυστικής αντοχής f_u για εν θερμώ ελατούς χάλυβες

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550

Πίνακας 1.8: (συνέχεια)

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Πίνακας 1.9: Ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής f_y και της εφελκυστικής αντοχής f_u για χάλυβες παραγωγής κοίλων διατομών

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NHL	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1.9: (συνέχεια)

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Όνομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _u [N/mm ²]
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Οι συμβολισμοί στον ανωτέρω Πίνακα είναι (περισσότερες πληροφορίες στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 10025):

N: Ανόπτηση εξομάλυνσης

M: Θερμομηχανική επεξεργασία

L: Αναφέρεται στην ενέργεια Charpy

W: Βελτιωμένη αντοχή στην ατμοσφαιρική διάβρωση

Q: Βαφή και ανόπτηση χαλύβων υψηλής αντοχής

H: Κοίλες διατομές.

Σχετικά με τις προβλεπόμενες ανοχές (αποδεκτές ατέλειες χαλύβδινων ράβδων), αναφορά γίνεται στο πρότυπο EN1090.

Οι τιμές σχεδιασμού για τους κύριους συντελεστές υλικού των δομικών χαλύβων, οι οποίες υιοθετούνται στους υπολογισμούς είναι οι ακόλουθες:

Μέτρο ελαστικότητας: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Μέτρο διάτμησης: $G = E/2(1+\nu) = 81000 \text{ N/mm}^2$

Λόγος Poisson στην ελαστική περιοχή $\nu = 0,3$

Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ ανά } ^\circ\text{C}$.

Πυκνότητα: $P = 7850 \text{ kg/m}^3$

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι ο δομικός χάλυβας S275 εκτός από τα ζυγώματα

και τις κύριες δοκούς του χώρου γραφείων όπου θα χρησιμοποιηθεί ο S275. Τέλος το σκυρόδεμα της πλάκας θα είναι C25/30.

ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1 Μόνιμες δράσεις

Με τον όρο αυτό νοούνται όλες οι δράσεις, οι οποίες αναμένεται να επενεργήσουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου αναφοράς και για την οποία η διαφοροποίηση του μεγέθους τους στο χρόνο είναι αμελητέα. Παλαιότερος όρος για τις μόνιμες δράσεις (permanent actions) ήταν «νεκρά φορτία» (dead loads), περιλαμβάνονται δε στην κατηγορία αυτή δράσεων όλα τα κατακόρυφα φορτία που δρουν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, όπως τα ίδια βάρη (φέροντα στοιχεία, τοίχοι πληρώσεως, ψευδοροφές, επικαλύψεις και επενδύσεις, επιστρώσεις και μονώσεις δαπέδων, ηλεκτρικά και υδραυλικά δίκτυα, κλιματιστικά συστήματα). Με εξαίρεση τα φέροντα στοιχεία, για τα οποία προηγείται μια αρχική εκτίμηση του βάρους τους και πιθανόν επανάληψη της ανάλυσης του φορέα, εφ' όσον η απόκλιση από τα τελικά φορτία κριθεί σημαντική, οι υπόλοιπες μόνιμες δράσεις μπορούν να προσδιορίζονται με ικανοποιητική ακρίβεια εξ αρχής. Περιπτώσεις, όπου προβλέπεται μελλοντικώς τροποποίηση των μόνιμων δράσεων (π.χ. προσθήκη ή αφαίρεση τοίχων πληρώσεως, αλλαγή επικαλύψεων ή μονώσεων κλπ) θα πρέπει να συνεκτιμώνται κατά το σχεδιασμό, και να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις επί των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να εντάσσονται στην κατηγορία των σταθερών (fixed) δράσεων, εκτός εαν προβλέπεται συχνή τροποποίησή τους (π.χ. μετακινήσιμα διαχωριστικά), οπότε αντιμετωπίζονται ως πρόσθετα επιβαλλόμενα φορτία. Ο Ευρωκώδικας 1, σε ειδικό μέρος του, παρέχει αναλυτικούς πίνακες με τις χαρακτηριστικές τιμές της πυκνότητας μεγάλου αριθμού υλικών. Πληροφορίες μπορούν επίσης να λαμβάνονται από τους κατασκευαστές των διαφόρων προϊόντων ή στοιχείων του έργου (πατώματα, προσόψεις, ανελκυστήρες κλπ).

2.2 Επιβαλλόμενες (μεταβλητές) δράσεις

Εντάσσονται γενικώς στην κατηγορία των μεταβλητών ελεύθερων δράσεων (variablefree) εκτός αν ορίζεται κάτι διαφορετικό στον κανονισμό. Περιλαμβάνουν τα

κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν από τη χρήση του κτιρίου και προέρχονται από την παρουσία ανθρώπων, επίπλων, κινητού εξοπλισμού, οχημάτων, αποθηκευμένων αγαθών κλπ. Λόγω της φύσεως των φορτίων αυτών, δεν είναι επακριβές το βάρος και η θέση τους, γι' αυτό και προσδιορίζονται στατιστικά, οι δε τιμές εφαρμογής τους (χαρακτηριστικές τιμές) δίνονται από τους κανονισμούς.

Οι μεταβλητές δράσεις, θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τον πλέον δυσμενή τρόπο στο φορέα, ώστε να καλύπτονται όλες οι ενδεχόμενες φορτικές καταστάσεις (δυσμενείς φορτίσεις), και να προσδιορίζεται η δυσμενέστερη επιρροή τους. Παρ' όλα αυτά, επειδή η πιθανότητα ταυτόχρονης φόρτισης όλου του φορέα με τις επιβαλλόμενες δράσεις είναι σχετικά μικρή, οι κανονισμοί προβλέπουν κάποια ποσοστά απομείωσής τους σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Η μείωση αυτή εφαρμόζεται ειδικά στα υποστυλώματα πολυώρων κτιρίων, αυξανόμενη με τον αριθμό των ορόφων που υποστηρίζονται από ένα υποστύλωμα. Τυπικές μειώσεις κυμαίνονται από 10% έως 30% και εφαρμόζονται μόνο στις επιβαλλόμενες δράσεις. Δεν επιτρέπονται μειώσεις στις μόνιμες δράσεις ή σε συγκεκριμένους τύπους επιβαλλόμενων δράσεων, όπως στην περίπτωση αποθηκευτικών χώρων, φορτίων γερανών, φορτίων λόγω μηχανημάτων, ή λόγω ανθρώπων σε δημόσια κτίρια στα οποία συνήθως υπάρχει κοσμοσυρροή.

Οι επιβαλλόμενες δράσεις επενεργούν ως οιονεί στατικές δράσεις, εφ' όσον όμως αναμένονται επιδράσεις συντονισμού (π.χ. από συγχρονισμένη ρυθμική κίνηση ανθρώπων ή από χορό ή άλματα) ή εισαγωγής σημαντικής επιτάχυνσης φορέα, στο προσομοίωμα φόρτισης πρέπει να προβλέπεται δυναμική αντιμετώπιση.

Σε καταστάσεις σχεδιασμού, όπου τα επιβαλλόμενα φορτία δρουν ταυτόχρονα με άλλες μεταβλητές δράσεις (π.χ. άνεμος, χιόνι κλπ), το σύνολο των επιβαλλόμενων φορτίων που λαμβάνονται υπόψη στη συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης, θα θεωρείται ως μία ενιαία δράση. Σε στέγες, τα επιβαλλόμενα φορτία δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα με τα φορτία χιονιού ή ανέμου.

Οι χώροι σε κατοικίες και σε δημόσια, εμπορικά και διοικητικά κτίρια διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 Κατηγορίες χρήσης

Κατηγορία	Συγκεκριμένη χρήση	Παράδειγμα
A	Χώροι για οικιακές δραστηριότητες	Δωμάτια σε κτίρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υποδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροιστούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A, B, και O)	<p>C1: Χώροι με τραπέζια κλπ, π. χ. σχολικοί χώροι, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνωστήρια, χώροι υποδοχής.</p> <p>C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.</p> <p>C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, Π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακοί χώροι κλπ., και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτίρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαύλια σιδηροδρομικών σταθμών.</p> <p>C4: Χώροι για πιθανές κινητικές δραστηριότητες, Π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές.</p> <p>C5: Χώροι προοριζόμενοι για μεγάλα πλήθη, Π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξέδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες σιδηροδρόμων.</p>
D	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	<p>D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης, γενικά.</p> <p>D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα</p>

Τα επιβαλλόμενα φορτία ανά κατηγορία χρήσης φαίνονται στον Πίνακα 1.3, όπως προτείνεται στο Εθνικό Προσάρτημα του EN1991-1-1, στο οποίο περιγράφονται και οι υπόλοιπες κατηγορίες χρήσης (Ε έως Η).

Πίνακας 1.3 Επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, εξώστες και σκάλες κτιρίων, σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα του EN1991

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορία Α και Κατηγορία Β		
Δάπεδα	2,0	2,0
Σκάλες	3,5	2,0
Εξώστες	5,0	3,0
Κατηγορία C		
C1	3,0	3,0
C2	5,0	4,0
C3	5,0	4,0
C4	5,0	4,0
C5	7,5	4,5
Κατηγορία D		
D1	5,0	4,0
D2	5,0	4,0

Το συγκεντρωμένο φορτίο Q_k πρέπει να λαμβάνεται υπόψη θεωρούμενο ότι δρα μόνο του σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου (δάπεδο, μπαλκόνι, σκάλες κλπ), για τοπικούς ελέγχους.

2.3 Χώρος γραφείων

Μόνιμα φορτία:

Πάχος πλάκας σκυροδέματος: $h_c=15\text{cm}$.

Ειδικό βάρος οπλισμένου σκυροδ.: $\gamma_c=25\text{km/m}^3$

Μόνιμο φορτίο πλάκας σκυροδέματος: $g_c=0,15 \cdot 25=3,75\text{km/m}^2$

Επιστρώσεις-δάπεδα: $1,5\text{km/m}^2$

Μόνιμο φορτίο: 10KN

Σημείωση: Το μόνιμο φορτίο θα προσομοιωθεί πάνω στις κύριες δοκούς του χώρου γραφείων ως συγκεντρωμένο.

Κινητό φορτίο: 2KN/m²

Όμοια και το κινητό θα προσομοιωθεί ως συγκεντρωμένο φορτίο.

2.4 Κύριος Χώρος Εμπορικού Κτιρίου

2.4.1. Φορτίο χιονιού

Προσομοίωση του φορτίου χιονιού

Ανάλογα με τη μορφή της στέγης, τα θερμικά της χαρακτηριστικά, την τραχύτητα της επιφάνειας, το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κάτω από τη στέγη, την απόσταση των γειτονικών κτιρίων, τον περιβάλλοντα χώρο και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, το χιόνι μπορεί να συσσωρευθεί επί της στέγης κατά διάφορους τρόπους. Ιδιαίτερη σημασία έχει το κατά πόσον είναι εκτεθειμένη η οροφή στον άνεμο, οι μεταβολές της θερμοκρασίας

καθώς και η πιθανότητα συγκέντρωσης λόγω κατακρήμνισης ή βροχόπτωσης.

Για την εκτίμηση του φορτίου χιονιού, συνήθως θεωρείται αρχικώς το ομοιόμορφο χιόνι που συγκεντρώνεται υπό συνθήκες νηνεμίας, ενώ η τελική μορφή προκύπτει για συνθήκες όπου επικρατούν άνεμοι.

Για τοποθεσίες όπου επικρατούν κανονικές συνθήκες (δηλαδή χωρίς πιθανότητα να λάβει χώρα εξαιρετική χιονόπτωση ή μετατόπιση λόγω ανέμων), θα εφαρμόζεται ο συνδυασμός που αντιστοιχεί σε καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές.

Φορτίο χιονιού σε στέγες

Το φορτίο χιονιού σε μία στέγη προσδιορίζεται από τις σχέσεις

α) Για καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές

$$s = \mu_i C_e C_t S_k \quad (2.1)$$

β) Για τυχηματικές καταστάσεις

$$s = \mu_i C_e C_t S_{Ad} \quad (2.2)$$

όπου:

μ_i είναι ο συντελεστής μορφής φορτίου χιονιού

S_k είναι η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους

C_e είναι ο συντελεστής έκθεσης, ο οποίος για κανονικές συνθήκες λαμβάνεται ίσος με 1.

Συνιστώμενες τιμές για άλλες συνθήκες είναι:

- Για έκθεση σε ισχυρούς ανέμους $C_e = 0,8$.

- Για κατασκευές προστατευμένες (από κτίρια ή δένδρα) $C_e = 1,2$.

C_t είναι ο θερμικός συντελεστής, ο οποίος είναι συνήθως ίσος με 1 για κανονικές συνθήκες θερμικής μόνωσης της στέγης. Μπορεί να επιτρέπονται μικρότερες τιμές, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επιρροή της απώλειας θερμότητας μέσω της στέγης.

$S_{Ad} = C_{esl} \cdot S_k$ είναι η τιμή σχεδιασμού του φορτίου χιονιού επί του εδάφους (συντελεστής για εξαιρετικά φορτία χιονιού: $C_{esl} = 2,0$).

Το φορτίο S θεωρείται ότι ενεργεί κατακόρυφα και αναφέρεται στην οριζόντια προβολή της στέγης.

Για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι τιμές του S_k για περίοδο επαναφοράς 50 ετών δίνονται στο Παράρτημα C του EN 1991 - Μέρος 1-3. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, ορίζονται οι παρακάτω τρεις ζώνες χιονιού, με τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές $S_{k,0}$ των φορτίων για έδαφος που βρίσκεται στη στάθμη της θάλασσας.

Ζώνη I ($S_{k,0} = 0,4 \text{ kN/m}^2$): Νομοί Αρκαδίας, Ηλείας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και όλα τα νησιά πλην των Σποράδων και της Εύβοιας.

Ζώνη II ($S_{k,0} = 1,7 \text{ kN/m}^2$): Νομοί Μαγνησίας, Φθιώτιδας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λάρισας, Σποράδες και Εύβοια.

Ζώνη III ($S_{k,0} = 0,8 \text{ kN/m}^2$): Υπόλοιπη χώρα.

Για τοποθεσίες με υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500 m πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη και αξιολόγηση. Περισσότερες πληροφορίες για ειδικές περιπτώσεις περιέχονται στο Εθνικό Προσάρτημα.

Η χαρακτηριστική τιμή S_k του φορτίου χιονιού επί του εδάφους σε kN/m^2 συναρτήσει της ζώνης και του αντίστοιχου υψομέτρου (A), για μία συγκεκριμένη τοποθεσία, δίνεται από τη σχέση:

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

όπου

$S_{k,0}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας (δηλ. για $A = 0$), σε kN/m^2

A είναι το υψόμετρο της συγκεκριμένης τοποθεσίας από τη στάθμη της θάλασσας, σε m.

Έτσι, Π.χ. για τα Τρίκαλα, είναι $S_{k,0} = 0,8 \text{ kN/m}^2$, και για υψόμετρο $A=500 \text{ m}$ πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, από τη σχέση 2.3 προκύπτει $S_k = 1,04 \text{ kN/m}^2$

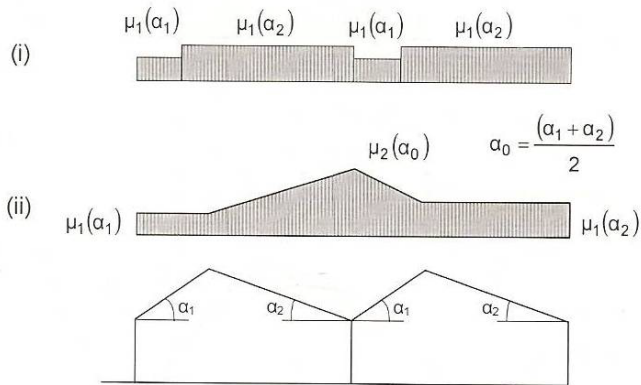
ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Είναι σκόπιμο, οι τιμές αυτές, οι οποίες είναι οι ελάχιστες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό, να επαληθεύονται από το μελετητή με ερώτηση στις επιτόπου αρμόδιες αρχές (δημόσιες υπηρεσίες μετεωρολογική υπηρεσία αστυνομία κλπ), προκειμένου να ληφθούν υπόψη πιθανές τοπικές ιδιαιτερότητες, και να γίνει η ανάλογη αύξησή τους, ώστε να αντιστοιχούν κατά το δυνατόν στις πραγματικές.

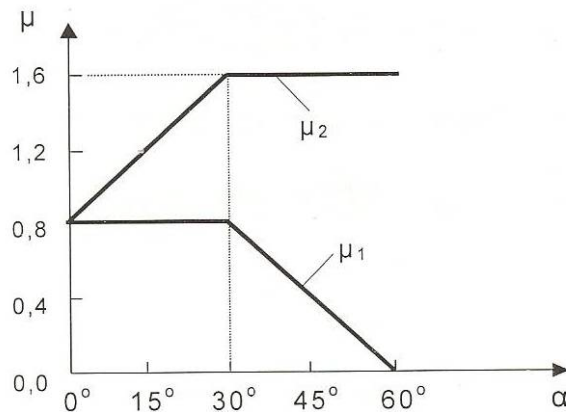
Επαναλαμβανόμενες στέγες

Για επαναλαμβανόμενες στέγες, θα λαμβάνεται υπόψη η πλέον δυσμενής περίπτωση μεταξύ αυτών που δίνονται στο Σχ. 3.3, η οποία αντιστοιχεί σε περίπτωση συγκέντρωσης χιονιού, με συντελεστές μορφής σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 και το Σχ. 3.4. Εν προκειμένω, σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, το Παράρτημα Β του EN1991-1-3 έχει κανονι-

στικό χαρακτήρα.



Στο Σχ. 3.3 Συντελεστές μορφής σε επαναλαμβανόμενες στέγες



Στο Σχ. 3.4 δίνονται οι τιμές των συντελεστών μ_1 και μ_2 υπό μορφή διαγράμματος

Το παρόν κτίριο βρίσκεται στην Αττική σε υψόμετρο 50m. Η στέγη του είναι επαναλαμβανόμενη με κλίση $\arctan(2/10)=11,31^\circ$. Παρακάτω γίνεται υπολογισμός του φορτίου χιονιού:

Καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές:

$$S = \mu_i C_e C_t S_k$$

$$C_e = 1$$

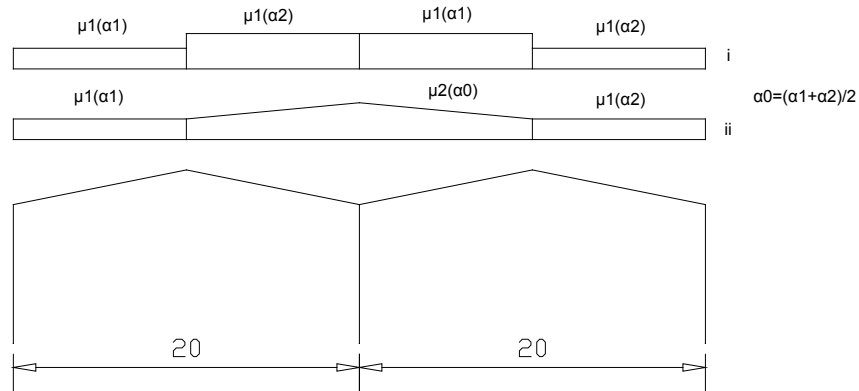
$$C_t = 1$$

Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού (για ζώνη III) $S_{k,o} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού: $S_k = S_{k,o} (1 + (A/917)^2)$

$$\Rightarrow S_k = 0,8(1 + (50/917)^2) \quad S_k = 0,8 \text{KN/m}^2$$

$$S = \mu_i \cdot 1 \cdot 1,71 \text{KN/m}^2 \Rightarrow S = \mu_i \cdot 0,8 \text{KN/m}^2$$



Κλίση στέγη: $\arctan 2/10 = 11,31^\circ$

$$\mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0,8$$

$$\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 / 2 = 11,31 \Rightarrow \mu_2(\alpha_0) = 0,8 = 0,8 \cdot 11,31 \Rightarrow \mu_2(\alpha_0) = 1,1$$

$$S_{1,\alpha_1} = \mu_{1,\alpha_1} \cdot 0,8 \text{kn/m}^2 = 0,64 \text{kn/m}^2$$

$$S_{1,\alpha_2} = 0,64 \text{kn/m}^2$$

$$S_{2,\alpha} = 1,1 \cdot 0,8 = 0,88 = 0,9 \text{kn/m}^2$$

Λαμβάνεται η δυσμενέστερη(ii) : $S_{1,\alpha_1} = 0,64 \text{KN/m}^2$, $S_{1,\alpha_2} = 0,64 \text{KN/m}^2$

$$S_{2,\alpha} = 0,9 \text{KN/m}^2$$

2.4.2. Δράση ανέμου

Οι δράσεις του ανέμου επί των κατασκευών και επί των επιμέρους στοιχείων τους θα προσδιορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις εξωτερικές όσο και τις εσωτερικές πιέσεις ανέμου, ταυτόχρονα. Στον Πίνακα 2.1 φαίνεται η διαδικασία προσδιορισμού των δράσεων αυτών.

Πίνακας 2.1 Προτεινόμενες διαδικασίες υπολογισμού για τον προσδιορισμό

των δράσεων του ανέμου

Παράμετρος	Παράγραφος Αναφοράς στο prEN 1991-1-4 ..---
Πίεση ταχύτητας αιχμής q_p	
βασική ταχύτητα ανέμου V_b	4.2 (2)P
ύψος αναφοράς Z_e	Κεφάλαιο 7
κατηγορία εδάφους	Πίνακας 4.1
χαρακτηριστική πίεση ταχύτητας αιχμής q_p	4.5 (1)
ένταση στροβιλισμού I_v	4.4
μέση ταχύτητα ανέμου V_m	4.3.1
συντελεστής τοπογραφίας $C_o(z)$	4.3.3
συντελεστής τραχύτητας $C_r(z)$	4.3.2
Πιέσεις ανέμου, Π.χ. για επικαλύψεις, και δομικά στοιχεία	
συντελεστής εσωτερικής πίεσης C_{pi}	Κεφάλαιο 7
συντελεστής εξωτερικής πίεσης C_{pe}	Κεφάλαιο 7
εξωτερική πίεση ανέμου: $W_e = q_p G_{pe}$	5.1 (1)
εσωτερική πίεση ανέμου: $W_j = q_p C_{pj}$	5.1 (2)
Δυνάμεις ανέμου σε κατασκευές, Π.χ. για καθολικές επιδράσεις ανέμου	
δυναμικός συντελεστής $C_s C_d$	6
δύναμη ανέμου F_w υπολογιζόμενη από τους στές δύναμης	5.2 (2)
δύναμη ανέμου F_w υπολογιζόμενη από τους στές πίεσης	5.2 (3)

Εξωτερική πίεση W_e

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής, προκύπτει από τη σχέση:

$$W_e = q_p (Z_e) \cdot C_{pe} \quad (2.1)$$

όπου

$q_p(Z_e)$ είναι η πίεση ταχύτητας αιχμής

Z_e είναι το ύψος αναφοράς για την εξωτερική πίεση

C_{pe} είναι ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης

Εσωτερική πίεση W_j

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εσωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής, προκύπτει από τη σχέση :

$$W_i = q_p(Z_i) \cdot C_{pi} \quad (2.2)$$

όπου

$q_p(Z_i)$ είναι η πίεση ταχύτητας αιχμής

Z_i είναι το ύψος αναφοράς για την εσωτερική πίεση

C_{pi} είναι ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης.

Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(Z)$

όπου:

$$q_p(Z) = [1+7 \cdot I_v(Z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m(Z) = C_e(Z) \cdot q_b \quad (2.3)$$

P είναι η πυκνότητα του αέρα, που εξαρτάται από το υψόμετρο, τη θερμοκρασία και τη βαρομετρική πίεση που αναμένονται σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια ανεμοθύελλας ($\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$)

$I_v(Z)$ είναι η ένταση του στροβιλισμού σε ύψος Z

$C_e(Z)$ είναι ο συντελεστής έκθεσης και δίνεται από τη σχέση:

$$C_e(Z) = q_p(Z)/q_b \quad (2.4)$$

q_b είναι η βασική πίεση που δίνεται από τη σχέση

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (2.5)$$

v_b είναι η βασική ταχύτητα ανέμου, που ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους, στα 10 m πάνω από έδαφος κατηγορίας **11**, σύμφωνα με τη σχέση:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$$

Στη σχέση αυτή είναι:

C_{dir} είναι ο συντελεστής διεύθυνσης (ίσος με 1,0)

$C_{cseason}$ είναι ο συντελεστής εποχής (ίσος με 1,0)

$v_{b,0}$ είναι η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου, η οποία είναι η χαρακτηριστική μέση ταχύτητα του ανέμου 10 λεπτών, ανεξάρτητα από τη διεύθυνσή v_b και την εποχή του έτους, στα 10 m πάνω από το έδαφος, σε ανοικτή περιοχή με χαμηλή βλάστηση, όπως γρασίδι και με μεμονωμένα εμπόδια ανά αποστάσεις μεταξύ τους τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων (έδαφος κατηγορίας II).

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας

του ανέμου $V_{b,0}$ για τη χώρα μας ορίζεται σε 33 m/s για τα νησιά και παράλια μέχρι 1 0 km από την ακτή και σε 27 m/s για την υπόλοιπη χώρα.

Η μέση ταχύτητα του ανέμου $v_m(z)$, σε ύψος Z πάνω από το έδαφος, εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και την τοπογραφική διαμόρφωση, προσδιορίζεται δε από τη σχέση:

$$V_m(Z) = C_r(Z) \cdot C_o(Z) \cdot V_b \quad (2.7)$$

$C_r(Z)$ είναι ο συντελεστής τραχύτητας

$C_o(z)$ είναι ο συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης (προτεινόμενη τιμή 1,0)

Η ένταση του στροβιλισμού $I_v(Z)$ σε ύψος Z υπολογίζεται από τις σχέσεις

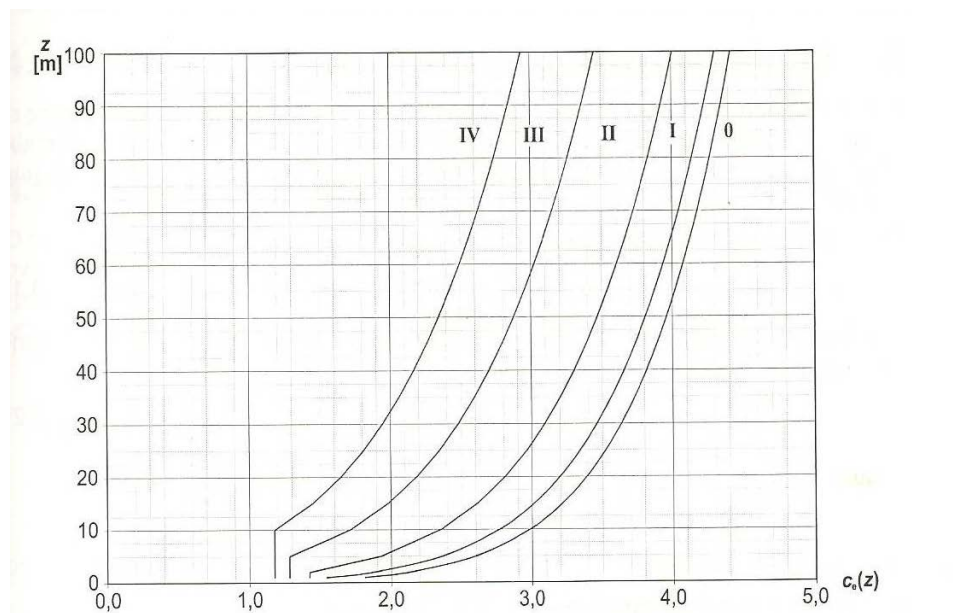
$$I_v(Z) = K_i / C_o(Z) \cdot \ln(Z/Z_o) \quad \text{για } Z_{\min} < Z < Z_{\max} \quad (2.8)$$

$$I_v(Z) = I_v(Z_{\min}) \quad \text{για } Z < Z_{\min}$$

όπου

K_i είναι ο συντελεστής στροβιλισμού (ίσος με 1,0)

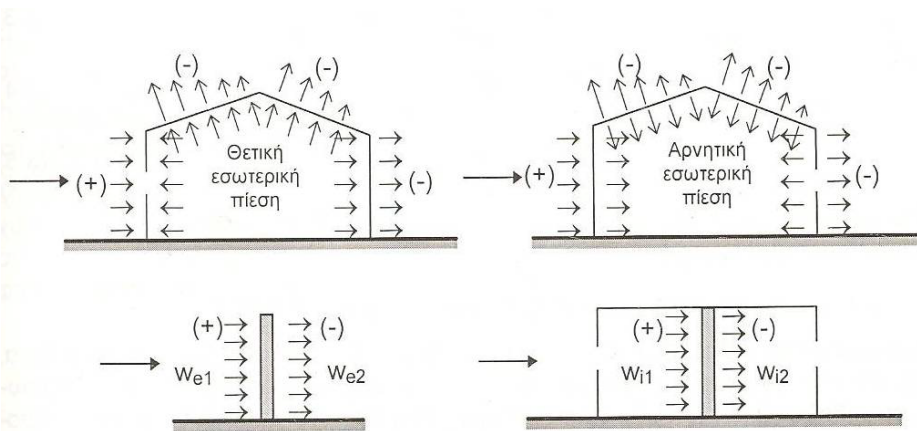
Για επίπεδο έδαφος όπου $C_o(Z)=1$, ο συντελεστής έκθεσης $C_e(Z)$ δίνεται σε διάγραμμα στο Σχ. 2.1 ως συνάρτηση του ύψους z πάνω από το έδαφος και της κατηγορίας εδάφους



Σχ. 2.1 Διάγραμμα συντελεστή έκθεσης $C_e(Z)$ για $C_o=1,0$ και $K_j=1,0$

Τελική πίεση

Η τελική πίεση του ανέμου επί ενός τοίχου ή ενός επιμέρους στοιχείου είναι η διαφορά των πιέσεων επί των επιφανειών του τοίχου ή του στοιχείου, λαμβάνοντας υπόψη τη φορά των πιέσεων αυτών. Η πίεση, που κατευθύνεται προς την επιφάνεια λαμβάνεται ως θετική, ενώ η αναρρόφηση, το διάνυσμα της οποίας απομακρύνεται από την επιφάνεια, λαμβάνεται ως αρνητική. Στο Σχ. 2.2 φαίνονται μερικά παραδείγματα σήμανση της πίεσης.



Σχ. 2.2 Πίεση επί των επιφανειών

Συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$

Ο συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$, λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα της μέσης ταχύτητας ανέμου στη θέση της κατασκευής λόγω του ύψους πάνω από το έδαφος και λόγω της τραχύτητας του εδάφους της προσήνεμης περιοχής στη θεωρούμενη διεύθυνση του ανέμου, υπολογίζεται δε συναρτήσει του ύψους Z με τις ακόλουθες λογαριθμικές σχέσεις

$$c_r(z) = K_r \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{για} \quad z_{\min} < z < z_{\max} = 200\text{m} \quad (4.1)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) = k_r \cdot \ln(z_{\min}/z_0) \quad \text{για} \quad z < z_{\min}$$

όπου

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,11})^{0,07} \text{ (συντελεστής εδάφους)} \quad (4.2)$$

Στις σχέσεις αυτές

Z_0 είναι το μμήκος τραχύτητας σε m, βλέπε Πίνακα 4.1

$Z_{0,II} = 0,05$ m (κατηγορία εδάφους II, Πίνακας 4.1)

Z_{min} είναι το ελάχιστο ύψος που ορίζεται στον Πίνακα 4.1

Z_{max} λαμβάνεται ίσο προς 200 m.

Η σχέση 4.1 ισχύει όταν το έδαφος στη διεύθυνση του ανέμου έχει ομοιόμορφη τραχύτητα σε αρκετά μεγάλο μήκος, ώστε να μπορεί να θεωρείται σταθερή η κατηγορία εδάφους.

Προτεινόμενες τιμές για τα Z_0 και Z_{min} δίνονται στον Πίνακα 4.1 για πέντε αντιπροσωπευτικές κατηγορίες εδάφους.

Μικρές επιφάνειες (μικρότερες του 10% της υπό εξέταση επιφάνειας) με διαφορετική τραχύτητα, που βρίσκονται μμέσα στις προαναφερθείσες μεταβατικές ζώνες, αγνοούνται, ενώ σε περίπτωση αμφιβολίας ως προς την κατάταξη εδάφους σε κάποια κατηγορία, το έδαφος κατατάσσεται στην αντίστοιχη δυσμενέστερη.

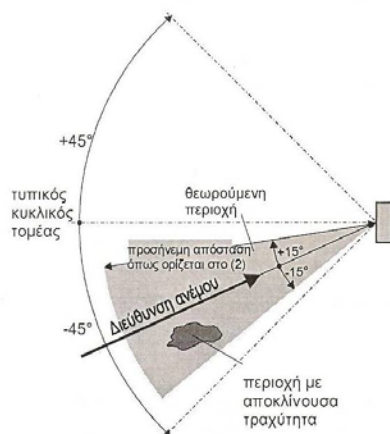
<p>Κατηγορία εδάφους 0 Θάλασσα ή παράκτια περιοχή ανοικτής θάλασσας</p>	
<p>Κατηγορία εδάφους I Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια</p>	
<p>Κατηγορία εδάφους II Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) σε απόσταση μεταξύ τους τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων</p>	
<p>Κατηγορία εδάφους III Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με απόσταση μεταξύ τους κατά μέγιστο 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)</p>	
<p>Κατηγορία εδάφους IV Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια και το μέσο ύψος τους ξεπερνά τα 15 m</p>	

Σχ. 4.1 Απεικονίσεις της τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους

Πίνακας 4.1 Κατηγορίες εδάφους και αντίστοιχες παράμετροι

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

Οι κατηγορίες εδάφους επεξηγούνται στο Σχήμα 4.1



Σχ. 4.2 Εκτίμηση της τραχύτητας εδάφους

Η τραχύτητα του εδάφους που θα χρησιμοποιείται για μία δεδομένη διεύθυνση του ανέμου εξαρτάται από τις ανωμαλίες του εδάφους και την απόσταση με συνθήκες ομοιόμορφης τραχύτητας εδάφους σε ένα κυκλικό τομέα περί τη διεύθυνση του ανέμου. Μικρές περιοχές (λιγότερο από 10% της θεωρούμενης επιφάνειας) με αποκλίνουσα τραχύτητα, μπορούν να αμελούνται, Σχ. 4.2.

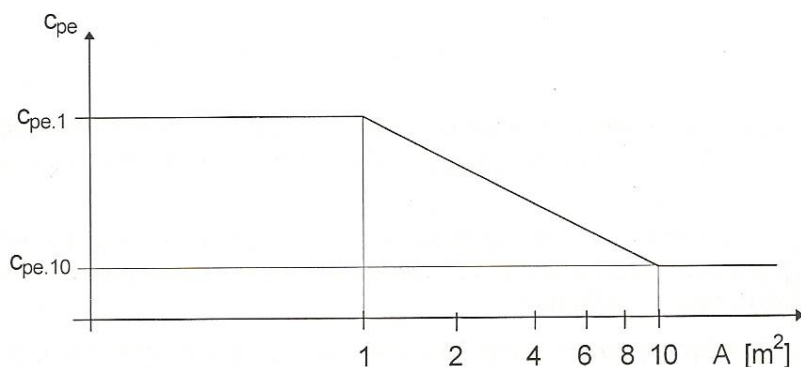
Αεροδυναμικοί συντελεστές πίεσης και δύναμης

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης C_{pe} εξαρτώνται από τις διαστάσεις της φορτιζόμενης επιφάνειας A , δίνονται δε στους πίνακες που ακολουθούν, για δύο χαρακτηριστικές τιμές της, ήτοι για 1 m^2 και για 10 m^2 .

Ως φορτιζόμενη, θεωρείται η επιφάνεια, η οποία μεταφέρει στο εξεταζόμενο στοιχείο της κατασκευής τη δράση της ανεμοπίεσης και προκαλεί την αντίστοιχη καταπόνησή του.

