

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

Διπλωματική Εργασία

*Προσαρμογή Στατικής Μελέτης
Πρότυπου Χαλύβδινου Θερμοκηπίου
Ιταλικής προέλευσης
στα Ελληνικά δεδομένα*

Φοιτητής

Ρήγας Πατσιαντάς

Επιβλέπων

Δημ. Σοφιανόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής

Βόλος, Μάρτιος 2009



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7071/1
Ημερ. Εισ.: 26-05-2009
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΜ
2009
ΠΑΤ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

Διπλωματική Εργασία

*Προσαρμογή Στατικής Μελέτης
Πρότυπου Χαλύβδινου Θερμοκηπίου
Ιταλικής προέλευσης
στα Ελληνικά δεδομένα*

Φοιτητής

Ρήγας Πατσιαντάς

Επιβλέπων

Δημ. Σοφιανόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής

Βόλος, Μάρτιος 2009



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7071/1
Ημερ. Εισ.: 26-05-2009
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2009
ΠΑΤ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελίδα
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. Περί Θερμοκηπίων	2
1.1. Γενικά	
1.2. Υλικά Κατασκευής	4
1.3. Μορφές Θερμοκηπίων	8
Διάκριση των θερμοκηπίων	
1.3.1. Σε σχέση με το όνομα της κατασκευαστικής μονάδας	9
1.3.2. Σε σχέση με τις διαστάσεις της κατασκευαστικής μονάδας	11
1.3.3. Σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού	12
1.3.4. Σε σχέση με τη διάταξη των βασικών κατασκευαστικών μονάδων	13
1.4. Στοιχεία του Σκελετού των Θερμοκηπίων	15
1.5. Διαστάσεις Κατασκευαστικού Στοιχείου Θερμοκηπίου με Βάση τις Τεχνικές Προδιαγραφές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για Θερμοκήπια	21
1.5.1. Αμφίρριχτα απλά ή πολλαπλά	21
1.5.2. Τοξωτά	21
1.5.3. Τροποποιημένα τοξωτά απλά ή πολλαπλά	21
2. Στατική Μελέτη Χαλύβδινου Τοξωτού Θερμοκηπίου	23
2.1. Περιγραφή του έργου	23
2.2. Διατομές μελών κυρίου φορέα και εξοπλισμός	24
2.3. Εξοπλισμός προσαρμοσμένος στο σκελετό	25
2.4. Διαστάσεις κατασκευής	26
2.5. Φορτία και Δράσεις	26
2.6. Κανονισμοί - Διατάξεις - Κανόνες Εφαρμογής	26
2.7. Λογισμικό Υπολογισμού και Διαστασιολόγησης	27
2.8. Κατάταξη θερμοκηπιακών κατασκευών	28
2.9. Συνδυασμοί Δράσεων	29
Από EN 13031-01 :	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Δράσεις Λόγω Ανέμου	34
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C : Δράσεις λόγω Χιονιού	38
3. Τεύχος Υπολογισμών	39
3.1. Κατάταξη του θερμοκηπίου	39
3.2. Υπολογισμός Δράσεων (φορτίων)	39
3.2.1. Ανηρτημένα φυτά Q_{k3}	39
3.2.2. Φορτίο χιονιού Q_{k2}	39
3.2.3. Συγκεντρωμένη κατακόρυφη δράση Q_{k4}	41
3.2.4. Δράσεις λόγω μόνιμης παρουσίας εγκαταστάσεων G_{k2}	44
3.2.5. Μόνιμες δράσεις G_{k1}	44

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελίδα
3.2.6. Δράσεις λόγω ανέμου Q_{k1}	45
3.2.7. Σεισμικές δράσεις A_{Ek}	51
3.3. 1 ^{ος} Έλεγχος επάρκειας διατομών του φορέα για τα δεδομένα της εταιρείας LUCCHINI	52
3.4. Τροποποίηση των διατομών του φορέα και προσαρμογή στην ελληνική πραγματικότητα για Στατική Ανάλυση και Έλεγχο Επάρκειας	53
3.4.1. Γεωμετρικά και Αδρανειακά Χαρακτηριστικά των Μελών του Φορέα - Ιδιότητες Υλικού	53
3.5. Τελικός έλεγχος επάρκειας διατομών	57
3.6. Θεμελίωση	58
3.7. Ενδεικτικά Ειδικά Τεμάχια Συνδέσεων	60
4. Ποιοτικά Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γενικευμένη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικού τεχνικού λογισμικού για τη μελέτη κατασκευών επέτρεψε την ταχύτερη εκτέλεση των απαιτούμενων από τους σύγχρονους κανονισμούς πολύπλοκων υπολογισμών και διευκόλυνε σε μεγάλο βαθμό τους δομοστατικούς μηχανικούς-μελετητές, με αποτέλεσμα να εκπονούνται πλέον στατικές μελέτες ακόμη και σύνθετων ειδικών κατασκευών με τρισδιάστατη ανάλυση δίνοντας αξιόπιστα αποτελέσματα.

Κάτι τέτοιο ισχύει εν μέρει για ειδικές ελαφρές κατασκευές όπως τα τυποποιημένα μεταλλικά θερμοκήπια, ο σχεδιασμός των οποίων αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Δυστυχώς δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα στη χώρα μας κάποιο πρόγραμμα που να εξειδικεύεται στην πλήρη στατική ανάλυση και έλεγχο επάρκειας διατομών με την απευθείας εμφάνιση των τελικών αρχιτεκτονικών σχεδίων και των λεπτομερειών των διατομών του σκελετού. Η όλη δυσκολία έγκειται στον υπολογισμό των φορτίσεων από τον ίδιο τον μελετητή, ο οποίος στη συνέχεια καλείται να εισάγει σε πρόγραμμα ανάλυσης και ελέγχου τόσο τον τρισδιάστατο σκελετό με τις επιλεγμένες διατομές μελών του θερμοκηπίου όσο και τις τιμές των φορτίων που πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλα καθώς και τους συνδυασμούς με τους οποίους ενεργούν στη κατασκευή.

Στη χώρα μας εισάγεται μεγάλος αριθμός τυποποιημένων μεταλλικών θερμοκηπίων από το εξωτερικό, τα οποία όμως έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν προφανώς στις εκεί επικρατούσες συνθήκες, κάτι που σημαίνει ότι πρέπει να πραγματοποιηθεί εκ νέου έλεγχος επάρκειας και τροποποίηση των φορτίσεων για προσαρμογή στην Ελληνική πραγματικότητα. Από το 2002 οι χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι υποχρεωμένες να εφαρμόζουν το πρότυπο EN 13031-01 το οποίο εξειδικεύει τα κείμενα των Ευρωκωδίκων που αφορούν το σχεδιασμό και τον υπολογισμό των δράσεων για τα θερμοκήπια.

Στην διπλωματική αυτή εργασία εξετάζεται ιταλικής προέλευσης τυποποιημένο τροποποιημένο μεταλλικό πολλαπλό τοξωτό θερμοκήπιο διαστασιολογημένο εκεί, ως προς την επάρκεια αντοχής του για τα ελληνικά δεδομένα. Προφανώς πραγματοποιείται αλλαγή των διατομών και τελικός έλεγχος επάρκειας κάνοντας στατική ανάλυση με το διεθνώς αναγνωρισμένο πρόγραμμα SAP 2000. Ακόμη παρατίθενται κάποια από τα βασικότερα τελικά αρχιτεκτονικά σχέδια δημιουργημένα με το πρόγραμμα AutoCad αφού όπως αναφέραμε δεν είναι δυνατή η αυτόματη εμφάνισή τους μιας και δεν υπάρχει στη χώρα μας ειδικό πλήρες πρόγραμμα ανάλυσης, ελέγχου και σχεδιασμού όπως π.χ. στην Ολλανδία.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή του προτύπου EN 13031-01 για χρήση του ιταλικής αρχιτεκτονικής θερμοκηπίου στη χώρα μας μέσα από τον αναλυτικό υπολογισμό των δράσεων σχεδιασμού και την εφαρμογή τους μέσω του SAP 2000 πραγματοποιώντας γραμμική ελαστική ανάλυση, ώστε κάθε ενδιαφερόμενος μελετητής-κατασκευαστής να έχει μια πλήρη εικόνα για το πώς εφαρμόζεται το πρότυπο αλλά και για να αποκτήσει έναν «οδηγό» απλό και κατανοητό όταν ο ίδιος κληθεί να εισάγει μελλοντικά μονάχα τις αρχικά επιλεγμένες διατομές του σε ένα πρόγραμμα λογισμικού ειδικό για θερμοκήπια τυποποιημένα για τον Ελλαδικό χώρο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή Μεταλλικών Κατασκευών του Παν. Θεσσαλίας κ.Δ.Σοφιανόπουλο, που με την πολυετή εμπειρία του πάνω στις μελέτες θερμοκηπίων συνέβαλε στην περάτωση του όλου πονήματος.

Κεφάλαιο 1^ο : Περί Θερμοκηπίων

1.1. Γενικά

Θερμοκήπιο είναι μια κατασκευή η οποία έχει σχεδιαστεί και εξοπλιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνει εφικτή η ρύθμιση των περιβαλλοντικών παραγόντων που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, τα οποία καλλιεργούνται εντός αυτού.

Για την επίτευξη της οικονομικά βελτιστοποιημένης ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος από την οποία προκύπτει το μεγαλύτερο δυνατό οικονομικό όφελος, θα πρέπει να έχουν προβλεφθεί: η σωστή κατασκευή, ο σωστός εξοπλισμός και το κατάλληλο ανθρώπινο δυναμικό, ικανό να τα οργανώσει.

Το θερμοκήπιο καλύπτεται με διαφανές υλικό που καθιστά δυνατή την είσοδο όσο το δυνατόν περισσότερου φυσικού φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη των προϊόντων.

Με τα θερμοκήπια γενικά :

- Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι και χαλάζι.
- Ανάλογα με τον εξοπλισμό, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών, όπως της ακτινοβολίας, της θερμότητας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα, με αρκετή ακρίβεια.
- Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φτάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών.
- Παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φυτοπροστασίας από ασθένειες και έντομα, λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού. Ακόμη μπορούν να ρυθμιστούν ακριβώς οι συνθήκες του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη των φυτών και η ανάπτυξη φυτασθενειών να είναι σπανιότερη απ' ό,τι σε συνθήκες που δεν παρέχεται τέτοια δυνατότητα.
- Επιτρέπεται η ανθρώπινη εργασία μέσα σ' αυτό διότι είναι αρκετά υψηλά και ευρύχωρα, με αποτέλεσμα να διαφέρουν από άλλες πα-

ρόμοιες κατασκευές όπως π.χ. τα χαμηλά σκέπαστρα, τα σπορεία και τα θερμοσπορεία.

Το θερμοκήπιο λόγω του χαμηλού σχετικά ύψους του, που συνήθως δεν υπερβαίνει τα 6μ. αλλά και λόγω του αμφικλινούς ή κυρτού της οροφής, δεν δημιουργεί μεγάλες αντιθέσεις με το φυσικό τοπίο. Η κατασκευή του όμως από υλικά διαφορετικά από αυτά που συναντώνται στο φυσικό περιβάλλον, καθιστούν έντονη την παρουσία του στο χώρο.

Στη χώρα μας οι πρώτες εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια με μεταλλικό σκελετό που προορίζονταν για την παραγωγή ανθοκομικών προϊόντων.

Η σημαντική τους εξάπλωση όμως αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικού κάλυψης, λόγω της ευκολίας προσαρμογής του υλικού αυτού σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και της χαμηλής τιμής του. Την ίδια εποχή κατασκευάστηκαν και ξύλινα θερμοκήπια με πλαστική κάλυψη για την παραγωγή κηπευτικών εκτός εποχής κάτι που έπαψε μετά το 1987, διότι δεν εξαντλούσαν τις δυνατότητές τους για τη δημιουργία ευνοϊκότερου περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των φυτών.

Τα θερμοκήπια στη χώρα μας συγκεντρώνονται σε περιοχές χωρίς υπερβολικά ψυχρό χειμώνα και με άφθονη ηλιακή ενέργεια. Η Κρήτη, η Πελοπόννησος και τα νησιά του Νότιου Αιγαίου είναι οι περιοχές όπου συγκεντρώνεται το 65% των θερμοκηπίων της χώρας μας. Αυτό το κλίμα επιτρέπει την παραγωγή γεωργικών προϊόντων και σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια. Σε άλλες περιοχές παρατηρούνται πλήρως θερμαινόμενα θερμοκήπια σε ποσοστό 26,7% και ελαφρώς θερμαινόμενα σε ποσοστό 23,3% του συνόλου.

Τα **τυποποιημένα** είναι τα θερμοκήπια που προέρχονται από βιοτεχνίες και βιομηχανίες αποτελώντας το 58% του συνόλου το 2003. Πλέον προτιμούνται τα τυποποιημένα μεταλλικά διότι είναι μακροβιότερα. Το σωστό περιβάλλον στο χώρο του θερμοκηπίου συντελεί στην αύξηση της παραγωγής γι' αυτό το λόγο όλο και περισσότερα κατασκευάζονται με εξαερισμό οροφής και εξοπλίζονται με θέρμανση. Από τα τυποποιημένα θερμοκήπια που εγκαθίστανται στη χώρα μας αυτά που έχουν εισαχθεί από το εξωτερικό προέρχονται κυρίως από την Ολλανδία, την Ιταλία, το Ισραήλ και δευτε-

ρευόντως από το Βέλγιο και τη Μ. Βρετανία. Διαπιστώνεται προσεγγιστικά ότι τα *υαλόφρακτα* (δηλαδή αυτά με επικάλυψη και πλευρική κάλυψη από γυαλί) είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου εισαγόμενα και ότι τα μεταλλικά με κάλυψη πλαστικού είναι εισαγόμενα σε ποσοστό περίπου 10%. Θερμοκήπια με ξύλινο σκελετό δεν εισάγονται στην Ελλάδα.

Τα προβλήματα που έχουν εμφανιστεί στις εκμεταλλεύσεις που χρησιμοποιούν θερμοκήπια προέλευσης εξωτερικού οφείλονται κυρίως στο ότι δεν πληρούν ποιοτικές προδιαγραφές για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ανεπάρκεια αντοχής στον άνεμο, στο χιόνι αλλά και έλλειψη επαρκούς αερισμού κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

Όλες οι μονάδες κατασκευής θερμοκηπίων στην Ελλάδα είναι βιοτεχνίες, αφού ουσιαστικά δεν υπάρχουν ακόμα οργανωμένες μεγάλες μονάδες που να μπορούν να χαρακτηριστούν ως βιομηχανίες. Οι κατασκευές τους είναι οπωσδήποτε πολύ καλύτερης ποιότητας από τις *χωρικού τύπου* κατασκευές που δημιουργούν οι ίδιοι οι παραγωγοί.

1.2. Υλικά Κατασκευής

Η επιλογή των υλικών κατασκευής για το σχεδιασμό των μελών του σκελετού του θερμοκηπίου πρέπει να γίνεται με βάση την ικανότητά τους να προσδώσουν την απαραίτητη αντοχή στον φορέα ώστε να αντιμετωπιστούν επαρκώς οι αντίξοες καιρικές συνθήκες. Ο σκελετός μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα υλικά, τα συνηθέστερα των οποίων είναι το ξύλο, ο χάλυβας και το αλουμίνιο ενώ για τη θεμελίωση το σκυρόδεμα. Η προτίμηση του ενός ή του άλλου υλικού εξαρτάται από το επιθυμητό ελεύθερο πλάτος της κατασκευής, το κόστος των υλικών και από το μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Τα διάφορα είδη ξύλου αλλοιώνονται και καταστρέφονται από βιολογικούς παράγοντες όπως βακτήρια, έντομα, μύκητες αλλά και φυσικοχημικούς όπως η υγρασία, η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, οι χημικές επιδράσεις και οι μηχανικές καταπονήσεις. Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων με μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας (κάτω από 6μ.). Το ξύλο ως υλικό κατασκευής παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

α) Έχει σχετικά μικρό κόστος.

β) Δεν δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο.

γ) Αρκεί ένας απλός εξοπλισμός για την επεξεργασία του κι έτσι μπορεί ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.

Έχει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως είναι :

α) Η μικρότερη μηχανική αντοχή του σε σχέση με το μέταλλο.

β) Η μεταβολή του σχήματός του από την εναλλασσόμενη υγραση και ξήρανση (στρέβλωση).

γ) Εύκολη προσβολή από βιολογικούς εκθρούς, όπως έντομα, μύκητες και βακτήρια.

δ) Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου ή περισσότερα δομικά στοιχεία για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους.

Σήμερα η αύξηση του κόστους του ξύλου, η ανάγκη συντήρησής του, η δυσκολία στην κατασκευή εξαερισμού οροφής, καθώς και η περιορισμένη διάρκεια ζωής του έχουν στρέψει την προσοχή των κατασκευαστών περισσότερο στην μεταλλική προκατασκευή.

Ο χάλυβας στην κατασκευή των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα, διαμορφωμένος σε σωλήνα ή διατομές διαφόρων σχημάτων ή κυτός από διατομές Η, Τ. Υπάρχουν θερμοκήπια που είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα από χάλυβα και θερμοκήπια που μόνο τα κύρια στοιχεία του σκελετού τους είναι από χάλυβα, ενώ τα υπόλοιπα προέρχονται από συνδυασμό με το αλουμίνιο ή το ξύλο.

Ο χάλυβας λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο. Η τιμή της τάσης παραμόρφωσης για τον χάλυβα που χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια είναι συνήθως 200 N/mm^2 , αν και τελευταία υπάρχει αυξανόμενη τάση για χρήση “κλασσικών” δομικών χαλύβων όπως ο S235.