Στο Σχ. 6.1 φαίνεται η γραφική απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης c_{pe} συναρτήσει της φορτιζόμενης επιφάνειας. Όπως προκύπτει από το σχήμα αυτό:

για	$A < 1 \text{ m}^2$	είναι	$C_{pe} = C_{pe.1}$
για	$1 \text{ m}^2 < X < 10 \text{ m}^2$	είναι	$C_{pe} = C_{pe.1} + (C_{pe.10} - C_{pe.1}) I_{0q10} A$
για	$A > 10 \text{ m}^2$	είναι	$C_{pe} = C_{pe.10}$



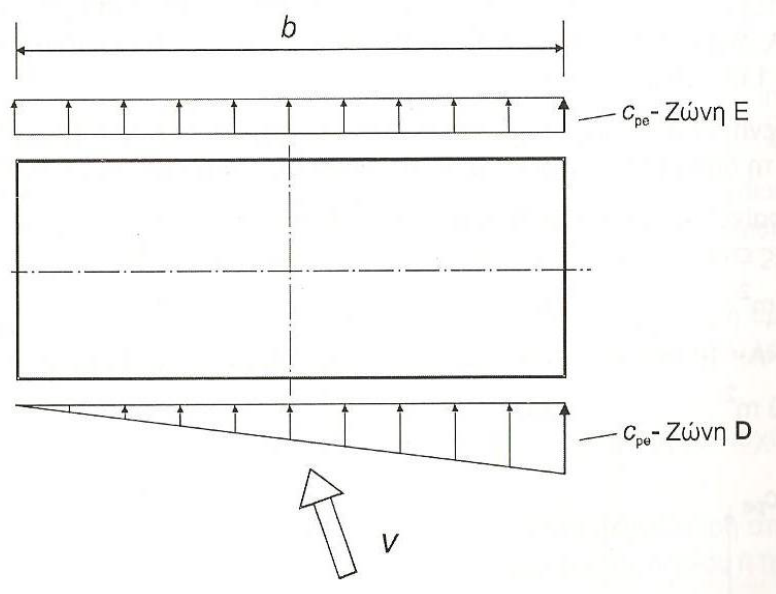
Σχ. 6.1 Μεταβολή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης σε κτίρια, συναρτήσει της φωτιζόμενης επιφάνειας A

Στους Πίνακες 6.1 έως 6.5 που ακολουθούν και αναφέρονται μόνο σε κτίρια, οι τιμές των συντελεστών C_{pe} αντιστοιχούν σε διευθύνσεις του ανέμου κατά γωνίες 00,900 ή 1800, έχουν όμως προκύψει για ένα εύρος μεταβολής της γωνίας αυτής κατά $\pm 45^0$ ανά διεύθυνση. Αντιπροσωπεύουν επομένως τις δυσμενέστερες πιέσεις που μπορεί να εμφανιστούν στα διάφορα σημεία του κτιρίου, για κάθε δυνατή διεύθυνση της ανεμοπίεσης.

Εάν κάποιες στιγμιαίες διακυμάνσεις του ανέμου σε επιφάνειες μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική ασυμμετρία της φόρτισης και η μορφή της κατασκευής ενδέχεται να είναι ευαίσθητη σε μια τέτοια φόρτιση (π.χ. στρέψη σε τυπικά συμμετρικά κτίρια με πυρήνα), θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδρασή τους.

Για ορθογωνικές κατασκευές οι οποίες είναι ευαίσθητες σε στρεπτικές επιδράσεις, θα εφαρμόζεται η κατανομή πιέσεων που δίνεται στο Σχ. 6.2, προκειμένου να ληφθούν υπόψη

οι στρεπτικές επιδράσεις λόγω ανέμου υπό γωνία ή λόγω έλλειψης συσχέτισης μεταξύ δυνάμεων ανέμου που δρουν σε διαφορετικές θέσεις της κατασκευής.



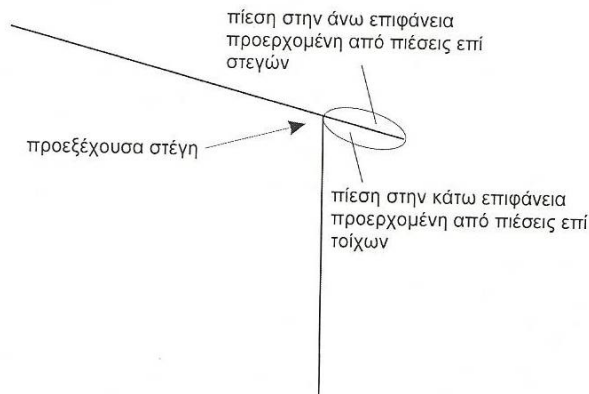
Σχ. 6.2 Κατανομή πιέσεων για να ληφθούν υπόψη στρεπτικές επιδράσεις.

Οι ζώνες και οι τιμές για το c_{pe} δίνονται στον Πίν. 6.1 και στο Σχ. 6.5

Για άλλες περιπτώσεις θα γίνεται πρόβλεψη για ασυμμετρία φόρτισης μέσω πλήρους αφαίρεσης της δράσης του ανέμου από εκείνα τα μέρη της κατασκευής, όπου η δράση του θα προκαλέσει ευνοϊκή επίδραση.

Εάν η ύπαρξη πάγου ή χιονιού μεταβάλλουν τη γεωμετρία της κατασκευής, έτσι ώστε να αλλάζει την επιφάνεια αναφοράς ή το σχήμα, αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Για προεξέχουσες γωνίες στέγης (Σχ. 6.3) η πίεση στην κάτω πλευρά της προεξέχουσας στέγης είναι ίση με την πίεση της ζώνης του κατακόρυφου τοίχου, ο οποίος είναι άμεσα συνδεδεμένος με την προεξέχουσα στέγη. Η πίεση στην άνω πλευρά της προεξέχουσας στέγης είναι ίση με την πίεση της αντίστοιχης ζώνης της στέγης.



Σχ. 6.3 Επεξήγηση των σχετικών πιέσεων για προεξέχουσες στέγες

Κατακόρυφοι τοίχοι κτιρίων με ορθογωνική κάτοψη

Στο Σχ. 6.4 φαίνεται ο τρόπος προσδιορισμού του ύψους αναφοράς z_e για τους προσήνεμους τοίχους, ανάλογα με τη σχέση μεταξύ του ύψους h και του πλάτους b του κτιρίου.

Όπως προκύπτει από το σχήμα:

για $h > 2b$ λαμβάνεται ως ένα τμήμα με $Z_e = h$,

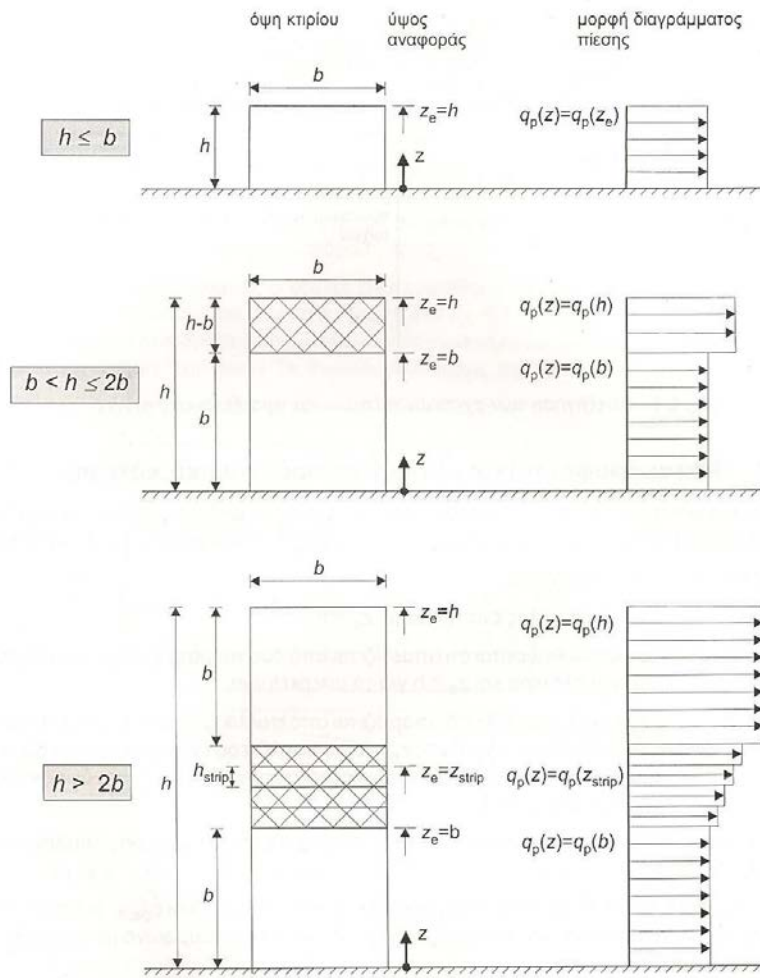
για $b < h < 2b$ το κτίριο θεωρείται ότι απαρτίζεται από δύο τμήματα με ύψος $Z_e = b$ για το χαμηλότερο και $Z_e = h$ για το υπερκείμενο,

για $h > 2b$ το κτίριο θεωρείται ότι απαρτίζεται από πολλά τμήματα, εκ των οποίων το χαμηλότερο έχει ύψος $Z_e = b$, το υψηλότερο έχει ύψος $Z_e = h$, ενώ το μεταξύ αυτών διάστημα υποδιαιρείται σε τμήματα με μέγιστο ύψος κάθε τμήματος ίσο με b .

Για τον υπήνεμο τοίχο και τους παράπλευρους τοίχους, το ύψος αναφοράς λαμβάνεται ίσο προς το ύψος του κτιρίου.

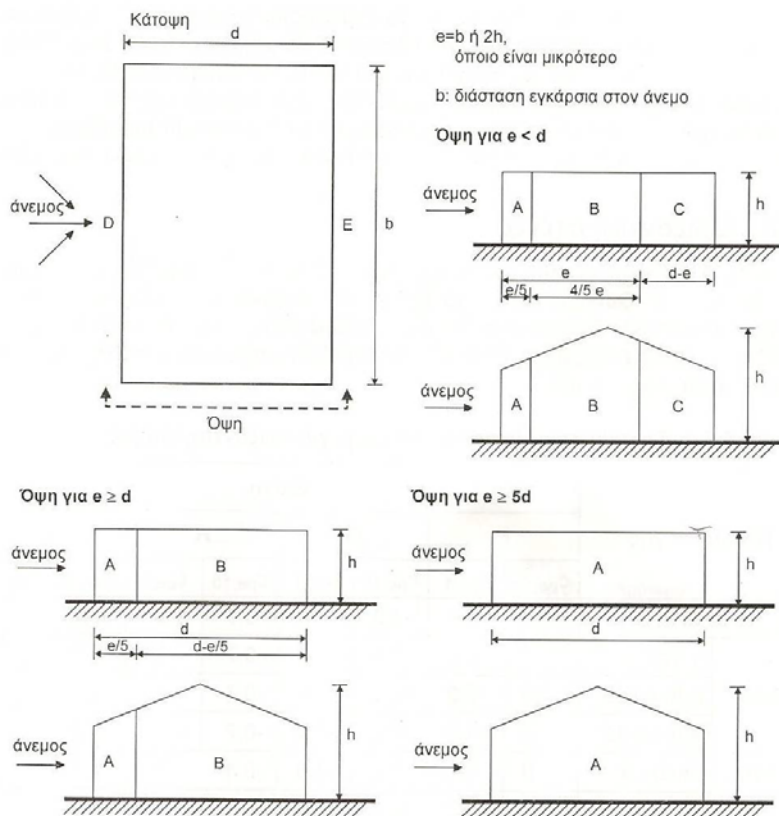
Στον Πίνακα 6.1 δίνονται οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης $C_{pe,10}$ και $C_{pe,1}$, οι οποίοι αντιστοιχούν στους κατακόρυφους τοίχους ορθογωνικών κτιρίων, σύμφωνα με το συμβολισμό του Σχ. 6.5.

Για επιμήκη κτίρια θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις τριβής.



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η αντιστοιχούσα στη ταχύτητα πίεση θα θεωρείται ομοιόμορφη σε κάθε οριζόντια λωρίδα.

Σχ. 6.4 Ύψος αναφοράς z_e συναρτήσει των h και b , και κατανομή πιέσεων



Σχ. 6.5 Συμβολισμοί για κατακόρυφους τοίχους

Πίνακας 6.1 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους ορθογωνικών κτιρίων

Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

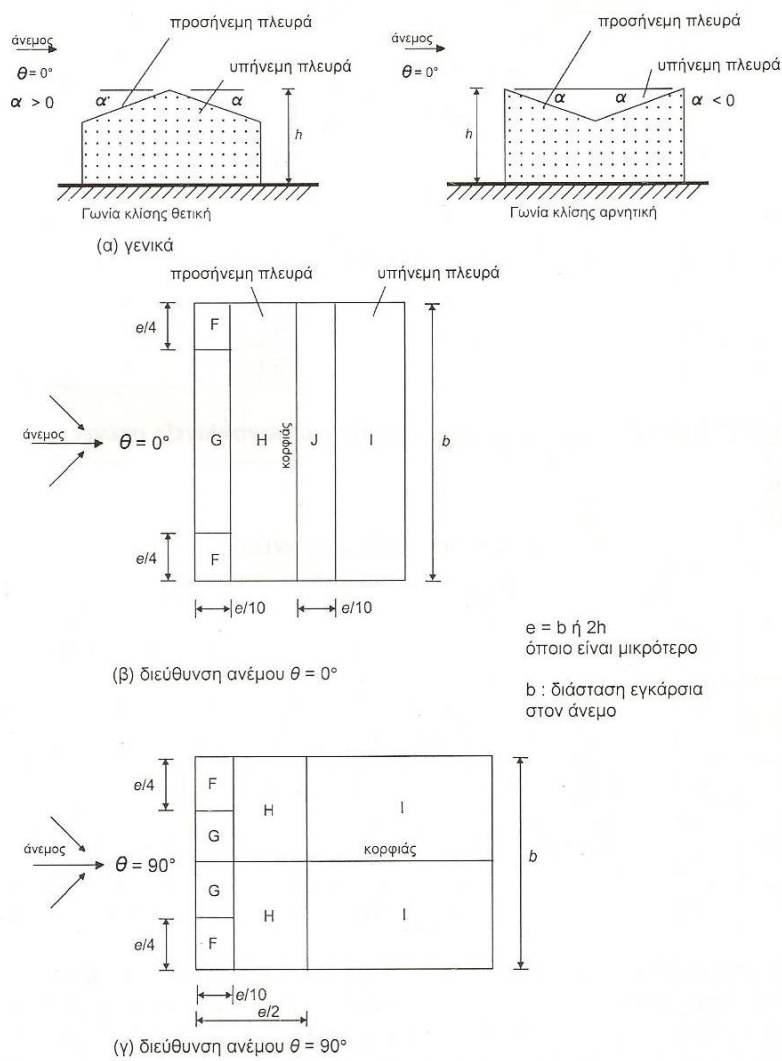
Για ενδιάμεσες τιμές του h/d θα χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή.

Σε περιπτώσεις όπου η δύναμη του ανέμου σε κτιριακές κατασκευές προσδιορίζεται με εφαρμογή των συντελεστών C_{pe} στην προσήνεμη και υπήνεμη πλευρά (ζώνες D και E) του κτιρίου ταυτόχρονα, η έλλειψη συσχέτισης των πιέσεων του ανέμου μεταξύ της προσήνεμης και υπήνεμης πλευράς μπορεί να λαμβάνεται υπόψη. Για κτίρια με $h/d > 5$ η προκύπτουσα δύναμη πολλαπλασιάζεται με 1. Για κτίρια με $h/d < 1$, η προκύπτουσα δύναμη πολλαπλασιάζεται με 0,85. Για ενδιάμεσες τιμές του h/d , θα εφαρμόζεται

γραμμική παρεμβολή.

Δίκλινες στέγες

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κάθε ζώνη δίνονται στον Πίνακα 6.4 σύμφωνα με το συμβολισμό του Σχ. 6.8



Σχ. 6.8 Συμβολισμοί για δίκλινες στέγες

Πίνακας 6.4α Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δικλινείς στέγες

Γωνία Κλίσης α	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Για $\theta = 0^\circ$ η πίεση μεταβάλλεται γρήγορα από θετικές σε αρνητικές τιμές στην προσήνεμη πλευρά γύρω από γωνία κλίσης $\alpha = -5^\circ$ έως $+45^\circ$, έτσι δίνονται τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές τιμές. Για τις στέγες αυτές, θα πρέπει να θεωρούνται τέσσερις περιπτώσεις, όπου οι μεγαλύτερες ή οι μικρότερες τιμές όλων των επιφανειών F, G και H συνδυάζονται με τις μεγαλύτερες ή τις μικρότερες τιμές των επιφανειών I και J. Δεν επιτρέπεται ανάμιξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια πλευρά.

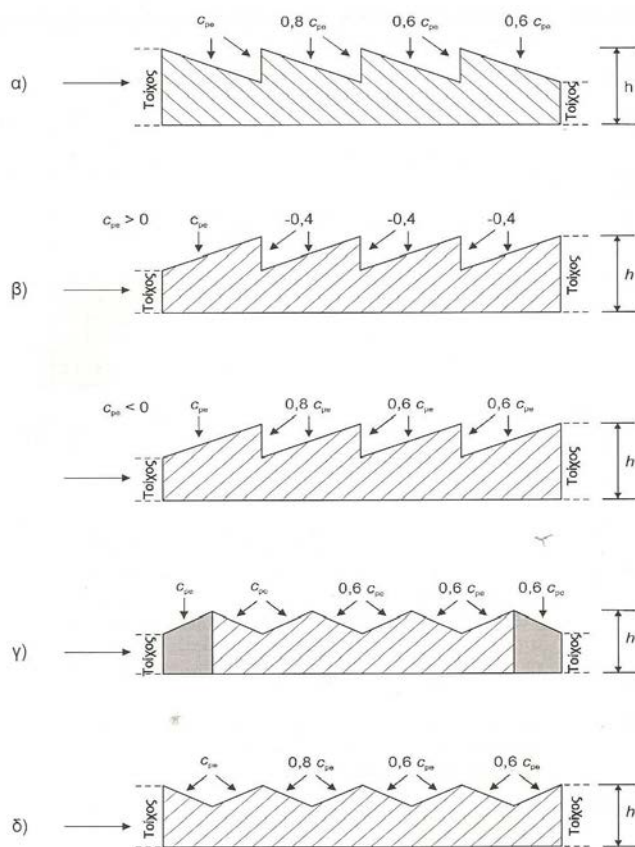
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης του ίδιου πρόσημου μεταξύ τιμών του ίδιου πρόσημου μπορεί να χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή (όχι παρεμβολή μεταξύ $\alpha = +5^\circ$ και $\alpha = -5^\circ$, αλλά χρήση των δεδομένων για επίπεδες στέγες στο 7.2.3). Οι τιμές οι ίσες με μηδέν δίνονται για διευκόλυνση της παρεμβολής.

Πίνακας 6.4β Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δίκλινεις στέγες

Γωνία Κλίσης α	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\Theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Επαναλαμβανόμενες στέγες

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για διευθύνσεις ανέμου 0° , 90° και 180° για κάθε άνοιγμα μιας επαναλαμβανόμενης στέγης, θα εξάγονται από το συντελεστή πίεσης για κάθε μεμονωμένο άνοιγμα.



Σχ. 6.10 Συμβολισμοί για επαναλαμβανόμενες στέγες

θα εξάγονται τροποποιητικοί συντελεστές των πιέσεων για διευθύνσεις ανέμου 0° και 180° σε κάθε άνοιγμα

- από την παραγρ. 6.1.3. για μονοκλινείς στέγες, τροποποιημένοι ανάλογα με τη θέση τους σύμφωνα με τα Σχ. 6.10^α και β.
- από την παράγρ. 6.1.4 για δικλινείς στέγες με $\alpha < 0$, τροποποιημένοι αναλόγως προς τη θέση τους σύμφωνα με τα Σχ. 6.10^γ και δ.

Οι ζώνες F/G/J θα λαμβάνονται υπόψη μόνο στην προσήνεμη πλευρά. Οι ζώνες H και I λαμβάνονται υπόψη για κάθε άνοιγμα της επαναλαμβανόμενης στέγης.

Στη μορφή β του Σχ. 6.10 πρέπει να εξετάζονται δύο περιπτώσεις, ανάλογα με το πρόσημο του συντελεστή πίεσης C_{pe} στην πρώτη στέγη. Στη μορφή γ το πρώτο C_{pe} είναι το C_{pe} της μονοκλινούς στέγης, το δεύτερο και όλα τα επόμενα C_{pe} είναι τα C_{pe} της δικλινούς στέγης. Το ύψος αναφοράς Z_e θα λαμβάνεται ίσο h .

Παρακάτω γίνεται ο υπολογισμός των δράσεων του ανέμου για το κτίριο:

Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 \ln(z)] \frac{1}{2} \rho V_m^2(z)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 27 \text{ m/s}$$

$$V_m(z) = C_v(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b = C_v(z) \cdot 1 \cdot V_b = 27 \cdot C_v(z).$$

Υπολογισμός συντελεστή ταχύτητας $C_v(z)$:

Έδαφος κατηγορίας II $\Rightarrow z_{min} = z, z_0 = 0,05$

$$z = 10 \text{ m.} \Rightarrow C_r(z) = k_r \ln(z/z_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_r(z) = 0,19 \cdot (z/z_0)^{0,07} \cdot \ln(z/z_0) \Rightarrow C_r(z) = 0,15 (0,05/0,05)^{0,07} \cdot \ln(10/0,05)$$

$$\Rightarrow Cr(z)=1,007$$

$$\text{Άρα } V_m(z)=27 \cdot 1,007 \Rightarrow V_m(z)=27,2 \text{ m/sec.}$$

$$\ln(z)=K_1/c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)=1/1 \cdot \ln(10/0,05)=0,189 \quad (z_{\min} < z < z_{\max}=200 \text{ m})$$

$$q_p(z)=[1+7\ln(z)]^{1/2} p V_m^2(z)=[1+7 \cdot 0,189]^{1/2} \cdot 1,25 \cdot (27,2)^2 \Rightarrow$$

$$\Leftrightarrow q_p(z)=1,07 \text{ KN/m}^2$$

► $\Theta=0$

Κατακόρυφοι τοίχοι

$$h=10 \text{ m}$$

$$b=60 \text{ m}$$

$$h < b \Rightarrow z_e = h = 10 \text{ m}$$

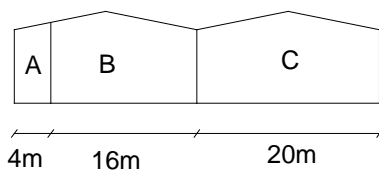
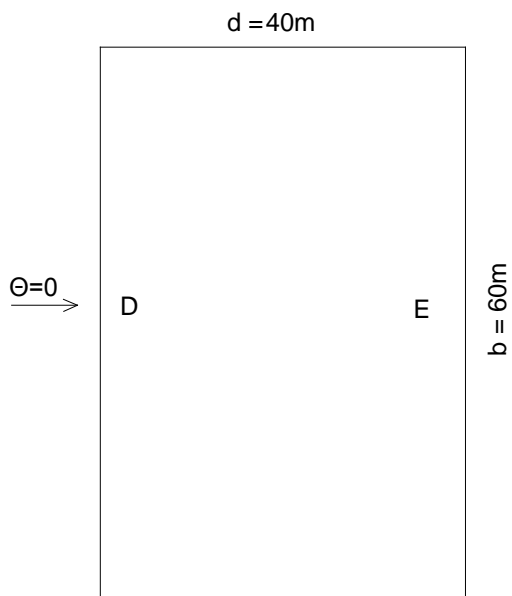
$$e = \min(b, 2h) = 20 \text{ m}$$

$$e = 20 \text{ m} < 40 \text{ m} = d$$

$$A = e/5 = 4 \text{ m}$$

$$B = 4e/5 = 16 \text{ m}$$

$$C = d - e = 20 \text{ m}$$



$$h/d = 10/40 = 0,4$$

Φορτιζόμενη επιφάνεια

$$A = 7m^2$$

$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} A$$

$$A: C_{pe} = -1,23$$

$$B: C_{pe} = -0,85$$

$$C: C_{pe} = -0,5$$

$$D: C_{pe} = 0,83$$

$$E: C_{pe,1-0,5} =>$$

$$=> 0,5 - 0,3 / 1 - 0,25(0,4 - 1)$$

$$C_{pe,1} = 0,34$$

$$C_{pe,10} = -0,34 => C_{pe} = -0,34$$

Η πίεση του ανέμου που δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής:

$$A: W_e^A = 1,07 \cdot (-1,23) = -1,32 \text{KN/m}^2$$

$$B: W_e^B = 1,07 \cdot (-0,85) = -0,91 \text{KN/m}^2$$

$$C: W_e^C = 1,07 \cdot (-0,5) = -0,54 \text{KN/m}^2$$

$$D: W_e^D = 1,07 \cdot (0,83) = 0,89 \text{KN/m}^2$$

$$E: W_e^E = 1,07 \cdot (-0,34) = -0,36 \text{KN/m}^2$$

Οροφή

1^η περίπτωση: (F,G,H θετικός, I,I θετικός)

F: $C_{pe,10}=C_{pe}=0,13$ (γρ.παρεμβ.)

G:0,13

H:0,13

J:0,13

I:0,13

2^η περίπτωση: (F,G,H θετικές, I,I αρνητικές)

F: 0,13

G:0,13

H:0,13

J: $C_{pe}=C_{pe,1}+(C_{pe,10}-C_{pe,1})\cdot\log_{10}1= -1,5+(-1+1,5)\log_{10}7= -1,08$

Γραμμική παρεμβολή: $C_{pe}=-0,9$

I: Γραμμική παρεμβολή: $C_{pe}= -0,47$

3^η περίπτωση: (F,G,H αρνητικές, J,I θετικές)

F: $C_{pe}= -2,5+(-1,7+2,5)\log_{10}7= -1,82$ (Για 5°)

$C_{pe}= -2+(-0,9+2)\log_{10}7= -1,07$ (Για 15°)

Γραμμική παρεμβολή: $C_{pe}= -1,35$

G: $C_{pe}= -2+(-1,2+2)\log_{10}7= -1,32$ (Για 5°)

$C_{pe}= -1,5+(-0,8+1,5)\log_{10}7= -0,9$ (Για 15°)

Γραμμική παρεμβολή

$C_{pe}= -1,05$

H: $C_{pe}= -1,2+(-0,6+1,2)\log_{10}7= -0,69$

$C_{pe}= -0,3$ (Για 15°)

Γραμμική παρεμβολή

$C_{pe}= -0,44$

J:0,13

I:0,13

4^η περίπτωση: (F,G,H αρνητικές, J,I αρνητικές)

F:-1,35

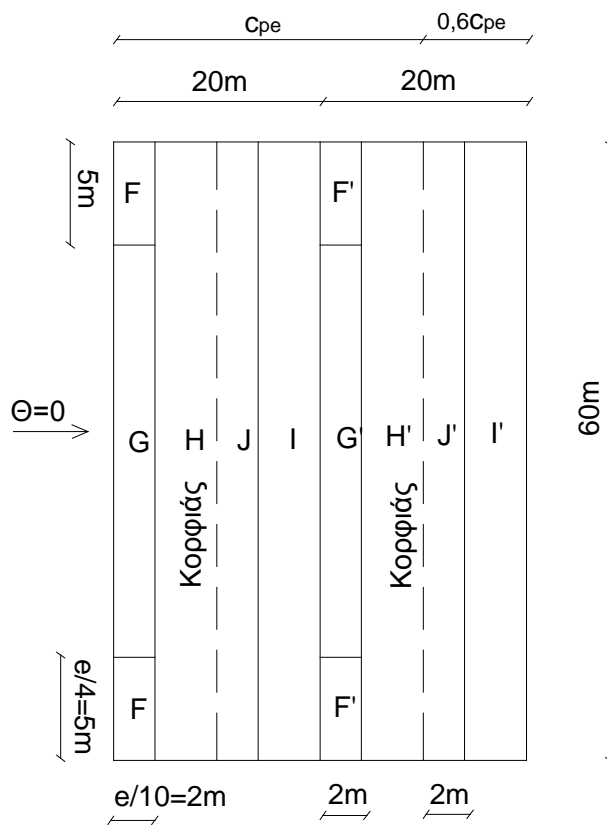
G:-1,05

H:-0,44

J:-0,9

I:-0,47

Πιέσεις στην οροφή για κάθε περίπτωση:



1^η περίπτωση (ANEMΟΣχΣ1) : $F: We=0,14KN/m^2$

Όμοια G, H, J, I, F', G', F', H'

$J' = We = (0,6 \cdot 0,13) \cdot 1,07 = 0,084 KN/m^2$

$J' = 0,084 KN/m^2$

2^η περίπτωση (ANEMΟΣχΣ2) : $F, G, H, F', G', H' : We = 0,14KN/m^2$

$J: We = -0,9 \cdot 1,07 = -0,963KN/m^2$

$I: We = -0,47 \cdot 1,07 = -0,5KN/m^2$

$J': We = 0,6 \cdot (-0,963) = -0,58KN/m^2$

$I': We = 0,6 \cdot (-0,5) = -0,3KN/m^2$

3^η περίπτωση (ANEMΟΣχΣ3) : $F: We = -1,335 \cdot 1,07 = -1,44KN/m^2$

$G: We = -1,05 \cdot 1,07 = -1,12KN/m^2$

$H: We = -0,44 \cdot 1,07 = -0,5KN/m^2$

$J: We = 0,13 \cdot 1,07 = 0,14KN/m^2$

$I: We = 0,14KN/m^2$

F', G', H' όμοια με F, G, H

$J': We = 0,6 \cdot 0,14 = 0,084KN/m^2$

$I': We = 0,6 \cdot 0,14 = 0,084KN/m^2$

4^η περίπτωση (ANEMΟΣχΣ4): $F: We = -1,44KN/m^2$

$G: We = -1,12KN/m^2$

$H: We = -0,5KN/m^2$

$J: We = -0,9 \cdot 1,07 = -0,963KN/m^2$

$I: We = -0,47 \cdot 1,07 = -0,5KN/m^2$

F', G', H' όμοια με F, G, H

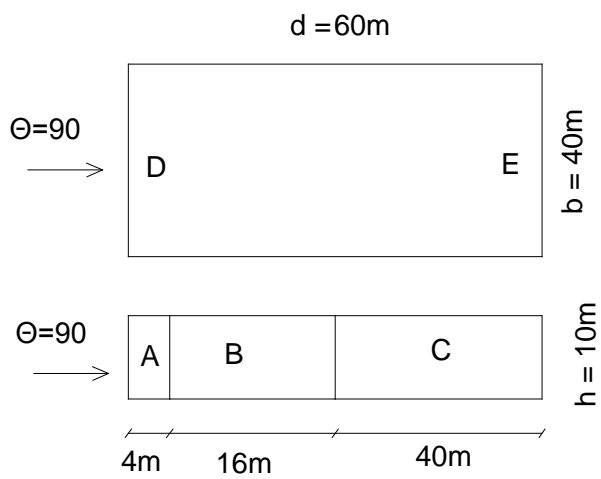
$J': We = 0,6 \cdot (-0,963) = -0,58KN/m^2$

$I': We = 0,6 \cdot (-0,5) = -0,3KN/m^2$

► $\Theta=90^\circ$

Κατακόρυφοι τοίχοι

$b = 40\text{m}$
 $2h = 20\text{m}$
 $e = 2h = 20\text{m} < d$



$h/d = 0,6$

Φορτιζόμενη επιφάνεια $A=7m^2$

$C_{pe}=C_{pe,1}+(C_{pe,10}-C_{pe,1})\log_{10}A$

A: $C_{pe}=-1,4+(-1,2+1,4)\log_{10}7=-1,23$

B: $C_{pe}=-1,1+(-0,8+1,1)\log_{10}7=-0,85$

C: $C_{pe}=-0,5$

D: $C_{pe}=1+(0,73-1)\log_{10}7=0,77$

E: $C_{pe}=-0,37$

Πίεση ανέμου:

A: $W_e^A=1,07\cdot(-1,23)=-1,32KN/m^2$

B: $W_e^B=1,07\cdot(-0,85)=-0,91KN/m^2$

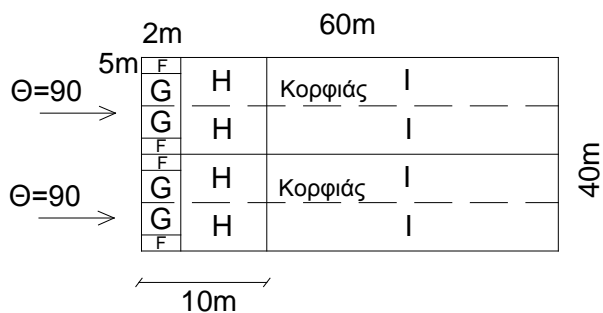
C: $W_e^C=1,07\cdot0,77=0,82KN/m^2$

D: $W_e^D=1,07\cdot0,77=0,82KN/m^2$

E: $W_e^E=1,07\cdot(-0,37)=-0,4KN/m^2$

Οροφή

$e = b \text{ ή } 2h \Rightarrow e = 20m \text{ (} b = 40m \text{ , } h = 10m \text{)}$



Γωνία κλίσης $\alpha=11,31^\circ$

F: $C_{pe,10}=-1,6$ (Για 5°)

$C_{pe,10}=-1,3$ (Για 15°)

Γραμμική παρεμβολή $\Rightarrow C_{pe,10}=-1,46$

$C_{pe,1}=-2,2$ (5°)

$C_{pe}=-2$ (15°)

Γραμμική παρεμβολή=> $C_{pe,1} = -2,12$

$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} 7 = -2,12 + (-1,46 + 2,12) \log_{10} 7 = -1,56$$

G: $C_{pe,10} = -1,3$

$$C_{pe,1} = -2$$

Γραμμική παρεμβολή=> $C_{pe} = -1,41$

H: $C_{pe,10} = -0,7$ (5°)

$$C_{pe,10} = -0,6$$
 (15°)

$$C_{pe,1} = -1,2$$

$$C_{pe} = -0,75$$

Γραμμική παρεμβολή=> $C_{pe,1} = -0,67$

I: $C_{pe} = -0,56$

Πιέσεις ανέμου:

$$F: W_e = 1,07(-1,56) = -1,67 \text{ KN/m}^2$$

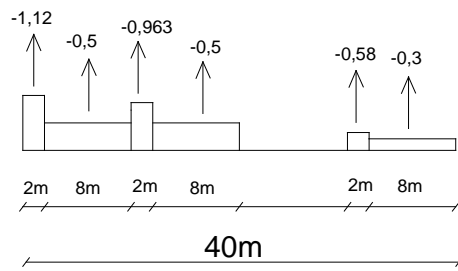
$$G: W_e = 1,07(-1,41) = -1,51 \text{ KN/m}^2$$

$$H: W_e = 1,07(-0,75) = -0,8 \text{ KN/m}^2$$

$$I: W_e = 1,07(-0,56) = -0,6 \text{ KN/m}^2$$

Τελικές εξωτερικές πιέσεις ανέμου :

► $\Theta = 0$

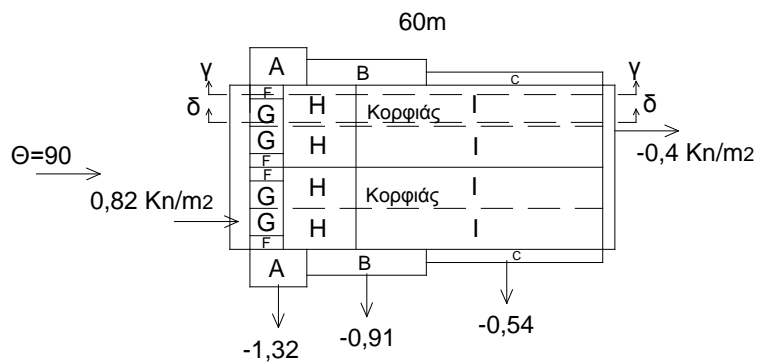


Περιοχή F,G :

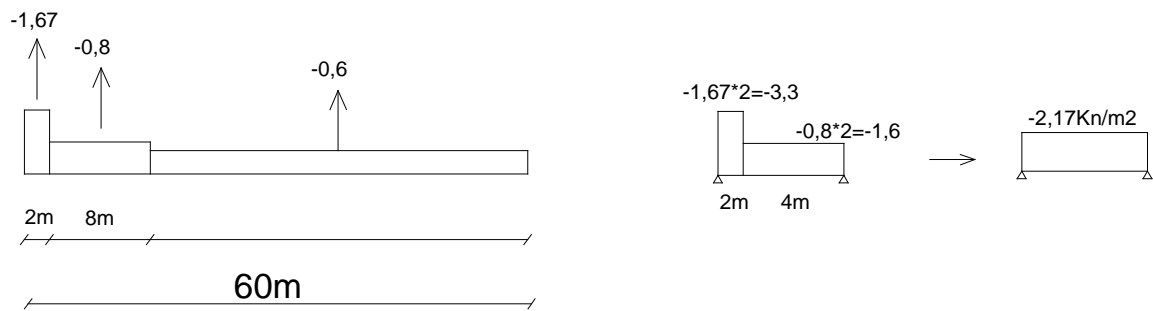
Η πρώτη τεγίδα $1,44 \cdot 1\text{m} = 1,44\text{Kn/m}$

Η δεύτερη τεγίδα $1,44 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 = 1,94\text{Kn/m}$

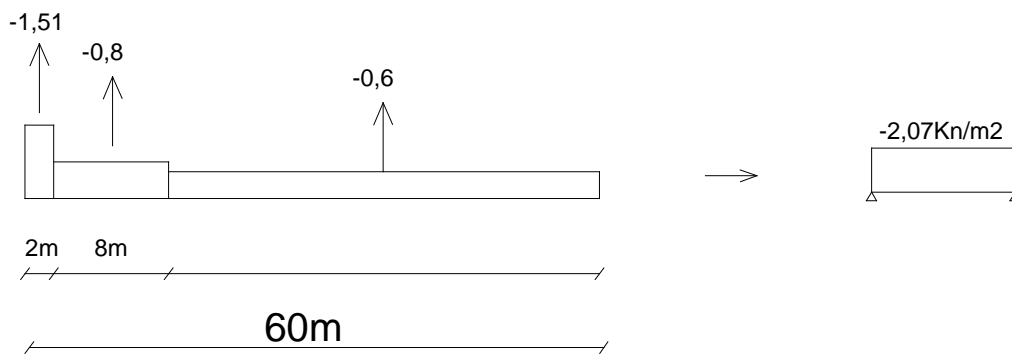
► $\Theta=90^\circ$



Τομή γγ :



Τομή δδ :



Στη περιοχή F,G (οι τεγίδες της πρώτης σειράς) : 2,15Kn/m

Περιοχή A :

$$1,32\text{Kn/m}^2 \cdot 1,5 = 2 \text{ Kn/m}$$

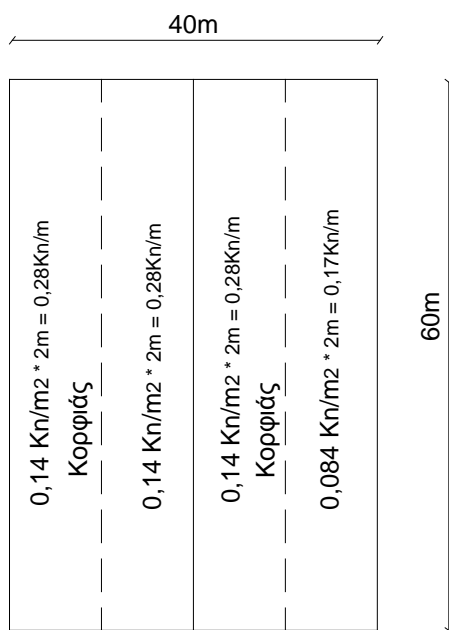
$$0,91\text{Kn/m}^2 \cdot 1,5 = 1,4 \text{ Kn/m}$$

$$(2 \cdot 4 + 1,4 \cdot 2) / 6 = 1,8\text{Kn/m} \text{ (Στην πρώτη σειρά των μηκίδων)}$$

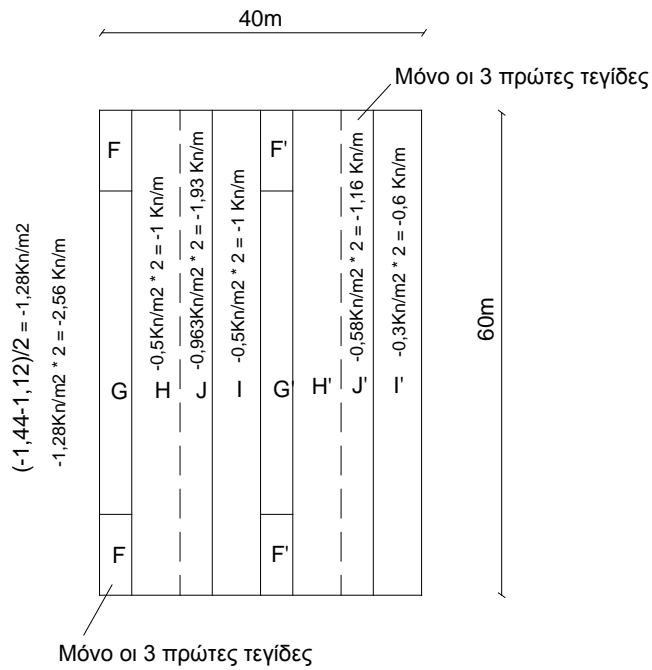
3) ΑΝΕΜΟΣ_ΧΚ (Διεύθυνση 180⁰)

Αντίστοιχα με τον ΑΝΕΜΟΣΧΚ

4) ΑΝΕΜΟΣΧΣ1 :



5) ΑΝΕΜΟΣΧΣ4 :



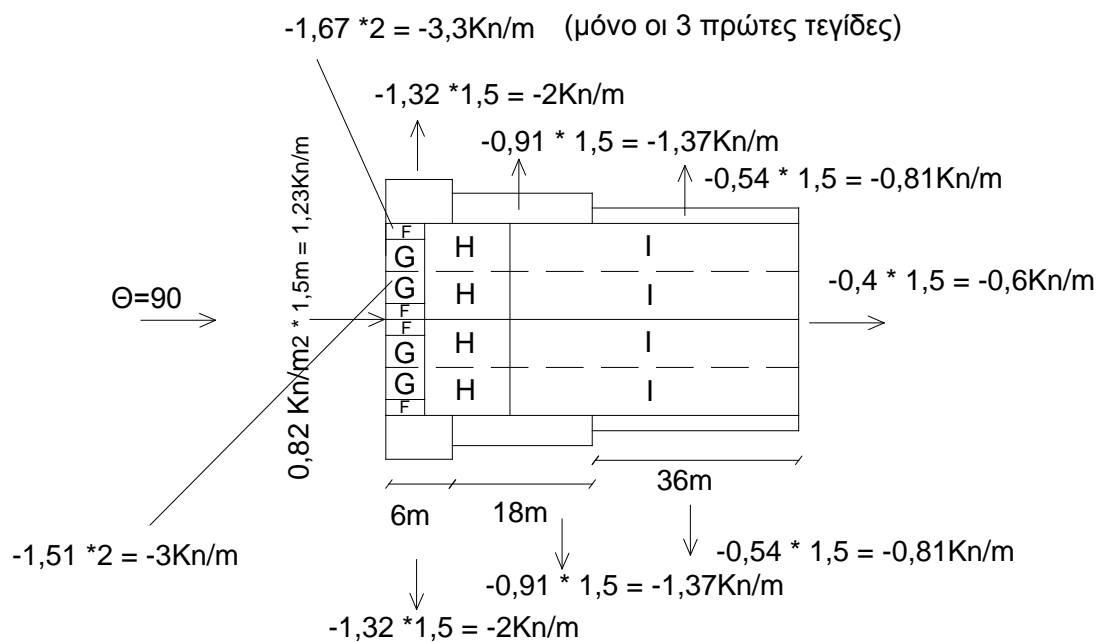
6) ANEMOS_ΧΣ1 :

Αντίστοιχα με τον ANEMOSΧΣ1

7) ANEMOS_ΧΣ4 :

Αντίστοιχα με τον ANEMOSΧΣ4

8) ANEMOSΥ



9) ANEMΟΣ_Y

Αντίστοιχα με τον ANEMΟΣ_Y

2.4.3 Σεισμικές δράσεις

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού αναπτύσσονται στο έδαφος επιταχύνσεις (οριζόντιες και κατακόρυφες), που έχουν ως συνέπεια τη δημιουργία αδρανειακών δυνάμεων επί των κατασκευών. Από τις δυνάμεις αυτές, οι οριζόντιες θεωρούνται οι πλέον σοβαρές, χωρίς αυτό να σημαίνει, ότι και οι κατακόρυφες δεν μπορεί να αποβούν καταστροφικές υπό ορισμένες

συνθήκες.

Η χώρα μας βρίσκεται σε μία εξαιρετικά σεισμογενή περιοχή και ως εκ τούτου οι σεισμικές δράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των κατασκευών. Ο ΕΑΚ 2000 (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός) ως νόμος του κράτους, καλύπτει τα λεγόμενα έργα «κανονικού κινδύνου» (δηλ. έργα των οποίων η ενδεχόμενη βλάβη περιορίζεται στο ίδιο το έργο, στο περιεχόμενό του και στην άμεση γειτονία του) και περιέχει τις βασικές απαιτήσεις, τα κριτήρια σχεδιασμού, το μέγεθος των σεισμικών δράσεων και τους κανόνες συνδυασμού με άλλες δράσεις, καθώς και κανόνες εφαρμογής για κτιριακά κυρίως έργα. Από την άλλη μεριά, το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN1998 με τα διάφορα Μέρη του, βρίσκεται σε εξέλιξη και όταν ολοκληρωθεί και συμπληρωθεί από τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα, θα αντικαταστήσει μετά παρέλευση ευλόγου διαστήματος τον ΕΑΚ2000.

Ως σεισμικές δράσεις σχεδιασμού θεωρούνται οι ταλαντώσεις του κτιρίου λόγω του σεισμού, οι οποίες ονομάζονται και σεισμικές διεγέρσεις ή σεισμικές δονήσεις. Οι σεισμικές δράσεις κατατάσσονται στις τυχηματικές και δεν συνδυάζονται με άλλες τυχηματικές δράσεις, όπως επίσης δεν συνδυάζονται με τις δράσεις λόγω ανέμου.

Η ένταση των εδαφικών σεισμικών διεγέρσεων, καθορίζεται συμβατικά με μία μόνη παράμετρο, τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού A , ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας στην οποία βρίσκεται το έργο, Η Ελλάδα, υποδιαιρείται σε τρεις Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας (I έως III), τα όρια των οποίων καθορίζονται στο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (βλέπε ΕΑΚ 2000 και ΦΕΚ 1154/12-8-03, Σχήμα 2,2 και Πίνακα 2.1). Σε κάθε Ζώνη αντιστοιχεί μια τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους A , η οποία, σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα, έχει πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια, (ή περίοδο επαναφοράς 475 χρόνια), με βάση τη σχέση:

$$A = a \cdot g \quad (1.11)$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας

και $a = 0,16$ για Ζώνη I

$a = 0,24$ για Ζώνη II

$a = 0,36$ για Ζώνη III

Η εδαφική επιτάχυνση A κλιμακώνεται περαιτέρω μέσα στην ίδια ζώνη ανάλογα ε την κατηγορία σπουδαιότητας των έργων, μέσω του συντελεστή σπουδαιότητας γ ,

κυμαινόμενου μεταξύ 0,85 και 1,30, ο οποίος εκφράζει μικρότερες ή μεγαλύτερες απαιτήσεις απόκρισης.

Οι σεισμικές διεγέρσεις σχεδιασμού ορίζονται στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους ως δύο οριζόντιες (κάθετες μεταξύ τους) και μία κατακόρυφη συνιστώσα, στατιστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους, καθορίζονται δε με τη βοήθεια φασμάτων απόκρισης (σε όρους επιτάχυνσης) ενός μονοβάθμιου ταλαντωτή.

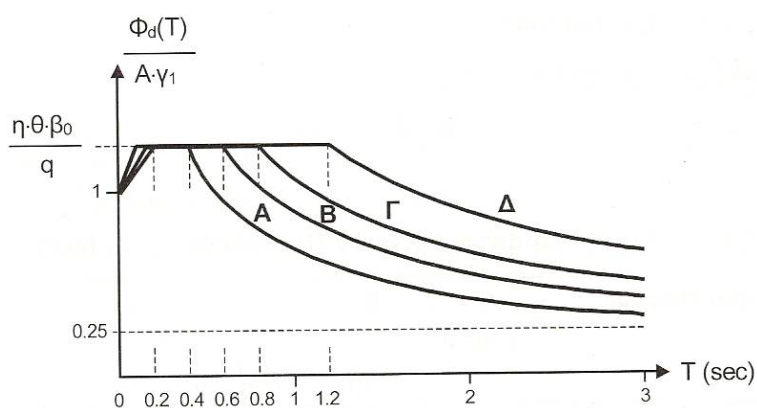
Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής προβλέπεται από τον ΕΑΚ 2000 (ανάλογα και από το EN 1998) η εφαρμογή των παρακάτω δύο μεθόδων:

Δυναμική φασματική μέθοδος (πλήρης ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμός μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης και τέλος τετραγωνική επαλληλία των μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων).

Απλοποιημένη φασματική ή ισοδύναμη στατική μέθοδος (δεν απαιτείται ιδιομορφική ανάλυση, αλλά στηρίζεται σε προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιομορφής ταλάντωσης).

Για την ισοδύναμη γραμμική ανάλυση των κατασκευών στη μετελαστική περιοχή συμπεριφοράς της χρησιμοποιούνται τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών σεισμού του Σχήματος 1.2, τα οποία προκύπτουν με τροποποίηση των ελαστικών φασμάτων

- α) μέσω εισαγωγής του όρου $2/3$ ως εκθέτη στον κατιόντα κλάδο, και
- β) με εφαρμογή του δείκτη συμπεριφοράς q , όπως αναλύεται στη συνέχεια



Σχήμα 1.1 Φάσμα Σχεδιασμού $\frac{\Phi_d(T)}{A\gamma_1}$, για $\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = \frac{2,5}{2,0}$

Το φάσμα της κατακόρυφης συνιστώσας προκύπτει από το φάσμα των οριζοντίων συνι-

στωσών, με πολλαπλασιασμό των τεταγμένων του επί 0,70.

Τα φάσματα του Σχ. 1.1 καθορίζονται από τις ακόλουθες εξισώσεις

$$0 < T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot [1 + T/T_1(\eta \cdot \theta \cdot \beta_0/q - 1)] \quad (1.12\alpha)$$

$$T_1 < T < T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0/q \quad (1.12\beta)$$

$$T_2 < T \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0/q \cdot (T_2/T)^{2/3} \quad (1.12\gamma)$$

όπου

$A = a \cdot g$ μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους

g επιτάχυνση της βαρύτητας

γ_1 συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου

q συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής

η διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό απόσβεσης i : 5%

θ συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης

T_1 και T_2 χαρακτηριστικές περίοδοι του φάσματος (Πίνακας 1.4)

$\beta_0 = 2,5$ συντελεστής φασματικής ενίσχυσης, και

A, B, Γ, Δ κατηγορία εδάφους. Πρέπει σε κάθε περίπτωση να ισχύει

$$\Phi_d(T) = A \cdot \gamma_1 > 0,25 \quad (1,13)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις:

Ο δείκτης συμπεριφοράς q εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε ελαστικό σύστημα, εκφράζει δε γενικά την ικανότητα ενός δομικού συστήματος να απορροφά ενέργεια μέσω πλαστικής συμπεριφοράς ορισμένων μελών του, χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή του. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο δείκτης συμπεριφοράς, είναι η διαθέσιμη πλαστιμότητα, η υπερστατικότητα, η υστερητική απόσβεση και άλλοι. Η τιμή του q ορίζεται, γενικά, για ολόκληρο το κτίριο. Στη συνήθη περίπτωση κτιρίων από το ίδιο υλικό σε όλους τους ορόφους και με ορθογωνική διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας, η τιμή του q ορίζεται για κάθε κύρια διεύθυνση (X ή Y) του κτιρίου ανάλογα με το αντίστοιχο δομικό σύστημα. Σε κτίρια από διαφορετικό υλικό ή δομικό σύστημα ανά όροφο, για κάθε όροφο και διεύθυνση λαμβάνεται η αντίστοιχη τιμή του q εφόσον δεν υπερβαίνει την ελάχιστη τιμή του q των υπερκείμενων ορόφων. Στην αντίθετη περίπτωση η τιμή του q για κάθε όροφο και διεύθυνση λαμβάνεται ίση με την ελάχιστη τιμή του q των υπερκείμενων ορόφων. Στον Πιν. 1.5 φαίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή

συμπεριφοράς q , ανάλογα με το υλικό και το δομικό σύστημα, σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000.

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

Ο διορθωτικός συντελεστής « η » εκφράζει την αυξομείωση της επιρροής της ιξώδους απόσβεσης στην ελαστική περιοχή της συμπεριφοράς, όταν το ποσοστό της κρίσιμης απόσβεσης ζ είναι διάφορο του 5% και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$n = \sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}} \geq 0,7$$

Οι τιμές της κρίσιμης απόσβεσης ζ (%) εξαρτώνται από το είδος της κατασκευής. Έτσι για συγκολλητή μεταλλική κατασκευή είναι $\zeta = 2\%$, για κοχλιωτή είναι $\zeta = 4\%$, ενώ για κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι $\zeta = 5\%$.

Ο συντελεστής θεμελίωσης θ εξαρτάται γενικά από το βάθος και τη δυσκαμψία της θεμελίωσης, εκφράζει δε την ευνοϊκή επιρροή της δύσκαμπτης θεμελίωσης όχι μόνο στη μείωση της έντασης της σεισμικής δόνησης από την επιφάνεια του εδάφους προς το θεμέλιο, αλλά και στη μείωση των κινδύνων διαφορικών καθιζήσεων λόγω δυναμικής διατμητικής συνίζησης χαλαρών εδαφών, αύξηση της αξιοπιστίας, κλπ.

Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας τα εδάφη κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ και Χ, που περιγράφονται στον ΕΑΚ2000.

Σε εδάφη κατηγορίας Α ή Β ο συντελεστής θ λαμβάνει την τιμή 1,0. Σε εδάφη κατηγορίας Γ ή Δ ο συντελεστής θεμελίωσης θ επιτρέπεται να λαμβάνει μικρότερες τιμές, όταν συντρέχει τουλάχιστον μία από τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στον Πίν. 1.6 και εφόσον η προκύπτουσα φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού δεν είναι μικρότερη από εκείνη που θα προέκυπτε για έδαφος κατηγορίας Β.

Πίνακας 1.6: Συντελεστής θεμελίωσης θ

Προϋποθέσεις		
1α.	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0,90
1β.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	
1γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην κεφαλή	
2α.	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0,80
2β.	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική κοιτόστρωση	
2γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	

Παρατήρηση: Υπόγειος θεωρείται ένας όροφος όταν έχει περιμετρικά τοιχώματα, έτσι ώστε οι συνδεδεμένες πλάκες να είναι πρακτικά αμετάθετες.

Προϋποθέσεις

1α.	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0,90
1 β.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	
1γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης <u>στην κεφαλή</u>	
2α.	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0,80
2β.	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική κοιτόστρωση	
2γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	

Παρατήρηση: Υπόγειος θεωρείται ένας όροφος όταν έχει περιμετρικά τοιχώματα, έτσι ώστε οι συνδεδεμένες πλάκες να είναι πρακτικά αμετάθετες.

Το κτίριο βρίσκεται σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II και θα θεμελιωθεί σε έδαφος κατηγορίας Β.

Παρακάτω φαίνονται οι επιμέρους συντελεστές:

Έδαφος κατηγορίας B=> $\theta=1$, $T1=0,15$, $T2=0,6$.

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II=> $\alpha=0,24$ => $A=0,24g$

Συντελεστής απόσβεσης $J=4\%$ (μεταλλική κυκλική κατασκευή)

$$n = \sqrt{7/(2 + \zeta)} \geq 0,7 \Rightarrow n = 1,08012$$

Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης: $\beta_0=35$

Συντελεστής σπουδαιότητας: $\gamma_I=1$

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς q για διαγώνιους συνδέσμους είναι $q=3$. Επειδή όμως σε τέτοια κτίρια συνήθως οι σεισμικές δράσεις δεν είναι κρίσιμες για την διαστασιολόγηση θα ληφθεί $q=1,5$. Έτσι δεν απαιτούνται ικανοτικοί έλεγχοι σύμφωνα με τον ΕΑΚ 4.1.4.5.

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

3.1 Γενικά

(Οριακές καταστάσεις είναι εκείνες, πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας του σχεδιασμού και διακρίνονται σε :

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS: ultimate limit states)
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (SLS: serviceability limit states)

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας αντιστοιχούν σε κατάρρευση ή άλλου είδους αστοχίες μέσω απώλειας ισορροπίας της κατασκευής ή αστοχίας λόγω υπερβολικών παραμορφώσεων ή αστοχίας λόγω κόπωσης, που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, ενώ οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι εκείνες, πέραν των οποίων δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια λειτουργικότητας της κατασκευής (μεγάλες παραμορφώσεις ή μετακινήσεις που προκαλούν βλάβες στα στοιχεία πλήρωσης, ή ταλαντώσεις ενοχλητικές για τους ενοίκους κλπ).

Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή με τη μορφή συνδυασμών για τις προαναφερθείσες καταστάσεις σχεδιασμού, διακρίνονται σε :

- άμεσες (direct), π.χ. συγκεντρωμένα ή ομοιόμορφα κατανεμημένα γραμμικά και επιφανειακά φορτία.
- έμμεσες (indirect), π.χ. επιβαλλόμενη παραμόρφωση λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής ή υποχώρησης στηρίξεων, ή επιβαλλόμενη επιτάχυνση λόγω σεισμού.

Οι δράσεις αυτές, ως προς το χρόνο ταξινομούνται σε :

- μόνιμες (G) (permanent), π.χ. ίδια βάρη της κατασκευής, προσαρτήματα κλπ,
- μεταβλητές (O) (variable), π.χ. επιβαλλόμενα φορτία σε πατώματα κτιρίων, δοκούς ή στέγες, φορτία χιονιού ή ανέμου,

- τυχηματικές (A) (accidental), π.χ. εκρήξεις ή προσκρούσεις οχημάτων.

Ορισμένες δράσεις, π.χ. οι σεισμικές δράσεις ή τα φορτία χιονιού μπορεί να θεωρούνται είτε ως τυχηματικές ή και μεταβλητές δράσεις, ανάλογα με την περιοχή της κατασκευής, όπως περιγράφεται αναλυτικά σε άλλα EN (1991 και 1998).

Ως προς τη θέση τους οι δράσεις ταξινομούνται σε :

- καθορισμένες (fixed), π.χ. ίδιο βάρος

- ελεύθερες (free), π.χ. κινητά επιβαλλόμενα φορτία γερανογεφυρών.

Ως προς τη φύση τους ταξινομούνται σε στατικές ή δυναμικές, ανάλογα με την απόκριση της κατασκευής.

Η προένταση (P) είναι μόνιμη δράση. Οι έμμεσες δράσεις είναι είτε μόνιμες G d (π.χ. υποχώρηση στήριξης), ή μεταβλητές Q_{ind} (π.χ. θερμοκρασιακή μεταβολή).

Οι χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων που προαναφέρθηκαν δίνονται αναλυτικά στα διάφορα Μέρη του EN 1991. Ανάλογες χαρακτηριστικές τιμές για τις ιδιότητες των υλικών, προκειμένου να προσδιορισθεί η αντοχή των διατομών ή των μελών της κατασκευής, δίνονται στα υπόλοιπα EN (1992 έως 1999).

3.2 Συνδυασμοί δράσεων

Όπως θα περιγραφεί στα επόμενα Κεφάλαια, ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων, οι οποίες επενεργούν επί της κατασκευής.

Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της κατασκευής στις οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS) και λειτουργικότητας (SLS), χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των δράσεων αυτών, οι οποίοι καλύπτουν όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού (καταστάσεις διάρκειας, παροδικές, τυχηματικές και σεισμού) και περιέχουν δράσεις που μπορεί να εκδηλώνονται ταυτόχρονα μόνον.

3.2.1 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση αστοχίας

Οι συνδυασμοί σχεδιασμού που ορίζονται στο Πρότυπο αυτό για τον έλεγχο στην οριακή κατάσταση αστοχίας, είναι οι ακόλουθοι:

α. Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές

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

β. Για τυχηματικές καταστάσεις

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

γ. Για καταστάσεις σεισμού

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

Πρέπει να γίνει σαφές, ότι η μορφή των συνδυασμών είναι συμβολική και το σύμβολο του αθροίσματος δεν σημαίνει εδώ αλγεβρική ή γεωμετρική άθροιση, αλλά απλώς επαλληλία δράσεων (δηλαδή ταυτόχρονη συνύπαρξη των διαφόρων δράσεων).

Τα σύμβολα στους συνδυασμούς αυτούς είναι τα εξής:

'+' σημαίνει "επαλληλία με"

$G_{k,j}$ χαρακτηριστική τιμή των μόνιμων δράσεων

P χαρακτηριστική τιμή της προέντασης

$Q_{k,1}$ χαρακτηριστική τιμή της επικρατέστερης μεταβλητής δράσεις

$Q_{k,j}$ χαρακτηριστική τιμή των λοιπών μεταβλητών δράσεων

A_d τιμή σχεδιασμού της τυχηματικής δράσης

A_{Ed} τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης

$\gamma_{G,j}$ επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μόνιμη δράση j

γ_p επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τη προένταση

$\gamma_{Q,i}$ επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τη μεταβλητή δράση i

$\psi_{0,i}, \psi_{1,i}, \psi_{2,i}$ συντελεστές συνδυασμού μεταβλητών δράσεων

Στους παραπάνω συνδυασμούς δεν συμπεριλαμβάνονται δράσεις, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανισθούν ταυτόχρονα.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας χρησιμοποιούνται, προκειμένου να ληφθούν υπόψη πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις ή πιθανή μη ακριβής προσομοίωση των δράσεων, καθώς και αβεβαιότητες στον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων των δράσεων (εντατικά μεγέθη, μετακινήσεις κλπ).

Οι τιμές των επιμέρους συντελεστών για την περίπτωση ελέγχου αστοχίας ενός κτιρίου ή μέλους του είναι:

i. Καταστάσεις διάρκειας και παροδικές.

- για μόνιμες δράσεις:

$$\gamma_{G,sup} = 1,35 \text{ (δυσμενής επιρροή)}$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,00 \text{ (ευμενής επιρροή)}$$

- για μεταβλητές δράσεις:

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \quad (\text{ή } \gamma_{Q,i} = 0 \text{ για την περίπτωση ευμενούς επιρροής}).$$

ii. Καταστάσεις τυχηματικές, γενικώς $\gamma_A = 1,0$.

(Τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας κτιρίων για άλλες περιπτώσεις, περιέχονται στο Παράρτημα A 1 του EN 1990 καθώς και στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα).

Ως δυσμενής επιρροή των μονίμων δράσεων χαρακτηρίζεται η περίπτωση κατά την οποία τα αποτελέσματα των μονίμων δράσεων προσαυξάνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα των μεταβλητών δράσεων.

Ο συντελεστής σπουδαιότητας (γ_I) της κατασκευής αντιστοιχεί στις κατηγορίες σπουδαιότητας στις οποίες κατατάσσονται οι κατασκευές, ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο, αλλά και για τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή τους ή διακοπή της λειτουργίας τους (βλ. EN 1998 και ΕΑΚ 2000).

Οι συντελεστές συνδυασμού Ψ_i των μεταβλητών δράσεων, χρησιμοποιούνται προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μειωμένη πιθανότητα για ταυτόχρονη συνύπαρξη των πλέον δυσμενών τιμών των διαφόρων ανεξάρτητων δράσεων.

Στον Πίνακα 3.1 δίνονται οι τιμές των συντελεστών Ψ_i του EN 1990 (ίδιες με αυτές που υιοθετήθηκαν από το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα), ενώ στον Πίνακα 3.2 δίνονται οι συντελεστές Ψ_2 σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000 (Πίνακας 4.1 στον ΕΑΚ).

Εάν εφαρμόζεται γραμμική ανάλυση για την επίλυση του εξεταζόμενου φορέα, οι συνδυασμοί (3.1) έως (3.3) μπορεί να εφαρμόζονται είτε στις δράσεις είτε στα αποτελέσματα των δράσεων (εντατικά μεγέθη, μετακινήσεις, κλπ). Αντιθέτως, εάν εφαρμόζεται μη γραμμική ανάλυση, τότε δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας και το αποτέλεσμα δεν είναι κατ'

ευθείαν ανάλογο με τη δράση, οι συνδυασμοί (3.1) έως (3.3) είτε εφαρμόζονται στις δράσεις, είτε μπορούν απλοποιητικά να εφαρμόζονται:

- i Στις δράσεις, εφόσον το αποτέλεσμα της δράσης αυξάνεται περισσότερο από τη δράση.
- ii Στα αποτελέσματα των δράσεων, εφόσον το αποτέλεσμα της δράσης αυξάνεται λιγότερο από τη δράση.

Πιν. 3.1 Συντελεστές συνδυασμού δράσεων ψ_i κατά το EN 1990

Δράση	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια			
Κατηγορία A : κατοικίες	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία B : γραφεία	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C : επιφάνειες συνάθροισης (σχολεία, εστιατόρια, εκκλησίες, θέατρα, κινηματογράφοι, αμφιθέατρα, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, γυμναστήρια, αίθουσες χορού, κλπ)	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D : καταστήματα	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E : αποθηκευτικοί χώροι	1,0	0,9	0,8
Φορτία κυκλοφορίας οχημάτων σε κτίρια			
Κατηγορία F : βάρος οχήματος ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία G : 30 kN < βάρος οχήματος ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία H : οροφές	0	0	0
Φορτία χιονιού σε κτίρια (βλ. EN1991-1-3):			
Για υψόμετρο 1000 m < H < 1500 m	0,7	0,5	0,2
Για υψόμετρο H ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Φορτία ανέμου σε κτίρια (βλ. EN1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία σε κτίρια (εκτός πυρκαγιάς) (βλ. EN1991-1-5)	0,6	0,5	0

Πιν. 3.2 Συντελεστές συνδυασμού δράσεων ψ_2 κατά τον ΕΑΚ 2000

1. Φορτία Χρήσης	
1.1 Κατοικίες, γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	0,3
1.2 Χώροι συχνής συνάθροισης προσώπων (σχολεία, θέατρα, στάδια κλπ)	0,5
1.3 Χώροι στάθμευσης	0,6
1.4 Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αρχεία, αποθήκες, δεξαμενές, σιλό, υδατόπυργοι, κλπ)	0,8
1.5 Μη βατές στέγες	0,0
2. Άνεμος	0,0
3. Χιόνι (μόνο σε μη βατές στέγες)	0,3
Χιόνι (βατές στέγες)	0,0

Σημειώνεται, ότι η σχέση (3.3), η οποία αντιστοιχεί σε σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού του Ευρωκώδικα, είναι ίδια με την αντίστοιχη σχέση του ΕΑΚ2000 (Σχέση 4.1 στον ΕΑΚ).

Στις σχέσεις (3.1) και (3.2) το Q_{kl} αντιστοιχεί στην επικρατέστερη μεταβλητή δράση. Αν αυτή δεν είναι προφανής, θα πρέπει κάθε μεταβλητή δράση Q_{ki} να θεωρηθεί διαδοχικά ως η επικρατέστερη. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει μεγάλος αριθμός συνδυασμών δράσεων, επιτρέπεται όμως με βάση την εμπειρία ή με βάση κάποια ειδικά κριτήρια, να εξετάζονται μόνον οι συνδυασμοί οι οποίοι είναι οι πλέον δυσμενείς.

3.2.2 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

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

α. Χαρακτηριστικός (characteristic) συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

β. Συχνός (frequent) συνδυασμός

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

γ. Ημιμόνιμος (quasi-permanent) συνδυασμός

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

όπου τα ψ_i είναι συντελεστές συνδυασμού δράσεων σύμφωνα με τους Πίνακες 3.1 ή 3.2

3.3 Έλεγχος επάρκειας

Ο βασικός έλεγχος, ο οποίος επιτάσσεται από τους Ευρωκώδικες, προκειμένου να διαπιστωθεί η επάρκεια της κατασκευής σε κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας, περιγράφεται από την ανίσωση :

$$E_d < R_d \quad (3.7)$$

όπου

E_d είναι το αποτέλεσμα (Effect) των συνδυασμών δράσεων σχεδιασμού (εντατικά μεγέθη, μετακινήσεις κλπ)

R_d είναι η αντίστοιχη αντοχή (Resistance) σχεδιασμού της διατομής ή του μέλους που ελέγχεται, ή επιτρεπόμενη παραμόρφωση, εφόσον πρόκειται για έλεγχο σε λειτουργικότητα.

Η αντοχή σχεδιασμού προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

όπου

R_k είναι η χαρακτηριστική τιμή της συγκεκριμένης ιδιότητας του υλικού (π.χ. αντοχή διαρροής ή θραύσης)

γ_M επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού, που λαμβάνει υπόψη τυχόν δυσμενείς αποκλίσεις από τις χαρακτηριστικές τιμές, ανακρίβειες στους συντελεστές μετατροπής και αβεβαιότητες στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και στην προσομοίωση του φορέα.

Τιμές για τα παραπάνω μεγέθη δίνονται στους Ευρωκώδικες 2 έως 9. Η σχέση (3.7) είναι γενική και εφαρμόζεται σε κάθε έλεγχο ο οποίος απαιτείται κατά περίπτωση (π.χ. έλεγχος στατικής ισορροπίας, έλεγχος βελών κλπ), μπορεί δε σε ορισμένες

περιπτώσεις να αντικαθίσταται από μία σχέση αλληλεπίδρασης (π.χ. μεταξύ αξονικών δυνάμεων και ροπών σε μία διατομή), η οποία όπως είναι γνωστό, ουσιαστικώς ικανοποιεί την ίδια απαίτηση με τη σχέση αυτή, δηλαδή την απαίτηση, "το αποτέλεσμα των δράσεων να μην υπερβαίνει την αντοχή της διατομής ή του μέλους"

Παρακάτω φαίνονται οι συνδυασμοί των δράσεων για την οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας.

3.4 Συνδυασμοί δράσεων του κτιρίου

3.4.1 Οριακή κατάσταση αστοχίας

Για καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές:

1) Επικρατέστερη μεταβλητή: ΧΙΟΝΙ

ΧΙΟΝΙ1:

1,35·ΕΡΙΚΑΛ+1,35·DEAD+1,5·ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6ANEMΟΣΧΚ+1,5·0,6ANEMΟΣΧΣ1+1,5·0,7·ΚΙΝΗΤΟ

ΧΙΟΝΙ 2:

1,35·ΕΡΙΚΑΛ+1,35·DEAD+1,5·ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6·ANEMΟΣΨ+1,5·0,7·ΚΙΝΗΤΟ

ΧΙΟΝΙ3:

3:

1,35·ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6ANEMΟΣ_XK+1,5·0,6ANEMΟΣ_XΣ1+1,5·0,7·ΚΙΝΗΤΟ

ΧΙΟΝΙ 4:

1,35·ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6ANEMΟΣ_Ψ+1,5·0,7·ΚΙΝΗΤΟ

2) Επικρατέστερη μεταβλητή: ANEMΟΣΧ

ANEMΟΣΧ1:

1,35·ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ANEMΟΣΧΚ+1,5ANEMΟΣΧΣ4+1,5·0,7·ΚΙΝΗΤΟ

ANEMΟΣΧ2:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣΧΚ+1,5ΑΝΕΜΟΣΧΣ1+1,5·0,6ΧΙΟΝΙ+1,5·0,7ΚΙ
ΝΗΤΟ

ΑΝΕΜΟΣΧ3:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣΧΚ+1,5ΑΝΕΜΟΣΧΣ4 (Για έλεγχο τεγίδας)

3) Επικρατέστερη μεταβλητή: ΑΝΕΜΟΣ Ψ

ΑΝΕΜΟΣ Ψ1:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣΨ+1,5·0,7ΚΙΝΗΤΟ

ΑΝΕΜΟΣΨ2:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣΨ (Για έλεγχο τεγίδας)

4) Επικρατέστερη μεταβλητή: ΑΝΕΜΟΣ_X

ΑΝΕΜΟΣ_X1:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣ_XΚ+1,5ΑΝΕΜΟΣ_XΣ4+1,5·0,7 ΚΙΝΗΤΟ

ΑΝΕΜΟΣ_X2:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣ_XΚ+1,5·0,6ΧΙΟΝΙ+1,5·0,7ΚΙΝΗΤΟ

ΑΝΕΜΟΣ_X3:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣ_XΚ+1,5ΑΝΕΜΟΣ_XΣΨ (Για έλεγχο τεγίδας)

5) Επικρατέστερη μεταβλητή : ΑΝΕΜΟΣ_Ψ

ΑΝΕΜΟΣ_Ψ1:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣ_Ψ+1,5·0,7ΚΙΝΗΤΟ

ΑΝΕΜΟΣ_Ψ2:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1DEAD+1,5ΑΝΕΜΟΣ_Ψ (Για έλεγχο τεγίδας)

6) Επικρατέστερη μεταβλητή: ΚΙΝΗΤΟ

ΚΙΝΗΤΟ1: 1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΚΙΝΗΤΟ+1,5·0,5ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6ΑΝΕΜΟΣΧΚ+
1,5·0,6ΑΝΕΜΟΣΧΣ1

ΚΙΝΗΤΟ2:

1,35ΕΡΙΚΑΛ+1,35DEAD+1,5ΚΙΝΗΤΟ+1,5·0,5ΧΙΟΝΙ+1,5·0,6ΑΝΕΜΟΣ_XΚ+
1,5·0,6ΑΝΕΜΟΣΧΣ1

KINHTO3:

1,35EPIKAL+1,35DEAD+1,5KINHTO+1,5'0,5XIONO+1,5'0,6ANEMOSΨ

KINHTO4:

1,35EPIKAL+1,35DEAD+1,5KINHTO+1,5'0,5XIONI+1,5'0,6ANEMOS_Ψ

Για καταστάσεις σεισμού.