Στα υαλόφρακτα θερμοκήπια οι διαμορφωμένες με κάμψη - ανοιχτές διατομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκελετού, πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 2mm, ώστε να παρέχεται ικανοποιητική ακαμψία. Η σωληνωτή διατομή που εφαρμόζεται γενικά στο σκελετό πρέπει

να έχει πάχος τουλάχιστον 1.5 mm, ειδικά για κύρια δομικά στοιχεία.

Το βασικότερο πρόβλημα με τον χάλυβα είναι η προστασία από την επιφανειακή οξείδωση, που οι συνθήκες του θερμοκηπίου ευνοούν ιδιαίτερα. Ο συνηθέστερος τρόπος προστασίας του χάλυβα είναι το γαλβάνισμα, δηλαδή η επιψευδαργύρωση των καλύβδινων επιφανειών με σκοπό την μείωση του ρυθμού οξείδωσης.

Το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται στις κατασκευές είναι συνήθως κράμα αλουμινίου, γιατί το καθαρό αλουμίνιο δεν έχει μεγάλη στερεότητα. Η ζήτησή του αλουμινίου είναι μεγάλη για περιπτώσεις όπου χρειάζονται ελαφριά και ισχυρά κατασκευαστικά στοιχεία.

Η χρήση του αλουμινίου σήμερα στα θερμοκήπια έχει γενικευθεί, ιδιαίτερα στην κατασκευή των λεπτών σκελετικών στοιχείων, τα οποία φέρουν τα τζάμια, καθώς και των υδρορροών.

Η χρήση των κραμάτων αλουμινίου στα θερμοκήπια παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μετάλλων και του ξύλου:

- Είναι ανθεκτικά στην επιφανειακή διάβρωση και δεν έχει ανάγκη σχεδόν καθόλου συντήρησης.
- Οι διατομές των διάφορων στοιχείων είναι δυνατό να είναι μικρότερες, γεγονός που, αν συνδυαστεί με το μικρό ειδικό βάρος, δίνει πολύ μικρού βάρους κατασκευή. Επομένως, η κατασκευή αυτή απαιτεί επίσης μικρότερης διατομής φέροντα στοιχεία ή παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης λιγότερων τέτοιων στοιχείων. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια τη μειωμένη σκίαση του θερμοκηπίου και την επίτευξη μεγαλύτερων ανοιγμάτων από στύλο σε στύλο.
- Τα διάφορα λεπτά σκελετικά στοιχεία στα οποία τοποθετούνται οι υαλοπίνακες, επειδή διαμορφώνονται εν ψυχρώ, μπορούν να κατασκευαστούν σε πολύπλοκες διατομές, ικανές να δώσουν καλή στεγανότητα στο θερμοκήπιο και αποκομιδή του νερού της συμπύκνωσης.
- Προσφέρεται πολύ για την κατασκευή των ανοιγμάτων εξαιρισμού, γιατί δίνει ελαφρότερα πλαίσια που δε δημιουργούν προβλήματα λειτουργίας και στεγανότητας.

Στις συνήθεις περιπτώσεις υαλόφρακτων θερμοκηπίων για οικονομικούς λόγους το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το χάλυβα. Από α-

λουμίνιο κατασκευάζονται τα λεπτά στοιχεία του σκελετού, πάνω στα οποία τοποθετούνται οι υαλοπίνακες, ενώ από χάλυβα κατασκευάζονται τα στοιχεία που σχηματίζουν το βασικό σκελετό του.

Στο χώρο του θερμοκηπίου χρησιμοποιείται το οπλισμένο σκυρόδεμα κυρίως στη θεμελίωση, στην περιμετρική σύνδεση των στύλων, καθώς και σε πολλές από τις εσωτερικές και εξωτερικές κατασκευές.

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου. Τα μειονεκτήματα των περισσότερων, πλαστικών ιδιαίτερα υλικών κάλυψης είναι η μικρή διάρκεια ωφέλιμης χρήσης. Στα περισσότερα από τα υλικά αυτά (πλαστικά) τούτο οφείλεται στη μικρή αντοχή που δείχνουν στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποπολυμερισμός) και στον άνεμο. Σε άλλα υλικά, όπως το γυαλί, βασικό μειονέκτημα αποτελεί η μικρή αντοχή στο χαλάζι και η δυσκαμψία του εν λόγω ψαθυρού υλικού, που έχει σαν αποτέλεσμα την ανάγκη ανάλυσης της κατασκευής και στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, για περιορισμό των μετατοπίσεων, καθώς η θραύση του υάλου είναι πολύ πιθανή σε σχέση με τη σχετικά μεγάλη ευκαμψία του σκελετού.

Γενικά η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω ιδιότητες:

- Περαιτότητα στο φως
- Μηχανική αντοχή
- Θερμοπερατότητα
- Περαιτότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- Αντίσταση στα χτυπήματα από χαλάζι
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευασθεί
- Ευαισθησία στη γήρανση
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης
- Τρόπος συμπύκνωσης υγρασίας (σε σταγόνες ή σε μεμβράνη)
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (U.V. έως 0,4 m)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού σαν υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι ένας υαλοπίνακας θερμοκηπίου έχει πρακτικά την ίδια περατότητα στο φως μετά από αρκετά χρόνια μ' ένα καινούριο, πράγμα που δεν συμβαίνει με κανένα άλλο υλικό κάλυψης

Τα προβλήματα στεγανότητας που μπορεί να εμφανισθούν στα υαλόφρακτα θερμοκήπια, προέρχονται από την κακή επαφή που παρουσιάζεται σταδιακά στα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα με το σκελετό και από το σπάσιμο των υαλοπινάκων, που προέρχεται από χαλάζι ή απροσεξία λόγω του εύθραυστου που χαρακτηρίζει το γυαλί. Επίσης φαίνεται ότι μερικές ποιότητες γυαλιού γίνονται πιο εύθραυστες με την πάροδο του χρόνου.

Επειδή ο υαλοπίνακας έχει υψηλό ειδικό βάρος και επιπλέον είναι άκαμπτος και εύθραυστος, το υαλόφρακτο θερμοκήπιο απαιτεί φέρουσα κατασκευή ιδιαίτερης αντοχής και χωρίς να υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων φορτίων, όπως και προηγούμενα αναφέρθηκε.

Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης λόγω του μικρού βάρους τους, της χαμηλής τιμής τους, της ευκολίας προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης που επιτυγχάνεται στο σύνολο του θερμοκηπίου.

Στην περίπτωση των θερμοκηπίων που καλύπτονται με πλαστικό φύλλο, επειδή το κάλυμμα αντικαθίσταται κάθε 2-3 έτη, δημιουργείται κάποιο πρόβλημα στη διάθεση των μεταχειρισμένων πλαστικών φύλλων και στην απόθεσή τους στον ελεύθερο φυσικό χώρο, με αποτέλεσμα την αισθητική υποβάθμισή του εφ' όσον δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι χώροι συγκέντρωσης από όπου θα οδηγηθούν σε χώρους ανακύκλωσης πλαστικού υλικού.

1.3. Μορφές Θερμοκηπίων

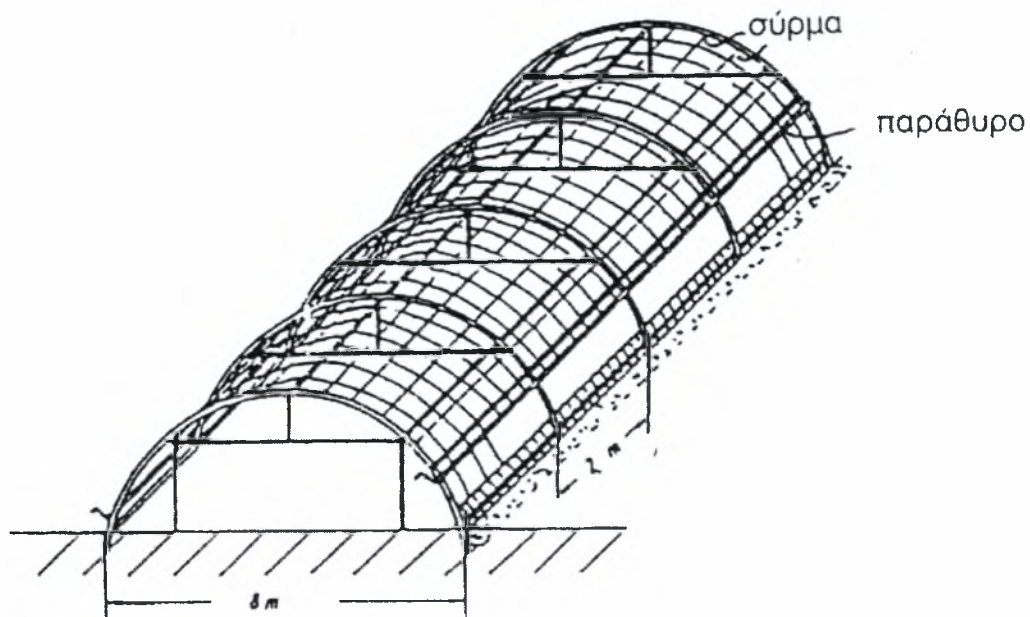
Τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους από κατασκευαστικής πλευράς, στο σχήμα και τις διαστάσεις της βασικής τους μονάδας, τα χρη-

σιμοποιούμενα υλικά σκελετού και κάλυψης καθώς και στο σύστημα εξαερισμού.

Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβανόμενο κατά μήκος και πλάτος σχηματίζει το σύνολο.

1.3.1. Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας

Τα θερμοκήπια κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα. Δυο όμως βασικά σχήματα επεκράτησαν, το τοξωτό (θολωτό) και το αμφικλινές (αμφίρριχτο)



Σχήμα 1.1 Τοξωτό θερμοκήπιο με συνεχές πλευρικό παράθυρο (Απλό)

Θερμοκήπια τοξωτά

Τα συνηθισμένα θερμοκήπια αυτού του σχήματος έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- α) Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται επαναλαμβανόμενα ομοιόμορφα τόξα και γι' αυτό είναι εύκολα στην κατασκευή.
- β) Έχουν ελαφρότερο σκελετό και επομένως είναι φθηνότερα.

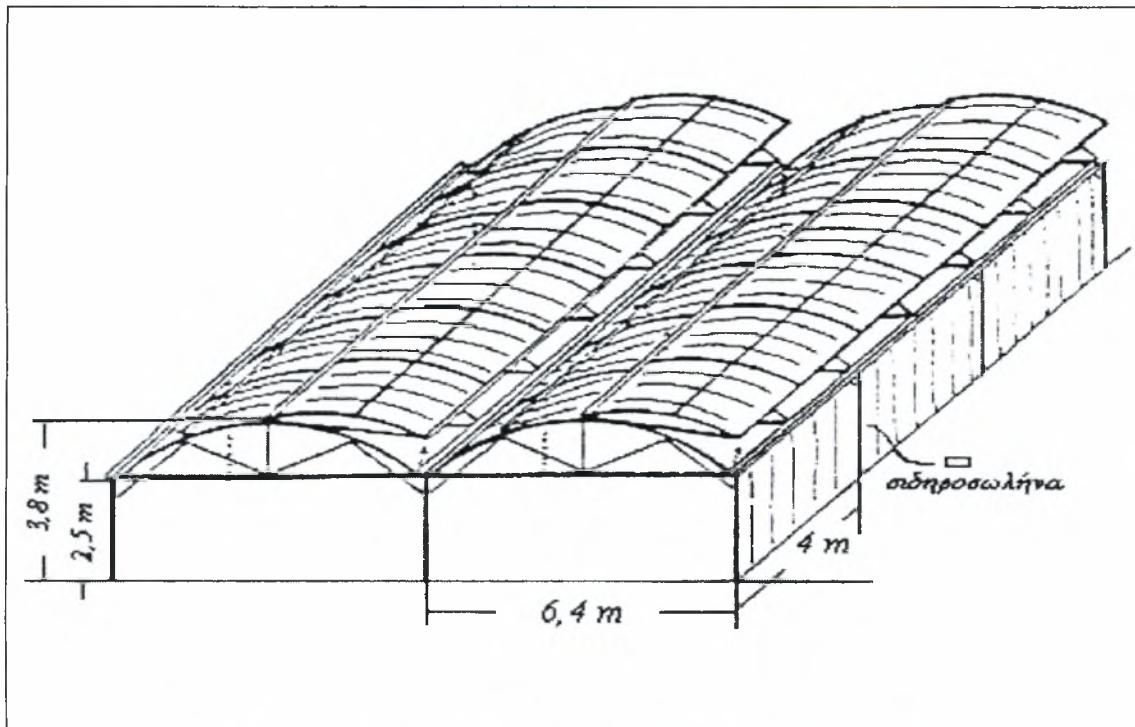
Μειονεκτούν όμως στο ότι:

α) Δεν προσφέρουν ευκολίες στην κατασκευή και στους αυτοματισμούς του παθητικού εξαερισμού οροφής.

β) Στις δυο άκρες του τόξου δημιουργούνται δυσκολίες στην εργασία του ανθρώπου, λόγω χαμηλού ύψους.

γ) Δεν είναι εύκολη η κατασκευή υαλόφρακτων θερμοκηπίων αυτού του σχήματος.

Ένα τοξωτό θερμοκήπιο μπορεί να χαρακτηριστεί ως **τροποποιημένο** όταν η βασική κατασκευαστική του μονάδα αποτελείται από στέγη η οποία φέρεται από στύλους όπως στο Σχήμα 1.2 .



Σχήμα 1.2 Τοξωτό τροποποιημένο θερμοκήπιο διπλής γραμμής

Θερμοκήπια αμφικλινή

Τα θερμοκήπια αυτά διαθέτουν τα εξής πλεονεκτήματα:

α) Τα διάφορα στοιχεία του σκελετού τους είναι σχετικά ομοιόμορφα και γι' αυτό τυποποιούνται εύκολα.

β) Είναι ευρύχωρα.

γ) Προσφέρουν δυνατότητες για καλό παθητικό εξαερισμό οροφής και πλευρικό.

δ) Διευκολύνεται περισσότερο ο αυτοματισμός στα συστήματα παθητικού εξαερισμού, διότι αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα και επίπεδες επιφάνειες.

ε) Η επιφάνειά τους αποτελείται από επίπεδα και γι' αυτό προσφέρουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των υαλοπινάκων στην κάλυψη του θερμοκηπίου.

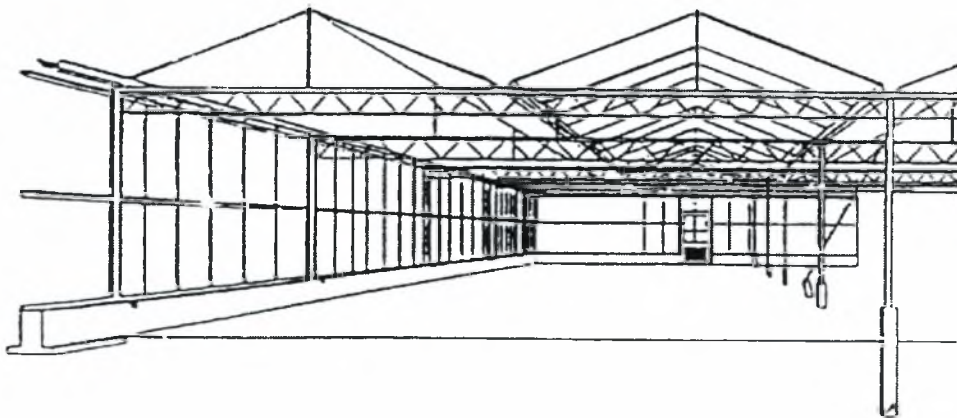
1.3.2. Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τις διαστάσεις της κατασκευαστικής μονάδας

Θερμοκήπια χαμηλά (η χαμηλή πλευρά έχει ύψος 2-3m).

Τα θερμοκήπια αυτού του ύψους, λόγω του μικρού τους όγκου έχουν σχετικά μικρότερες απώλειες ενέργειας. Μειονεκτούν όμως στα ακόλουθα σημεία :

α) Οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους μεταβάλλονται απότομα από τη εναλλαγή ημέρας-νύχτας, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυσμενείς συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας.

β) Λόγω του χαμηλού ύψους μερικές καλλιεργητικές εργασίες γίνονται με δυσκολία.



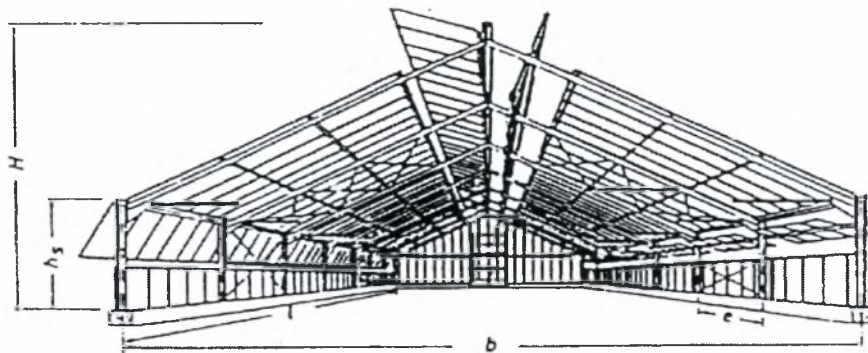
Σχήμα 1.3 Θερμοκήπιο με αμφικλινή χαμηλή οροφή (Venlo type)

Θερμοκήπια υψηλά (η χαμηλή πλευρά τους έχει ύψος 3m και άνω).

Αυτά έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

α) Παρέχουν καλό παθητικό εξαερισμό.
β) Ικανοποιούν τις ανάγκες των περισσότερων καλλιεργειών από πλευράς χώρου.

γ) Είναι φωτεινότερα. Τα αμφικλινή υψηλά θερμοκήπια μπορούν επίσης να διακριθούν σε θερμοκήπια υψηλής και χαμηλής οροφής.



Σχήμα 1.4 Θερμοκήπιο με αμφικλινή υψηλή οροφή (Wide Span)

Στα υψηλής οροφής αμφικλινή θερμοκήπια η οροφή της κατασκευαστικής μονάδας δημιουργείται από δυο κεκλιμένες επιφάνειες, αποκτούν έτσι χώρο μεγάλου όγκου, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται διεθνώς με το όνομα **Wide Span**, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1.4. Στα χαμηλής οροφής αμφικλινή θερμοκήπια, η οροφή της κατασκευαστικής μονάδας δημιουργείται από δυο ζεύγη κεκλιμένων επιφανειών που δημιουργούν μικρότερο όγκο θερμοκηπίου, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται διεθνώς με το όνομα **Venlo**, τυπικής μορφής του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 1.3.

Θερμοκήπια με κατασκευαστική μονάδα μεγάλου πλάτους

- α) Διευκολύνουν την εκμηχάνιση των καλλιεργειών
- β) Διευκολύνουν την κίνηση στο χώρο καλλιέργειας
- γ) Είναι φωτεινά

Θερμοκήπια με κατασκευαστική μονάδα μικρού πλάτους (κάτω από 5 μέτρα).

Αυτά τα θερμοκήπια είναι σημαντικά φθηνότερα από τα μεγάου πλάτους αλλά μειονεκτούν διότι έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά των θερμοκηπίων μεγάλου πλάτους.

1.3.3. Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού

A. Ξύλινα θερμοκήπια

Το ξύλο ως υλικό σκελετού θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για κατασκευές με πλάτος κατασκευαστικής μονάδας μέχρι 6m. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα στην κατασκευή

και συγκριτικά φθηνότερα. Μειονεκτούν από τα μεταλλικά θερμοκήπια στα εξής σημεία:

- α) Η διάρκεια ζωής τους είναι πολύ περιορισμένη.
- β) Δεν είναι εύκολη η κατασκευή παραθύρων οροφής και η αυτοματοποίηση γενικά στους παθητικούς εξαερισμούς
- γ) Συχνά τα ξύλα στρεβλώνουν, με αποτέλεσμα κακή στεγανότητα του θερμοκηπίου.
- δ) Είναι λιγότερο φωτεινά.
- ε) Χρειάζονται συχνά συντήρηση

Β. Μεταλλικά θερμοκήπια από γαλβανισμένο χάλυβα

Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου προτιμούνται περισσότερο σήμερα, διότι: (α) τα στοιχεία του σκελετού έχουν μικρές διατομές με ανακλαστική επιφάνεια και γι' αυτό ο χώρος μέσα στο θερμοκήπιο είναι φωτεινός, (β) διαρκούν περισσότερο σε σχέση με τα άλλα, 15 χρόνια και άνω, (γ) οι μηχανισμοί του παθητικού εξαερισμού κατασκευάζονται και αυτοματοποιούνται ευκολότερα και (δ) μεταφέρονται ευκολότερα σε περίπτωση μετεγκατάστασης της επιχείρησης.

Γ. Μεταλλικά θερμοκήπια από αλουμίνιο

Αυτού του είδους τα θερμοκήπια έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- α) Έχουν πολύ ελαφρότερα στοιχεία σκελετού.
- β) Δεν διαβρώνονται στο θερμοκηπιακό περιβάλλον.
- γ) Οι διατομές των στοιχείων τους είναι μικρές, με ανακλαστική επιφάνεια, που ευνοούν τη φωτεινότητα του χώρου.
- δ) Κατασκευάζεται και αυτοματοποιείται πολύ εύκολα ο παθητικός εξαερισμός, γιατί τα κινητά στοιχεία αυτού είναι σχετικά ελαφρά.
- ε) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

1.3.4. Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τη διάταξη των βασικών κατασκευαστικών μονάδων

Α. Θερμοκήπια απλής γραμμής

Τα θερμοκήπια αυτά μορφώνονται από μια σειρά βασι-

κών κατασκευαστικών μονάδων τοποθετημένων κατά μήκος.



Εικόνα 1.1 Θερμοκήπια απλής γραμμής

Τα απλής γραμμής θερμοκήπια:

α) Επιτρέπουν μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό τους, διότι δέχονται περισσότερο διάχυτο φωτισμό από τις πλευρές τους. Θα πρέπει όμως, όταν τοποθετούνται πολλά θερμοκήπια σε μια περιοχή, η μεταξύ τους απόσταση να είναι μεγαλύτερη από τα $2/3$ του ύψους τους.

β) Διαθέτουν αποτελεσματικό φυσικό εξαερισμό από τα πλευρικά παράθυρα, επειδή το πλάτος τους είναι περιορισμένο.

γ) Είναι ασφαλέστερα στις χιονόπληκτες περιοχές, επειδή το χιόνι απομακρύνεται γρηγορότερα από την οροφή τους (εκτός από το αμφικλινές χαμηλής οροφής).

Έχουν όμως και πολύ σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία είναι η μικρότερη αξιοποίηση της έκτασης του αγρού και οι μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας θέρμανσης.

Β. Πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια

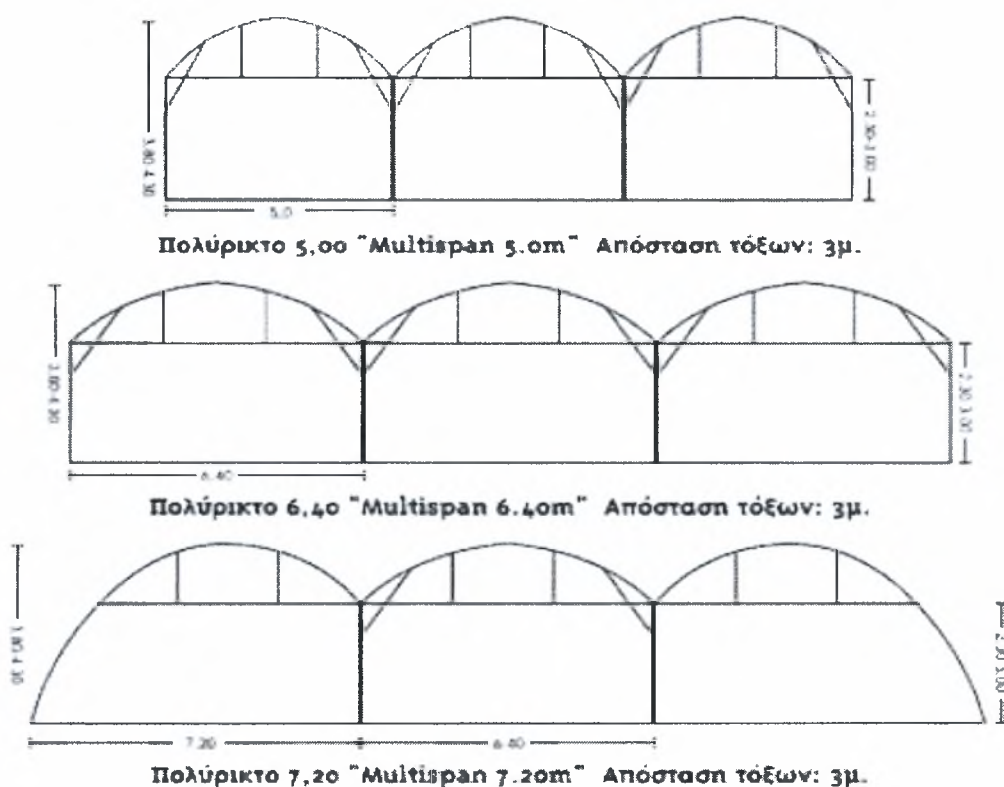
Τα πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια προέρχονται από απλά, που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους στην πλευρά. Στην ένωση των πλευρών της οροφής των θερμοκηπίων κατασκευάζεται υδρορροή, απ' όπου απομακρύνεται το νερό της βροχής ή του λυομένου χιονιού. Το κατασκευαστικό στοιχείο επομένως σ' αυτά τα θερμοκήπια επαναλαμβάνεται κατά μήκος και κατά πλάτος. Τα θερμοκήπια αυτά:

α) Έχουν μεγάλο συνεχόμενο εσωτερικό χώρο, χρήσιμο στην εκμηχάνιση.

β) Παρουσιάζουν οικονομία στη θέρμανση, διότι έχουν μικρότερη επιφάνεια καλύμματος ανά μονάδα επιφανείας εδάφους.

γ) Όταν καλύπτουν μεγάλη συνεχόμενη έκταση δεν έχουν καλό παθητικό εξαερισμό, γι' αυτό σε θερμές περιοχές θα πρέπει να αποφεύγονται πολλαπλά θερμοκήπια πολύ μεγάλης έκτασης.

δ) Στην οροφή τους συγκρατείται μεγάλη ποσότητα χιονιού, γι' αυτό σε περιοχές με χιονοπτώσεις, ιδιαίτερα σ' αυτά τα θερμοκήπια, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ασφαλείας.



Σχήμα 1.5 Μορφές τοξωτών τροποποιημένων θερμοκηπίων πολλαπλής γραμμής

1.4. Στοιχεία του Σκελετού των Θερμοκηπίων

Ο ιστός του σκελετού του θερμοκηπίου δημιουργεί το σχήμα και δίνει την αντοχή της κατασκευής στις διάφορες καταπονήσεις. Ο σκελετός των διαφόρων θερμοκηπίων αποτελείται από:

(α) Τους στύλους, που είναι τα κατακόρυφα στοιχεία του σκελετού, τα οποία μεταφέρουν άμεσα τα φορτία στα θεμέλια (έδαφος).

(β) Τις δοκούς ή τις μηκίδες, που είναι τα οριζόντια στοιχεία του σκελετού που συνδέουν τους στύλους.

(γ) Τα ζευκτά ή δικτυώματα, που αποτελούν τα στοιχεία του σκελετού της οροφής.

(δ) Τις τεγίδες, που είναι στοιχεία του σκελετού της οροφής, που τοποθετούνται κάθετα πάνω στα ζευκτά κατά μήκος του θερμοκηπίου. Πάνω στις τεγίδες στηρίζονται επιτεγίδες ή λεπτά σκελετικά στοιχεία ή απ' ευθείας η διαφανής επικάλυψη της στέγης. Οι επιτεγίδες ειδικής διατομής τοποθετούνται στα υαλόφρακτα θερμοκήπια για να φέρουν τους υαλοπίνακες, ή στα πλαστικής κάλυψης για τη στερέωση του πλαστικού.

(ε) Την υδρορροή που συνδέει δυο κεκλιμένες επιφάνειες της οροφής στη χαμηλότερη πλευρά τους και χρησιμεύει για την παροχέτευση των ομβρίων που συγκεντρώνονται στην οροφή. Η υδρορροή αποτελεί ταυτόχρονα και στοιχείο στερέωσης, όπως η δοκός.

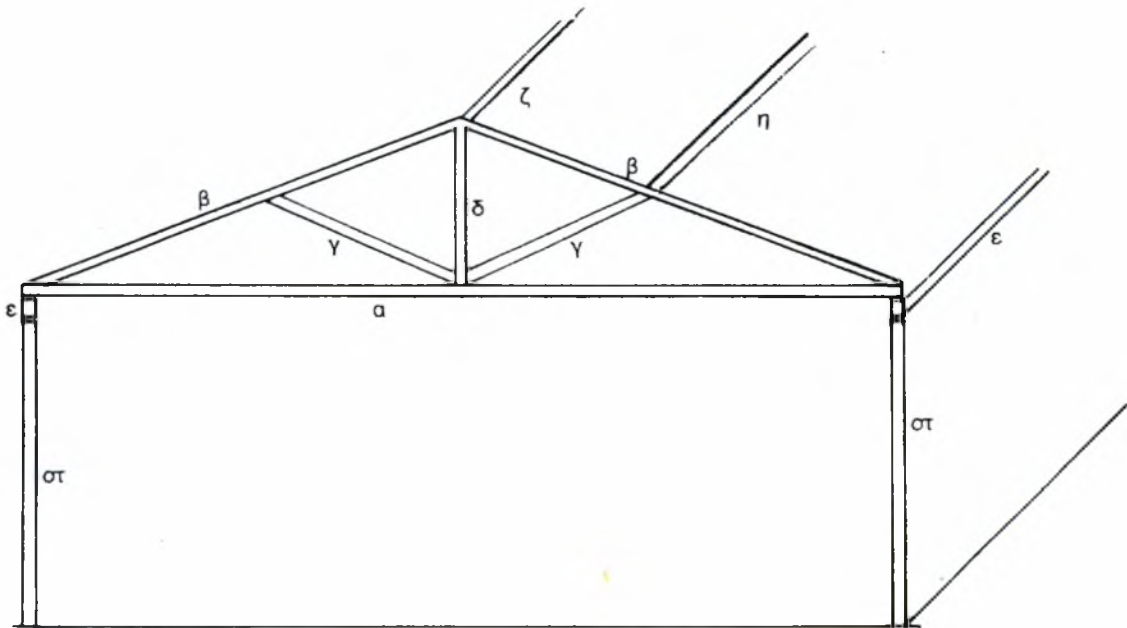
(στ) Τα αντιανέμια που είναι διαγώνια υποστηρίγματα που συγκρατούν τους στύλους ή τα δοκάρια και την υδρορροή για ενίσχυση της αντίστασης στα πλευρικά φορτία και κυρίως του ανέμου.

(ζ) Τα τόξα που αποτελούν το βασικό σκελετό στην κατασκευή των τοξωτών θερμοκηπίων.

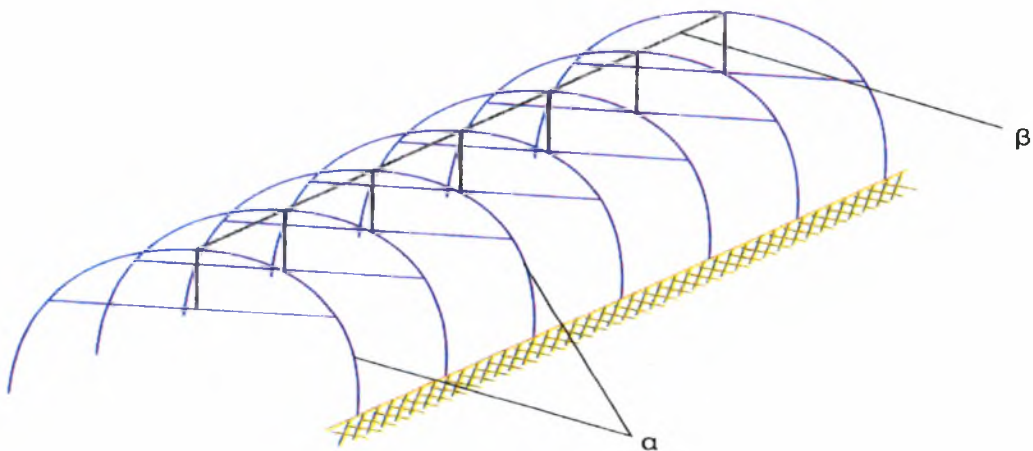
(η) Τις συνδετικές ράβδους, που είναι τα οριζόντια στοιχεία που συνδέουν τα τόξα στα τοξωτά θερμοκήπια.

(θ) Συνδέσμους, τρισδιάστατα απλά ή και πολλαπλά κομβοελάσματα, ειδικά τεμάχια, ράβδους στερέωσης, κοχλίες κλπ., μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση και στερέωση όλων των στοιχείων του σκελετού.

Στο **Σχήμα 1.6** φαίνονται τα βασικά στοιχεία του σκελετού αμφικλινούς θερμοκηπίου ενώ στο **Σχήμα 1.7** τα βασικά στοιχεία του σκελετού τοξωτού θερμοκηπίου.

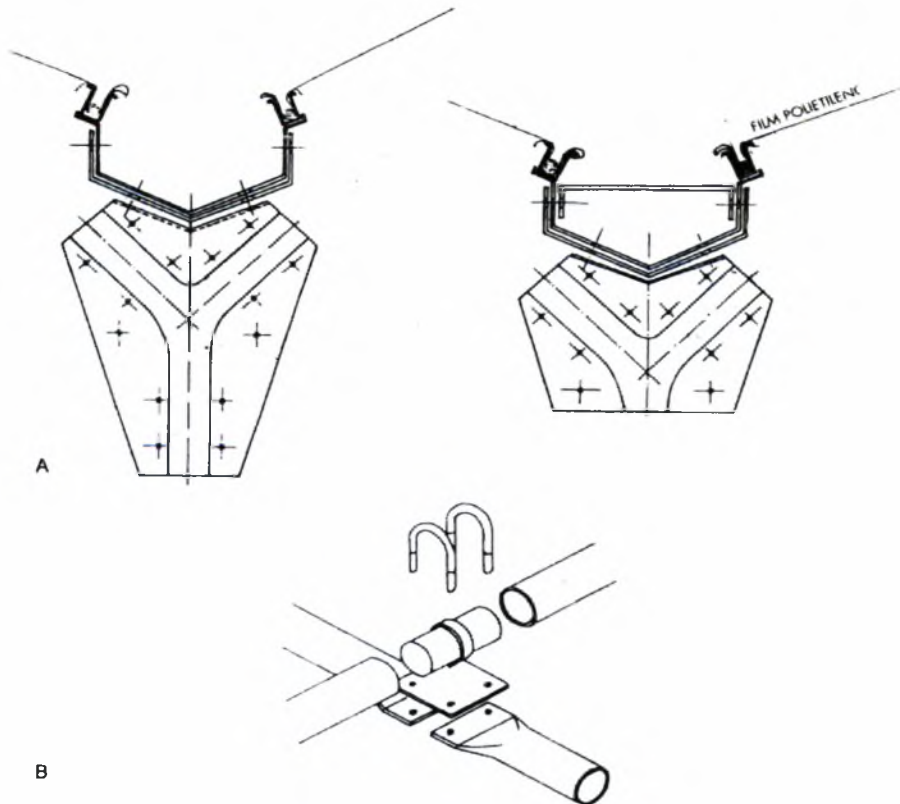


Σχήμα 1.6 Τα βασικά στοιχεία του σκελετού του αμφικλινούς θερμοκηπίου. α. ελκυστήρας ή πέλμα, β. ψαλίδια ή αμείβοντες, γ. αντηρίδες ή διαγώνιες, δ. ορθοστάτης, ε. δοκάρια, στ. στύλος, ζ. κορφιάς, η. τεγίδα. Το σύνολο α, β, γ, δ αποτελεί το ζευκτό.