QUAKEX:

1DEAD+1QUAKE1+0,3QUAKE2+0,3XIONI+0,3KINHTO

QUAKEΨ:

1DEAD+1QUAKE2+0,3QUAKE1+0,3XIONI+0,3KINHTO

3.4.2 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

1) XIONI

S_XIONI1:

1DEAD+1XIONI+0,6ANEMOSXK+0,6ANEMOSXS1+0,7KINHTO

S_XIONI2:

1DEAD+1XIONI+0,6ANEMOS_XK+0,6ANEMOSXS1+0,7KINHTO

S_XIONI3:

1DEAD+1XIONI+0,6ANEMOS_XK+0,6ANEMOSXS1+0,7KINHTO

S_XONI4:

1DEAD+1XIONI+0,6ANEMOS_Ψ+0,7KINHTO

2)ANEMOS X

S_ANEMOSX1:

1'EPIKAL+1DEAD+1ANEMOSXK+1ANEMOSXS4+1'0,7KINHTO

S_ANEMOSX2:

1'EPIKAL+1DEAD+1ANEMOSXK+1ANEMOSXS1+1'0,6XIONI+1'0,7KINHTO

S_ANEMOSX3:

1'EPIKAL+1DEAD+1ANEMOSXK+1ANEMOSXS4 (Για έλεγχο τεγίδας)

3)ANEMΟΣ Ψ

S_ANEMΟΣ Ψ1:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣΨ+1·0,7ΚΙΝΗΤΟ

S_ANEMΟΣΨ2:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣΨ (Για έλεγχο τεγίδας)

4)ANEMΟΣ_X

S_ANEMΟΣ_X1:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣ_XK+1ANEMΟΣ_XS4+1·0,7ΚΙΝΗΤΟ

S_ANEMΟΣ_X2:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣ_XK+1·0,6ΧΙΟΝΙ+1·0,7ΚΙΝΗΤΟ

S_ANEMΟΣ_X3:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣ_XK+1ANEMΟΣ_XΣΨ (Για έλεγχο τεγίδας)

5)ANEMΟΣ_Ψ

S_ANEMΟΣ_Ψ1:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣ_Ψ+1·0,7ΚΙΝΗΤΟ

S_ANEMΟΣ_Ψ2:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ANEMΟΣ_Ψ (Για έλεγχο τεγίδας)

6)ΚΙΝΗΤΟ

S_KΙΝΗΤΟ1:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ΚΙΝΗΤΟ+1·0,5ΧΙΟΝΙ+1·0,6ANEMΟΣXK+

1·0,6ANEMΟΣXS1

S_KΙΝΗΤΟ2:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ΚΙΝΗΤΟ+1·0,5ΧΙΟΝΙ+1·0,6ANEMΟΣ_XK+

1·0,6ANEMΟΣXS1

S_KΙΝΗΤΟ3:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ΚΙΝΗΤΟ+1·0,5ΧΙΟΝΟ+1·0,6ANEMΟΣΨ

S_KΙΝΗΤΟ4:

1ΕΠΙΚΑΛ+1DEAD+1ΚΙΝΗΤΟ+1·0,5ΧΙΟΝΙ+1·0,6ANEMΟΣ_Ψ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ανάλυση 1ης τάξης μπορεί να χρησιμοποιείται με την προϋπόθεση ότι η αύξηση των σχετικών εντατικών μεγεθών ή οποιαδήποτε άλλη αλλαγή της συμπεριφοράς του φορέα, που οφείλεται σε παραμορφώσεις, μπορεί να αμεληθεί. Η απαίτηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται, εάν ισχύει το παρακάτω κριτήριο:

$$\alpha_{cr} = F_{cr}/F_{ed} > 10 \text{ για ελαστική ανάλυση} \quad (2.2)$$

$$\alpha_{cr} = F_{cr}/F_{ed} > 15 \text{ για πλαστική ανάλυση}$$

όπου α_{cr} συντελεστής με τον οποίο θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί η φόρτιση σχεδιασμού, ώστε να προκληθεί καθολική ελαστική αστάθεια

F_{Ed} το φορτίο σχεδιασμού του φορέα

F_{cr} το ελαστικό οριακό φορτίο λυγισμού για καθολική αστάθεια, που βασίζεται στις αρχικές ελαστικές δυσκαμψίες.

Η αυξημένη τιμή του α_{cr} για την πλαστική ανάλυση οφείλεται στο γεγονός ότι η συμπεριφορά του φορέα μπορεί να επηρεάζεται σημαντικά από μη γραμμικές ιδιότητες του υλικού στην οριακή κατάσταση αστοχίας (π. χ. όπου ένα πλαίσιο σχηματίζει πλαστικές αρθρώσεις με ανακατανομές ροπών, ή όπου συμβαίνουν σημαντικές μη γραμμικές παραμορφώσεις σε θέσεις ημιακάμπτων συνδέσεων).

Μονώροφα πλαίσια με μικρές κλίσεις οροφής και επίπεδα πολυώροφα πλαίσια κτιρίων, μπορούν να ελέγχονται με ανάλυση 1ης τάξης, εφόσον ικανοποιείται το κριτήριο της εξίσωσης (2.2) σε κάθε όροφο. Στα ανωτέρω πλαίσια το α_{cr} μπορεί να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω προσεγγιστικό τύπο, υπό την προϋπόθεση ότι η αξονική θλίψη των δοκών ή των ζυγωμάτων δεν είναι σημαντική:

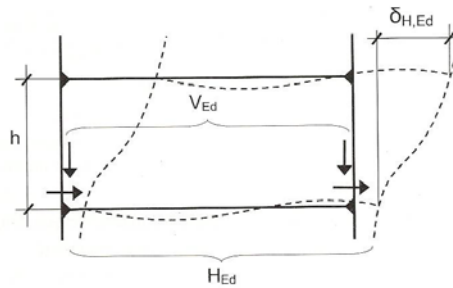
$$\alpha_{cr} = (H_{Ed}/V_{Ed}) (h/\delta_{H,Ed}) \quad (2.3)$$

όπου

H_{Ed} τιμή σχεδιασμού της οριζόντιας αντίδρασης στην οροφή του ορόφου, λόγω των οριζόντιων φορτίων και των ισοδύναμων οριζόντιων φορτίων λόγω ατελειών

(Σχήμα 2.2) .

- V_{Ed} ολικό κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού του φορέα στη βάση του ορόφου
- $\delta_{H,Ed}$ οριζόντια μετατόπιση στην κορυφή του ορόφου σε σχέση με τη βάση του, όταν το πλαίσιο φορτίζεται με οριζόντια φορτία (π.χ. άνεμος) και ισοδύναμα οριζόντια φορτία, τα οποία εφαρμόζονται σε κάθε όροφο
- h ύψος του ορόφου.



Σχήμα 2.2 Συμβολισμοί για την προσεγγιστική εξίσωση (2.3)

Η αξονική θλίψη στις δοκούς ή στα ζυγώματα μπορεί να θεωρείται ότι δεν είναι σημαντική (οπότε, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να εφαρμόζεται το προσεγγιστικό κριτήριο της σχέσης 2.3), εάν ισχύει η σχέση:

$$\bar{\lambda} < 0,3 \sqrt{\frac{A f_y}{N_{Ed}}}$$

όπου

N_{Ed} η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης

λ η εντός επιπέδου ανηγμένη λυγηρότητα, υπολογισμένη για τη δοκό ή το ζύγωμα με θεώρηση αρθρώσεων στα άκρα τους

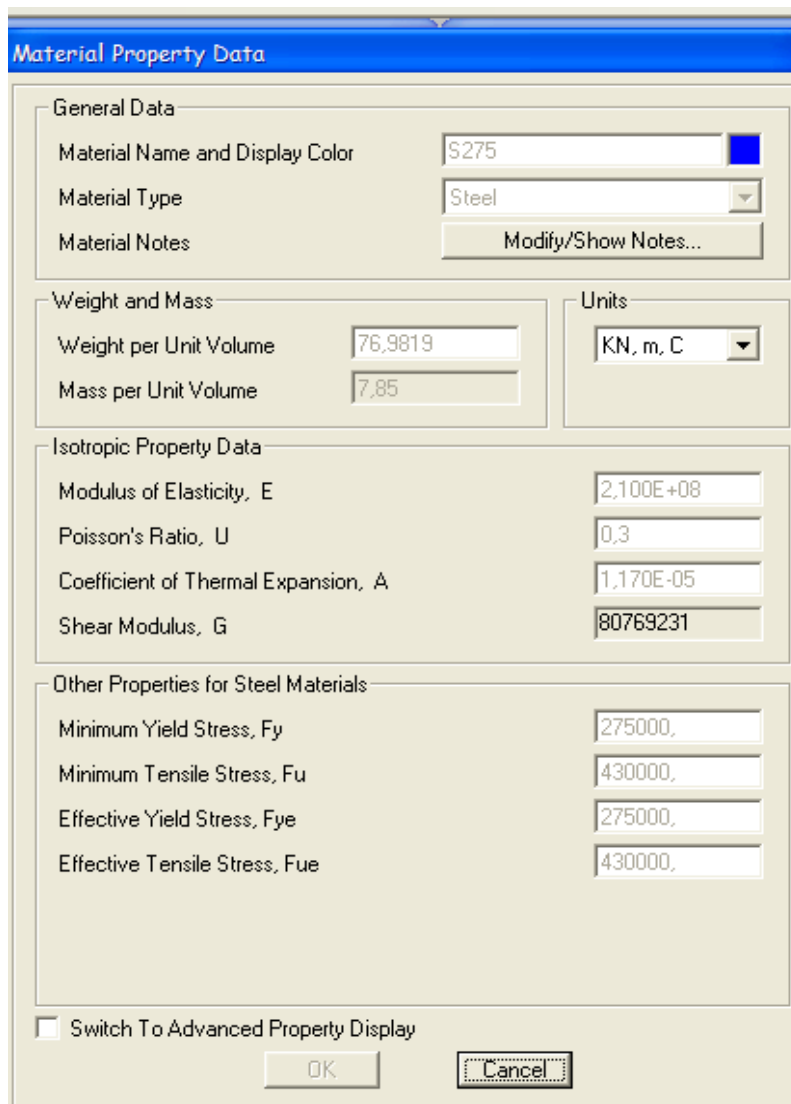
A το εμβαδόν της διατομής και f_y η τάση διαρροής του υλικού του ζυγώματος .

Η ανάλυση που θα γίνει στο παρόν κτίριο είναι 1^{ης} τάξης.

ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

1) Προσδιορισμός υλικών

Αρχικά καθορίζονται τα υλικά των στοιχείων που είναι ο χάλυβας S275. Μόνο για τα ζυγώματα και τις κύριες δοκούς του χώρου γραφείων θα χρησιμοποιηθεί ο χάλυβας S275, ώστε να προκύψουν διατομές με μικρότερο ύψος κορμού και να ικανοποιηθούν έτσι οι αρχιτεκτονικές απαιτήσεις για το ύψος του αποθηκευτικού χώρου και της έκθεσης.

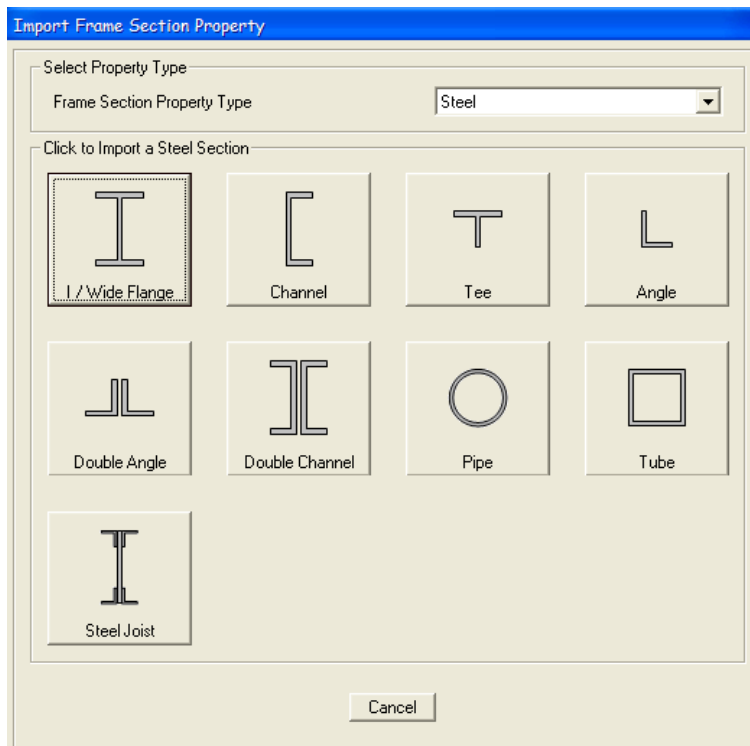
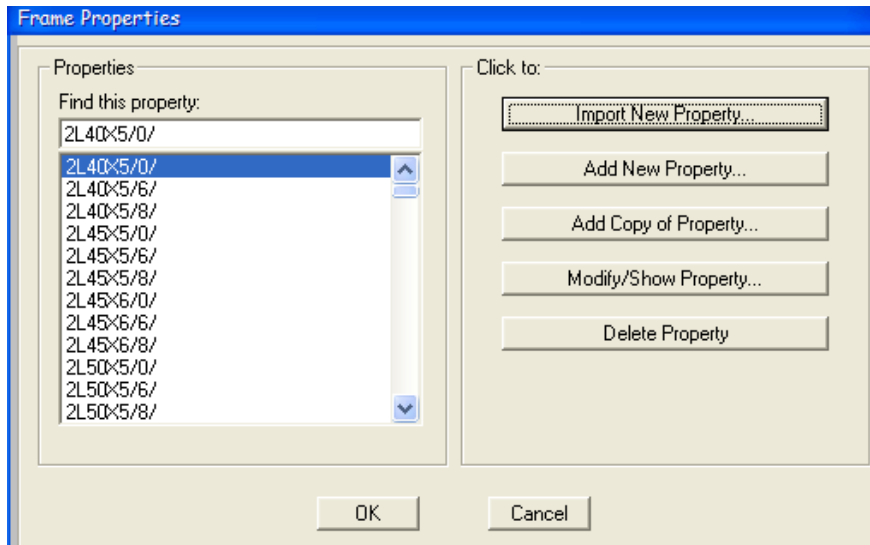


The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" for the material S275. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color is set to "S275" with a blue color swatch. Material Type is set to "Steel". A "Modify/Show Notes..." button is present.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume is 76,9819 and Mass per Unit Volume is 7,85.
- Units:** The unit system is set to "KN, m, C".
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E is 2,100E+08; Poisson's Ratio, U is 0,3; Coefficient of Thermal Expansion, A is 1,170E-05; Shear Modulus, G is 80769231.
- Other Properties for Steel Materials:** Minimum Yield Stress, Fy is 275000; Minimum Tensile Stress, Fu is 430000; Effective Yield Stress, Fye is 275000; Effective Tensile Stress, Fue is 430000.

At the bottom, there is a checkbox for "Switch To Advanced Property Display" (unchecked), and "OK" and "Cancel" buttons.

2) Στη συνέχεια επιλέγονται από την βιβλιοθήκη του προγράμματος οι διατομές που θα χρησιμοποιηθούν για κάθε μέλος του φορέα. Δηλαδή διατομές από τη σειρά HEA, HEB, IPE, 2L



Αρχικά επιλέγονται οι διατομές με υλικό το χάλυβα S275

c:\program files\computers and structures\sap2000

Section Type Double Angle

Material + S275

Select Sections to Import

- 2L80x12/50/
- 2L90x6/0/
- 2L90x6/6/
- 2L90x6/8/
- 2L90x7/0/
- 2L90x7/6/
- 2L90x7/8/
- 2L90x8/0/
- 2L90x8/6/
- 2L90x8/8/
- 2L90x9/0/
- 2L90x9/6/
- 2L90x9/8/
- 2L90x10/0/
- 2L90x10/6/
- 2L90x10/8/
- 2L90x12/0/
- 2L90x12/6/
- 2L90x12/8/
- 2L90x6/10/

OK

Cancel

c:\program files\computers and structures\sap2000 ...

Section Type

Material

Select Sections to Import

HE140B	<input type="checkbox"/>
HE160A	<input type="checkbox"/>
HE160B	<input type="checkbox"/>
HE160M	<input type="checkbox"/>
HE180A	<input type="checkbox"/>
HE180B	<input type="checkbox"/>
HE180M	<input type="checkbox"/>
HE200A	<input type="checkbox"/>
HE200B	<input type="checkbox"/>
HE200M	<input type="checkbox"/>
HE220A	<input type="checkbox"/>
HE220B	<input type="checkbox"/>
HE220M	<input type="checkbox"/>
HE240A	<input type="checkbox"/>
HE240B	<input type="checkbox"/>
HE240M	<input type="checkbox"/>
HE260A	<input type="checkbox"/>
HE260B	<input type="checkbox"/>
HE260M	<input type="checkbox"/>
HE280A	<input type="checkbox"/>

OK Cancel

c:\program files\computers and structures\sap2000 .

Section Type

Material

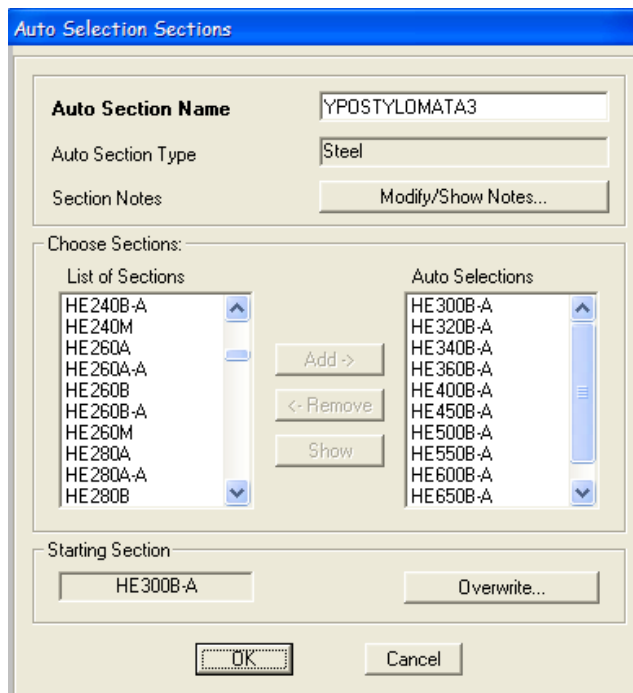
Select Sections to Import

TUB090x45x5.9	<input type="checkbox"/>
TUB090x45x7.1	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x4	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x5	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x8	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x10	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x3.6	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x4.5	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x5.4	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x5.9	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x7.1	<input type="checkbox"/>
TUB090x63x12.5	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x5	<input checked="" type="checkbox"/>
TUB090x90x8	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x10	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x16	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x5.4	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x5.9	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x7.1	<input type="checkbox"/>
TUB090x90x12.5	<input type="checkbox"/>

OK Cancel

3) Το επόμενο βήμα είναι να καθορισθούν για τα στοιχεία του φορέα οι διατομές που θα επιλεγούν από το πρόγραμμα για τον σχεδιασμό του φορέα. Αυτό γίνεται μέσω της εντολής auto select list.

Υποστυλώματα



Ζυγώματα

Auto Selection Sections

Auto Section Name ZYGOMATA4

Auto Section Type Steel

Section Notes

Choose Sections:

List of Sections	Auto Selections
2L40x5/0/	IPE400-B
2L40x5/6/	IPE450-B
2L40x5/8/	IPE500-B
2L45x5/0/	IPE550-B
2L45x5/6/	
2L45x5/8/	
2L45x6/0/	
2L45x6/6/	
2L45x6/8/	
2L50x5/0/	

Buttons: Add >, <- Remove, Show

Starting Section: IPE500-B

Οριζόντιοι σύνδεσμοι

Auto Selection Sections

Auto Section Name OR.SYNDESMOI_2G

Auto Section Type

Section Notes

Choose Sections:

List of Sections	Auto Selections
	2L75x7/0/
	2L80x8/0/

Buttons: Add >, <- Remove, Show

Starting Section: 2L80x8/0/

Κατακόρυφοι σύνδεσμοι

Auto Selection Sections

Auto Section Name

Auto Section Type

Section Notes

Choose Sections:

List of Sections		Auto Selections
2L40x5/0/	<input type="button" value="Add ->"/> <input type="button" value="<- Remove"/> <input type="button" value="Show"/>	2L75x7/0/
2L40x5/6/		2L80x8/0/
2L40x5/8/		2L90x9/0/
2L45x5/0/		2L100x10/0/
2L45x5/6/		
2L45x5/8/		
2L45x6/0/		
2L45x6/6/		
2L45x6/8/		
2L50x5/0/		

Starting Section

Μηκίδες

Auto Selection Sections

Auto Section Name

Auto Section Type

Section Notes

Choose Sections:

List of Sections		Auto Selections
2L40x5/0/	<input type="button" value="Add ->"/> <input type="button" value="<- Remove"/> <input type="button" value="Show"/>	IPE120-A
2L40x5/6/		IPE140-A
2L40x5/8/		IPE160-A
2L45x5/0/		
2L45x5/6/		
2L45x5/8/		
2L45x6/0/		
2L45x6/6/		
2L45x6/8/		
2L50x5/0/		

Starting Section

Μετωπικά υποστυλώματα

Auto Selection Sections

Auto Section Name MET.YPOSTYLOMATA4

Auto Section Type

Section Notes

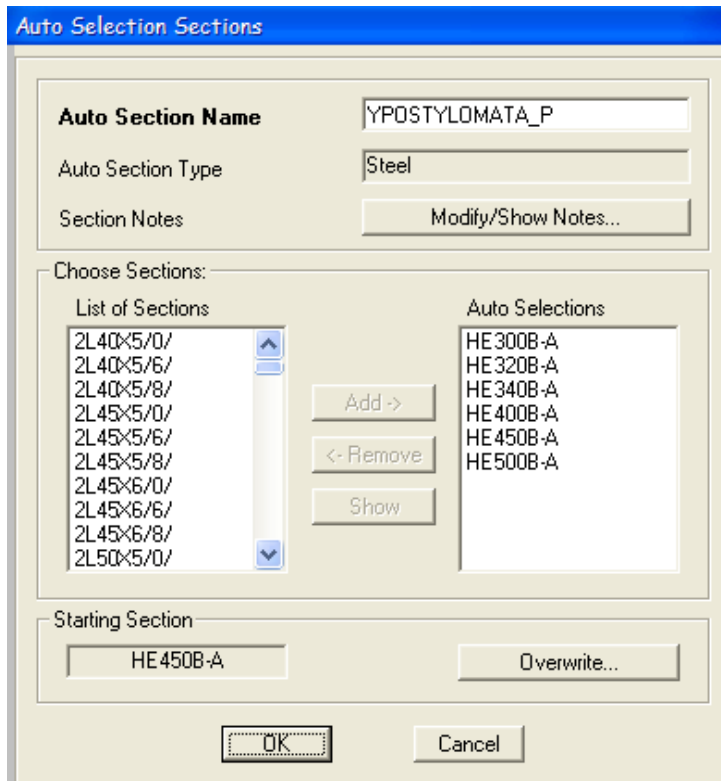
Choose Sections:

List of Sections

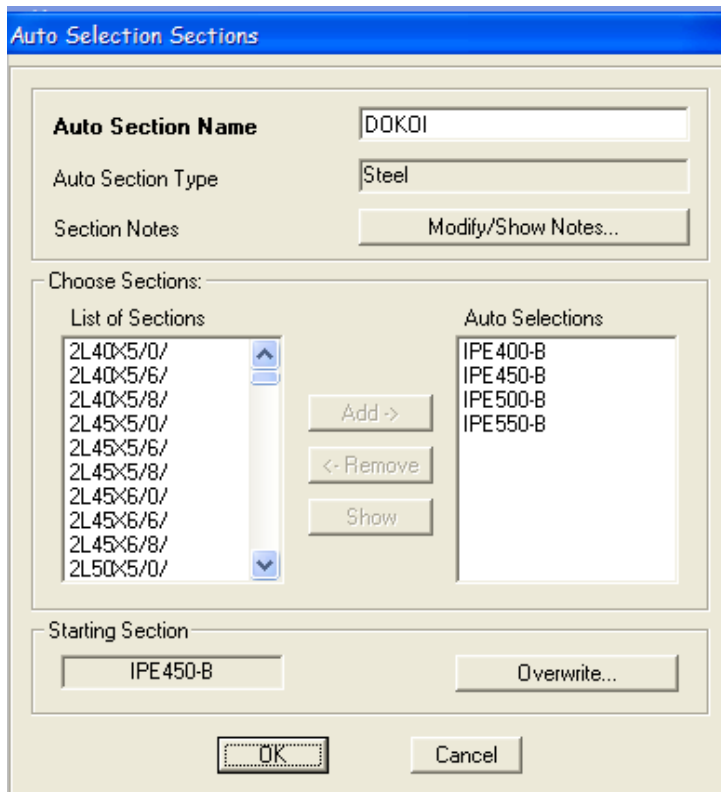
Auto Selections
HE200A-A

Starting Section
Median

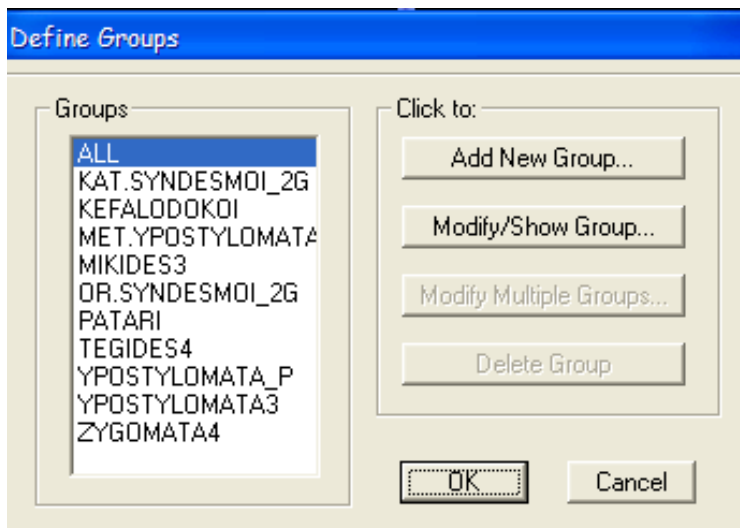
Υποστυλώματα χώρου γραφείων



Κύριες δοκοί χώρου γραφείων

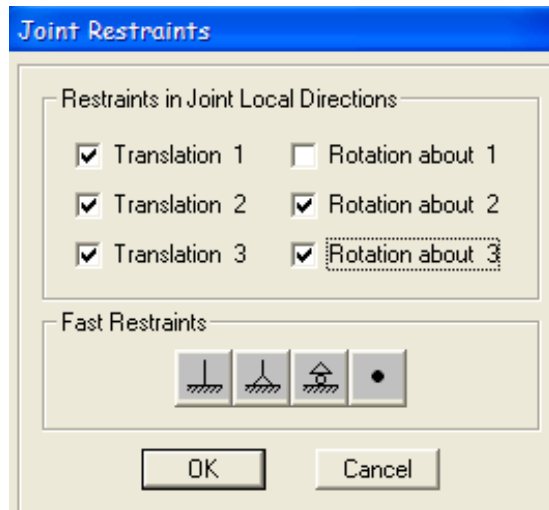


4) Μετά το σχεδιασμό του φορέα με τις κατάλληλες εντολές του προγράμματος ακολουθεί η ομαδοποίηση των στοιχείων του. Αυτό γίνεται μέσω της εντολής define groups.



Στο group PATARI ανήκουν οι κύριες δοκοί του χώρου γραφείων. Οι υπόλοιπες ομάδες έχουν τις ίδιες ονομασίες με τα μέλη του φορέα που ορίσαμε παραπάνω.

5) Το επόμενο βήμα είναι να καθορίσουμε τις στηρίξεις των υποστυλωμάτων όπως επίσης και των μετωπικών υποστυλωμάτων. Επιλέγουμε τα υποστυλώματα μέσω της εντολής select groups και καθορίζουμε τις στηρίξεις.

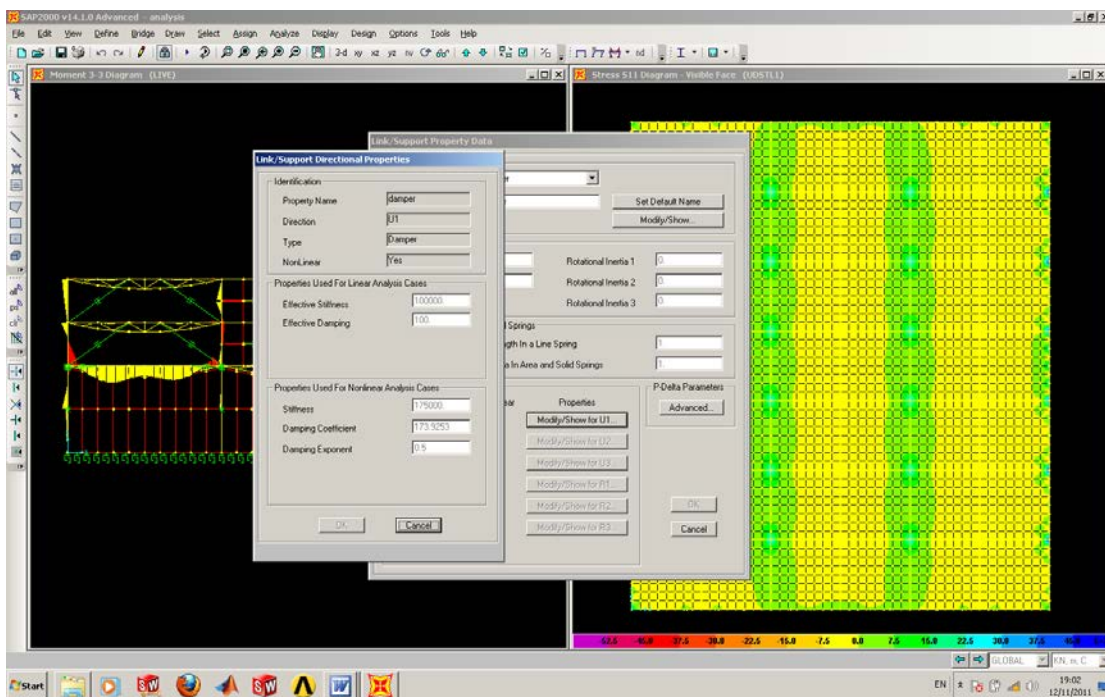


Έχουμε δεσμεύσει τις τρεις μεταφορικές μετακινήσεις στους τοπικούς άξονες 1,2,3 όπως επίσης και τις στροφικές μόνο όμως στους άξονες 2,3. Η στροφική μετακίνηση κατά τον άξονα 1 έχει μείνει ελεύθερη για να προσομοιωθεί ως άρθρωση. Έτσι οποιαδήποτε φόρτιση κατά τον άξονα Y θα την παραλάβουν οι χιαστί σύνδεσμοι.

Για τα μετωπικά υποστυλώματα έχουν δεσμευθεί μόνο οι μεταφορικές μετακινήσεις κατά του τοπικούς άξονες 1,2,3. Όλες οι στροφικές μετακινήσεις έχουν μείνει ελεύθερες ώστε να μην μεταφέρονται ροπές στη θεμελίωση.



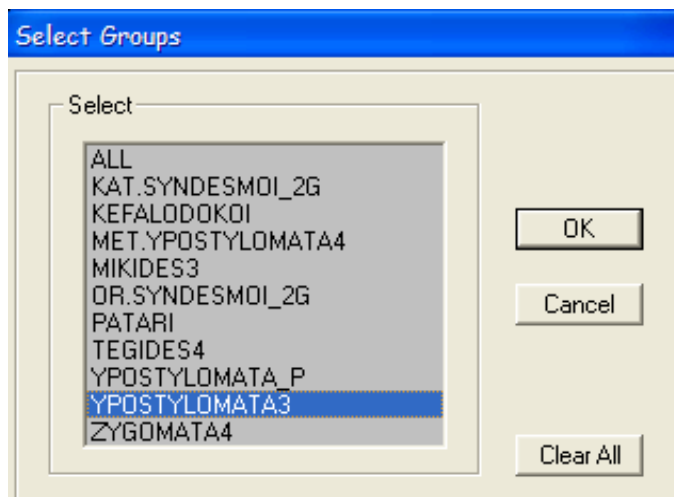
Προσομοίωση αποσβεστήρων

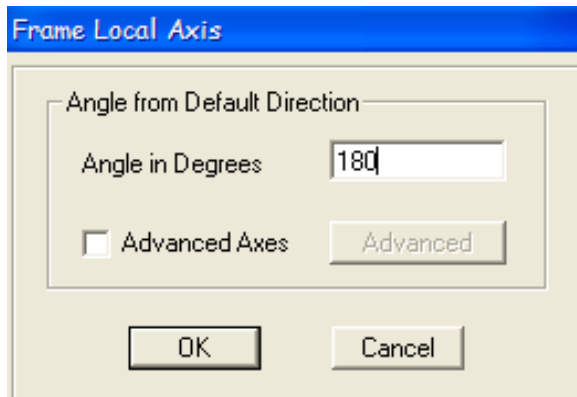


6) Κατόπιν για κάθε group που δημιουργήσαμε καθορίζουμε τις διατομές και τις συνοριακές συνθήκες των στοιχείων του. Επίσης γίνεται στροφή των τοπικών αξόνων για όποια στοιχεία χρειάζεται όπως θα δούμε παρακάτω.

Υποστυλώματα

Αρχικά επιλέγονται τα υποστυλώματα καθορίζονται οι ιδιότητες τους και γίνεται στροφή των τοπικών αξόνων κατά 180 μοίρες ώστε ο ισχυρός άξονας της διατομής να παραλαμβάνει τις φορτίσεις κατά X και έτσι να έχουμε πλαισιακή λειτουργία κατά αυτή τη διεύθυνση.