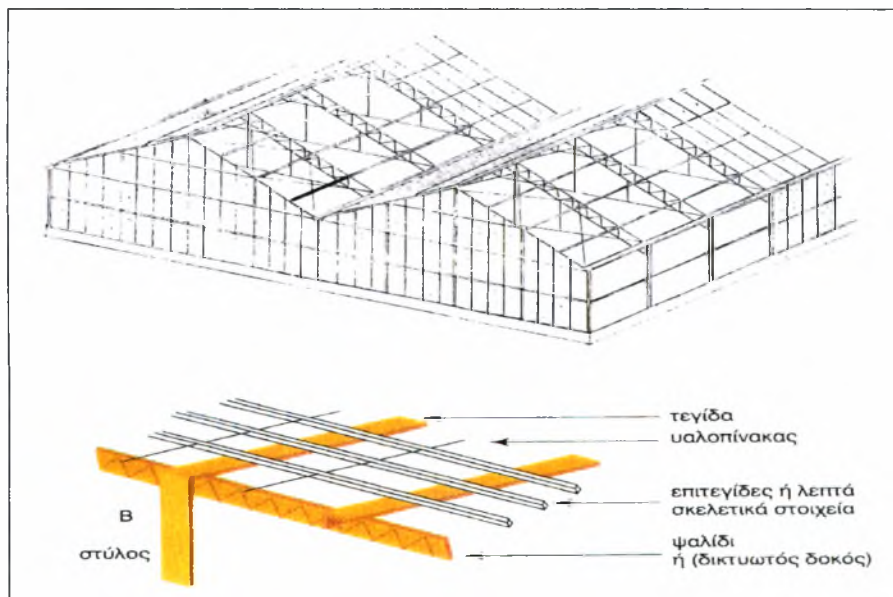


Σχήμα 1.7 Βασικά στοιχεία του σκελετού τοξωτού θερμοκηπίου α. τόξα, β. συνδετική ράβδος.

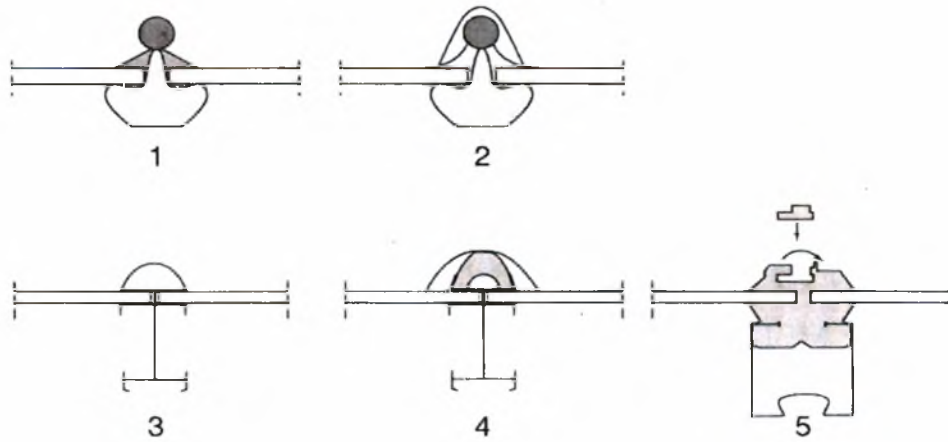
Στα παρακάτω Σχήματα φαίνονται λεπτομέρειες σύνδεσης των σκελετικών μελών καθώς και λεπτομέρειες των υλικών συγκράτησης των υλικών κάλυψης.



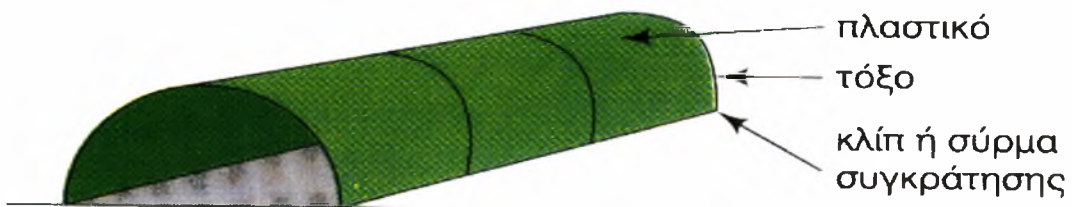
Σχήμα 1.8 Α. Στήριξη υδρορροής σε τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο.
Β. σύνδεση, προσαρμογή σωλήνων.



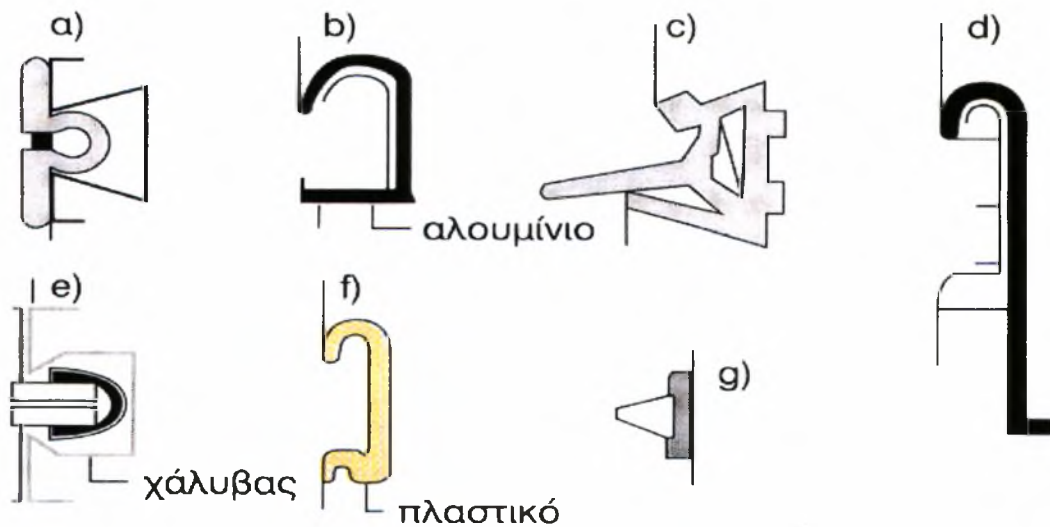
Σχήμα 1.9 Υαλόφρακτο θερμοκήπιο



Σχήμα 1.10 Συστήματα για τη συγκράτηση των υαλοπινάκων



Σχήμα 1.11 Συγκρότηση του πλαστικού φύλλου σε απλό τοξωτό θερμοκήπιο



Σχήμα 1.12 Συστήματα στερέωσης του απλού πλαστικού φύλλου



Εικόνα 1.2 Εσωτερικό πολλαπλού τοξωτού θερμοκηπίου



Εικόνα 1.3 Ενίσχυση ακραίων μονάδων με αντιανέμια

**1.5. Διαστάσεις Κατασκευαστικού Στοιχείου Θερμοκηπίου με
Βάση τις Τεχνικές Προδιαγραφές του Υπουργείου
Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων**

1.5.1. Αμφίρριχτα απλά ή πολλαπλά

Ύψος: Ελάχιστο ύψος χαμηλής πλευράς στύλων στα απλά και της υδρορροής στα πολλαπλά :

- Χωρικού τύπου 2,20m
- Τυποποιημένα 2,60m

Πλάτος: Ελάχιστο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας :

- Χωρικού τύπου 5m (είναι δυνατή η τοποθέτηση ενδιάμεσων στύλων για στήριξη της οροφής, με ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους 2,50m)
- Τυποποιημένα 5m (είναι δυνατή η τοποθέτηση ενδιάμεσων στύλων για στήριξη της οροφής, με ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους 2,50m)

Απόσταση στύλων: Ελάχιστο μήκος κατασκευαστικής μονάδας (απόσταση στύλων επί της γραμμής)

- Χωρικού τύπου 2m
- Τυποποιημένα 2,50m

Κλίση οροφής: Η κλίση οροφής θα κυμαίνεται στα :

- Χωρικού τύπου 20° - 30°
- Τυποποιημένα 20° - 30°

1.5.2. Τοξωτά

Ύψος: Ελάχιστο ύψος στην κορυφή 3m και ελάχιστο ύψος σε απόσταση μισό μέτρο από το σημείο στήριξης στο έδαφος 1,5m

Πλάτος: Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος 7m

1.5.3. Τροποποιημένα τοξωτά απλά ή πολλαπλά

Ύψος: Ελάχιστο ύψος υδρορροής:

- Χωρικού τύπου 2,20m
- Τυποποιημένα 2,60m

Ελάχιστο ύψος στην κορυφή:

- Χωρικού τύπου 3,10m
- Τυποποιημένα 3,50m

Πλάτος: Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος στο έδαφος 5m

Απόσταση στύλων: Ελάχιστο μήκος κατασκευαστικής μονάδας (απόσταση στύλων επί της γραμμής)

- Χωρικού τύπου 2m
- Τυποποιημένα 2m

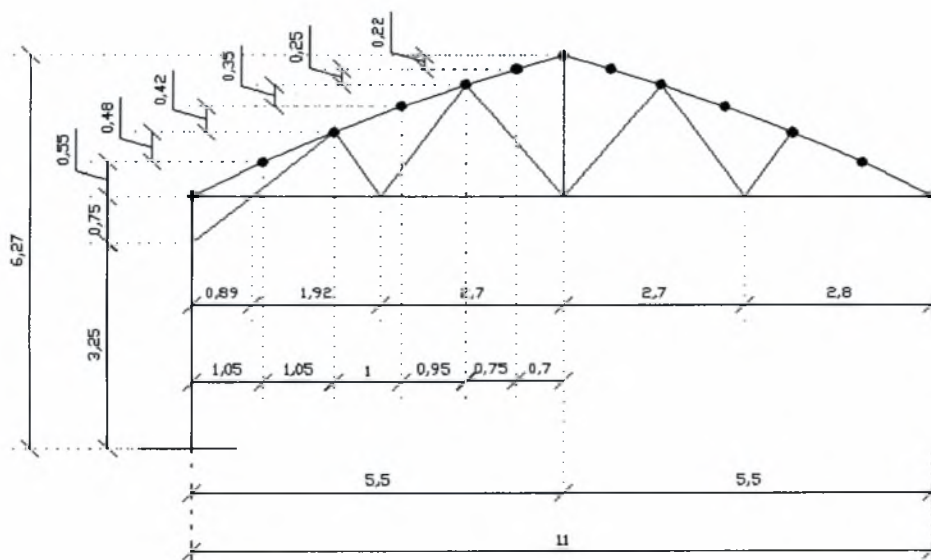
Κεφάλαιο 2^ο : Στατική Μελέτη Χαλύβδινου

Τοξωτού Θερμοκηπίου

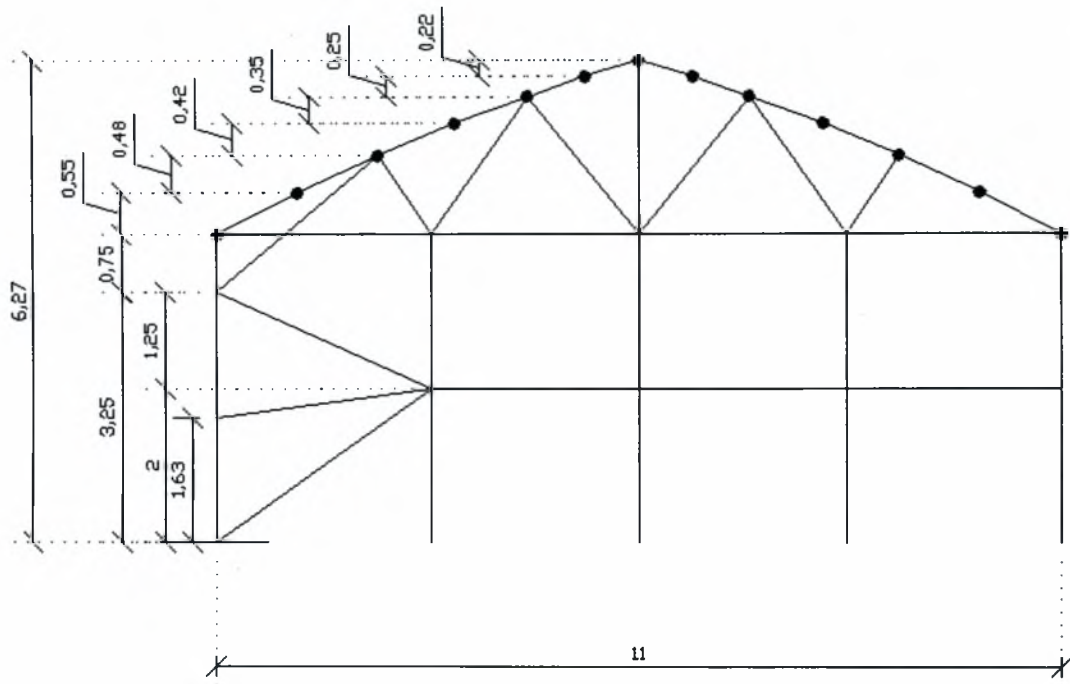
2.1. Περιγραφή του έργου

Το περιεχόμενο του παρόντος Κεφαλαίου αναφέρεται στη στατική μελέτη ενός τυποποιημένου χαλύβδινου τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου *MULTYHORTUS-ATLANTIC*, που προέρχεται από τη διεθνούς φήμης Ιταλική εταιρεία κατασκευής θερμοκηπίων LUCCHINI. Θα πραγματοποιηθεί έλεγχος αντοχής των μελών του φορέα χρησιμοποιώντας ως αρχικές διατομές αυτές που επαρκούν για το θερμοκήπιο κατασκευασμένο στην Ιταλική Επικράτεια (με βάση τους εκεί συντελεστές συνδυασμών φορτίσεων) και πιθανή αλλαγή αυτών για προσαρμογή στις ελληνικές απαιτήσεις, που προκύπτουν από ανάλογους συντελεστές συνδυασμών φορτίσεων προσαρμοσμένους στις ιδιαιτερότητες (κλιματολογικές, γεωμορφολογικές) του Ελλαδικού χώρου.

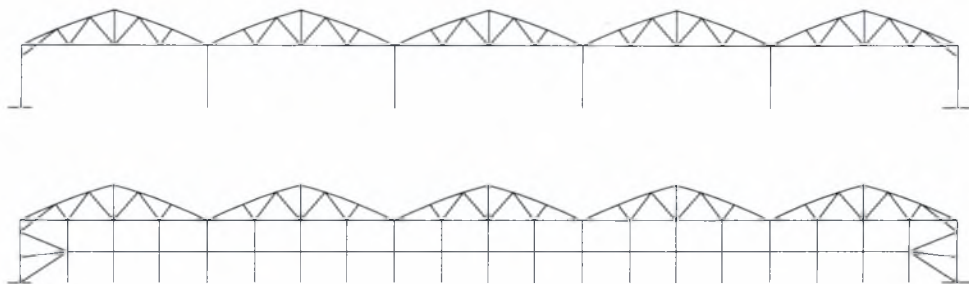
Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς η στατική επάρκεια της κατασκευής για 5 επαναλαμβανόμενες στη διεύθυνση πρόσοψης μονάδες και 41 κάθετα σε αυτή (δηλαδή καλυπτόμενη επιφάνεια $[5 \times 11] \times [(41-1) \times 2.5] = 5500 \text{m}^2$). Οι διαστάσεις (σε m) του επαναλαμβανόμενου κατά την διεύθυνση της πρόσοψης τοξωτού κύριου φορέα φαίνονται στα Σχήματα 2.1 και 2.2, ενώ όψεις του συνολικού εσωτερικού και εξωτερικού φορέα του όλου συγκροτήματος απεικονίζονται στο Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.1 Διαστάσεις-ακραία βασική μονάδα εσωτερικού κύριου φορέα



Σχήμα 2.2 Διαστάσεις-ακραία βασική μονάδα εξωτερικού κυρίου φορέα



Σχήμα 2.3 Εσωτερικός κύριος φορέας και πρόσοψη

2.2. Διατομές μελών κυρίου φορέα και εξοπλισμός (Δεδομένα εταιρείας LUCCHINI)

Σύμφωνα με τον αρχικό (ιταλικό) σχεδιασμό, οι κύριοι φορείς του θερμοκηπίου απαρτίζονται από τα παρακάτω είδη μελών τα οποία είναι κατασκευασμένα από επιψευδαργυρωμένο χάλυβα Fe360 (S235) με τάση διαρροής $f_y = 235 \text{ Mpa}$ (N/mm^2) και τάση θραύσης $f_u = 360 \text{ Mpa}$:

1. Τόξα από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα κυκλικής διατομής Φ 60 πάχους 2mm.
2. Πλευρικούς και κεντρικούς στύλους από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα ορθογωνικής κοίλης διατομής 80x80 και πάχους 2mm.
3. Χαλύβδινους ορθοστάτες και διαγώνιους γαλβανισμένης κοίλης κυκλικής διατομής Φ 28 και πάχους 1.5mm.
4. Χαλύβδινους ελκυστήρες και οριζόντιες ράβδους γαλβανισμένης κοίλης κυκλικής διατομής Φ 32 και πάχους 1.5mm.
5. Ενισχυτικές χαλύβδινες ράβδους θεμελίωσης (μήκους 50cm εκτός εδάφους) από γαλβανισμένη κοίλη τετραγωνική διατομή 70x70 και πάχους 2mm.
6. Μπράτσο ανάρτησης καλλιέργειας από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα Φ 32/28 με τριπλό V σε κάθε τόξο.
Πέραν των παραπάνω, το συγκρότημα σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι εξοπλισμένο με :
 7. Πλευρικούς αντιανέμιους συνδέσμους Φ 32 και πάχους 1.5mm.
 8. Χαλύβδινες γαλβανισμένες υδρορροές κατά μήκος της πλάγιας όψης.
 9. Χαλύβδινες οριζόντιες ράβδους κυκλικής διατομής Φ 32 και πάχους 1.5mm κατά μήκος της πλάγιας όψης.

2.3. Εξοπλισμός προσαρμοσμένος στο σκελετό

Το θερμοκήπιο διαθέτει προσόψεις από πολυκαρβονικά φύλλα πάχους 8mm, κάλυψη με διπλό πλαστικό πολυαιθυλενίου φουσκωτό, ηλεκτροκίνητα πλευρικά παράθυρα και από τις δύο πλευρές, ηλεκτροκίνητα παράθυρα οροφής τύπου μονού ανοίγματος, ηλεκτροκίνητα παράθυρα οροφής τύπου πεταλούδας και εσωτερικό σύστημα σκίασης. Ακόμη είναι εξοπλισμένο με τυφλές μετώπες που επενδύονται με κυψελωτά πολυκαρβονικά φύλλα πάχους 8mm, φεγγίτες με κυψελωτά πολυκαρβονικά φύλλα πάχους 8mm και δύο μετώπες με δίφυλλη συρόμενη πόρτα διαστάσεων 2.00x2.70m, επενδεδυμένες με κυψελωτά πολυκαρβονικά φύλλα πάχους 8mm.

2.4. Διαστάσεις κατασκευής

Οι διαστάσεις του εν λόγω θερμοκηπίου έχουν ως εξής :

- Απόσταση μεταξύ κύριων φορέων 2.5m
- Ύψος ως την υδρορορή 4.00m
- Ύψος κορυφής 6.27m
- Συνολικό πλάτος 55.00m (5 μονάδες ανοίγματος 11m

έκαστη)

- Συνολική καλυπτόμενη επιφάνεια 5500m²

2.5. Φορτία και Δράσεις

Στο σχεδιασμό της κατασκευής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα φορτία και δράσεις που είναι δυνατό να συμβούν κατά τη διάρκεια της ελάχιστης οικονομικής ζωής του έργου, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ENV- 1991-1 (Basis on design and actions on structures), καθώς και το πρότυπο EN-13031-1 που τον εξειδικεύει για τα θερμοκήπια.

Γενικά για τους υπολογισμούς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες δράσεις από:

- μόνιμα φορτία
- πρόσθετα φορτία (φορτία εγκαταστάσεων, φυτών κλπ)
- κλιματικά φορτία (χιονιού, ανέμου, θερμικές δράσεις)

2.6. Κανονισμοί - Διατάξεις - Κανόνες Εφαρμογής

Η όλη μελέτη βασίζεται στις ακόλουθες Εθνικές ή / και Διεθνείς Διατάξεις και τους σε ισχύ αντίστοιχους Εθνικούς ή / και Διεθνείς Κανόνες Εφαρμογής, που είναι:

A. Για τις φορτίσεις

Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1 : General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings. Final Draft prEN 1991-1-1: July 2001.

Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4 : General actions - Wind actions, CEN TC 250 Date: 2002-06, prEN 1991-1-4.6.

Eurocode 1: Actions on structures – Part 1.6 : General actions - Actions during execution, Draft prEN 1991-1-6 1st August 2002.

Eurocode 1: Actions on structures – Part 1.3 :
General Actions - Snow Loads, Final Draft (Stage 49),13/02/2002
(CEN/TC250/SC1/N347).

B. Για τον υπολογισμό και τη διαστασιολόγηση

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ του Ευρωκώδικα

3, ENV 1993-1-1/1992: Υπολογισμός Κατασκευών από Χάλυβα - Μέρος 1-1:
Γενικοί Κανόνες και Κανόνες για τα Δομικά Έργα, και τα σχετικά
Παραρτήματα αυτού.

Γ. Ειδικές Προδιαγραφές Θερμοκηπίων

Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές EN 13031-1:2001,

Greenhouses - Design and construction - Part 1: Commercial production
greenhouses.

2.7. Λογισμικό Υπολογισμού και Διαστασιολόγησης

Για τον υπολογισμό και την διαστασιολόγηση - έλεγχο της
κατασκευής χρησιμοποιείται το πρόγραμμα SAP 2000 Ver.9.0.9 και
εφαρμόζεται γραμμική στατική ανάλυση και ανάλυση ευστάθειας για όλους
τους προβλεπόμενους συνδυασμούς φόρτισης, όπως αυτοί περιγράφονται
στο τεύχος της μελέτης. Μέσω του ανωτέρω λογισμικού, που υπολογίζει
αυτόματα το ίδιο βάρος της κατασκευής, πραγματοποιούνται και οι
απαιτούμενοι έλεγχοι σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3. Τα γενικά
χαρακτηριστικά του προγράμματος SAP 2000 έχουν (στην αγγλική) ως εξής :

Welcome to SAP2000®

Linear and Nonlinear
Static and Dynamic
Analysis and Design
of
Three Dimensional Structures

Quick Links: [Welcome](#) [Getting Started](#) [Example Problems](#)

Copyright

The computer program SAP2000 and all associated documentation are proprietary and copyrighted products. Worldwide rights of ownership rest with Computers and Structures, Inc. Unlicensed use of the program or reproduction of the documentation in any form, without prior written authorization from Computers and Structures, Inc. is explicitly prohibited.

Further information and copies of this documentation may be obtained from

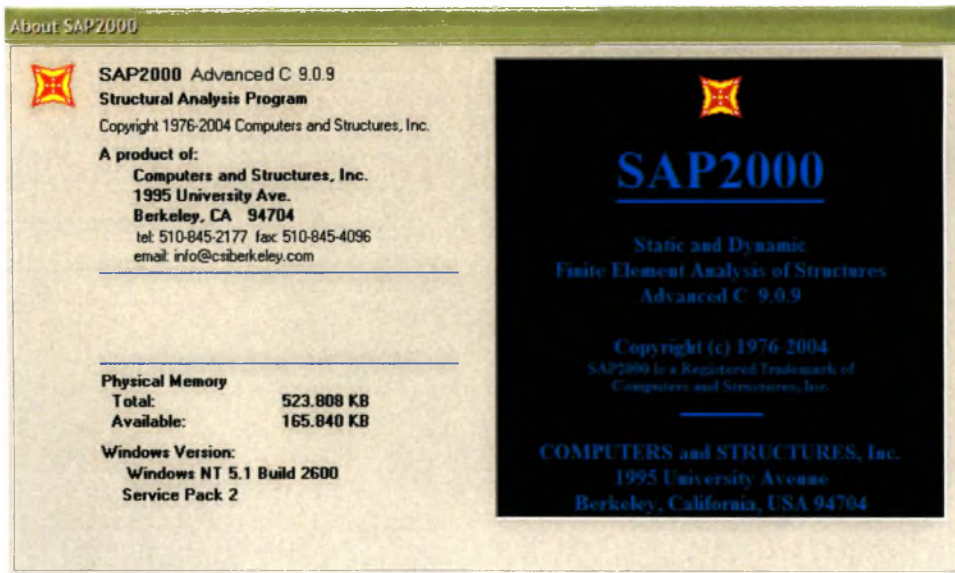
Computers and Structures, Inc.
1995 University Avenue
Berkeley, California 94704
USA

Tel: (510) 845-2177
Fax: (510) 845-4096

e-mail: info@csiberkeley.com

web: www.csiberkeley.com

© Copyright Computers and Structures, Inc., 1978-2004
SAP2000 is a registered trademark of Computers and Structures, Inc.



2.8. Κατάταξη θερμοκηπιακών κατασκευών

Τα θερμοκήπια κατατάσσονται σύμφωνα:

- α) Με ένα ελάχιστο προβλεπόμενο σχεδιαστικό χρόνο ζωής της κατασκευής, ο οποίος κυμαίνεται από 5 έως 15 χρόνια, και
- β) Με την ανοχή του συστήματος επένδυσης στις μετατοπίσεις του σκελετού οπότε χαρακτηρίζονται σαν τύπου Α ή τύπου Β. Τύπου Α είναι τα θερμοκήπια στα οποία το σύστημα επένδυσης δεν είναι ανεκτικό σε μετατοπίσεις του σκελετού, συνεπεία των φορτίων σχεδιασμού.

Τα θερμοκήπια τύπου Α πρέπει να σχεδιάζονται ελέγχοντας τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (SLS) καθώς και τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS).

Τύπου Β είναι τα θερμοκήπια στα οποία το σύστημα επένδυσης είναι ανεκτικό σε μετατοπίσεις του σκελετού, συνεπεία των φορτίων σχεδιασμού. Τα θερμοκήπια τύπου Β επιτρέπεται να σχεδιάζονται ελέγχοντας μόνο τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS).

Στις περιπτώσεις όπου μόνο ένα μέρος της επένδυσης είναι ανεκτικό σε μετατοπίσεις του σκελετού, το θερμοκήπιο πρέπει να σχεδιάζεται σαν τύπου Α. Οι τοπικές μετατοπίσεις των κατασκευαστικών συνιστωσών μεταφερόμενες ευθέως μόνο στα μέρη του συστήματος επένδυσης τα οποία είναι ανεκτικά σε μετατοπίσεις του σκελετού δεν χρειάζεται να ελέγχονται σε οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (SLS).

Τα θερμοκήπια ταξινομούνται όπως φαίνεται στον κάτωθι πίνακα:

Τύπος θερμοκηπίου	Ελάχιστος προβλεπόμενος χρόνος ζωής		
	15 χρόνια	10 χρόνια	5 χρόνια
Τύπος Α	A 15	A 10	-
Τύπος Β	B 15	B 10	B5

Πίνακας 2.1 Ταξινόμηση θερμοκηπίων

2.9. Συνδυασμοί Δράσεων

Σύμφωνα με την παράγραφο 6 του Παραρτήματος Ε του EN 13031.01, για την Ελλάδα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη οι ακόλουθοι συνδυασμοί δράσεων :

a1, a2, a3, b1, c1, d1, d2, e1

Οι εν λόγω συνδυασμοί αυτοί, σύμφωνα με τον Πίνακα 5 του EN 13031.01, έχουν ως εξής :

$$a1) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{G2}G_{k2} + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \psi_{0Q2}\gamma_{Q2}Q_{k2} + \psi_{0Q3}\gamma_{Q3}Q_{k3}$$

$$a2) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{G2}G_{k2} + \psi_{0Q1}\gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}Q_{k2} + \psi_{0Q3}\gamma_{Q3}Q_{k3}$$

$$a3) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{G2}G_{k2} + \psi_{0Q1}\gamma_{Q1}Q_{k1} + \psi_{0Q2}\gamma_{Q2}Q_{k2} + \gamma_{Q3}Q_{k3}$$

$$b1) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{Q1}Q_{k1}$$

$$c1) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{G2}G_{k2} + \psi_{0Q3}\gamma_{Q3}Q_{k3} + \gamma_{Q4}Q_{k4} + \psi_{0Q5}\gamma_{Q5}Q_{k5}$$

$$d1) \quad G_{k1} + G_{k2} + \psi_{2Q3}Q_{k3} + \gamma_{AE}A_{Ek}$$

$$d2) \quad G_{k1} + G_{k2} + \psi_{2Q2}Q_{k2} + \psi_{2Q3}Q_{k3} + \gamma_{AE}A_{Ek}$$

$$e1) \quad \gamma_{G1}G_{k1} + \gamma_{G2}G_{k2} + \gamma_{Q6}Q_{k6}$$

όπου

A_{Ek} η χαρακτηριστική τιμή των σεισμικών δράσεων

G_{k1} η χαρακτηριστική τιμή των μόνιμων δράσεων

G_{k2} η χαρακτηριστική τιμή των δράσεων λόγω μόνιμης παρουσίας εγκαταστάσεων

Q_{k1} η χαρακτηριστική τιμή των δράσεων λόγω ανέμου

Q_{k2} η χαρακτηριστική τιμή των δράσεων λόγω χιονιού

Q_{k3} η χαρακτηριστική τιμή των δράσεων λόγω φυτών

Q_{k4} η χαρακτηριστική τιμή της συγκεντρωμένης κατακόρυφης δράσης

Q_{k5} η χαρακτηριστική τιμή των δράσεων λόγω μη μόνιμων εγκαταστάσεων

Q_{k6} η χαρακτηριστική τιμή των θερμικών δράσεων

γ ο μερικός παράγων

ψ ο συντελεστής συνδυασμού

Οι μερικοί παράγοντες γ και οι συντελεστές συνδυασμού ψ , για τον Ελλαδικό χώρο, δίδονται από τους Πίνακες Ε.24 και Ε.35 του EN 13031.01, που ακολουθούν :

Πίνακας Ε.24 - Μερικοί παράγοντες γ

Είδος Δράσεων	Σύμβολο	Οριακή Κατάσταση	
		Λειτουργικότητας	Αστοχίας
Μόνιμες	γ_{G1}	1,0	1,2 / 1,0 ^a
Λόγω μόνιμης παρουσίας εγκαταστάσεων	γ_{G2}	1,0	1,2 / 1,0 ^a
Λόγω ανέμου	γ_{Q1}	1,0	1,2 / 0,0
Λόγω χιονιού	γ_{Q2}	1,0	1,2 / 0,0
Λόγω φυτών	γ_{Q3}	1,0	1,2 / 0,0
Συγκεντρωμένη κατακόρυφη	γ_{Q4}		1,2 / 0,0
Λόγω μη μόνιμων εγκαταστάσεων	γ_{Q5}	1,0	1,2 / 0,0
Θερμικές	γ_{Q6}	1,0	1,0 / 0,0
Σεισμικές	γ_{AE}		0,8 / 0,0

^a Θα λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή όταν το G_k δρα δυσμενώς και η μικρότερη όταν το G_k δρα ευμενώς.

Πίνακας Ε.25 - Συντελεστές συνδυασμού ψ

Συνδυασμός Δράσεων	Συντελεστές συνδυασμού ψ			
	άνεμος	χιόνι	φυτά	μη μόνιμες εγκαταστάσεις
	ψ_{0Q1}	ψ_{0Q2}	ψ_{0Q3} ή ψ_{2Q3}	ψ_{0Q5}
a1	-	0,6 / 0,0	1,0 / 0,0	
a2	0,6 / 0,0	-	1,0 / 0,0	

a3	0,6 / 0,0	0,6 / 0,0	-	
c1			1,0 / 0,0	0,0
d1 ^a			1,0 / 0,0	
d2 ^a		0,3	1,0 / 0,0	
^a Μόνο σε ζώνες υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας.				

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι γενικοί προς εφαρμογή συνδυασμοί δράσεων (στην οριακή κατάσταση αστοχίας) για θερμοκήπια παραγωγής στον Ελλαδικό χώρο διαμορφώνονται ως εξής :

- a1) $1.2G_{k1} + 1.2G_{k2} + 1.2Q_{k1} + 0.72Q_{k2} + 1.2Q_{k3}$
a2) $1.2G_{k1} + 1.2G_{k2} + 0.72Q_{k1} + 1.2Q_{k2} + 1.2Q_{k3}$
a3) $1.2G_{k1} + 1.2G_{k2} + 0.72Q_{k1} + 0.72Q_{k2} + 1.2Q_{k3}$
b1) $1.2G_{k1} + 1.2Q_{k1}$
c1) $1.2G_{k1} + 1.2G_{k2} + 0.72Q_{k3} + 1.2Q_{k4}$
d1) $1.0G_{k1} + 1.0G_{k2} + 1.0Q_{k3} + 0.8A_{Ek}$
d2) $1.0G_{k1} + 1.0G_{k2} + 0.3Q_{k2} + 1.0Q_{k3} + 0.8A_{Ek}$
e1) $1.2G_{k1} + 1.2G_{k2} + 1.0Q_{k6}$

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης και την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα SAP 2000, οι δράσεις (περιπτώσεις φόρτισης), κωδικοποιούνται ως εξής :

Μόνιμα	G_{k1}	DEAD
Άνεμος	Q_{k1}	anemos (δύο περιπτώσεις κατά x, anemosx1 , anemosx2 , και δύο κατά y, anemosy1 , anemosy2)
Χιόνι	Q_{k2}	xioni (δύο περιπτώσεις xioni1 και xioni2)
Φυτά	Q_{k3}	fyta
Σεισμός	A_{Ek}	seismos (κατά x, seismosX και κατά y, seismosY)

Λαμβάνοντας δε υπ' όψη και τις σχετικές παραδοχές και απαιτήσεις των Ελληνικών Κανονισμών, οι γενικοί ως άνω συνδυασμοί φόρτισης διαμορφώνονται μετά και την κωδικοποίηση ως εξής :

- a1 1.2 DEAD + 1.2 anemos + 0.72 xioni+ 1.2 fyta
- a2 1.2 DEAD + 0.72 anemos+ 1.2 xioni+ 1.2 fyta
- a3 1.2 DEAD + 0.72 anemos + 0.72 xioni+ 1.2 fyta
- b1 1.2 DEAD + 1.2 anemos
- c1 1.2 DEAD + 0.72 fyta
- d1 1.0 DEAD + 1.0 fyta+ 0.8 seismos
- d2 1.0 DEAD + 0.3 xioni + 1.0 fyta + 0.8 seismos
- e1 1.2 DEAD η οποία καταργείται