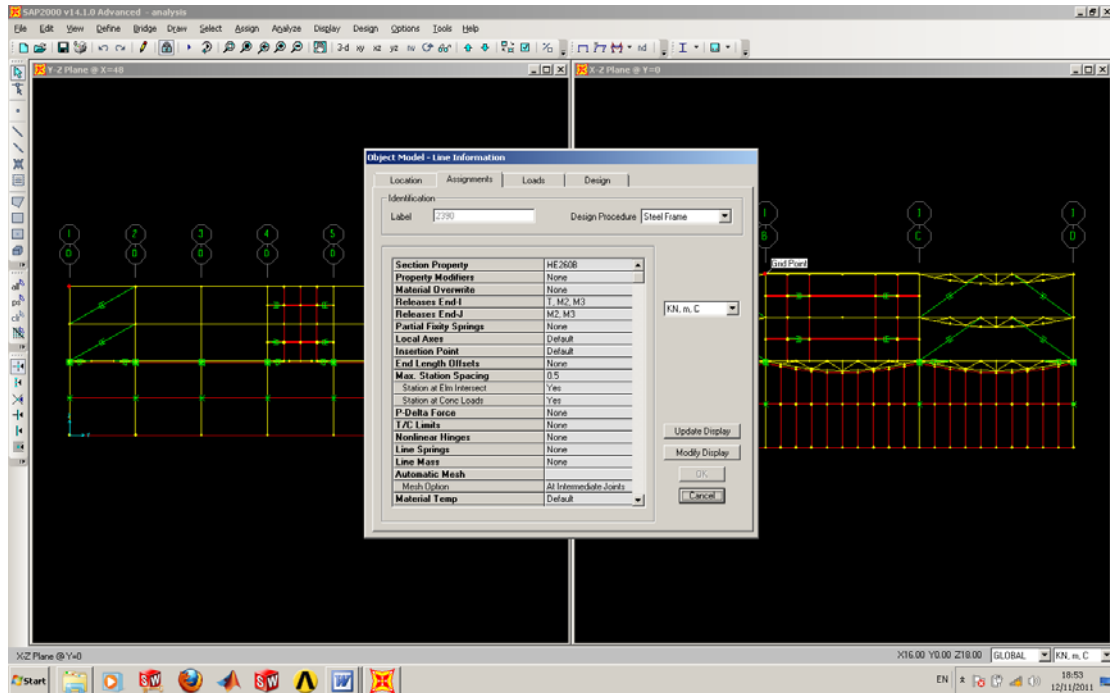
Ζυγώματα

Κατά όμοιο τρόπο δόθηκαν και οι ιδιότητες των ζυγωμάτων. Εδώ δεν χρειάστηκε να γίνει στροφή των αξόνων. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι κατά τον σχεδιασμό των ζυγωμάτων δόθηκαν κόμβοι στα σημεία όπου συμβάλουν οι τεγίδες ώστε όπως θα δούμε παρακάτω να δοθεί η κατάλληλη εκκεντρότητα στις τεγίδες για την καλύτερη προσομοίωσή τους.

Οριζόντιοι σύνδεσμοι

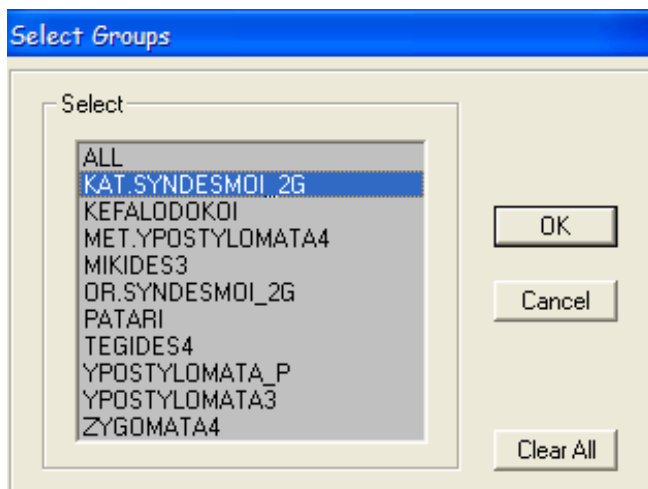
Αρχικά δίνονται οι ιδιότητες της διατομής τους , στρέφονται οι τοπικοί άξονες (οποίο δεν είναι απαραίτητο διότι οι σύνδεσμοι θα παραλάβουν μόνο εφελκυστικές δυνάμεις) και καθορίζονται οι συνοριακές συνθήκες των μελών. Πρέπει ακόμη να αναφερθεί πως στους οριζόντιους συνδέσμους οι διατομές τους είναι διπλά γωνιακά και έχει αμεληθεί, όπως θα δούμε παρακάτω, η στρεπτική ακαμψία τους μέσω κατάλληλης εντολής του προγράμματος .

Οι συνοριακές συνθήκες είναι η ελευθέρωση των ροπών T, M2,M3 (κατά τους τοπικούς άξονες 2,3) στα άκρα των μελών.



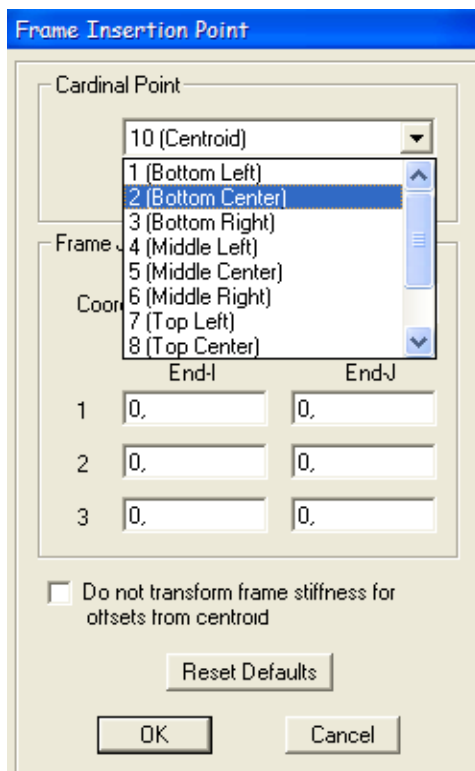
Κατακόρυφοι σύνδεσμοι

Δίνονται οι ιδιότητες της διατομής τους , στρέφονται οι τοπικοί άξονες (οποίο δεν είναι απαραίτητο διότι οι σύνδεσμοι θα παραλάβουν μόνο εφελκυστικές δυνάμεις) και καθορίζονται οι συνοριακές συνθήκες των μελών. Πρέπει ακόμη να αναφερθεί όπως και στους οριζόντιους συνδέσμους οι διατομές τους είναι διπλά γωνιακά και έχει αμεληθεί η στρεπτική ακαμψία τους.

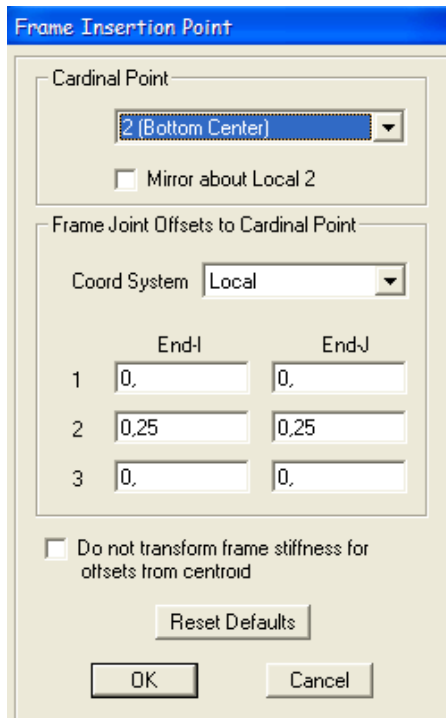


Η εκκεντρότητα δίνεται με τον εξής τρόπο:

Αρχικά μεταφέρεται το σημείο σύνδεσης των ακρών του μέλους στο κέντρο της κάτω ακραίας ίνας

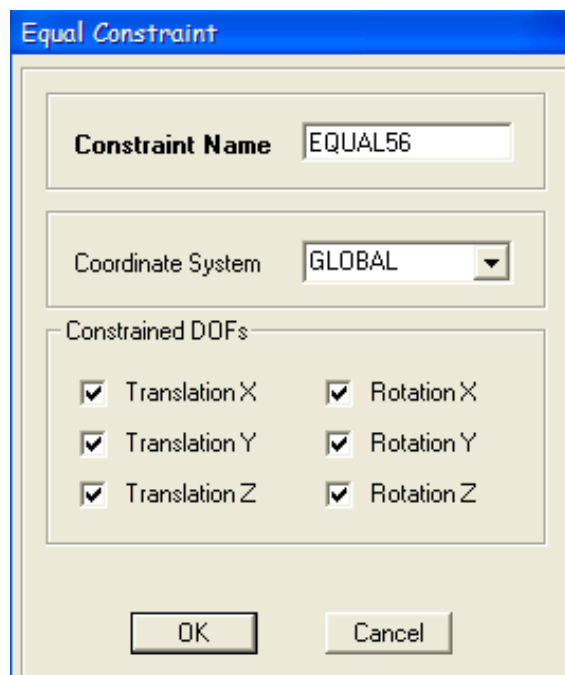
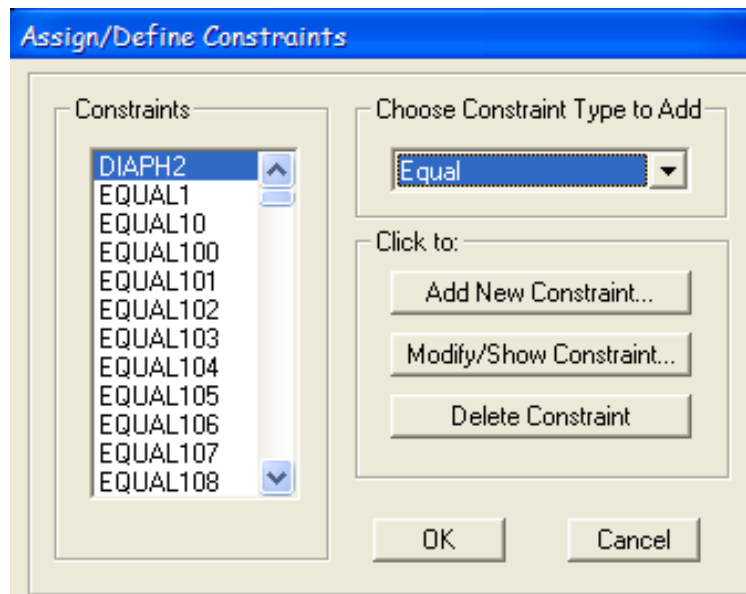


Κατόπιν δίνεται εκκεντρότητα 0,25m κατά τον τοπικό άξονα 2, διότι το ζύγωμα είναι ΗΕΒ500 με ύψος 0,5m.

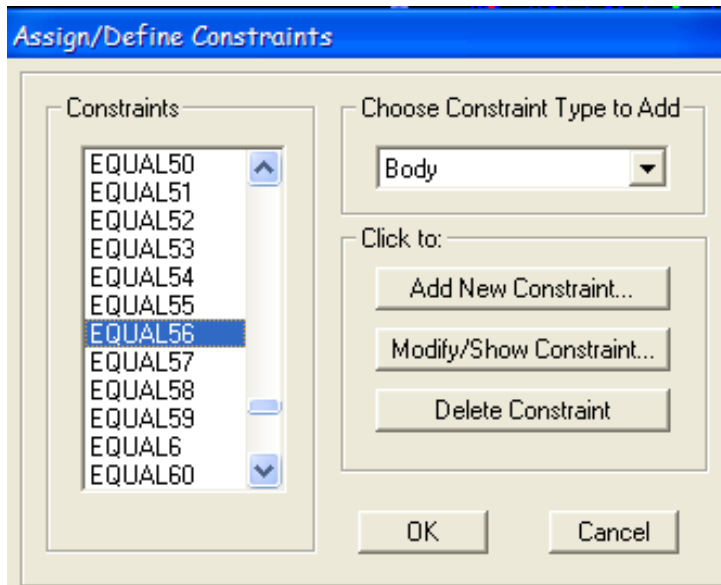


Τέλος συνδέουμε τον κόμβο στο κάθε άκρο των τεγίδων με τον κόμβο του ζυγώματος ώστε να έχουν τις ίδιες μετακινήσεις και στροφές. Αυτή η διαδικασία γίνεται για όλους τους κόμβους. Ενδεικτικά φαίνεται παρακάτω:

Επιλέγουμε τον κόμβο 938 του ζυγώματος



Κατόπιν επιλέγουμε τον κόμβο 961 της τεγίδας και του ορίζουμε τη δέσμευση με τον κόμβο του ζυγώματος



Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιήσαμε άλλη αρίθμηση για τους κόμβους για των ζυγμάτων (merge number 1) και άλλη για των τεγίδων (merge number 2).

Object Model - Point Information

Location | Assignments | Loads

Identification

Label: 938

Constraint	
Name	EQUAL56
Type	Equal
Restraint	None
Local Axes	Default
Springs	None
Masses	None
Panel Zone	None
Joint Patterns	None
Group	ALL
Group	ZYGOMATA4
Generalized Displs	None
RS Named Sets	None
Plot Functions	None
Merge Number	1

KN, m, C

Reset

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

Object Model - Point Information

Location | Assignments | Loads

Identification

Label: 961

Constraint	
Name	EQUAL56
Type	Equal
Restraint	None
Local Axes	Default
Springs	None
Masses	None
Panel Zone	None
Joint Patterns	None
Group	ALL
Generalized Displs	None
RS Named Sets	None
Plot Functions	None
Merge Number	2

KN, m, C

Reset

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

Μηκίδες

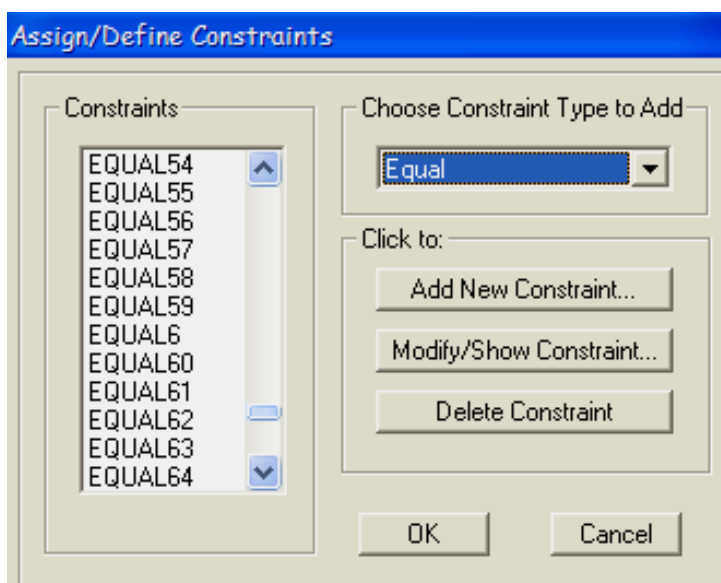
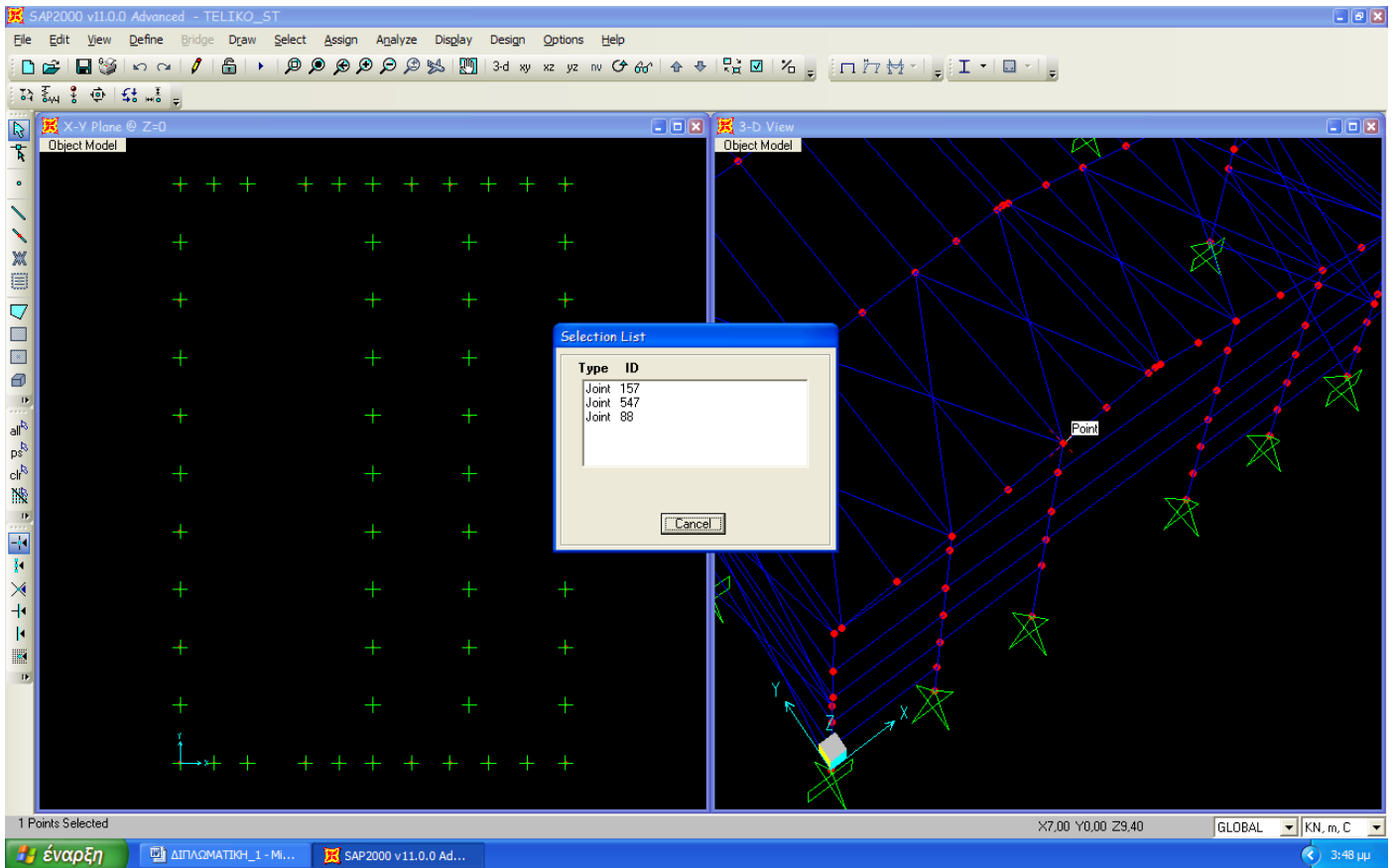
Αρχικά δίνονται οι ιδιότητες της διατομής τους , στρέφονται ο τοπικός άξονας 1 κατά 90 μοίρες και καθορίζονται οι συνοριακές συνθήκες των μελών, που όπως οι τεγίδες είναι αμφιαρθρωτές. Έτσι ελευθερώνουμε τις ροπές M2, M3 στα άκρα των μελών. Επίσης έχουν αμεληθεί όλες οι ακαμψίες κατά την ανάλυση του φορέα.

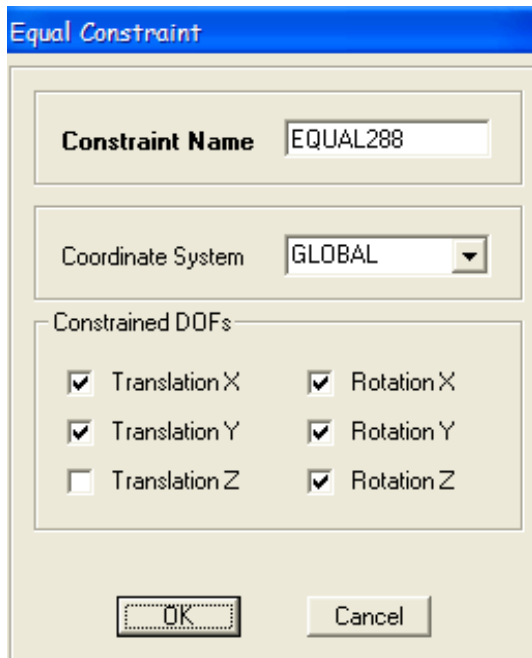
Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	0
Shear Area in 2 direction	0
Shear Area in 3 direction	0
Torsional Constant	0
Moment of Inertia about 2 axis	0
Moment of Inertia about 3 axis	0
Mass	1
Weight	1

Μετωπικά υποστυλώματα

Αρχικά και εδώ δίνονται οι ιδιότητες της διατομής τους, στρέφουμε τον τοπικό άξονα κατά 90 μοίρες και ελευθερώνουμε τις ροπές M2,M3 μόνο στο άκρο με το οποίο συνδέονται με τα ζυγώματα. Επίσης δίνουμε την κατάλληλη εκκεντρότητα στη σύνδεσή τους με το ζύγωμα αφήνοντας ελεύθερη την κατακόρυφη μετακίνηση του ζυγώματος κατά τον άξονα Z. Αυτό γιατί η σύνδεση θα γίνει με επιμήκεις οπές ώστε να μην καταπονείτε το μετωπικό υποστυλώμα με θλιπτικές δυνάμεις. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι στους κόμβους των μετωπικών υποστυλωμάτων δόθηκε merge number 0.

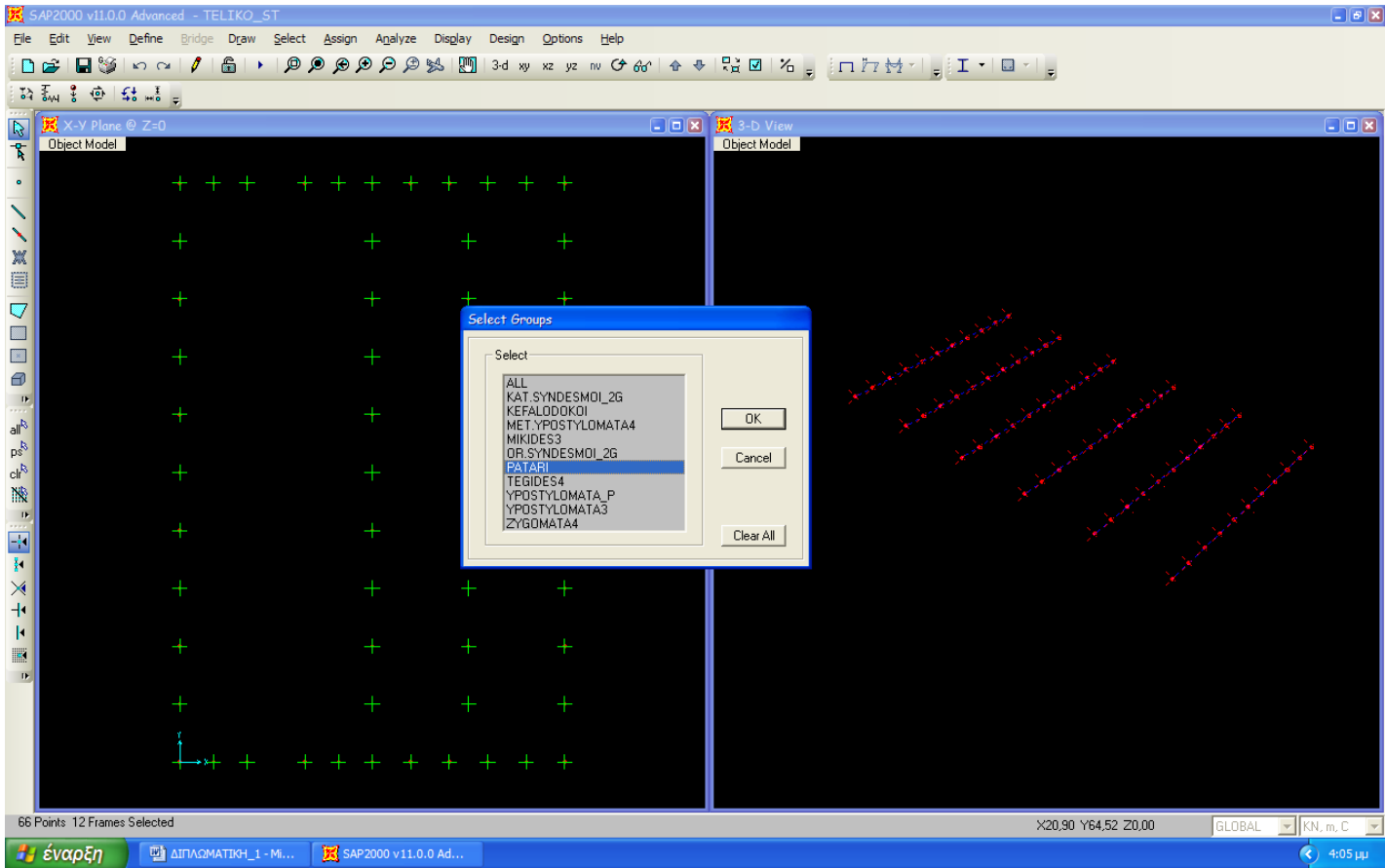
Ενδεικτικά δείχνουμε τη σύνδεση του κόμβου 88 :



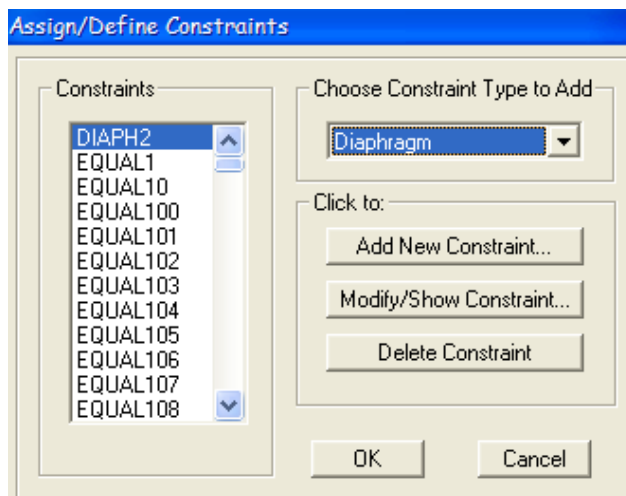
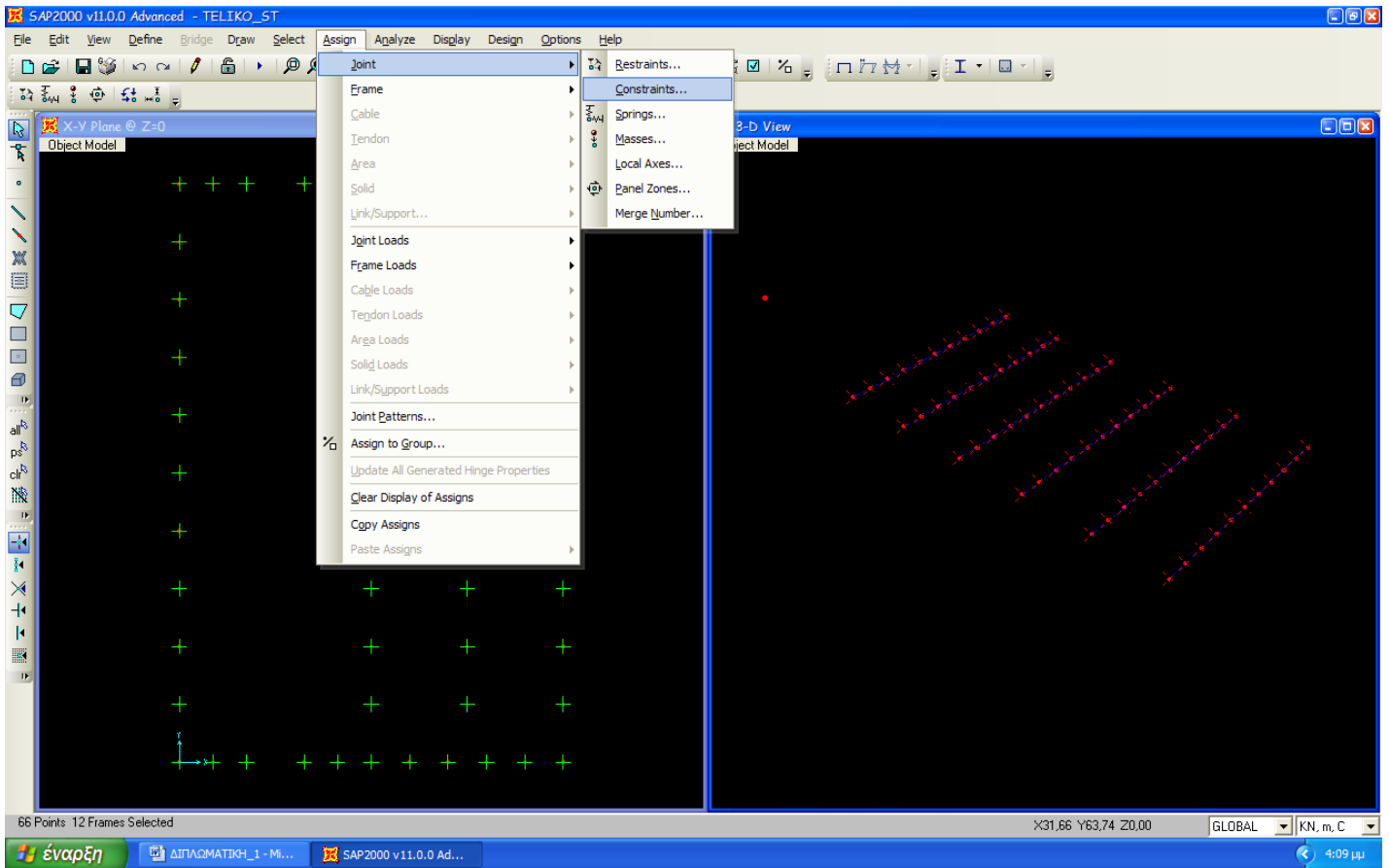


Τέλος στο χώρο γραφείων ακολουθήθηκε ανάλογη διαδικασία για να δοθούν οι ιδιότητες των διατομών των κυρίων δοκών. Επιπλέον σχεδιάστηκαν κόμβοι ανά 2 μέτρα (στις θέσεις στήριξης των διαδοκίδων οι οποίες είναι σύμμικτες και δεν θα αναλυθούν με το παρόν πρόγραμμα) οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλη προσομοίωση ως διάφραγμα με την εξής διαδικασία :

Αρχικά επιλέγουμε μόνο τους κόμβους του χώρου γραφείων



Έπειτα μέσω της εντολής diaphragm προσομοιώνεται η διαφραγματική λειτουργία της πλάκας σκυροδέματος



Diaphragm Constraint

Constraint Name

Coordinate System

Constraint Axis

X Axis Auto

Y Axis

Z Axis

Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level

7) Επιβολή φορτίων στην κατασκευή

Το επόμενο βήμα είναι η επιβολή των φορτίων χιονιού, ανέμου, χώρου γραφείων και σεισμού.

Αρχικά καθορίζονται τα φορτία χιονιού και ανέμου.

Φορτία χιονιού

Έπειτα επιλέγουμε την οροφή για να επιβάλουμε το φορτίο χιονιού και το φορτίο ανέμου της στέγης, σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 1, κατά τον κατακόρυφο άξονα Z και κατά τον τοπικό άξονα 2 αντίστοιχα.

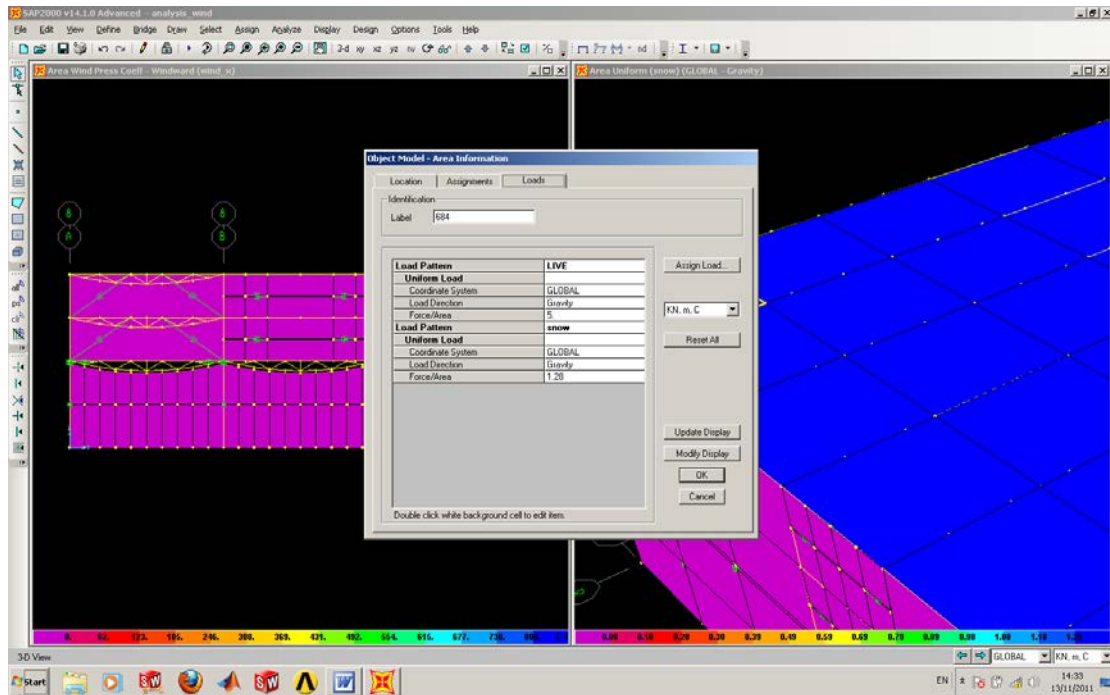
The dialog box 'Frame Distributed Loads' is shown with the following settings:

- Options:** A dropdown menu is set to 'ΧΙΟΝΙ'.
- Units:** A dropdown menu is set to 'KN, m, C'.
- Load Type and Direction:**
 - Forces, Moments
 - Coord Sys: GLOBAL
 - Direction: Gravity
- Options:**
 - Add to Existing Loads
 - Replace Existing Loads
 - Delete Existing Loads
- Trapezoidal Loads:**

	1.	2.	3.	4.
Distance	0,	0,25	0,75	1,
Load	0,	0,	0,	0,

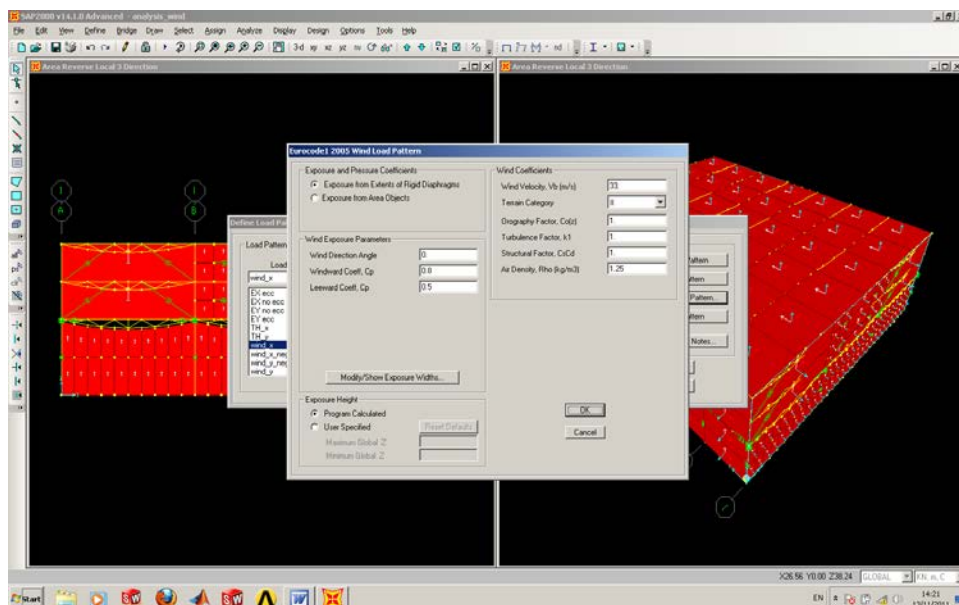
Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I
- Uniform Load:**
 - Load: 1,28

Buttons: OK, Cancel

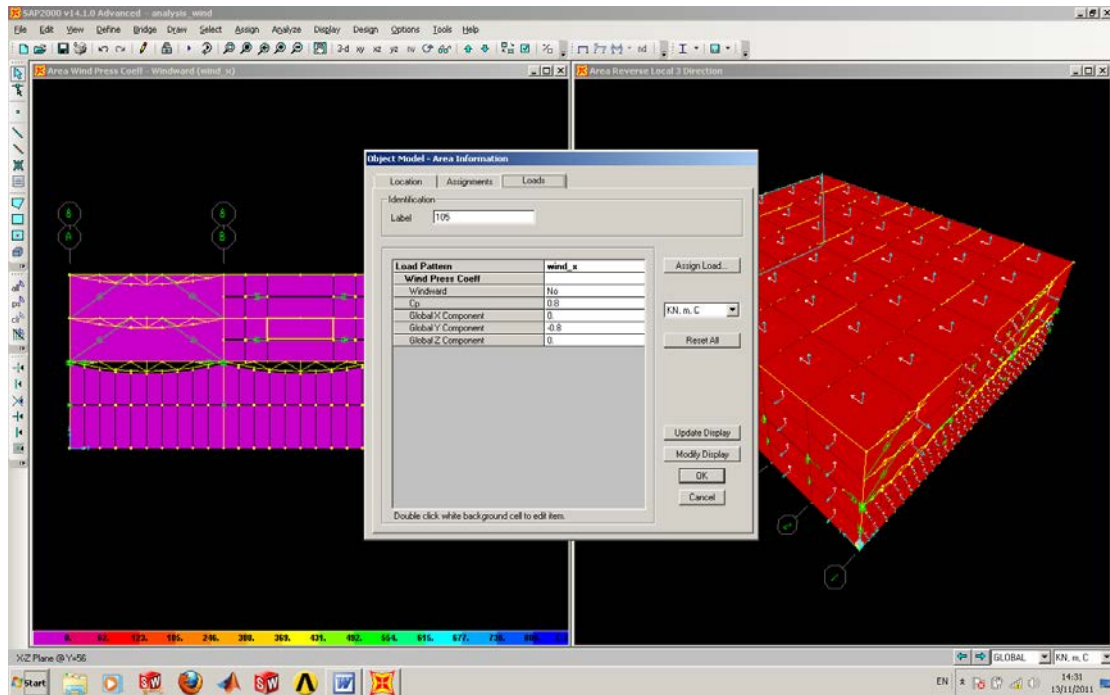


Η τελική εικόνα της φόρτισης του χιονιού είναι η εξής :

Μετά επιλέγουμε και πάλι τις μικήδες για την επιβολή του φορτίου ανέμου. Ο άνεμος wind_x είναι κατά την φορά του τοπικού άξονα 2 (αναρρόφηση) ενώ ο wind_x_negative κατά την αντίθετη φορά.