Λόγω δε της ύπαρξης τεσσάρων περιπτώσεων φόρτισης ανέμου (δύο κατά x και δύο κατά y), δύο περιπτώσεων φόρτισης λόγω χιονιού και δύο περιπτώσεις σεισμού (κατά x και κατά y) οι ως άνω συνδυασμοί επιμερίζονται περαιτέρω και γίνονται :

- | | | |
|----|------|---|
| 1 | a1-1 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosx1 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 2 | a1-2 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosx2 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 3 | a1-3 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosy1 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 4 | a1-4 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosy2 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 5 | a1-5 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosx1 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta |
| 6 | a1-6 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosx2 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta |
| 7 | a1-7 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosy1 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta |
| 8 | a1-8 | 1.2 DEAD + 1.2 anemosy2 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta |
| 9 | a2-1 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx1 + 1.2 xioni1 + 1.2 fyta |
| 10 | a2-2 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx2 + 1.2 xioni1 + 1.2 fyta |
| 11 | a2-3 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy1 + 1.2 xioni1 + 1.2 fyta |
| 12 | a2-4 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy2 + 1.2 xioni1 + 1.2 fyta |
| 13 | a2-5 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx1 + 1.2 xioni2 + 1.2 fyta |
| 14 | a2-6 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx2 + 1.2 xioni2 + 1.2 fyta |
| 15 | a2-7 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy1 + 1.2 xioni2 + 1.2 fyta |
| 16 | a2-8 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy2 + 1.2 xioni2 + 1.2 fyta |
| 17 | a3-1 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx1 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 18 | a3-2 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx2 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 19 | a3-3 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy1 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 20 | a3-4 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosy2 + 0.72 xioni1 + 1.2 fyta |
| 21 | a3-5 | 1.2 DEAD + 0.72 anemosx1 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta |

22	a3-6	1.2 DEAD + 0.72 anemosx2 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta
23	a3-7	1.2 DEAD + 0.72 anemosy1 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta
24	a3-8	1.2 DEAD + 0.72 anemosy2 + 0.72 xioni2 + 1.2 fyta
25	b1-1	1.2 DEAD + 1.2 anemosx1
26	b1-2	1.2 DEAD + 1.2 anemosx2
27	b1-3	1.2 DEAD + 1.2 anemosy1
28	b1-4	1.2 DEAD + 1.2 anemosy2
29	c1	1.2 DEAD + 0.72 fyta
30	d1-1	1.0 DEAD + 1.0 fyta+ 0.8 seismosX
31	d1-2	1.0 DEAD + 1.0 fyta+ 0.8 seismosY
32	d2-1	1.0 DEAD + 0.3 xioni1 + 1.0 fyta + 0.8 seismosX
33	d2-2	1.0 DEAD + 0.3 xioni1 + 1.0 fyta + 0.8 seismosY
34	d2-3	1.0 DEAD + 0.3 xioni2 + 1.0 fyta + 0.8 seismosX
35	d2-4	1.0 DEAD + 0.3 xioni2 + 1.0 fyta + 0.8 seismosY

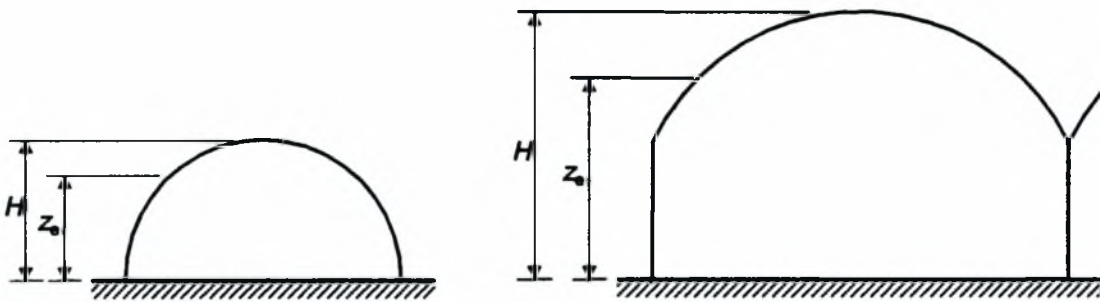
Επιπρόσθετα, ως απαραίτητο συνοδευτικό του παρόντος Κεφαλαίου παρατίθενται στη συνέχεια μεταφρασμένα αποσπάσματα από τον EN 13031.01 σχετικά με τις δράσεις λόγω χιονιού και ανέμου σε θερμοκήπια πολλαπλών ανοιγμάτων με τοξωτές στέγες και κατακόρυφα ακραία μέλη[▼], τα οποία τυχάνουν άμεσης υποχρεωτικής εφαρμογής για το μελετούμενο τοξωτό θερμοκήπιο.

[▼] Οι τοπικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης δεν τυχάνουν εφαρμογής για το μελετούμενο θερμοκήπιο (καθόσον αναφέρονται σε ράβδους του σκελετού ανοιγμάτων φωτισμού και τις συνδέσεις τους), οπότε δεν παρατίθενται τα σχετικά αποσπάσματα του EN 13031.01.

Παράρτημα Β : Δράσεις λόγω Ανέμου

B.2.3. Θερμοκήπια με τοξωτές (κυλινδρικές οροφές)

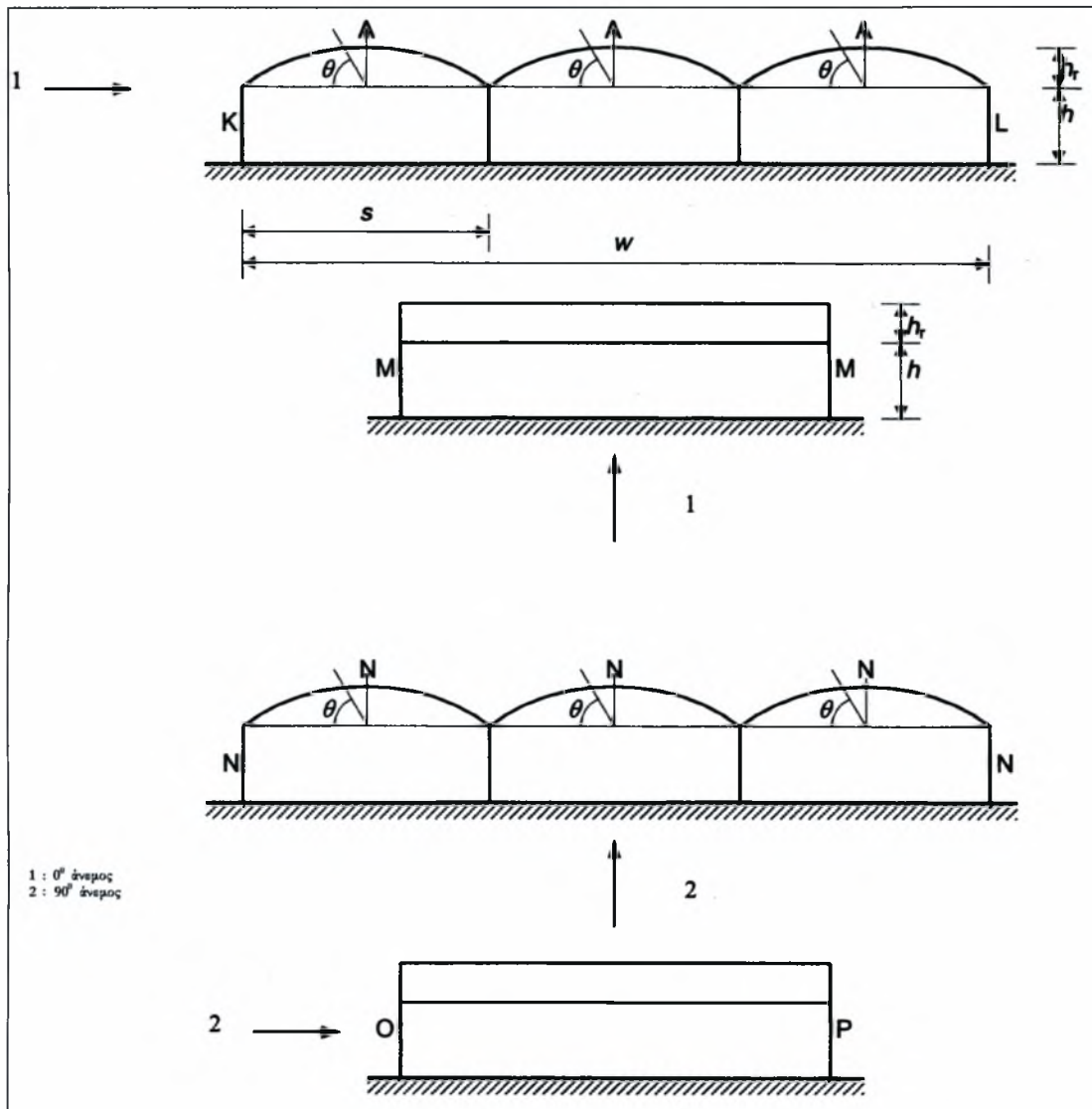
B.2.3.1. Το ύψος αναφοράς, z_e , για θερμοκήπια με τοξωτές (κυλινδρικές) οροφές θα πρέπει να λαμβάνεται ίσο με τον μέσο όρο του ύψους της κορυφογραμμής και του ύψους της υδρορροής (μετρούμενου από την επιφάνεια του εδάφους), αλλά όχι μικρότερο του $0.75H$, όπου H το ύψος της κορυφογραμμής (μετρούμενο από την επιφάνεια του εδάφους), σύμφωνα με το Σχήμα Β.15.



Σχήμα Β.15 - Ύψος αναφοράς z_e

B.2.3.2. Το ύψος αναφοράς z_i θα πρέπει να λαμβάνεται ίσο με το ύψος αναφοράς z_e .

B.2.3.6. Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} για τις τοξωτές (κυλινδρικές) οροφές και τους τοίχους (κατακόρυφα στοιχεία) θερμοκηπίων πολλαπλών ανοιγμάτων με κατακόρυφα ακραία μέλη και με $h/s \geq 2$ δίδονται στον Πίνακα Β.12, ανάλογα με τη τιμή του λόγου h/w . Οι ζώνες Α, Κ, Λ, Μ, Ν, Ο και Ρ ορίζονται στο Σχήμα Β.19. Για ενδιάμεσες τιμές του h/s οι τιμές των c_{pe} θα προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή.... .



Σχήμα Β.19 - Ζώνες για τοξωτές (κυλινδρικές) οροφές και τοίχους
θερμοκηπίων πολλαπλών ανοιγμάτων με κατακόρυφα ακραία μέλη και
 $h/s \geq 0,2$

Κατεύθυνση ανέμου	Άνοιγμα	θ	A	A ^a	
0 ^o	Πρώτο	0 ^o - 55 ^o	+ 0,3	+ 0,3	
		55 ^o - 70 ^o	- 1,0	- 1,0	
		70 ^o - 115 ^o	- 1,0	- 1,2	
		115 ^o - υδρορροή	- 0,4	- 0,4	
	Δεύτερο	υδρορροή - 80 ^o	- 0,2	- 0,2	
		80 ^o - 100 ^o	- 0,9	- 0,9	
		100 ^o - υδρορροή	- 0,3	- 0,3	
	Τρίτο και επόμενα	υδρορροή - 80 ^o	0,6 c_{pe} του 2 ^{ου} ανοίγματος		
		80 ^o - 100 ^o			
		100 ^o - υδρορροή			
^a Για $h_r/s < 0,2$ και επικάλυψη από πλαστικά φύλλα μη εμποδιζόμενα σε ανύψωση πάνω από την κορυφογραμμή					
Κατεύθυνση ανέμου	h/w	K	L	M	
0 ^o	$\leq 0,4$	+ 0,6	- 0,3	- 0,3	
	$\geq 0,6$	+ 0,6	- 0,6	- 0,4	
Κατεύθυνση ανέμου	θ	N	O	P	
90 ^o	Όλες	- 0,2	+ 0,7	- 0,3	

Πίνακας Β.12. - Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} για τοξωτές (κυλινδρικές) οροφές και τοίχους θερμοκηπίων πολλαπλών ανοιγμάτων με κατακόρυφα ακραία μέλη

Β.2.3.13. Οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης c_{pi} για θερμοκήπια με κυλινδρικές οροφές θα πρέπει να λαμβάνονται από τα περιεχόμενα του Πίνακα Β.17.

Κατεύθυνση ανέμου	Ενός ανοίγματος		Πολλαπλών ανοιγμάτων
	Μη διαπερατές πλευρές ^a	Αεριζόμενες ή διαπερατές πλευρές ^b	
0°	$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = 0,2$
	$c_{pi} = - 0,4$	$c_{pi} = - 0,2$ ^c	$c_{pi} = - 0,3$
90°	$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = 0,2$
	$c_{pi} = - 0,1$	$c_{pi} = 0,0$	$c_{pi} = - 0,1$

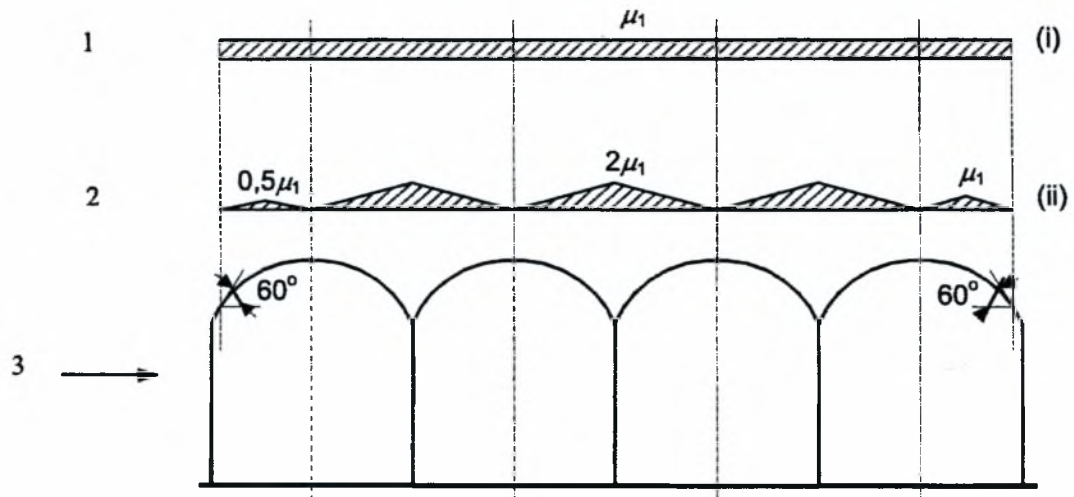
^a Θερμοκήπια με κλειστούς αεραγωγούς ή/και θύρες στους ακραίους τοίχους αλλά με μη διαπερατούς πλευρικούς τοίχους
^b Θερμοκήπια με κλειστούς αεραγωγούς ή/και θύρες στους ακραίους τοίχους καθώς και με αεριζόμενους ή διαπερατούς πλευρικούς τοίχους
^c Όπου υφίσταται μόνιμος αερισμός της κορυφογραμμής θα πρέπει να τίθεται $c_{pi} = - 0,3$

Πίνακας Β.17 - Συντελεστές εσωτερικής πίεσης c_{pi} για θερμοκήπια με κυλινδρικές οροφές

Παράρτημα C : Δράσεις λόγω χιονιού

C.3.4. Τόξα πολλαπλών ανοιγμάτων

C.3.4.1. Για τόξα πολλαπλών ανοιγμάτων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη δύο (2) περιπτώσεις φόρτισης λόγω χιονιού, σύμφωνα με το Σχήμα C.4.



Σχήμα C.4 - Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού για τόξα πολλαπλών ανοιγμάτων

(1 = ομοιόμορφο φορτίο, 2 = ανομοιόμορφο φορτίο, 3 = κατεύθυνση ανέμου)

C.3.4.2. Η τιμή του συντελεστή σχήματος φορτίου χιονιού μ_1 για τόξα πολλαπλών ανοιγμάτων θα πρέπει να ληφθεί ίσος με $\mu_1 = 0,8$.