Η εικόνα της φόρτισης του wind_x είναι η εξής:

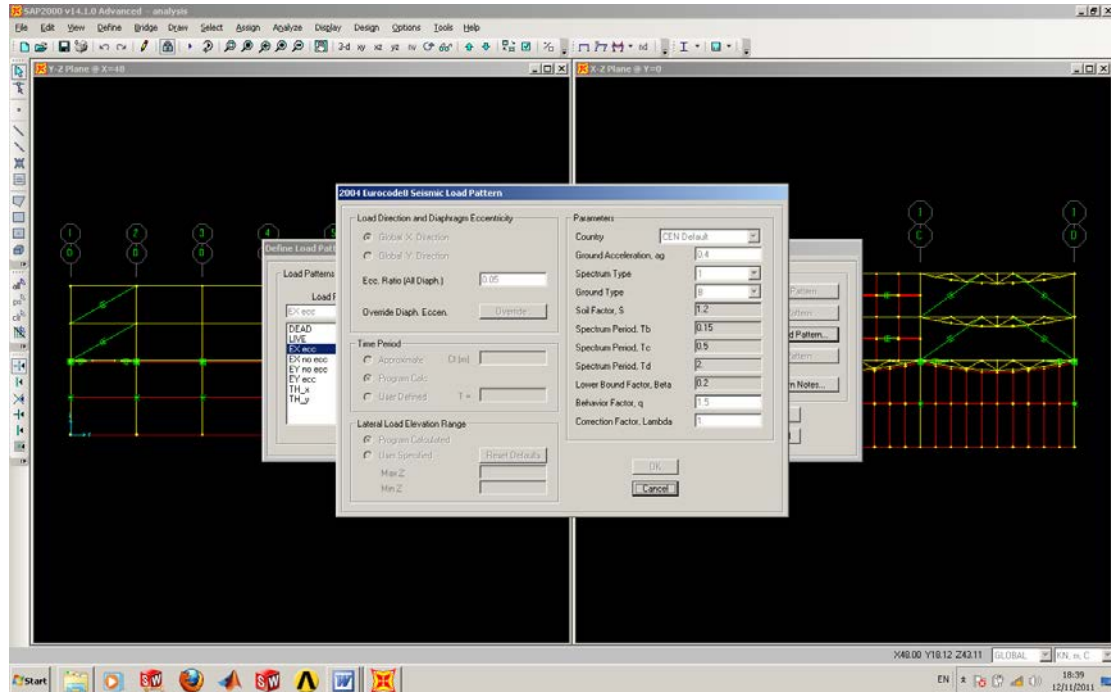


Υ διεύθυνση:

Κατά όμοιο τρόπο επιβάλλεται και το κινητό του οποίου η εικόνα της φόρτισης είναι αντίστοιχη :

Σεισμικό φορτίο

Αρχικά εισάγουμε το φάσμα του σεισμού για κατηγορία εδάφους Β κατά ΕΑΚ :



Κατόπιν καθορίζουμε την ανεξάρτητη δράση του σεισμού κατά τις διευθύνσεις X,Y. Έπειτα με το συνδυασμό αυτών των δύο δράσεων και τον πολλαπλασιασμό τους με τους κατάλληλους συντελεστές κατά ΕΑΚ (1 και 0,3) θα προκύψουν οι δράσεις για σεισμό κατά X και Y. Ο scale factor υπολογίζεται ως $\gamma_1 \Delta n \theta / q$

Analysis Case Data - Response Spectrum

Analysis Case Name: Notes:

Analysis Case Type:

Modal Combination: CQC SRSS ABS GMC 10 Pct Dbl Sum
 GMC f1: GMC f2:

Directional Combination: SRSS ABS
 Modified SRSS (Chinese)
 ABS Scale Factor:

Modal Analysis Case: Use Modes from this Modal Analysis Case:

Diaphragm Eccentricity: Eccentricity Ratio:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	<input type="text" value="U1"/>	<input type="text" value="EAK_B"/>	1,6954
Accel	<input type="text" value="U1"/>	<input type="text" value="EAK_B"/>	1,6954

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Analysis Case Data - Response Spectrum

Analysis Case Name: Notes:

Analysis Case Type:

Modal Combination: CQC SRSS ABS GMC 10 Pct Dbl Sum
 GMC f1: GMC f2:

Directional Combination: SRSS ABS
 Modified SRSS (Chinese)
 ABS Scale Factor:

Modal Analysis Case: Use Modes from this Modal Analysis Case:

Diaphragm Eccentricity: Eccentricity Ratio:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	<input type="text" value="U2"/>	<input type="text" value="EAK_B"/>	1,6954
Accel	<input type="text" value="U2"/>	<input type="text" value="EAK_B"/>	1,6954

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Επειδή αμελήσαμε τις όλες τις ακαμψίες των μηκίδων έπρεπε να ληφθούν 90 ιδιομορφές ώστε το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών να φθάσει στο 90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας κατά τον ΕΑΚ.

Analysis Case Data - Modal

Analysis Case Name: MODAL [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Analysis Case Type: Modal

Stiffness to Use:
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case [v]
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Type of Modes:
 Eigen Vectors
 Ritz Vectors

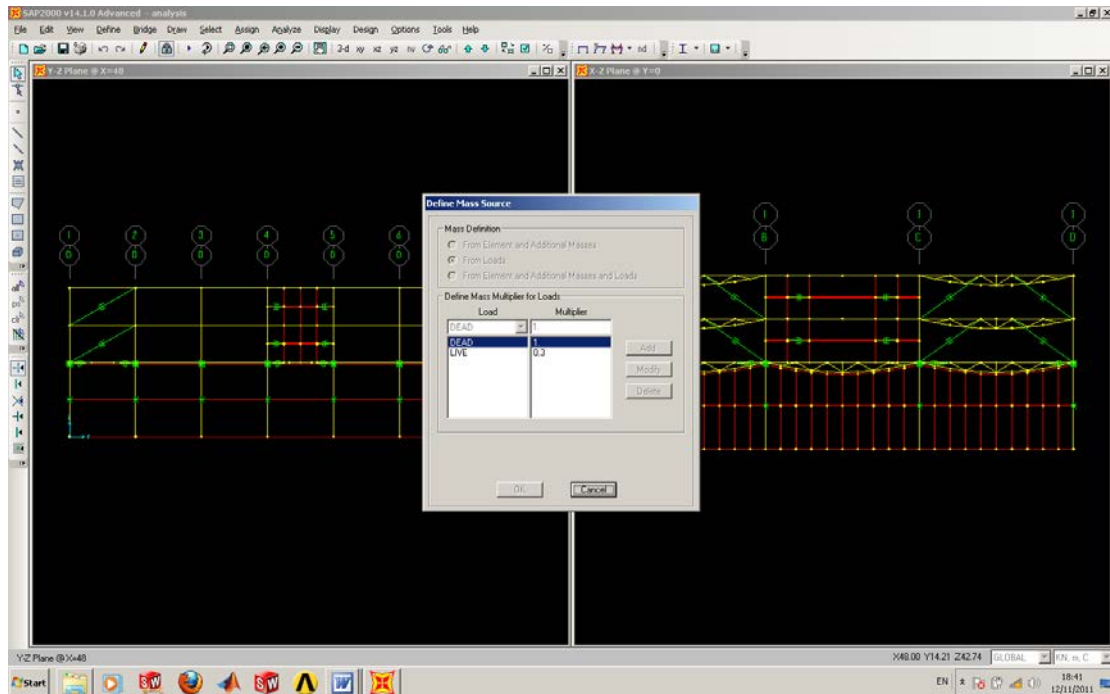
Number of Modes:
Maximum Number of Modes: 90
Minimum Number of Modes: 1

Loads Applied:
 Show Advanced Load Parameters

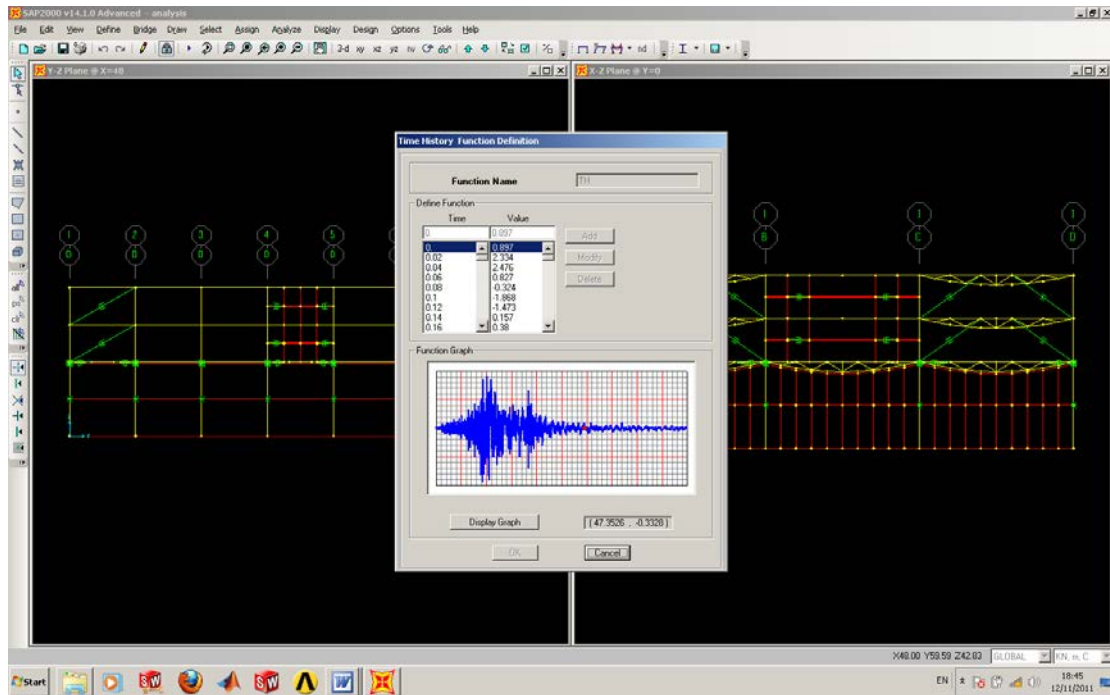
Other Parameters:
Frequency Shift (Center): 0.
Cutoff Frequency (Radius): 0.
Convergence Tolerance: 1.000E-09
 Allow Automatic Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

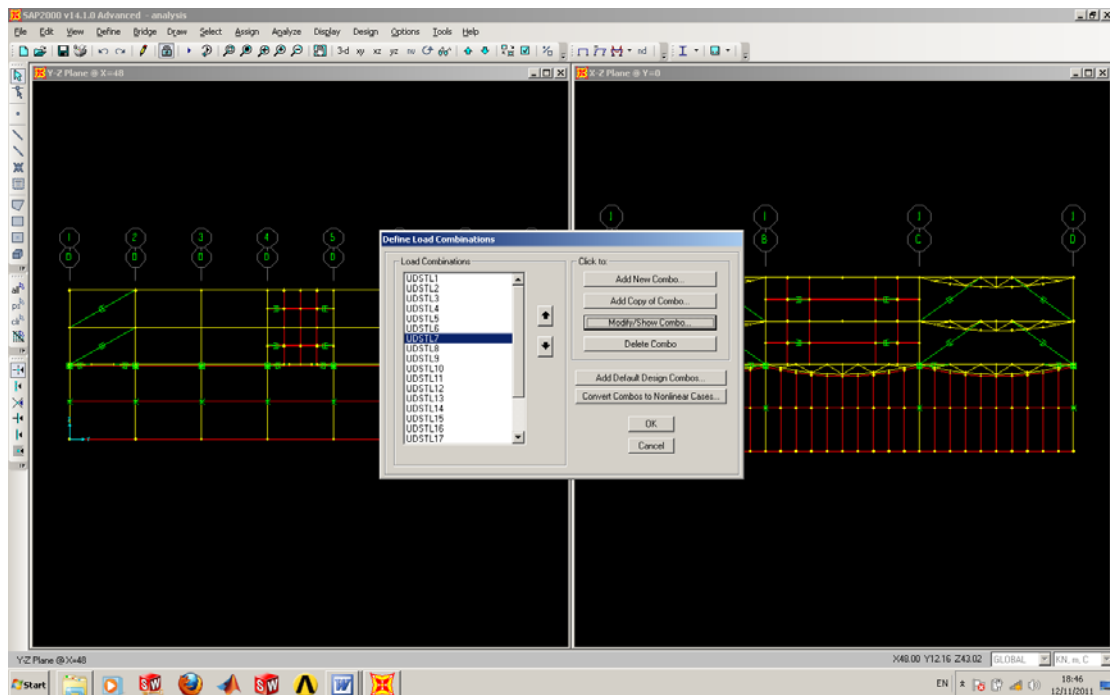
Τέλος ορίζουμε την μάζα του ταλαντευόμενου κτιρίου :



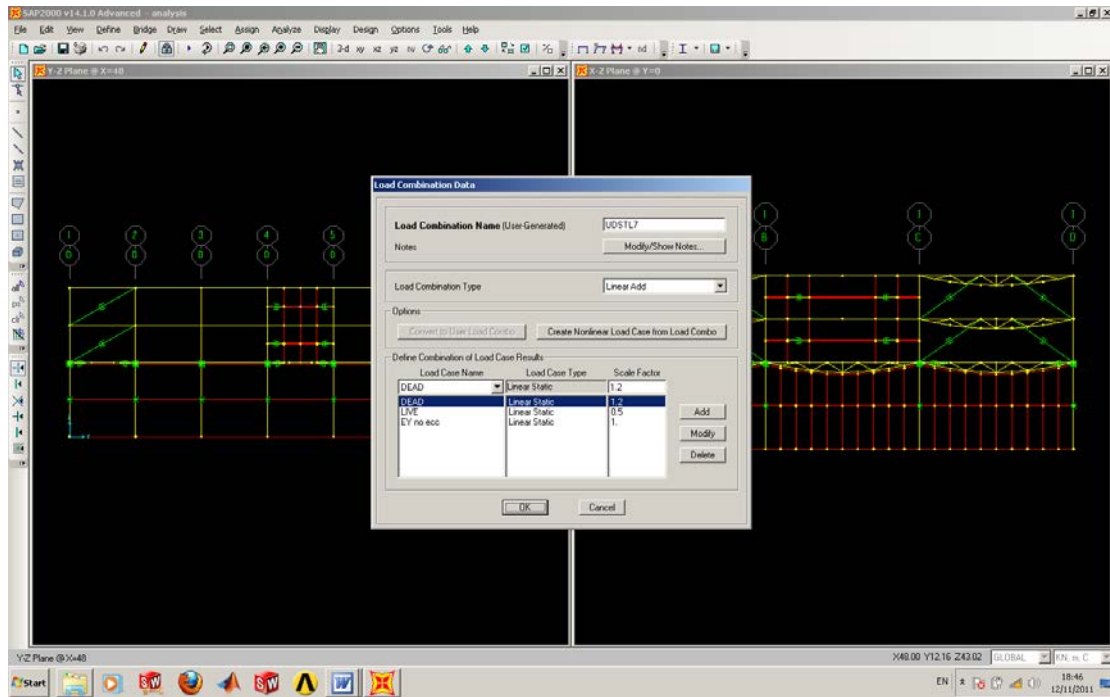
Ενώ για την χρονοιστορία έχω:



9) Τέλος καθορίζονται οι συνδυασμοί των δράσεων.



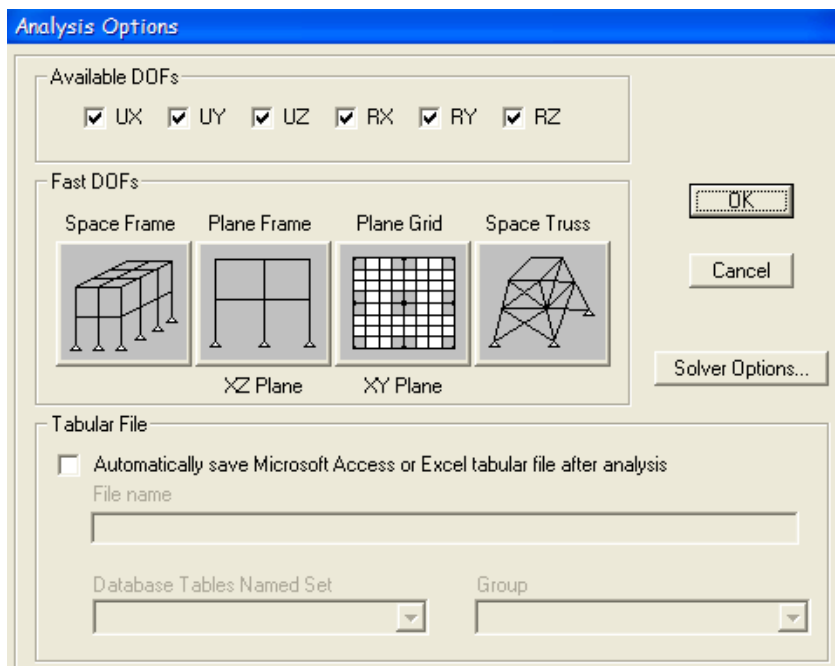
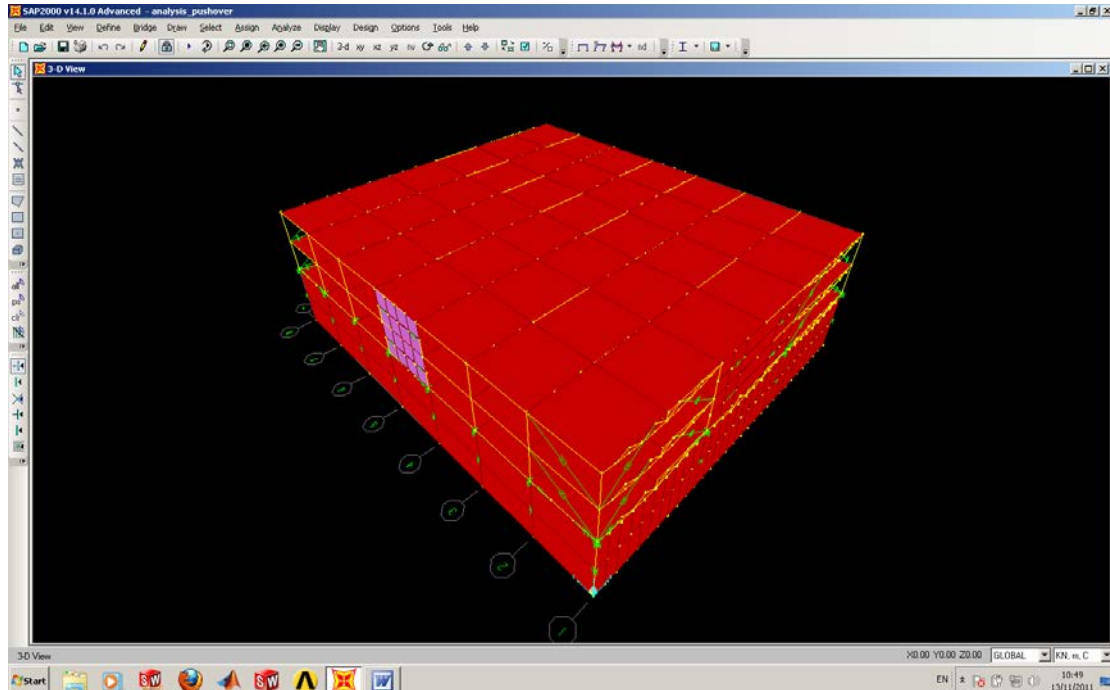
Ενδεικτικά τρεις συνδυασμοί είναι :



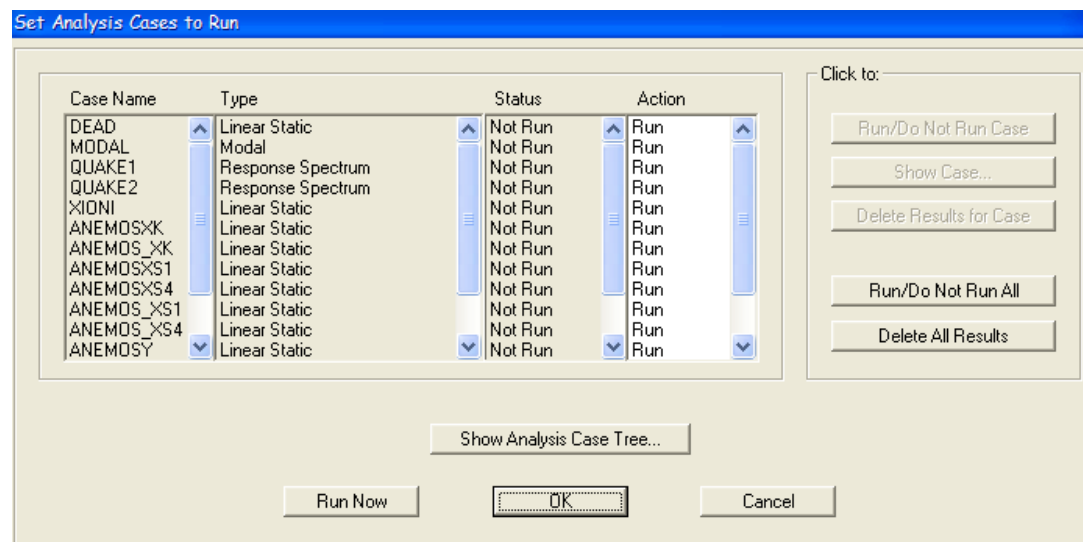
8) Ανάλυση του κτιρίου

Ακολουθεί η ανάλυση του κτιρίου:

Επιλέγουμε το χωρικό μοντέλο

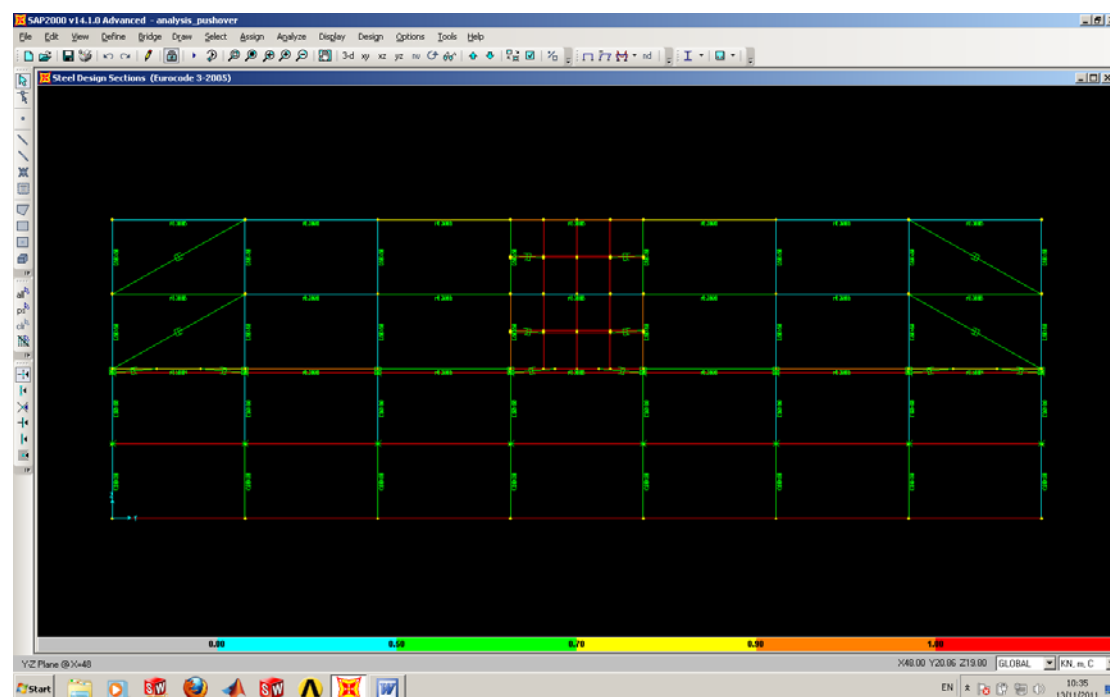


Και κατόπιν τρέχουμε το πρόγραμμα για τις διάφορες φορτίσεις

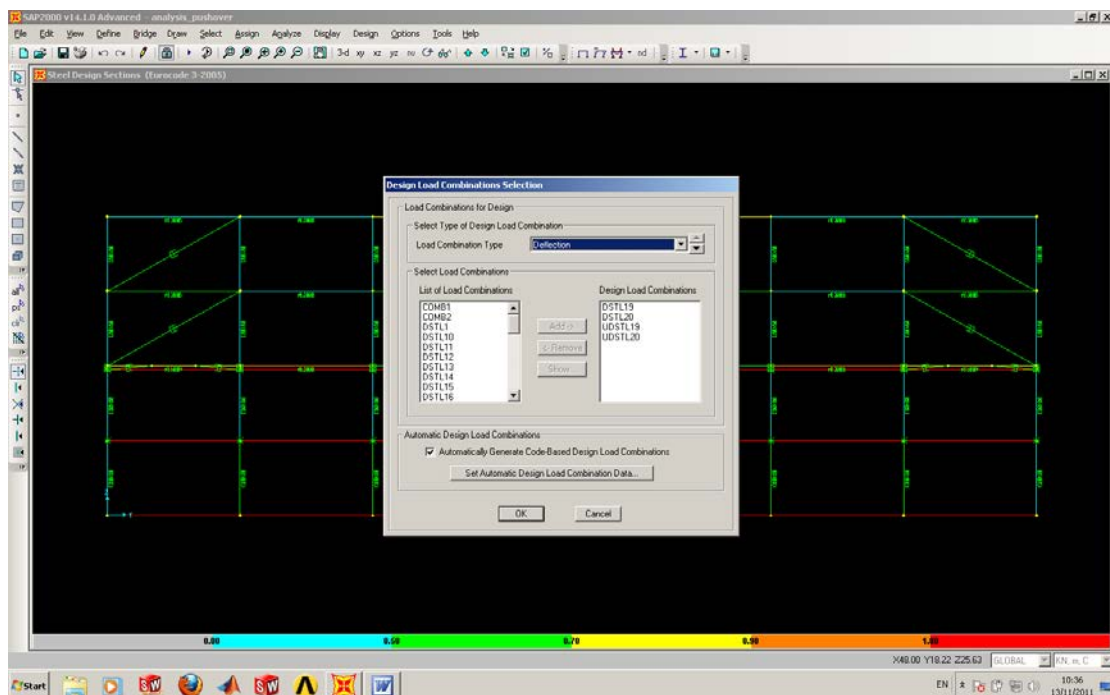
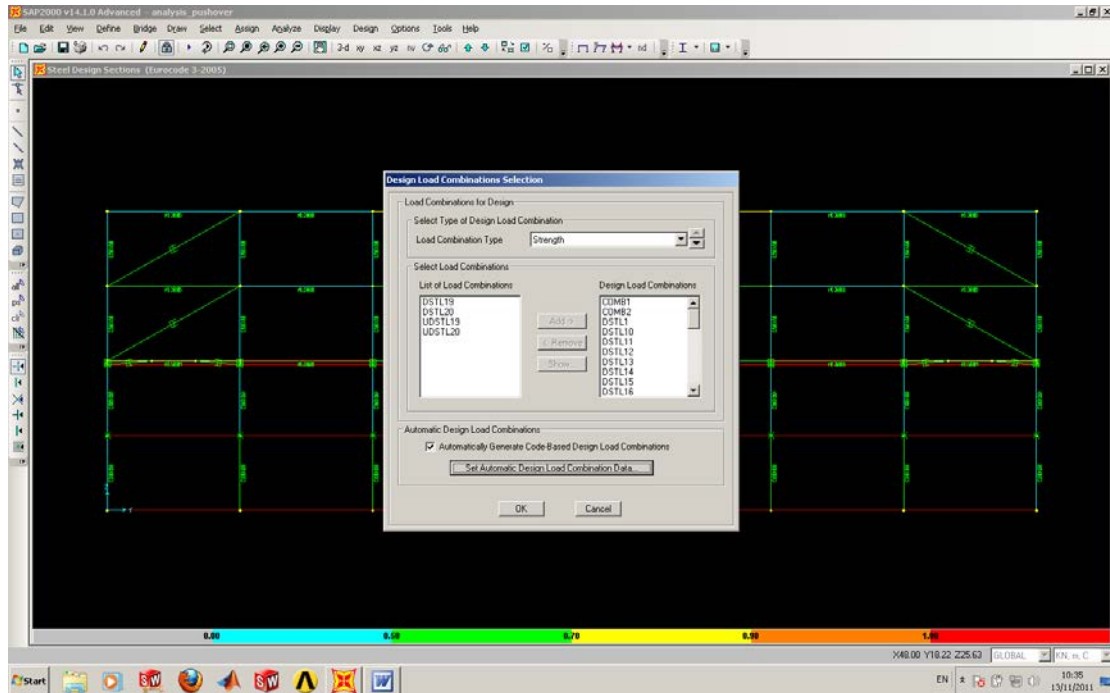


9) Σχεδιασμός κτιρίου

Επιλέγουμε τις ομάδες των μελών που θα σχεδιασθούν

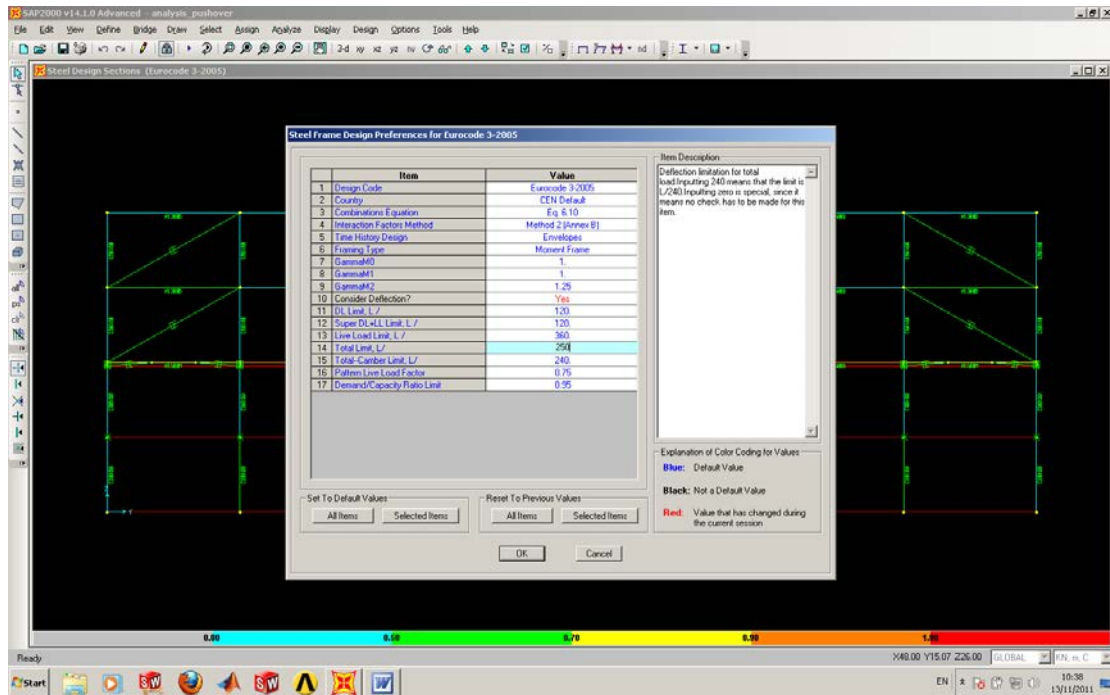


Καθορίζουμε τους συνδυασμούς φορτίσεων με βάση τους οποίους θα γίνει ο σχεδιασμός του κτιρίου για την ΟΚΑ και ΟΚΛ.

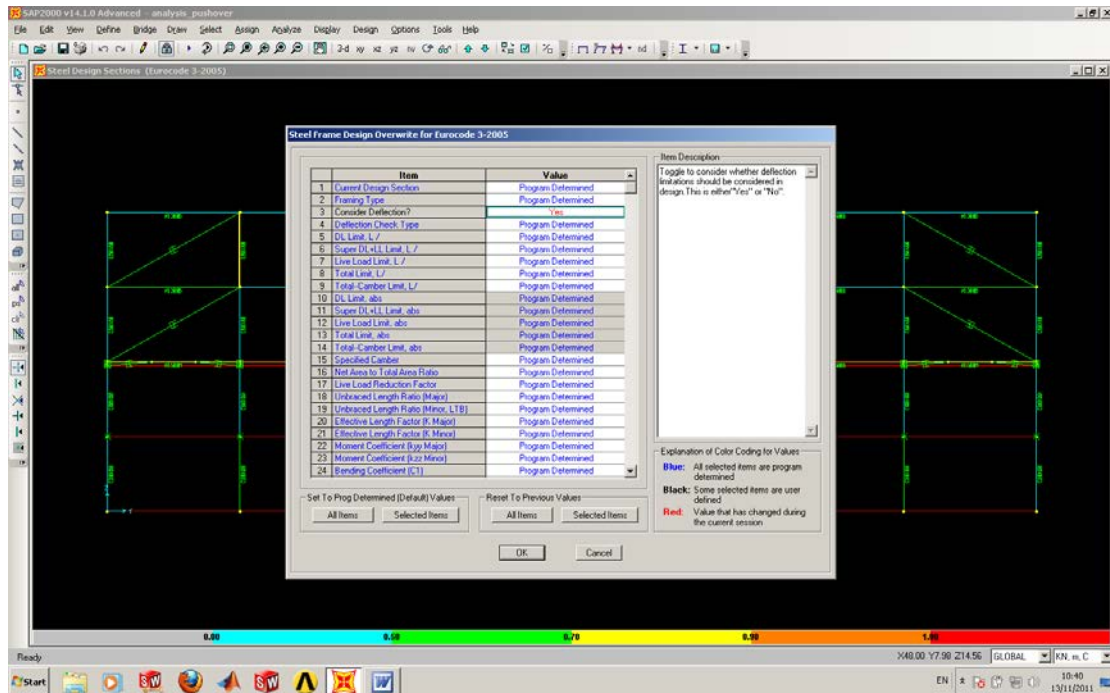


Καθορίζουμε τον κανονισμό με τον οποίο θα γίνει ο σχεδιασμός όπως και τις τιμές για τον

έλεγχο βελών στην ΟΚΛ.



Όπως έχουμε αναφέρει έχουν αμεληθεί τα θλιβόμενα στοιχεία και τα εφελκόμενα διαστασιολογούνται με με διπλάσια αξονική. Αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας το ποσοστό εκμετάλλευσης των διατομών 0,5 (stress ratio limit 0,5).



Steel Frame Design Overwrites for EUROCODE 3-1993

Item	Value
14 Total-Camber Limit, abs	Program Determined
15 Specified Camber	Program Determined
16 Net Area to Total Area Ratio	Program Determined
17 Live Load Reduction Factor	Program Determined
18 Unbraced Length Ratio (Major)	0,5
19 Unbraced Length Ratio (Minor, LTB)	0,5
20 Effective Length Factor (K Major)	0,5
21 Effective Length Factor (K Minor)	0,5
22 Moment Coefficient (k Major)	Program Determined
23 Moment Coefficient (k Minor)	Program Determined
24 Bending Coefficient (C1)	Program Determined
25 Moment Coefficient (k LTB)	Program Determined
26 NonSway Moment Factor	Program Determined
27 Sway Moment Factor (Psi Major)	Program Determined
28 Sway Moment Factor (Psi Minor)	Program Determined
29 Yield stress, Fy	Program Determined
30 Compressive Capacity, Nc.Rd	Program Determined
31 Tensile Capacity, Nt.Rd	Program Determined
32 Major Bending Capacity, Mc3.Rd	Program Determined
33 Minor Bending Capacity, Mc2.Rd	Program Determined
34 Buckling Resistance Moment, Mb.Rd	Program Determined
35 Major Shear Capacity, V2.Rd	Program Determined
36 Minor Shear Capacity, V3.Rd	Program Determined
37 Stress Ratio Limit	0,5

Item Description
Effective Length Factor (K Minor): Effective length factor for buckling about the frame object minor axis. This item is specified as a fraction of the frame object length. This factor times the frame object length gives the effective length for the object. Specifying 0 means the value is program determined. For beam design, this factor is always taken as 1 regardless of what may be specified in the overwrites. This factor is also used for determining the effective length for lateral-torsional buckling.
For symmetrical sections minor bending is bending about the local 2-axis. For unsymmetrical sections (e.g., angles) minor bending is the bending about the section principal axis with the smaller moment of inertia.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: All selected items are program determined
Black: Some selected items are user defined
Red: Value that has changed during the current session

Set To Prog Determined (Default) Values: All Items, Selected Items
Reset To Previous Values: All Items, Selected Items

OK Cancel

Παρακάτω παρουσιάζεται τμήμα από την χρονοιστορία της ανάλυσης

Table: Function - Time History - User

Table: Function - Time History - User

Name	Time Sec	Value
TH	0.0000	0.897000
TH	0.0200	2.334000
TH	0.0400	2.476000
TH	0.0600	0.827000
TH	0.0800	-0.324000
TH	0.1000	-1.868000
TH	0.1200	-1.473000
TH	0.1400	0.157000
TH	0.1600	0.380000
TH	0.1800	0.276000
TH	0.2000	-1.445000
TH	0.2200	-2.409000
TH	0.2400	-1.557000
TH	0.2600	-0.708000
TH	0.2800	0.366000
TH	0.3000	-1.842000
TH	0.3200	-4.163000
TH	0.3400	-2.422000
TH	0.3600	-0.173000
TH	0.3800	0.190000
TH	0.4000	0.647000
TH	0.4200	-0.038000
TH	0.4400	-1.676000
TH	0.4600	-2.280000
TH	0.4800	-1.682000
TH	0.5000	0.219000
TH	0.5200	2.012000
TH	0.5400	2.352000
TH	0.5600	0.882000
TH	0.5800	0.159000
TH	0.6000	0.748000
TH	0.6200	-1.856000
TH	0.6400	-4.277000
TH	0.6600	-0.193000
TH	0.6800	0.576000
TH	0.7000	0.308000
TH	0.7200	0.132000
TH	0.7400	1.214000
TH	0.7600	2.548000
TH	0.7800	-2.257000
TH	0.8000	-2.143000
TH	0.8200	2.805000
TH	0.8400	2.123000
TH	0.8600	-0.083000
TH	0.8800	1.057000
TH	0.9000	3.138000
TH	0.9200	1.442000
TH	0.9400	-2.408000
TH	0.9600	-1.380000
TH	0.9800	2.325000
TH	1.0000	1.985000
TH	1.0200	0.503000

Table: Function - Time History - User

Name	Time Sec	Value
TH	1.0400	3.010000
TH	1.0600	1.074000
TH	1.0800	-2.413000
TH	1.1000	-0.622000
TH	1.1200	0.066000
TH	1.1400	0.381000
TH	1.1600	2.348000
TH	1.1800	-0.404000
TH	1.2000	0.724000
TH	1.2200	1.708000
TH	1.2400	-2.400000
TH	1.2600	-1.198000
TH	1.2800	-0.116000
TH	1.3000	0.093000
TH	1.3200	-0.152000
TH	1.3400	3.668000
TH	1.3600	6.024000
TH	1.3800	0.239000
TH	1.4000	2.255000
TH	1.4200	3.313000
TH	1.4400	-3.069000
TH	1.4600	-3.482000
TH	1.4800	-1.966000
TH	1.5000	2.515000
TH	1.5200	2.616000
TH	1.5400	-0.081000
TH	1.5600	4.702000
TH	1.5800	4.243000
TH	1.6000	-0.298000
TH	1.6200	1.025000
TH	1.6400	1.448000
TH	1.6600	0.134000
TH	1.6800	-0.357000
TH	1.7000	1.587000
TH	1.7200	1.240000
TH	1.7400	-0.108000
TH	1.7600	-0.947000
TH	1.7800	-2.900000
TH	1.8000	-2.676000
TH	1.8200	-3.724000
TH	1.8400	7.206000
TH	1.8600	12.845000
TH	1.8800	1.403000
TH	1.9000	-4.772000
TH	1.9200	-1.477000
TH	1.9400	2.970000
TH	1.9600	-1.030000
TH	1.9800	-3.992000
TH	2.0000	6.086000
TH	2.0200	4.240000
TH	2.0400	-9.150000
TH	2.0600	-5.470000
TH	2.0800	8.072000
TH	2.1000	2.025000
TH	2.1200	-6.115000
TH	2.1400	4.910000

Table: Function - Time History - User

Name	Time Sec	Value
TH	2.1600	10.908000
TH	2.1800	3.101000
TH	2.2000	-3.274000
TH	2.2200	6.535000
TH	2.2400	6.867000
TH	2.2600	-1.654000
TH	2.2800	-1.893000
TH	2.3000	-0.302000
TH	2.3200	1.315000
TH	2.3400	-1.595000
TH	2.3600	-2.388000
TH	2.3800	4.019000
TH	2.4000	2.890000
TH	2.4200	-5.067000
TH	2.4400	-6.048000
TH	2.4600	-1.999000
TH	2.4800	5.230000
TH	2.5000	4.436000
TH	2.5200	-3.004000
TH	2.5400	-10.057000
TH	2.5600	-9.888000
TH	2.5800	-5.201000
TH	2.6000	2.357000
TH	2.6200	-2.121000
TH	2.6400	-4.464000
TH	2.6600	4.851000
TH	2.6800	2.193000
TH	2.7000	-4.209000
TH	2.7200	-3.485000
TH	2.7400	4.939000
TH	2.7600	-0.367000
TH	2.7800	-3.881000
TH	2.8000	-0.598000
TH	2.8200	1.435000
TH	2.8400	-6.289000
TH	2.8600	-16.769000
TH	2.8800	-6.689000
TH	2.9000	1.954000
TH	2.9200	-4.456000
TH	2.9400	-5.562000
TH	2.9600	2.163000
TH	2.9800	4.897000
TH	3.0000	4.937000
TH	3.0200	9.305000
TH	3.0400	1.640000
TH	3.0600	-10.805000
TH	3.0800	-8.070000
TH	3.1000	2.160000
TH	3.1200	11.415000
TH	3.1400	12.452000
TH	3.1600	5.993000
TH	3.1800	-6.534000
TH	3.2000	-7.126000
TH	3.2200	1.072000
TH	3.2400	11.339000
TH	3.2600	10.399000

Table: Function - Time History - User

Name	Time Sec	Value
TH	3.2800	-3.049000
TH	3.3000	-11.931000
TH	3.3200	-5.029000
TH	3.3400	5.538000
TH	3.3600	-0.154000
TH	3.3800	-9.846000
TH	3.4000	-10.605000
TH	3.4200	-5.933000
TH	3.4400	1.043000
TH	3.4600	15.511000
TH	3.4800	4.104000
TH	3.5000	-14.424000
TH	3.5200	-10.270000
TH	3.5400	3.298000
TH	3.5600	10.314000
TH	3.5800	-0.412000
TH	3.6000	-4.216000
TH	3.6200	-0.967000
TH	3.6400	1.725000
TH	3.6600	3.653000
TH	3.6800	1.751000
TH	3.7000	5.269000
TH	3.7200	-7.119000
TH	3.7400	-12.647000
TH	3.7600	-2.580000
TH	3.7800	2.163000
TH	3.8000	-1.022000
TH	3.8200	-3.527000
TH	3.8400	7.038000
TH	3.8600	1.847000
TH	3.8800	-3.761000
TH	3.9000	-4.211000
TH	3.9200	3.207000
TH	3.9400	10.970000
TH	3.9600	9.124000
TH	3.9800	13.155000
TH	4.0000	6.458000
TH	4.0200	-5.935000
TH	4.0400	-11.524000
TH	4.0600	-6.364000
TH	4.0800	10.388000
TH	4.1000	7.868000
TH	4.1200	1.594000
TH	4.1400	2.714000
TH	4.1600	-2.655000
TH	4.1800	-4.396000
TH	4.2000	6.597000
TH	4.2200	10.879000
TH	4.2400	-2.829000
TH	4.2600	-7.295000
TH	4.2800	-4.159000
TH	4.3000	-7.280000
TH	4.3200	-18.251000
TH	4.3400	-17.043000
TH	4.3600	0.041000
TH	4.3800	8.325000

Table: Function - Time History - User

Name	Time Sec	Value
TH	4.4000	2.503000
TH	4.4200	5.409000
TH	4.4400	10.594000
TH	4.4600	9.191000
TH	4.4800	5.466000
TH	4.5000	5.638000
TH	4.5200	7.489000
TH	4.5400	-6.392000
TH	4.5600	-12.339000
TH	4.5800	-5.429000
TH	4.6000	-0.977000

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1.000000	0.773834	0.50851	3.433E-11	6.560E-12	0.50851	3.433E-11
MODAL	Mode	2.000000	0.544122	4.135E-11	0.48649	1.098E-09	0.50851	0.48649
MODAL	Mode	3.000000	0.380064	5.971E-08	2.779E-06	3.486E-12	0.50851	0.48650
MODAL	Mode	4.000000	0.293919	0.00086	4.224E-12	1.943E-05	0.50937	0.48650
MODAL	Mode	5.000000	0.292031	3.583E-08	1.050E-09	0.37009	0.50937	0.48650
MODAL	Mode	6.000000	0.277833	1.223E-12	1.010E-09	0.15573	0.50937	0.48650
MODAL	Mode	7.000000	0.277223	5.158E-12	4.049E-08	0.00820	0.50937	0.48650
MODAL	Mode	8.000000	0.276691	7.680E-12	0.00104	4.369E-05	0.50937	0.48753
MODAL	Mode	9.000000	0.276204	3.058E-10	4.173E-06	0.00812	0.50937	0.48754
MODAL	Mode	10.000000	0.275311	1.291E-09	6.918E-07	1.063E-05	0.50937	0.48754
MODAL	Mode	11.000000	0.275279	1.050E-10	1.561E-07	0.00607	0.50937	0.48754
MODAL	Mode	12.000000	0.268458	2.158E-14	2.491E-05	5.520E-10	0.50937	0.48756

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3**Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3****Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3**

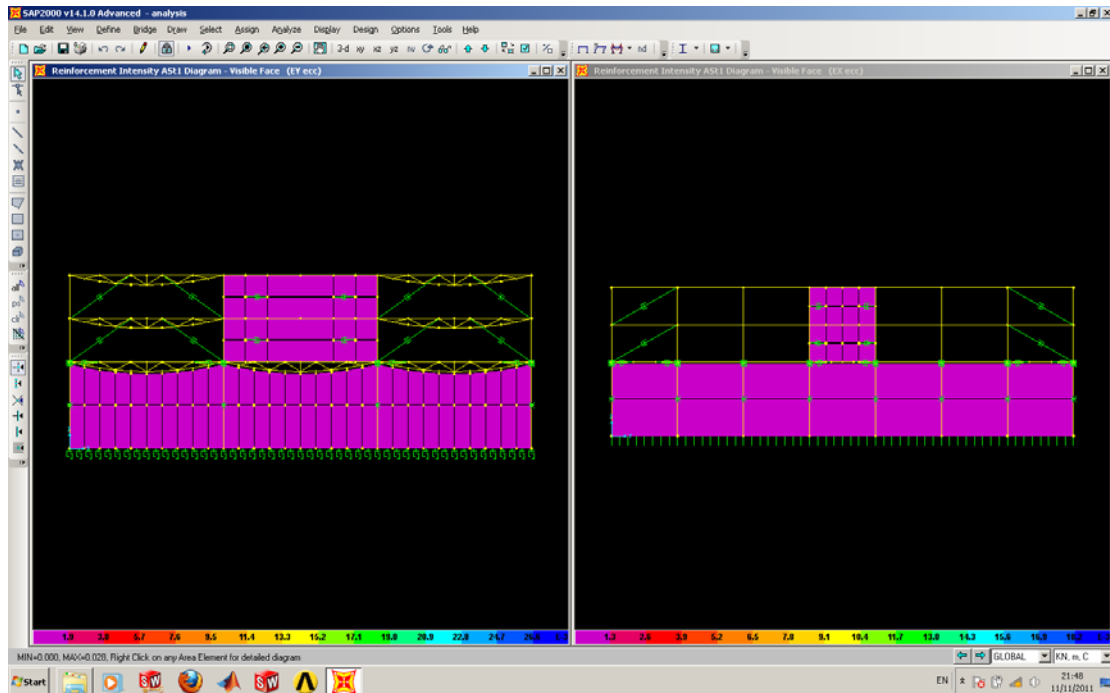
OutputCase	StepType	StepNum	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
MODAL	Mode	1.000000	6.560E-12	2.108E-11	0.10786	0.21611	2.108E-11	0.10786
MODAL	Mode	2.000000	1.104E-09	0.08564	8.491E-10	0.15137	0.08564	0.10786
MODAL	Mode	3.000000	1.108E-09	6.032E-07	1.574E-10	0.13031	0.08564	0.10786
MODAL	Mode	4.000000	1.943E-05	1.288E-05	0.11704	0.00037	0.08565	0.22490
MODAL	Mode	5.000000	0.37010	0.24823	0.24239	1.090E-08	0.33388	0.46729
MODAL	Mode	6.000000	0.52584	0.10443	0.10099	3.415E-10	0.43831	0.56828
MODAL	Mode	7.000000	0.53404	0.00575	0.00532	1.317E-08	0.44406	0.57360
MODAL	Mode	8.000000	0.53408	0.07235	2.843E-05	0.00033	0.51641	0.57363
MODAL	Mode	9.000000	0.54220	0.00829	0.00524	1.290E-06	0.52471	0.57887
MODAL	Mode	10.000000	0.54221	8.611E-05	5.255E-06	5.710E-07	0.52479	0.57888
MODAL	Mode	11.000000	0.54828	0.00365	0.00395	5.184E-08	0.52844	0.58282
MODAL	Mode	12.000000	0.54828	0.00832	1.980E-10	8.001E-06	0.53676	0.58282

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3

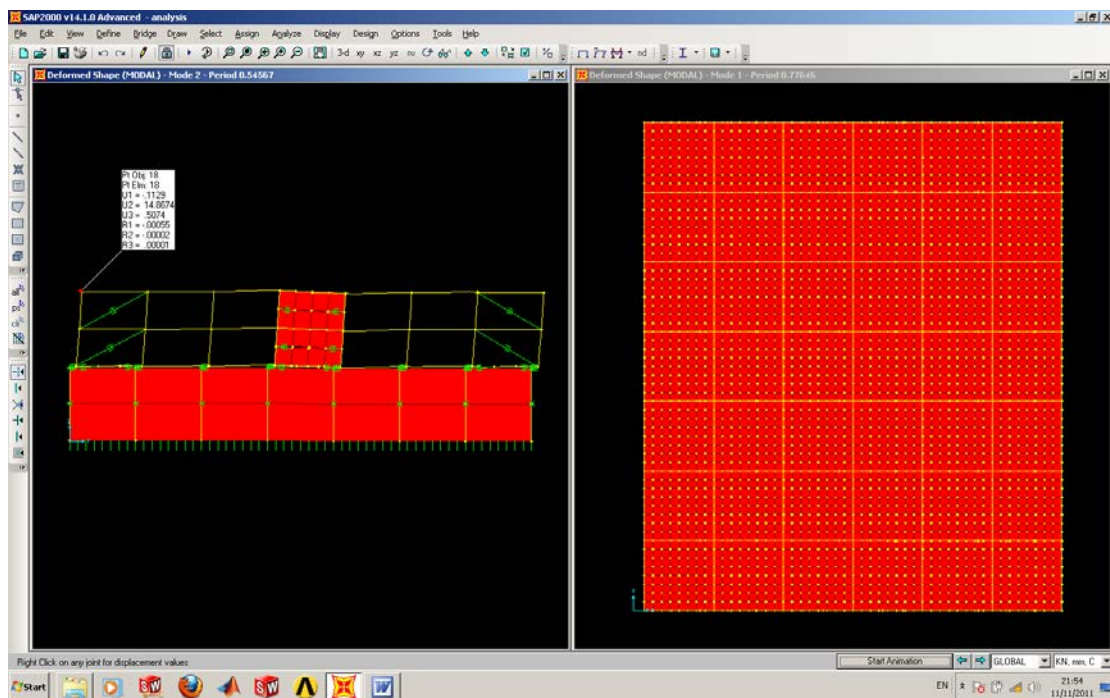
OutputCase	StepType	StepNum	SumRZ
MODAL	Mode	1.000000	0.21611
MODAL	Mode	2.000000	0.36748
MODAL	Mode	3.000000	0.49779
MODAL	Mode	4.000000	0.49815
MODAL	Mode	5.000000	0.49815
MODAL	Mode	6.000000	0.49815
MODAL	Mode	7.000000	0.49815
MODAL	Mode	8.000000	0.49848
MODAL	Mode	9.000000	0.49848
MODAL	Mode	10.000000	0.49848
MODAL	Mode	11.000000	0.49848
MODAL	Mode	12.000000	0.49849

10) Αποτελέσματα ανάλυσης

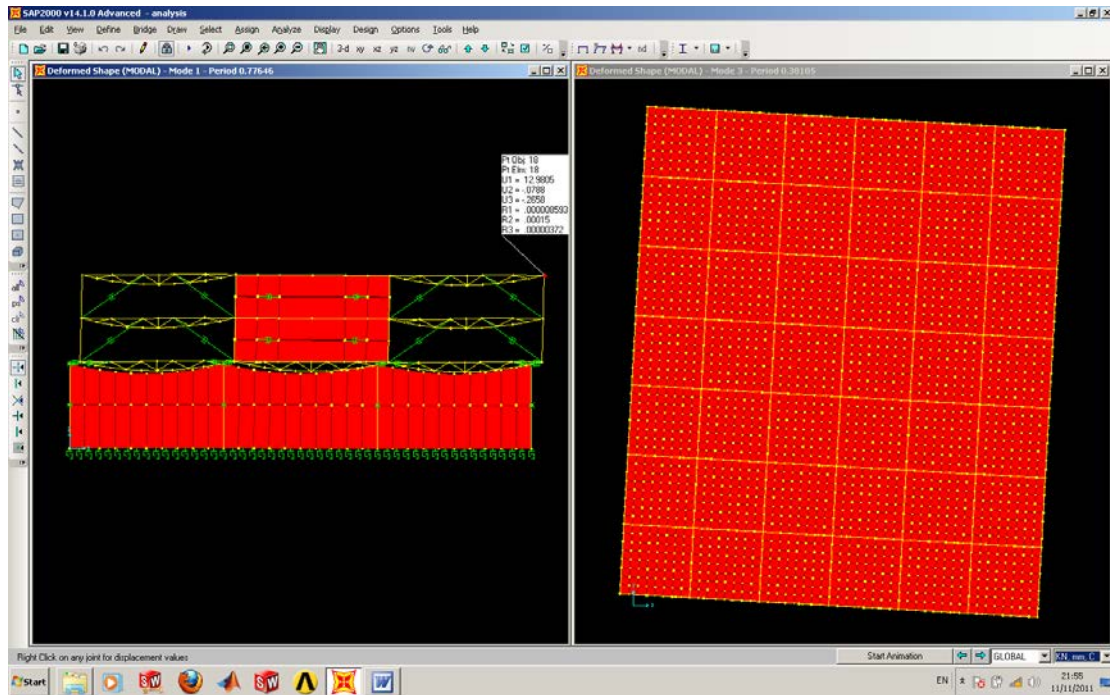


Έλεγχος των τοιχίων όσον αφορά τον οπλισμό

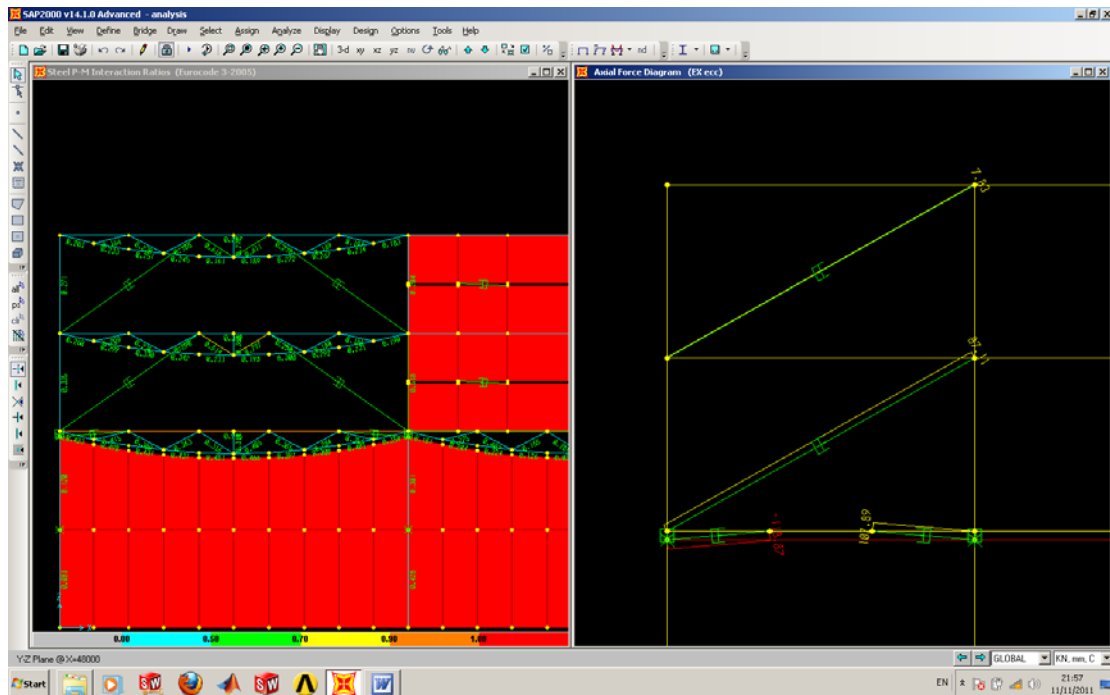
Λόγω του οπλισμού που έχω τοποθετήσει και στις δύο διευθύνσεις δεν χρειάζεται επιπλέον οπλισμός



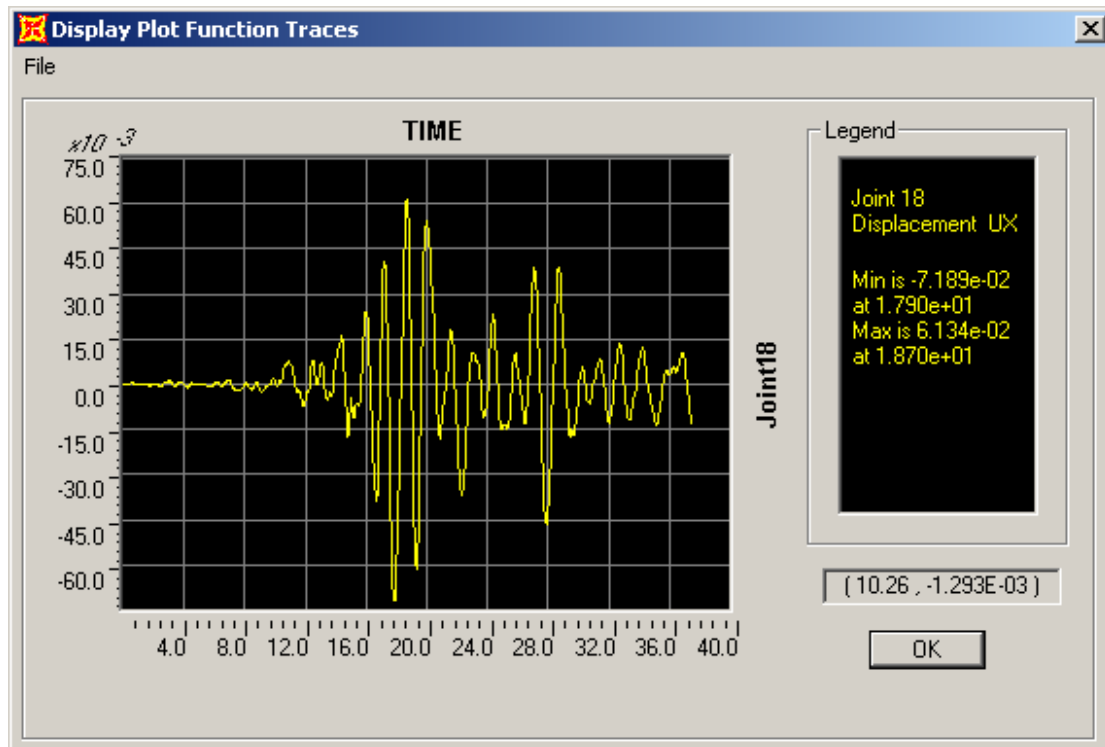
Εδώ παρουσιάζεται η δεύτερη ιδιομορφή του κτιρίου η οποία είναι μετακινησιακή κατά Y



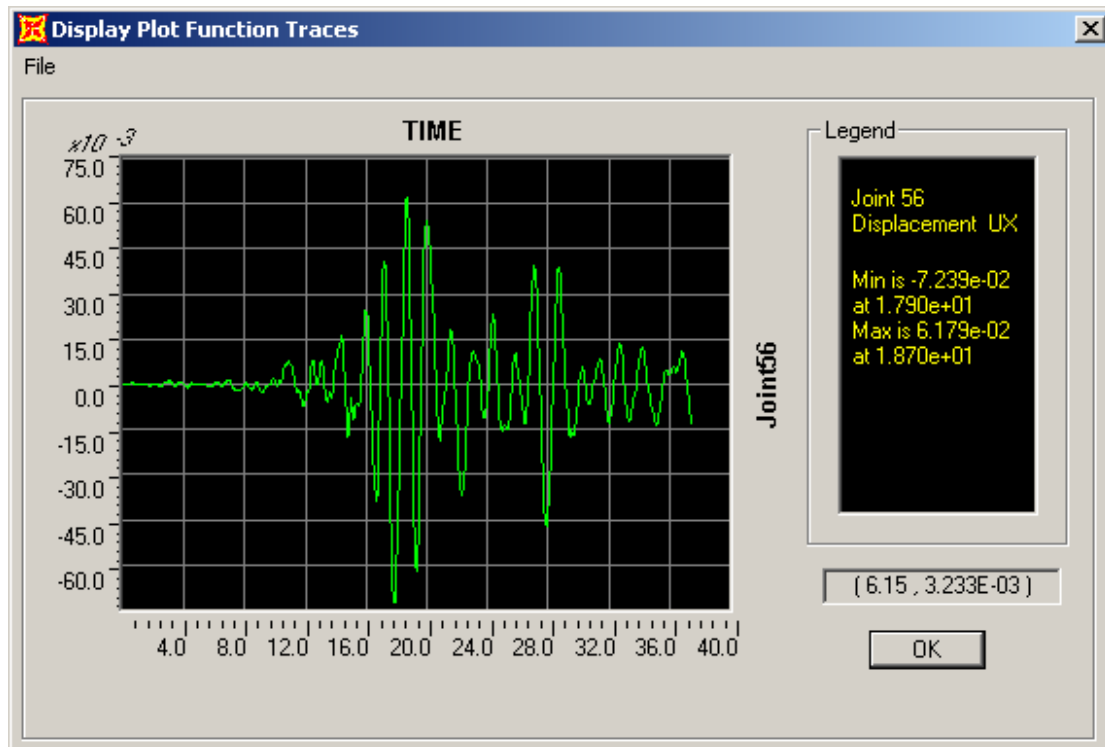
Εδώ παρουσιάζεται η πρώτη ιδιομορφή του κτιρίου η οποία είναι μετακνησιακή κατά X



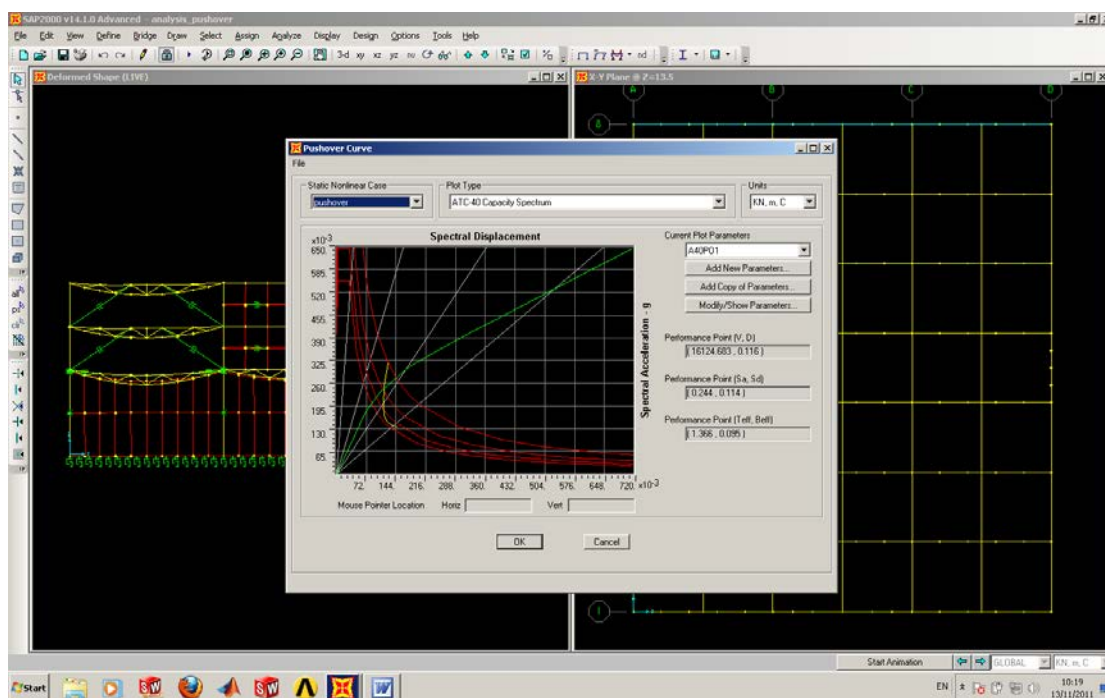
Εδώ παρουσιάζεται ο έλεγχος των μελών του κτιρίου όπως επίσης και οι αξονικές δυνάμεις των αποσβεστηρών



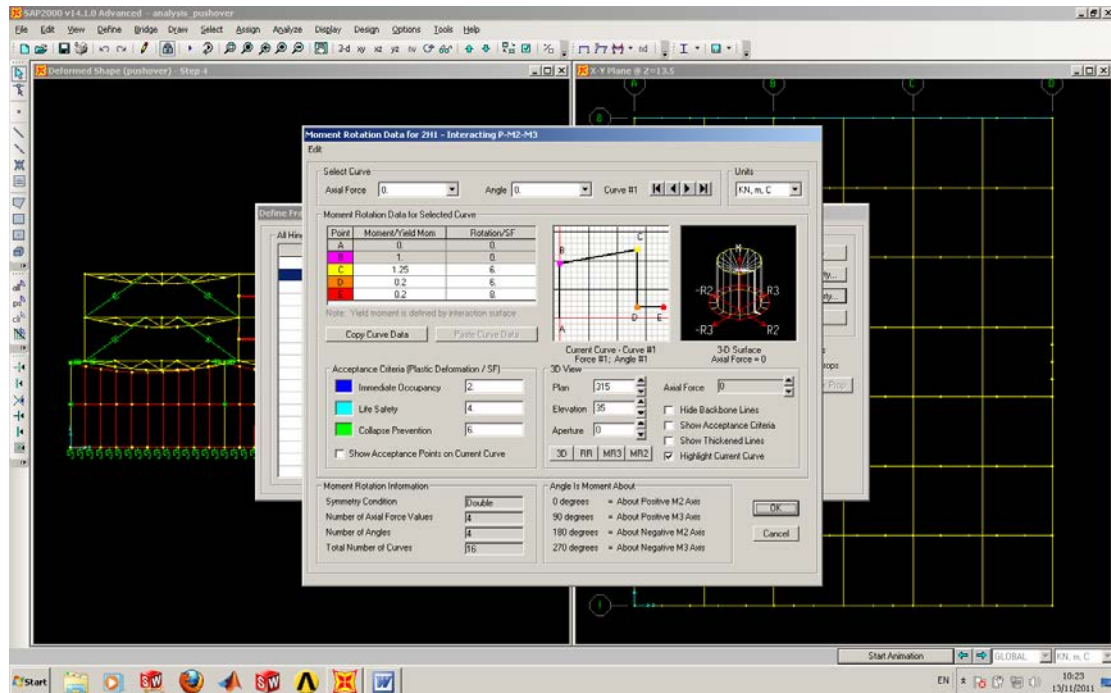
Παρουσίαση της συμπεριφοράς του σημείου 18 κατά την διεύθυνση X του σεισμού με χρόνο-ιστορία



Παρουσίαση της συμπεριφοράς του σημείου 56 κατά την διεύθυνση Y του σεισμού με χρόνο-ιστορία