Κεφάλαιο 3^ο : Τεύχος Υπολογισμών

3.1. Κατάταξη του θερμοκηπίου

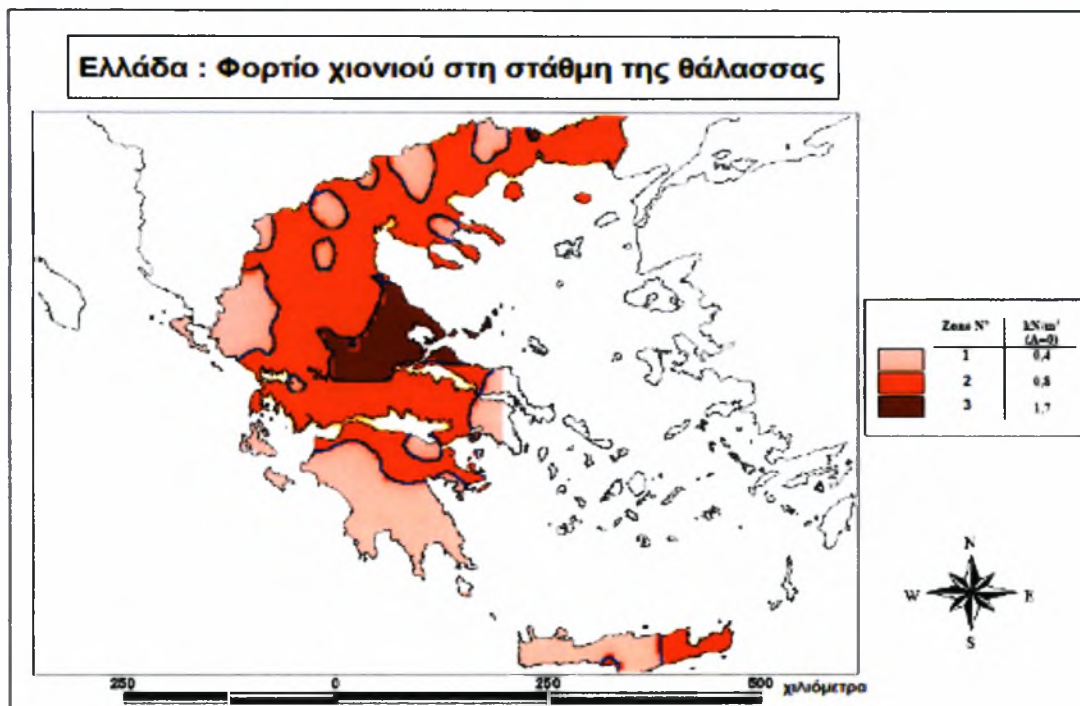
Σύμφωνα με τον EN 13031-1:2001, το θερμοκήπιο που μελετάται κατατάσσεται (ταξινομείται) ως **B15**. Τούτο καθόσον η επικάλυψη (πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου) δύναται να παρακολουθήσει τις μετατοπίσεις του φέροντος οργανισμού λόγω των δράσεων σχεδιασμού (**B**) και με ελάχιστη διάρκεια ζωής 15 έτη. Λόγω των ανωτέρω απαιτείται μόνο σχεδιασμός στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

3.2. Υπολογισμός δράσεων (φορτίων)

3.2.1. Ανηρημένα φυτά Q_{k3}

Η τιμή του φορτίου λόγω ανηρημένων φυτών λαμβάνεται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ίσο με $q_{k3} = 0.15 \text{ kN/m}^2$. Τα φυτά αναρτώνται από το κάτω πέλμα (ελκυστήρα) των μεσαίων κυρίων φορέων, που απέχουν μεταξύ τους 2.5m. Κατά συνέπεια, οι ελκυστήρες (κάτω πέλματα) των μεσαίων κυρίων φορέων φορτίζονται λόγω ανηρημένης σοδιάς με ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο (φοράς βαρύτητας) ίσο με $2.5 \times 0.15 = 0.375 \text{ kN/m}$.

3.2.2. Φορτίο χιονιού Q_{k2}

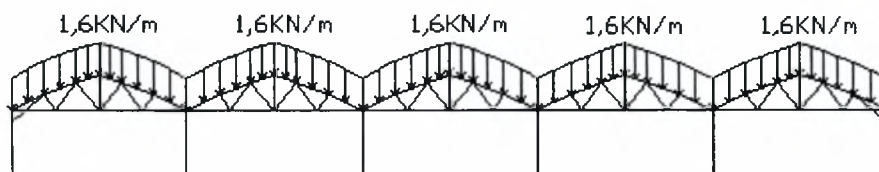


Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, επιλέγεται η ζώνη 2, δηλαδή ότι το υπό μελέτη θερμοκήπιο δύναται να λειτουργήσει με ασφάλεια στις αντίστοιχες κόκκινα χρωματισμένες περιοχές του χάρτη με φορτίο χιονιού στη στάθμη της θάλασσας ίσο με $q_{k2} = 0.80 \text{ kN/m}^2$. Τα φορτία δε χιονιού επί στεγών, για σταθερές και επίμονες συνθήκες χιονόπτωσης σχεδιασμού, δίνονται από τη σχέση : $s = \mu_i c_e c_t q_{k2}$, όπου μ_i οι συντελεστές σχήματος, c_e ο συντελεστής έκθεσης και c_t ο θερμικός συντελεστής. Για συνήθεις συνθήκες, όπως για την υπό μελέτη κατασκευή, οι δύο τελευταίοι συντελεστές λαμβάνονται ίσοι με 1.

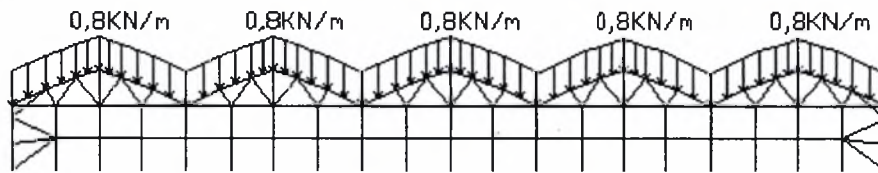
Οι συντελεστές σχήματος λαμβάνονται από το Παράρτημα C (Σχήμα C.4). Αναλυτικότερα, εδώ (πολλαπλό τοξωτό θερμοκήπιο) ισχύει ότι $\mu_i = 0.8$ και διακρίνονται δύο υποπεριπτώσεις φόρτισης χιονιού, ως ακολούθως :

a. Ομοιόμορφο φορτίο χιονιού

Δρα σε όλη την επιφάνεια της στέγης, με φορά βαρύτητας, και ισούται με $s_t = \mu_i \times q_{k2} = 0.8 \times 0.80 = 0.64 \text{ kN/m}^2$, καθόσον η εγγεγραμμένη γωνία στα ακραία τόξα που αντιστοιχεί σε εφαπτόμενη ίση με 60° (του Σχ. C4) περιλαμβάνει όλο το ήμισυ αυτών. Το φορτίο αυτό κατανέμεται (ανάλογα με την επιφάνεια επιρροής) στα άνω πέλματα των μεσαίων και ακραίων κυρίων φορέων. Κατά συνέπεια για ζώνη επιρροής 2.5m (τόξα εσωτερικών κυρίων φορέων), θα έχουμε ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο χιονιού (φοράς βαρύτητας) ίσο με $0.64 \times 2.5 = 1.60 \text{ kN/m}$, και για ζώνη επιρροής 1.25 m (τόξα ακραίων κύριων φορέων) ίσο με 0.8 kN/m , σύμφωνα με τα σκαριφήματα που ακολουθούν :



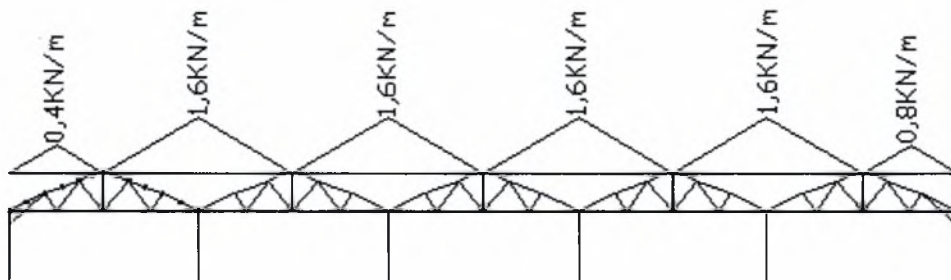
A. ΜΕΣΑΙΑ ΤΟΞΑ



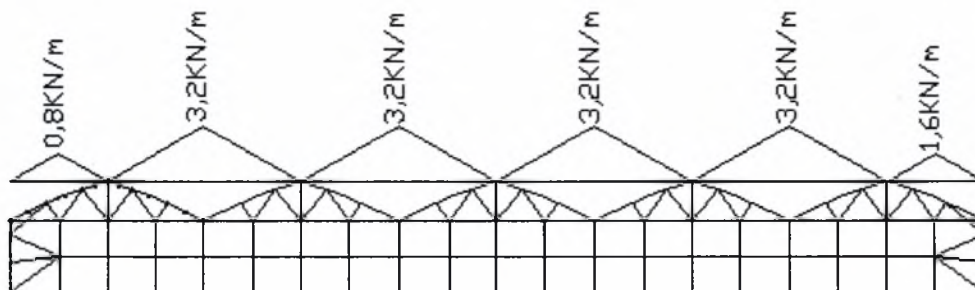
Β. ΑΚΡΑΙΑ ΤΟΞΑ

β. Ανομοιόμορφο φορτίο χιονιού

Έχει τη μορφή τριγωνικού φορτίου (βλ. Σχήμα C.4), και δρα σε όλη την επιφάνεια. Η μέγιστη τιμή του ισούται με $s_2 = 2 \times \mu_1 \times q_{k2} = 2 \times 0.8 \times 0.80 = 1.28 \text{ kN/m}^2$ και κατανέμεται στους φορτιζόμενους κύριους φορείς ανάλογα με την επιφάνεια επιρροής τους, όπως και προηγούμενα, οπότε προκύπτει η ακόλουθη υποπερίπτωση φόρτισης λόγω χιονιού:



Α. ΜΕΣΑΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΑ ΜΕΛΗ



Β. ΑΚΡΑΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΑ ΜΕΛΗ

3.2.3. Συγκεντρωμένη κατακόρυφη δράση Q_{k4}

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7 του EN 13031.01, η εν λόγω δράση για μεν τα κύρια φέροντα στοιχεία και την υδρορορή ισούται με 1 kN. Η δράση αυτή για τους τοξωτούς φορείς αμελείται λόγω μικρού μεγέθους. Απομένει συνεπώς το κινητό φορτίο του 1 kN να εφαρμοστεί στην

υδρορροή, το οποίο είναι ανθρώπινο (με δυσμενή κατάσταση να εφαρμόζεται στο μέσο του ανοίγματος των 2.5 m και η διατομή της να θεωρείται σαν έλασμα-αμφιέριστη δοκός), και να ελεγχθεί στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά EC3. (φόρτιση 1.35G + 1.5Q) Τούτο πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού και οι έλεγχοι προκύπτουν *ευμενείς*, όπως παρακάτω:

Material Property Data

Material Name STEEL

Display Color
Color

Type of Material
 Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design
Design Steel

Analysis Property Data

Mass per unit Volume	7.849
Weight per unit Volume	76.9729
Modulus of Elasticity	2.100E+08
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	80769231

Design Property Data (EUROCODE 3-1993)

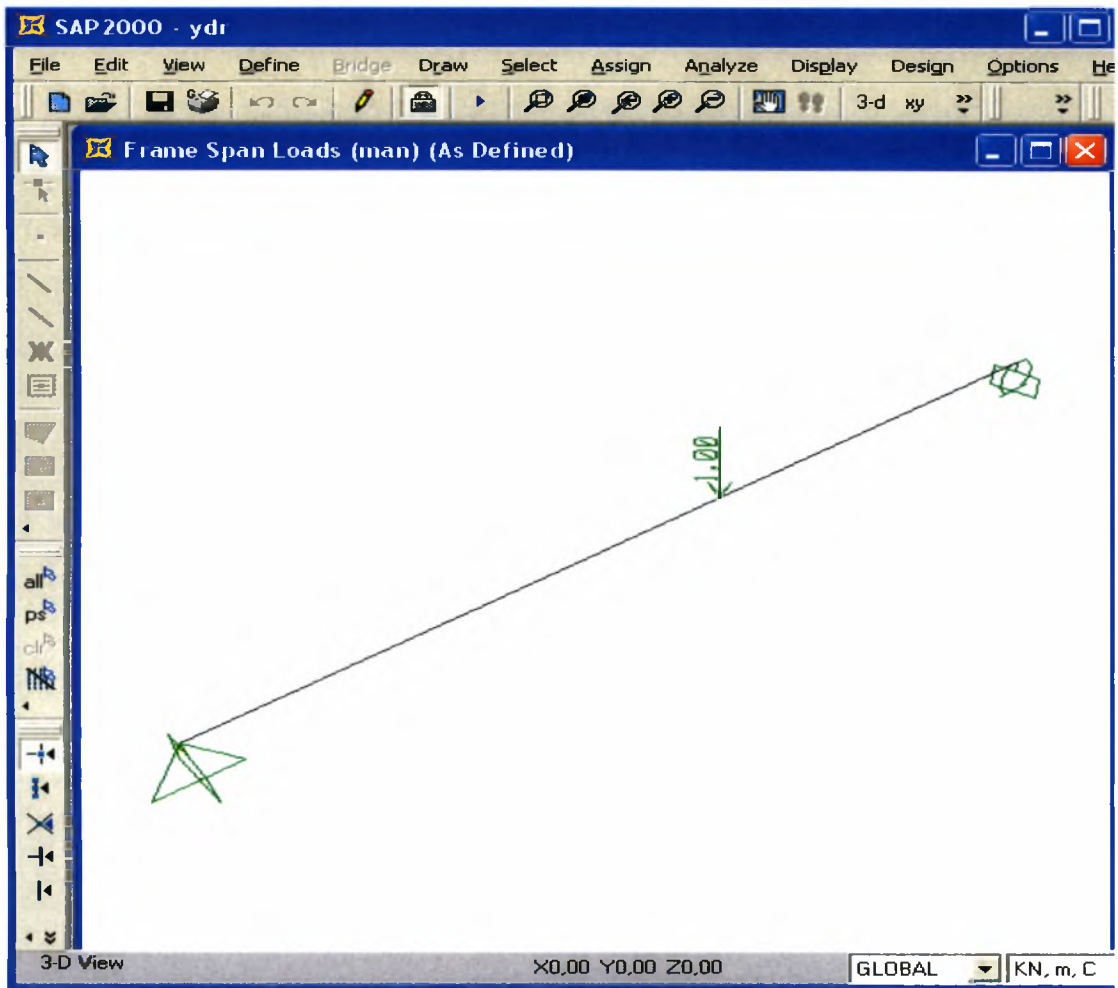
Minimum Yield Stress, Fy	235000
Minimum Tensile Stress, Fu	360000

Advanced Material Property Data

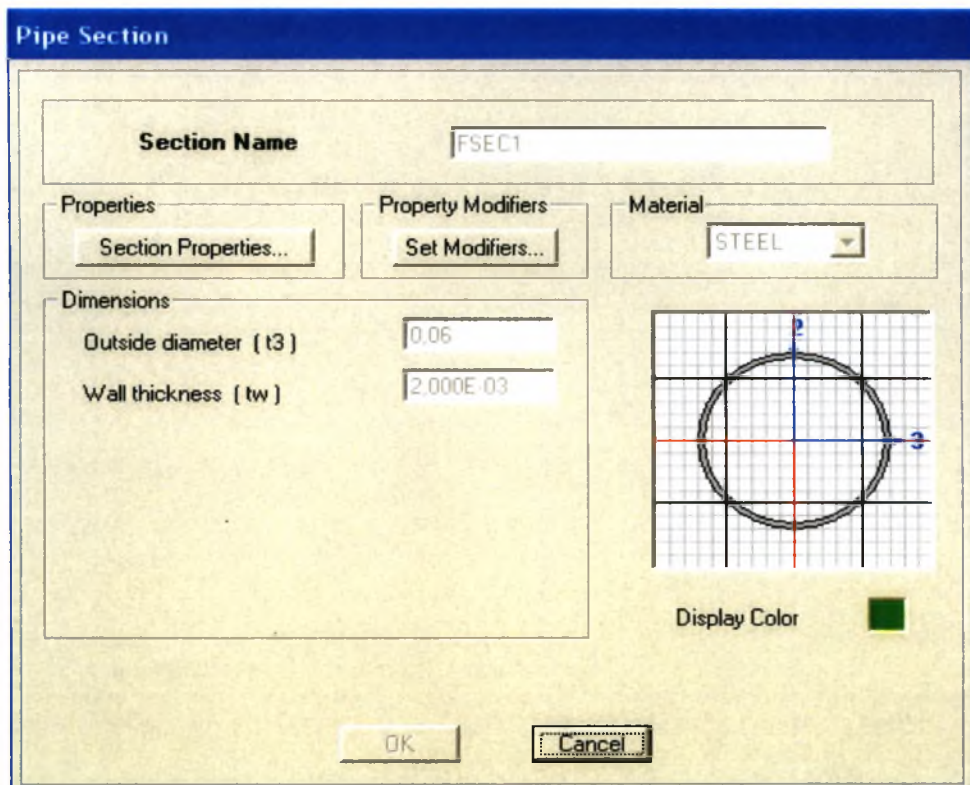
Time Dependent Properties...
Material Damping Properties...
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

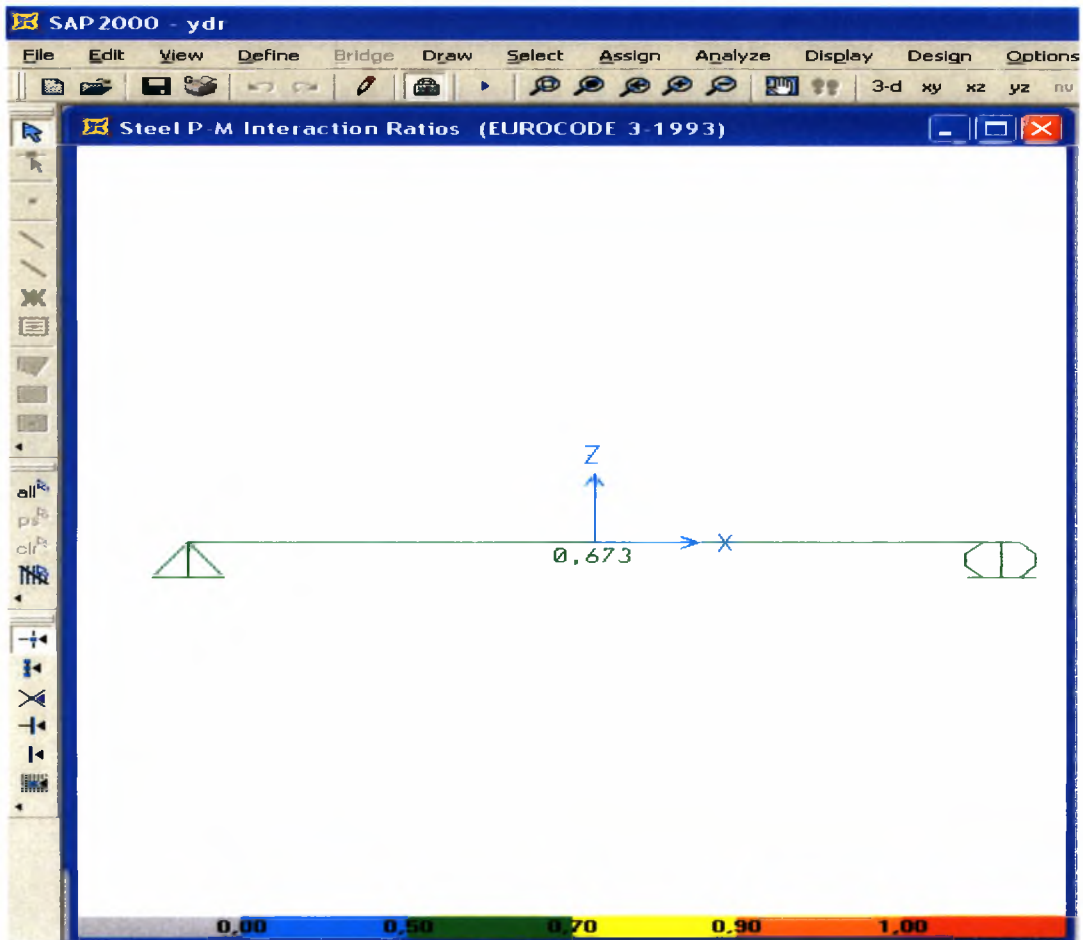
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΕ ΔΟΚΟ



ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΔΡΟΡΡΟΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ m



ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ (ΕΥΜΕΝΗΣ)

3.2.4. Δράσεις λόγω μόνιμης παρουσίας εγκαταστάσεων

$$G_{k2}$$

Δεν προβλέπονται σύμφωνα με τις Ελληνικές Προδιαγραφές Θερμοκηπίων (η παρουσία τους όμως λαμβάνεται υπ' όψη στα σεισμικά φορτία). Θεωρούμε ίδιο βάρος εγκαταστάσεων $g_2=0.12\text{KN/m}^2$.