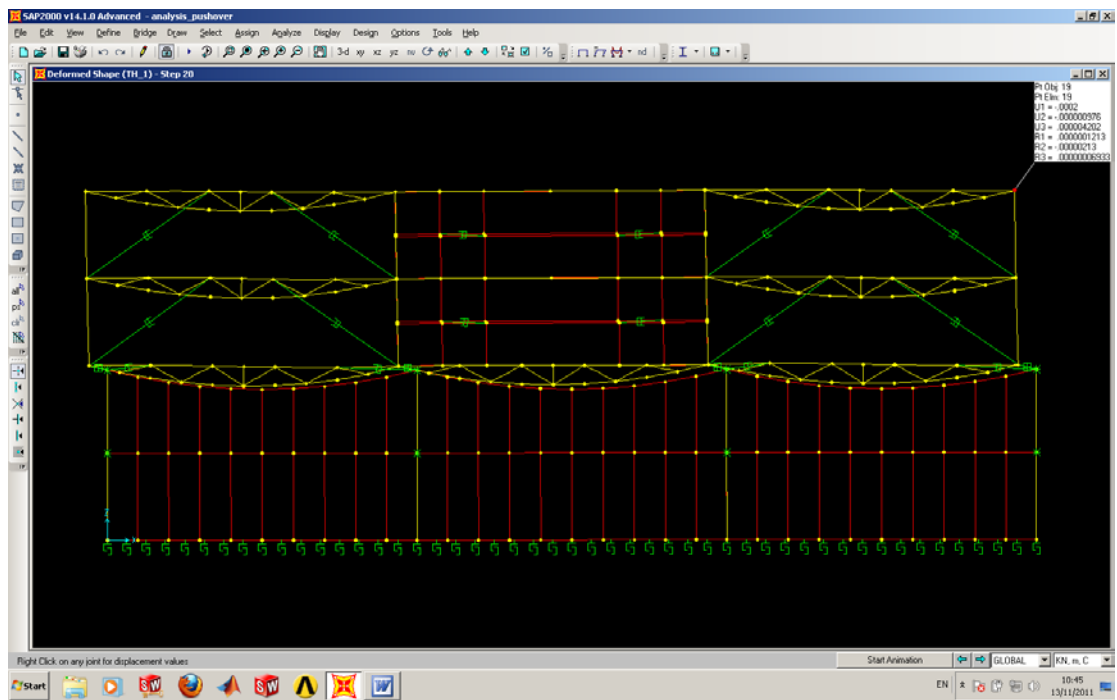
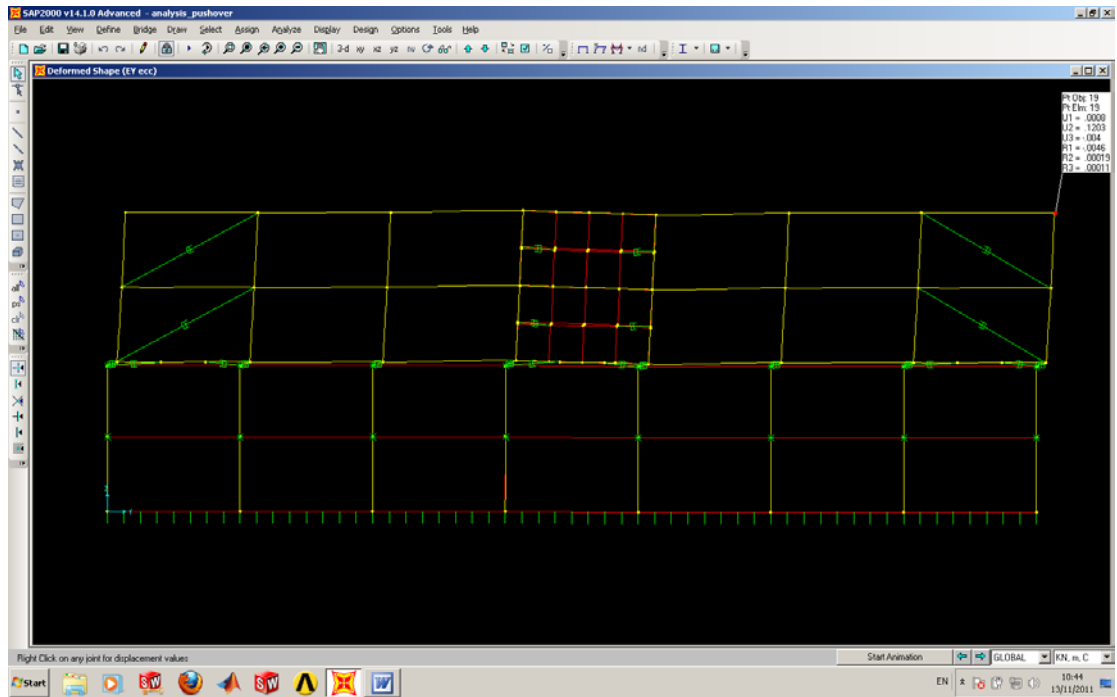
Παρουσίαση της συμπεριφοράς του κτιρίου καθολικά σύμφωνα με τον ATC 40 με $T_{eff}=1.366$ και $B_{eff}=0.095$



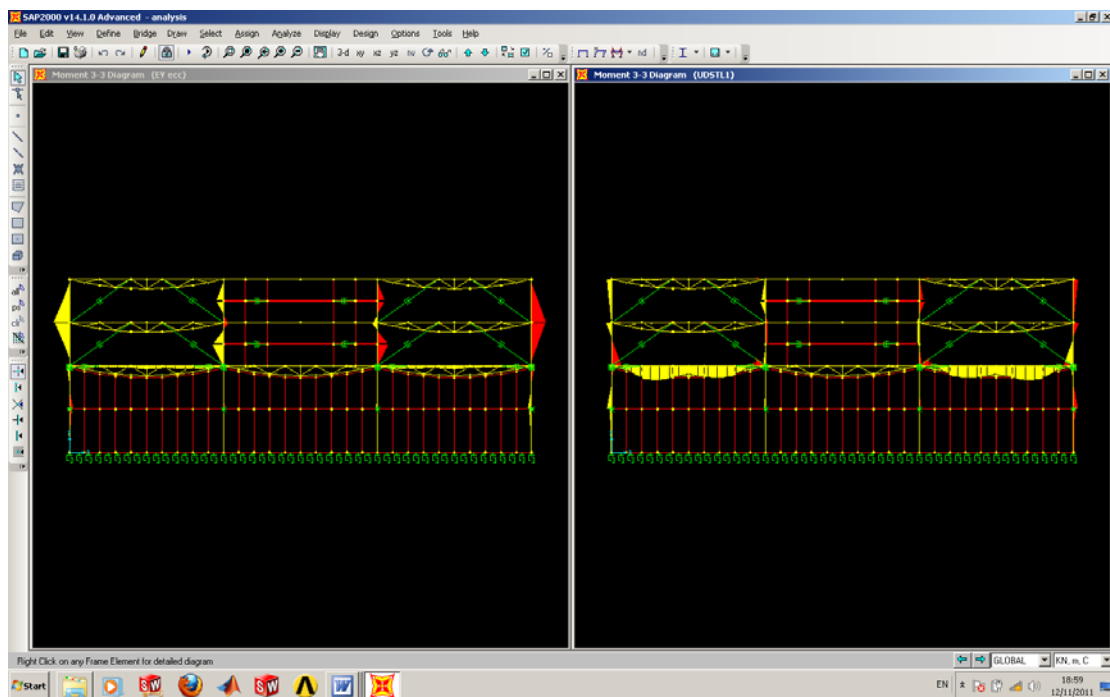
Μοντελοποίηση των κόμβων των υποστυλωμάτων για συμπεριφορά υποστυλώματος δηλ. μοντελοποίηση για P-M2-M3 όσον αφορά την pushover. Εδώ γίνεται η μοντελοποίηση του υποστυλώματος περιμένοντας μια ελαστοπλαστική συμπεριφορά όπου στον δεύτερο κλάδο περιμένω (hardening) ενίσχυση αυτού ενώ στον τρίτο κλάδο έχω κατακόρυφη πτώση των ιδιοτήτων του υποστυλώματος.

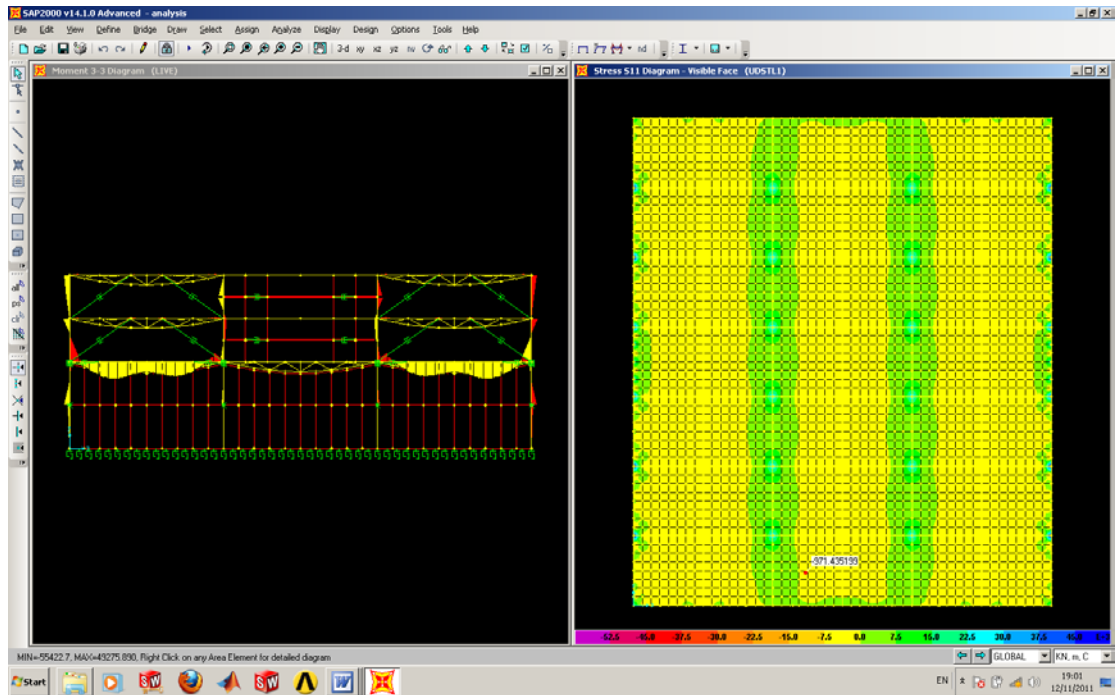
10.1 Παραμορφώσεις

Παρακάτω φαίνονται οι παραμορφώσεις για τους διάφορους συνδυασμούς φορτίσεων

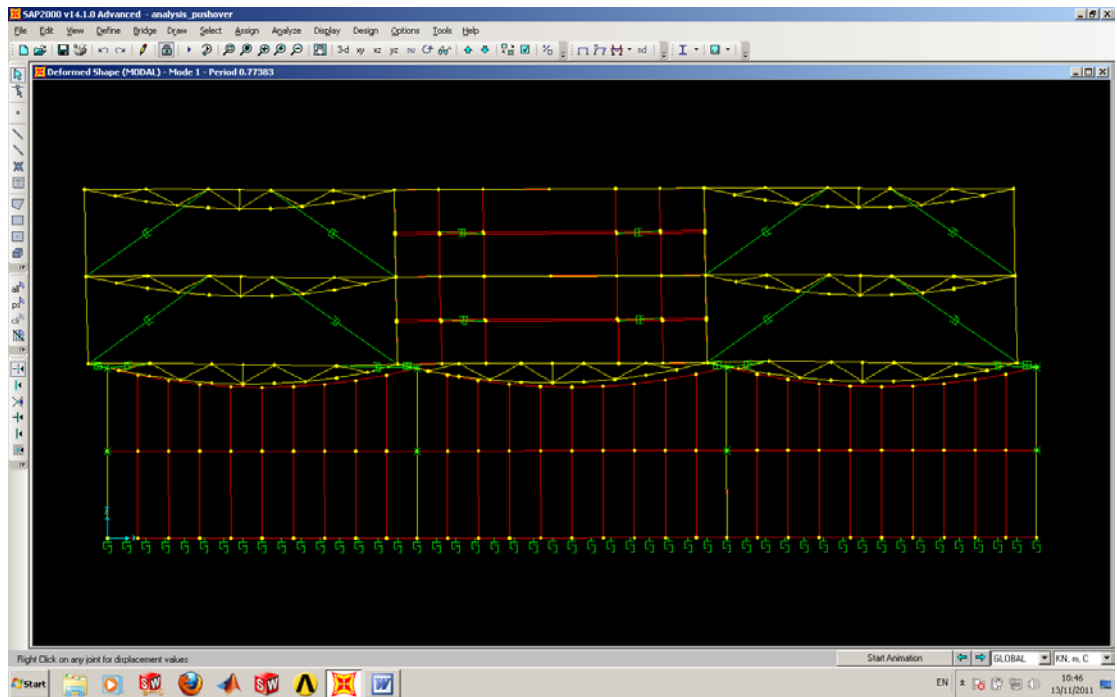


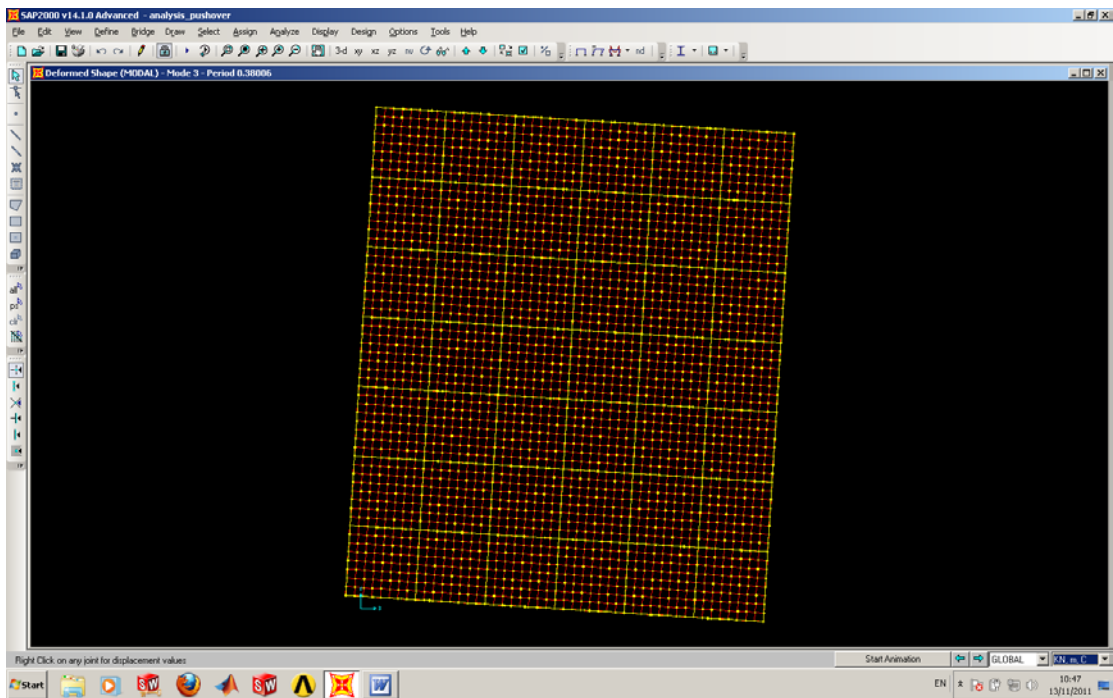
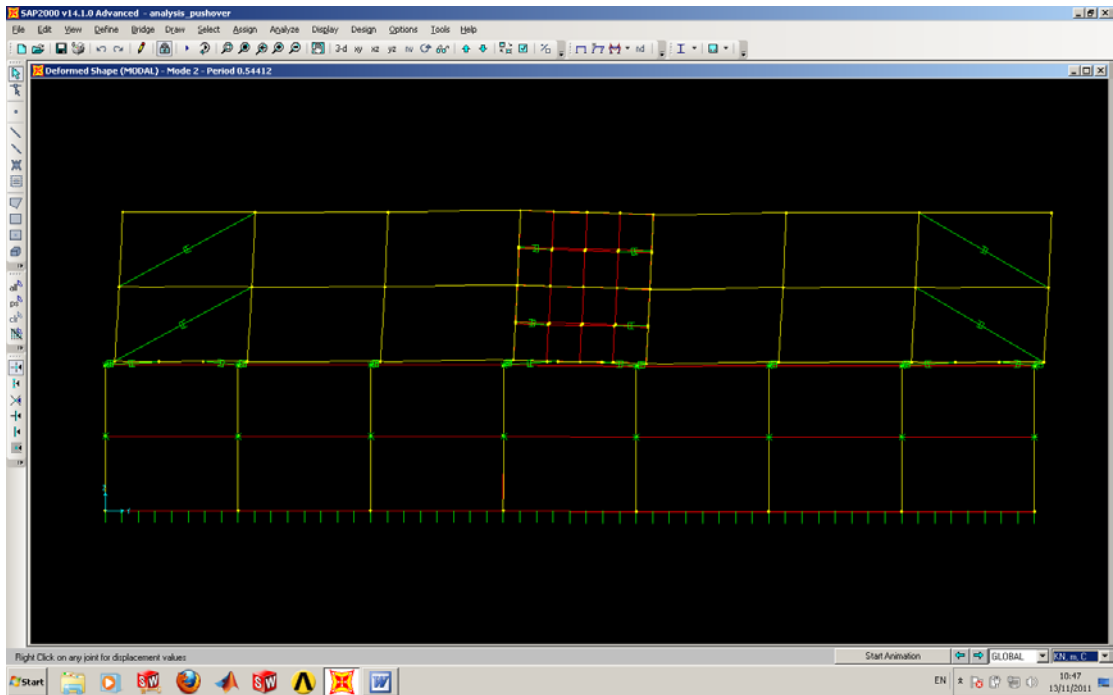
10.2 Διαγράμματα εντατικών μεγεθών





10.3 Ιδιομορφές κατασκευής





Microsoft Excel - Βιβλίο1

Αρχείο Επεξεργασία Προβολή Εισαγωγή Μορφή Εργαλεία Δεδομένα Παράθυρο Βοήθεια Adobe PDF

A4 MODAL

1	TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
2	OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
3	Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
4	MODAL	Mode	1	0,56969	0,86434	4,914E-07	0,00004947	0,86434	4,914E-07
5	MODAL	Mode	2	0,44366	0,05072	0,00001495	0,00012	0,91507	0,00001544
6	MODAL	Mode	3	0,386769	0,00002546	0,0002	0,01001	0,91509	0,00021
7	MODAL	Mode	4	0,386549	0,000004968	0,000001472	0,00017	0,9151	0,00022
8	MODAL	Mode	5	0,385973	0,00058	0,00022	0,00863	0,91568	0,00044
9	MODAL	Mode	6	0,385458	4,401E-07	0,000001107	0,00004119	0,91568	0,00044
10	MODAL	Mode	7	0,383864	0,00002858	0,00001972	0,00451	0,91571	0,00046
11	MODAL	Mode	8	0,383171	0,00015	0,00002897	0,07938	0,91586	0,00049
12	MODAL	Mode	9	0,380115	0,00115	0,00008333	0,00356	0,91701	0,00057
13	MODAL	Mode	10	0,373518	0,00161	0,01001	0,00006445	0,91861	0,01058
14	MODAL	Mode	11	0,367696	0,00004344	0,00044	0,00037	0,91866	0,01102
15	MODAL	Mode	12	0,365639	0,00034	0,00003616	0,00026	0,91899	0,01106
16	MODAL	Mode	13	0,358488	0,00079	0,02702	0,001	0,91978	0,03808
17	MODAL	Mode	14	0,355883	0,00043	0,00982	0,00977	0,92021	0,0479
18	MODAL	Mode	15	0,346322	0,00005718	0,02317	0,00032	0,92026	0,07108
19	MODAL	Mode	16	0,330623	0,00003557	3,503E-07	0,000000225	0,9203	0,07108
20	MODAL	Mode	17	0,328389	0,00012	0,00859	3,203E-09	0,92042	0,07967
21	MODAL	Mode	18	0,325877	0,00013	0,00035	0,000005827	0,92055	0,08002
22	MODAL	Mode	19	0,324585	0,000008293	0,00002226	0,00006169	0,92056	0,08004
23	MODAL	Mode	20	0,322823	0,00000449	0,0000527	0,00002561	0,92056	0,08009
24	MODAL	Mode	21	0,322203	0,00068	0,00027	0,00001605	0,92124	0,08036
25	MODAL	Mode	22	0,31251	0,00052	0,00193	0,00001497	0,92176	0,08229
26	MODAL	Mode	23	0,30939	0,00019	0,00251	0,00026	0,92196	0,0848
27	MODAL	Mode	24	0,308393	0,00016	0,00104	0,00021	0,92211	0,08584
28	MODAL	Mode	25	0,305907	0,0004	0,01531	0,00026	0,92252	0,10115
29	MODAL	Mode	26	0,303925	0,00019	0,06628	0,00002702	0,9227	0,16744
30	MODAL	Mode	27	0,298883	0,00172	0,00294	0,00254	0,92442	0,17037
31	MODAL	Mode	28	0,28846	0,00035	0,59805	0,00007368	0,92477	0,76842
32	MODAL	Mode	29	0,286004	0,00147	0,03428	0,00126	0,92625	0,8027
33	MODAL	Mode	30	0,255806	0,00002724	0,000009437	0,00215	0,92627	0,80271
34	MODAL	Mode	31	0,247792	0,00061	0,000001666	0,00001119	0,92688	0,80271
35	MODAL	Mode	32	0,246998	0,000003549	0,00035	0,00001183	0,92689	0,80306

Modal Participating Mass Ratios Program Control Φύλ

10.4 Διαστασιολόγηση φορέα

Μηκίδες – Μετωπικά υποστυλώματα – Ζυγώματα

Υποστυλώματα – Υποστυλώματα , Κύριες δοκοί

Κατακόρυφοι σύνδεσμοι

ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1 Έλεγχος επιρροών 2^{ης} τάξης

Αν δεν γίνει ακριβέστερος υπολογισμός, η μεταβολή της έντασης που προκαλείται από τις παραμορφώσεις του φορέα από το σεισμικό συνδυασμό, επιτρέπεται να παραλείπεται όταν σε κάθε όροφο ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας θ , δεν υπερβαίνει την τιμή 0.10.

$$\theta = \frac{N_{ολ} \times \Delta}{V_{ολ} \times h}$$

$N_{ολ}$ = η αξονική δύναμη των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου υπό τον σεισμικό συνδυασμό

$V_{ολ}$ = η τέμνουσα δύναμη των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου υπό τον σεισμικό συνδυασμό

h = το ύψος του ορόφου

Δ = η υπολογιστική σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου $\Delta = q \times \Delta_{ελ}$

Ο έλεγχος του θ θα γίνεται ξεχωριστά στις δύο ορθογώνιες διευθύνσεις x και y.

Σε περίπτωση που $0.10 \leq \theta \leq 0.20$ η επιρροή της 2ας τάξεως λόγω της σχετικής μεταθετότητας των πλακών επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη προσεγγιστικά με πολλαπλασιασμό των αποτελεσμάτων της αντίστοιχης σεισμική δράσης με το συντελεστή $\frac{1}{1-\theta}$. Σε καμία περίπτωση το θ δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 0.20.

1) Για τα σεισμικά φορτία:

Διεύθυνση χ:

Νολ.=6545,9

βολ.=2834,28 $\theta\chi=(6545,9/2834,28)\cdot(6\cdot1,5/800)=0,026<0,1$

$\Delta=6\text{cm}\cdot1,5$

H=8m

Διεύθυνση ψ:

Νολ.=6521,54

βολ.=2423,44 $\theta\psi=(6521,54/2423,44)\cdot(1\cdot1,5/800)=5\cdot10^{-3}<0,1$

$\Delta=1\text{cm}\cdot1,5$

H=8m

2) Για τον άνεμο:

α) ANEMΟΣΧ1:

Νολ.=6550,888

βολ.=798,48 $\theta=0,012<0,1$

$\delta=1,15\text{cm}$

h=8m.

β) ANEMΟΣΧ2:

Νολ.=11282,55

βολ.=692,05 $\theta=0,03<0,1$

$$\delta=1,37\text{cm}$$

$$h=8\text{m}$$

γ) ANEMΟΣΧ3:

$$\text{Noλ.}=3593,26$$

$$\text{vol.}=798,48 \quad \theta=9,28 \cdot 10^{-3} < 0,1$$

$$\delta=1,65\text{cm}$$

$$h=8\text{m}$$

δ) ANEMΟΣΨ1:

$$\text{Noλ.}=5557,17$$

$$\text{vol.}=483,5 \quad \theta=0,014 < 0,1$$

$$\delta=1\text{cm.}$$

$$h=8\text{m}$$

6.2 Γωνιακές παραμορφώσεις

Για τον περιορισμό των βλαβών του οργανισμού πλήρωσης πρέπει να αποδειχθεί ότι για τη γωνιακή παραμόρφωση ισχύει

$$\gamma < 0,007$$

$$\text{Όπου } \gamma = \delta_o - \delta_n / \eta \cdot 9/35$$

$$\text{Κατά X: } \gamma = 6-0/800 \cdot 1,5/2,5 = 4,5 \cdot 10^{-3} < 7 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Κατά Y: } \gamma = 1-9/800 \cdot 1,5/35 = 7,5 \cdot 10^{-4} < 7 \cdot 10^{-3}$$

Πατάρι:

$$\text{Κατά X: } \gamma = 2,47/500 \cdot 1,5/2,5 = 2,96 \cdot 10^{-3} < 7 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Κατά Y: } \gamma = 1/500 \cdot 1,5/2,5 = 1,2 \cdot 10^{-3} < 10^{-3}$$

3) Έλεγχος οριζόντιων παραμορφώσεων

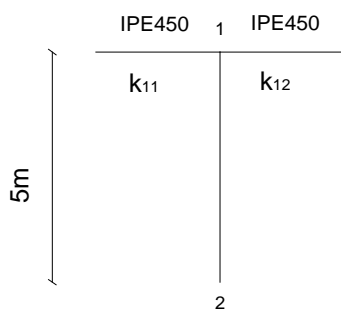
$$\delta = 1,6\text{w} < H/150 = 800/150 = 5,3 \text{ cm (ορ. κατ. λειτουργικ. από οριζόντια φορτία)}$$

6.3 Έλεγχοι στοιχείων

► Έλεγχος υποστυλώματος (HEB500, frave 124) έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

Ισχυρός άξονας:

Ισοδύναμο μήκος λυγισμού



$$n_1 = K_c / (K_c + K_{11} + K_{12})$$

$$K_c = I_y(\text{HEB500}) / L_c = 107200 / 500 = 214,4$$

$$K_{12} = 0,5 I_y(\text{IPE450}) / L_{12} = 0,5 \cdot 33740 / 1000 = 16,87$$

$$K_{11} = 1,5 \cdot I_y(\text{IPE450}) / L_{11} = 1,5 \cdot 33740 / 1000 = 50,61$$

$$n_1 = 214,4 / (214,4 + 16,87 + 50,61) = 0,76$$

Ο συντελεστής κατανομής για τη βάση του υποστυλώμ. είναι $n_2 = 0$ (πακτωμένο)

Από τον πίνακα για μεταθετά άκρα προκύπτει $L_{cr} / L = 1,48 \Rightarrow$

$$\Leftrightarrow L_{cr} = 1,48 \cdot 5\text{m} \Rightarrow L_{cr} = 7,4\text{m}$$

$$N_{cr} = \Pi^2 EI / L_{cr}^2 = 37849 \text{Kn}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}} = \sqrt{240 \cdot 27,5 / 37849} = 0,4176$$

$$t_f = 28\text{mm} < 40\text{mm}$$

$$h/b = 500/300 = 1,667 > 1,2$$

s275 \Rightarrow καμπύλη λογισμού α

Συντελεστής ατελειών $\alpha = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,4176 - 0,2) + 0,4176^2] = 0,61$$

$$x_y = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}) \leq 1 \Rightarrow x_y = 0,948$$

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λογισμού (υπό θλίψη και κάμψη) (έλεγχος μέλους)

$$M_{y,Ed} = 817,404 \text{ KNm}$$

Σχέση ελέγχου

$$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1, \quad \Delta M_{y,Ed} = 0$$

$$k_{yy} = c_{my} \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \leq c_{my} \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 27,5 \cdot 240 = 6600 \text{ Kn}$$

$$c_{my} = 0,9$$

$$\Leftrightarrow K_{yy} = 0,91 < 0,945 \Rightarrow K_{yy} = 0,91$$

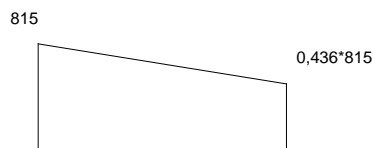
$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{pl,y} = 27,5 \cdot 4815 = 132412,5 \text{ kncm} = 1324,13 \text{ knm}$$

Εύρεση συντελεστή X_{LT} :

Κρίσιμη ροπή M_{cr} στρεπτοκαμπτικού λογισμού

$$M_{cr} = [C_1 \Pi^2 EI_Z / (KL)^2] [(K/K_w)^2 I_w / I_Z + (KL)^2 GIt / \Pi^2 EI_Z + (C_2 Z_g - C_3 Z_i)^2]^{0,5} - (C_2 Z_g - C_3 Z_i)$$

Διάγραμμα καμπτικών ροπών:



$$\Psi = 0,436, \quad K = 1 \Rightarrow C_1 = 1,323, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0,992$$

$$I_t = 538,4 \text{ cm}^4$$

$$I_w = 7018 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^6$$

$$I_z = 12620 \text{ cm}^4$$

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$K_w = 1$$

$$Z_j = 0 \text{ (διατομή διπλής συμμετρίας)}$$

$$G = 8100 \text{ KN/cm}^2$$

$$M_{cr} = [1.323 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12620 / (1 \cdot 500)^2] / [(1/1)^2 \cdot 7018 \cdot 10^{-3} / 12620 + (1 \cdot 500)^2 \cdot 8100 \cdot 538,4]^{0,5} / \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12620 = 13841,98 \cdot 20,42 = 282601,4 \text{ KNcm} = 2826 \text{ KNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{w_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{4815 \cdot 27,5}{282601,4}} = 0,685$$

$$h/b = 500/300 = 1.667 < 2 \Rightarrow \text{καμπύλη λυγισμού } \alpha$$

$$\text{Συντελεστής ατελειών } \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \{1 + 0,21(0,685 - 0,2) + 0,685^2\} = 0,786$$

$$x_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \Rightarrow x_{LT} = 1$$

Έλεγχος:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,ed}}{x_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,62 \leq 1$$

Ασθενής άξονας (Με τα εντατικά μεγέθη του KINITO2)

έλεγχος έναντι καμπτικού λυγισμού από αξονική θλίψη

$$N_{Ed} = 662,38 \text{ KN}$$

$$N_{cr} = \pi^2 EI / L_{cr}^2 = \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 1,264 \cdot 10^{-4} / (0,8 \cdot 10)^2 = 4086,9$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}} = \sqrt{240 \cdot 27,5 / 4086,9} = 1,27$$

$$t_f = 28 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

$$h/b = 1,667 > 1,2$$

$$S275 \Rightarrow \text{καμπύλη λυγισμού } \alpha \Rightarrow \text{συντελεστής ατελειών } \alpha = 0,34$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,34(1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,488$$

$$x = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda}} = 0,442$$

$$N_{b,22,Rd} = X \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,442 \cdot 240 \cdot 27,5 / 1 = 2915,9 \text{ kn}$$

$$N_{Ed} = 662,38 \text{ KN} < 2915,9 \text{ KN}$$

► Έλεγχος ζυγώματος (IPE500, frawe 224) (έλεγχος διατομής κατά τον ισχυρό άξονα) για τον συνδυασμό ΧΙΟΝΙ3

Η διατομή είναι κατηγορίας 1

Έλεγχος έναντι κάμψης, τέμνουσας και αξονικής:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot f_y / \sqrt{3} \cdot \gamma_{mo}$$

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 115,5 - 2 \cdot 20 \cdot 1,6 + (1,02 + 2 \cdot 2,1) \cdot 1,6 = 59,8$$

$$V_{pl,Rd} = 59,8 \cdot 35,5 / \sqrt{3} \cdot 1 = 1225,66 \text{ kn}$$

$$V_{Ed} < V_{pl,Rd}$$

$$V_{Ed} = 147,128 < 50\% V_{pl,Rd} \Rightarrow \text{Δεν γίνεται απομείωση της ροπής αντοχής}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{mo} = 115,5 \cdot 35,5 / 1 = 4100,25 \text{ kn}$$

$$N_{ed} = 100,638 < 0,25 N_{pl,Rd} = 1025 \text{ kn}$$

$$N_{ed} = 100,638 < 0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{mo} = 0,5 \cdot 46,8 \cdot 1,02 \cdot 35,5 / 1 = 847,314$$

Άρα δεν απαιτείται να γίνει να γίνει μείωση της πλαστικής ροπής αντοχής

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{mo} = 2194 \cdot 35,5 / 1 = 778,87 \text{ knm}$$

$$M_{Ed,y} = 376,099 < M_{pl,Rd} = 778,87$$

► Έλεγχος διαγωνίου 2L90X90X9 (Grame 714) με την μεγαλύτερη δρώσα δύναμη από τον συνδυασμό QUAKEY

$$N_{ed} = 258,426 \text{ KN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{mo} = 30 \cdot 27,5 / 1 = 825 \text{ KN}$$

$$N_{ed} / N_{pl,Rd} = 258,426 / 825 < 1$$

Ανηγγεμένη λυγηρότητα των διαγωνίων (για ικανοποίηση της απαίτησης του ΕΑΚ Γ5.2)

(Δεν απαιτείται διότι θεωρήθηκαν ενεργές μόνο οι εφελκυσόμενες διαγώνιες)

$$L_{cr} = 0,5 \cdot 7,211 = 3,61 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \Pi^2 EI / L_{cr}^2 = \Pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 2,317 \cdot 10^{-6} / (3,61)^2 = 368,5 \text{ kn}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}} = \sqrt{30 \cdot 27,5 / 368,5} = 1,49 \leq 1,5$$

► Έλεγχος τεγίδα σε κάμψη (IPE 160 , frame 50) για τον δυσμενέστερο συνδυασμό ΧΙΟΝΙ3

Η διατομή είναι κατηγορίας 1

$$N_{el, Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{mo} = 20,1 \cdot 27,5 / 1 = 552,75 \text{ KN}$$

$$N_{ed} = 8,535 < 0,25 \cdot 552,75$$

$$N_{ed} = 8,535 < 0,5 \cdot 145,2 \cdot 0,5 \cdot 27,5 / 1 = 998,25 \text{ KN}$$

Άρα δεν απαιτείται να γίνει μείωση της πλαστικής ροπής αντοχής τόσο κατά τον ισχυρό όσο και κατά τον ασθενή άξονα.

$$M_{N,yRd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{mo} = 123,5 \cdot 27,5 / 1 = 34,07 \text{ KNm}$$

$$M_{n,z,Rd} = W_z \cdot f_y / \gamma_{mo} = 26,1 \cdot 27,5 / 1 = 7,178 \text{ KNm}$$

$$M_{ed,y} = 16,35 \text{ KNm}$$

$$M_{ed,z} = 3,04 \text{ KNm}$$

Έλεγχος με τη σχέση αλληλεπίδρασης

$$[M_{y,Ed} / M_{N,yRd}]^\alpha + [M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd}]^\beta < 1$$

$$\text{όπου } \alpha=2, \beta=5 \cdot n=5. N_{ed} / N_{pl,Rd} = 5. 8,535 / 552,75 = 0,077 > 1 \Rightarrow \beta=1$$

$$(10,35 / 34,07)^2 + (3,04 / 7,178)^1 = 0,65 < 1$$

Έλεγχος για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (για τον δυσμενέστερο συνδυασμό S_ΧΙΟΝΙ3)

Άξονας Y:

Βέλος λόγω μόνιμων δράσεων:

$$W = 5ql^4/384 \cdot E \cdot I = 5 \cdot 0,158 \cdot \cos(11,31^\circ) \cdot 6^4/384 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 869,3 \cdot 10^{-8} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{m} = 0,14 \text{ cm}$$

Βέλος λόγω μεταβλητών δράσεων:

$$W = 5ql^4/384 \cdot E \cdot I = 5 \cdot 1,8 \cdot \cos(11,31^\circ) \cdot 6^4/384 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 869,3 \cdot 10^{-8} = 1,6 \text{ cm}$$

Άξονας Z :

Βέλος λόγω μόνιμων δράσεων:

$$W = 5ql^4/384 \cdot E \cdot I = 5 \cdot 0,158 \cdot \sin(11,31^\circ) \cdot 6^4/384 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 68,31 \cdot 10^{-8} = 0,36 \text{ cm}$$

Βέλος λόγω μεταβλητών δράσεων:

$$W = 5ql^4/384 \cdot E \cdot I = 5 \cdot 1,8 \cdot \sin(11,31^\circ) \cdot 6^4/384 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 68,31 \cdot 10^{-8} = 4 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max,y} = 0,14 + 1,6 = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max,z} = 0,36 + 4 = 4,36 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max} = \sqrt{2^2 + 4,36^2} = 4,8 \text{ cm}$$

$$\text{Πρέπει } \delta_{\max} < L/200 = 3 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \sqrt{1,6^2 + 4^2} = 4,3 \text{ cm} > L/250 = 2,4$$

Θα τοποθετηθούν ντίζες στις τεγίδες που απαιτείται (εκεί που υπάρχει συγκέντρωση χιονιού)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βάγιας Ιωάννης : « Σιδηρές Κατασκευές – Ανάλυση και διαστασιολόγηση » , εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003
2. Βάγιας Ιωάννης : « Σύμμικτες κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα » , εκδόσεις Κλειδάριθμος , 2001
3. Ι. Βάγιας , Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης : « Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα » , εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2006
4. Ι. Βάγιας , Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης : « Σιδηρές κατασκευές – Παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3 » τόμος 1, εκδόσεις Κλειδάριθμος, 1997

5. Ι. Βάγιας , Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης : « Σιδηρές κατασκευές – Παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3 » τόμος 2, εκδόσεις Κλειδάριθμος, 1999

6. Ερμόπουλος Ιωάννης : « Ευρωκώδικας 1 , Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών, ερμηνευτικά σχόλια και παραδείγματα εφαρμογής » , εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2005