3.2.5. Μόνιμες δράσεις G_{k1}

Πρόκειται για το ίδιο βάρος της κατασκευής το οποίο υπολογίζεται αυτόματα από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό. Για τον υπολογισμό πάντως του σεισμικού φορτίου ως ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο ιδίου βάρους λαμβάνεται η τιμή 0.10 kN/m^2 (η οποία ισούται με ελαφρά προσαυξημένη την τιμή του αθροίσματος των αντιδράσεων λόγω μόνιμου φορτίου, ανηγμένη στην καλυπτόμενη επιφάνεια).

3.2.6. Δράσεις λόγω ανέμου Q_{k1}

a. Γενικά

Η ανεμοπίεση, που δρα σε εξωτερικές (εσωτερικές) επιφάνειες w_e (w_i) υπολογίζεται από τις σχέσεις :

$$w_e = q_p(z_e)c_{pe} , (w_i = q_p(z_i)c_{pi})$$

όπου

$q_p(z_e)$ ($q_p(z_i)$) η εξωτερική (εσωτερική) πίεση της μέγιστης ταχύτητας ανέμου, z_e (z_i) το ύψος αναφοράς για την εξωτερική (εσωτερική) πίεση και c_{pe} (c_{pi}) οι συντελεστές πίεσης.

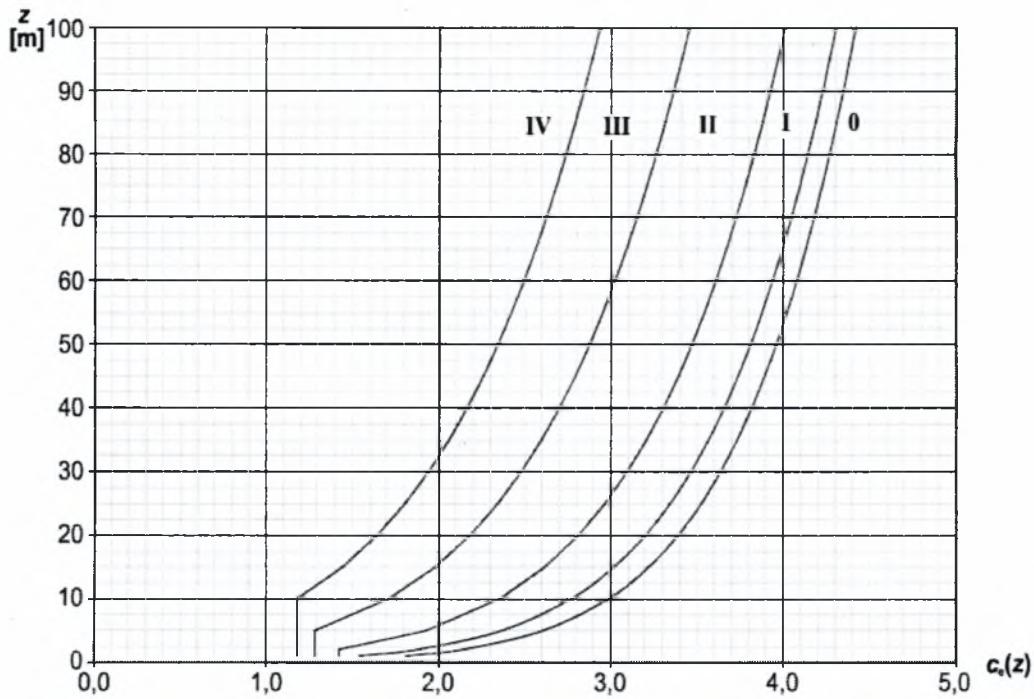
Επιπρόσθετα, οι εξωτερικές (εσωτερικές) δράσεις λόγω ανεμοπίεσης, υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση

$$F_{w,e(i)} = c_s c_d \sum_{\text{επιφ}} w_{e(i)} A_{ref}$$

όπου A_{ref} είναι η επιφάνεια αναφοράς (προσβαλλόμενη επιφάνεια αντιστοιχούσα σε φορτιζόμενο μέλος) και $c_s c_d$ ο λεγόμενος δομικός παράγων. Για κατασκευές με ύψος μικρότερο από 15m (όπως το θερμοκήπιο υπό μελέτη) ισχύει ότι $c_s c_d = 1$.

Σε ότι αφορά την πίεση για τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου, σύμφωνα με το Παράρτημα Β του EN 13031.01 ισχύει ότι $z_e = 0.75 \times h = 0.75 \times 6.27 = 4.7025\text{m}$. Η πίεση βασικής ταχύτητας $q_p(z)$

υπολογίζεται από την έκφραση $q_p = \frac{1}{2} \rho v_b^2$, όπου $\rho = 1.25\text{kg/m}^3$ η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και v_b η **μέγιστη ταχύτητα ανέμου** του Ελλαδικού χώρου, που λαμβάνεται ίση με **$v_b = 36\text{ m/sec}$** . Η προκύπτουσα τιμή για την q_p βρίσκεται άμεσα ίση με **$q_p = 0.81\text{ kN/m}^2$** . Για την εύρεση της τιμής της πίεσης για τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου, που ισούται με $q_p(z_e) = q_p(z_i) = c_e(z)q_p$, όπου ο συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ βρίσκεται από το ακόλουθο νομογράφημα :



Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης (Ζώνη III εδαφικής διαμόρφωσης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1), με γραμμική παρεμβολή βρίσκεται ότι ο συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ ισούται με 1.3, και κατά συνέπεια η πίεση λόγω της μέγιστης ταχύτητας ανέμου υπολογίζεται ίση με $1.3 \times 0.81 = 1.053$, και τελικά $q_p(z_{e(t)}) = 1.053 \text{ kN/m}^2$.

β. Συντελεστές εξωτερικής και εσωτερικής πίεσης

Οι σχετικοί συντελεστές υπολογίζονται με βάση τα περιεχόμενα του Παραρτήματος Β του EN 13031.01, (βλ. Κεφάλαιο 2) . Κατ' αρχήν υπολογίζονται οι γεωμετρικές παράμετροι του υπό μελέτη θερμοκηπίου, που είναι :

Z_e	4,7025	m	
H	6,27	m	
h	4	m	
s	11	m	
h/s	0,363636		>0.2
w	55	m	
h/w	0,072727		<0,4

Οι διαστάσεις αυτές ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτούμενες για τροποποιημένο πολλαπλό τοξωτό μεταλλικό θερμοκήπιο των σχετικών Ελληνικών Προδιαγραφών, που έχουν αναφερθεί προηγουμένα.

(1) Συντελεστές εξωτερικής πίεσης και Φορτία στα μέλη της κατασκευής

Σύμφωνα με το Σχ.Β.19 και τον Πίνακα Β.12 το τόξο υποδιαιρείται σε 4 τμήματα για το 1^ο άνοιγμα και 3 για τα υπόλοιπα, ως προς τη Ζώνη Α, των οποίων τα φορτία σημαίνονται ως $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9, q_{10}$ από αριστερά προς τα δεξιά (αριστερά δρα ο άνεμος 0^ο), σε KN/m².

Καθόσον η πίεση του ανέμου δρα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής, ως φορτιζόμενα θεωρούνται τα κύρια μέλη του φέροντος οργανισμού που ανήκουν σε αυτές. Άρα, φορτίζονται οι περιμετρικοί στύλοι των τεσσάρων όψεων καθώς και τα τοξωτά μέλη της στέγης (άνω πέλαμα κυρίων φορέων).

Αν δε για ένα j φορτιζόμενο μέλος, που ανήκει στην ζώνη m , το πλάτος επιρροής του ανέμου επ' αυτού είναι ίσο με f^j , τότε το ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο $q^{j,m}$, που δρα λόγω ανέμου στο μέλος (και έχει διεύθυνση κάθετη προς τον κεντροβαρικό άξονα αυτού) θα ισούται με :

$$q^{j,m} = f^j \times q_p(z_{e(i)}) \times (c_{pe}^{j,m} - c_{pi}^j) = f^j \times 1 \times c_p^{j,m} = f^j c_p^{j,m} \text{ kN / m}$$

Όπως δε προκύπτει από τις τιμές των c_{pe} και c_{pi} ως άνω, υφίσταται μια περίπτωση φόρτισης για άνεμο 0^ο και δύο (2) διακριτές περιπτώσεις για άνεμο 90^ο. Αναλυτικότερα, το πλάτος επιρροής για τα ενδιάμεσα φέροντα μέλη ισούται με 2.50 m, ενώ για τα αντίστοιχα ακραία ισούται με 1.25 m. Όμοια, το πλάτος επιρροής για τα ενδιάμεσα κατακόρυφα στοιχεία των ακραίων κυρίων φορέων ισούται με 2.70 m, ενώ για τα γωνιακά αντίστοιχα ισούται με 1.40 m.

Άρα, σύμφωνα με όλα τα ανωτέρω εκτεθέντα, οι 4 συνολικά περιπτώσεις φόρτισης λόγω ανέμου, χαρακτηρίζονται από τους ακόλουθους σύνθετους πλέον συντελεστές πίεσης :

(1) Συντελεστές εξωτερικής πίεσης

Άνεμος κάθετος στον κορφιά (0^ο)

A
$\theta_1 = 0-55$
$q_1 = q_p * 0,3 \quad \text{KN/m}^2$
$\theta_2 = 55-70$
$q_2 = q_p * (-1)$
$\theta_3 = 70-115$
$q_3 = q_p * (-1)$
$\theta_4 = 115\text{-υδρορροή}$
$q_4 = q_p * (-0,4)$

1ο ΤΟΞΟ

$$\begin{aligned} \theta 5 &= \text{υδρορροή}-80 && \text{2ο ΤΟΞΟ} \\ q 5 &= q_p * (-0,2) \\ \theta 6 &= 80-100 \\ q 6 &= q_p * (-0,9) \\ \theta 7 &= 100-\text{υδρορροή} \\ q 7 &= q_p * (-0,3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta 8 &= \text{υδρορροή}-80 && \text{3ο-4ο-5ο ΤΟΞΟ} \\ q 8 &= q_p * (-0,2) * 0,6 \\ \theta 9 &= 80-100 \\ q 9 &= q_p * (-0,9) * 0,6 \\ \theta 10 &= 100-\text{υδρορροή} \\ q 10 &= q_p * (-0,3) * 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &K \\ q &= q_p * 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &L \\ q &= q_p * (-0,3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &M \\ q &= q_p * (-0,3) \end{aligned}$$

Άνεμος παράλληλος στον κορφιά (90⁰)

$$\begin{aligned} &N \\ q &= q_p * (-0,2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &O \\ q &= q_p * 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &P \\ q &= q_p * (-0,3) \end{aligned}$$

(2.) Συντελεστές εσωτερικής πίεσης

- Άνεμος κάθετος στον κορφιά (0⁰)

$$c_{pi}^1 = +0.2$$

$$c_{pi}^2 = -0.3$$

$$q_{0^0,1} = q_p * (0,2)$$

$$q_{0^0,2} = q_p * (-0,3)$$

Άνεμος παράλληλος στον κορφιά (90⁰)

$$c_{pi}^{*1} = +0.2$$

$$c_{pi}^{*2} = -0.1$$

$$q_{90^0,1} = q_p * (0,2)$$

$$q_{90^0,2} = q_p * (-0,1)$$

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

ΑΝΕΜΟΣ 0°	
$q_{τελ1} = q_p \cdot (c_{pe0} - c_{pi0}, 1)$	KN/m ²
$q_{τελ2} = q_p \cdot (c_{pe0} - c_{pi0}, 2)$	

ΑΝΕΜΟΣ 90°	
$q_{τελ3} = q_p \cdot (c_{pe90} - c_{pi90}, 1)$	KN/m ²
$q_{τελ4} = q_p \cdot (c_{pe90} - c_{pi90}, 2)$	

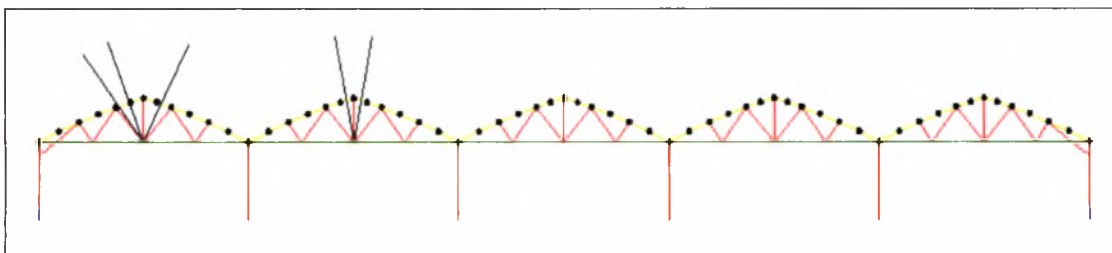
ΤΕΛΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΥ		ΑΝΕΜΟΣ 90°
ΑΝΕΜΟΣ 0°		
$q_{1τελ1} = q_p \cdot (0, 3 - 0, 2)$	KN/m ²	$q_{N1} = q_p \cdot (-0, 2 - 0, 2)$
$q_{1τελ2} = q_p \cdot (0, 3 + 0, 3)$		$q_{N2} = q_p \cdot ((-0, 2) - (-0, 1))$
$q_{2τελ1} = q_p \cdot (-1 - 0, 2)$	$q_{8τελ1} = q_p \cdot ((-0, 2 \cdot 0, 6) - 0, 2)$	$q_{O1} = q_p \cdot (0, 7 - 0, 2)$
$q_{2τελ2} = q_p \cdot (-1 + 0, 3)$	$q_{8τελ2} = q_p \cdot ((-0, 2 \cdot 0, 6) + 0, 3)$	$q_{O2} = q_p \cdot (0, 7 - (-0, 1))$
$q_{3τελ1} = q_p \cdot (-1 - 0, 2)$	$q_{9τελ1} = q_p \cdot ((-0, 9 \cdot 0, 6) - 0, 2)$	$q_{P1} = q_p \cdot (-0, 3 - 0, 2)$
$q_{3τελ2} = q_p \cdot (-1 + 0, 3)$	$q_{9τελ2} = q_p \cdot ((-0, 9 \cdot 0, 6) + 0, 3)$	$q_{P2} = q_p \cdot ((-0, 3) - (-0, 1))$
$q_{4τελ1} = q_p \cdot (-0, 4 - 0, 2)$	$q_{10τελ1} = q_p \cdot ((-0, 3 \cdot 0, 6) - 0, 2)$	
$q_{4τελ2} = q_p \cdot (-0, 4 + 0, 3)$	$q_{10τελ2} = q_p \cdot ((-0, 3 \cdot 0, 6) + 0, 3)$	
$q_{5τελ1} = q_p \cdot (-0, 2 - 0, 2)$	$q_{K1} = q_p \cdot (0, 6 - 0, 2)$	
$q_{5τελ2} = q_p \cdot (-0, 2 + 0, 3)$	$q_{K2} = q_p \cdot (0, 6 + 0, 3)$	
$q_{6τελ1} = q_p \cdot (-0, 9 - 0, 2)$	$q_{L1} = q_p \cdot (-0, 3 - 0, 2)$	
$q_{6τελ2} = q_p \cdot (-0, 9 + 0, 3)$	$q_{L2} = q_p \cdot (-0, 3 + 0, 3)$	
$q_{7τελ1} = q_p \cdot (-0, 3 - 0, 2)$	$q_{M1} = q_p \cdot (-0, 3 - 0, 2)$	
$q_{7τελ2} = q_p \cdot (-0, 3 + 0, 3)$	$q_{M2} = q_p \cdot (-0, 3 + 0, 3)$	

$q_p(Z_{e(i)}) = 1.053 \text{ kN/m}^2$

ΤΕΛΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΥ			
ΑΝΕΜΟΣ 0°		ΑΝΕΜΟΣ 90°	
A	q1τελ1=0,1053 q1τελ2=0,6318	KN/m ²	qN1=-0,4212 qN2=-0,1053
A	q2τελ1=-1,2636 q2τελ2=-0,7371	q8τελ1=-0,337 q8τελ2=0,18954	qO1=0,5265 qO2=0,8424
A	q3τελ1=-1,2636 q3τελ2=-0,7371	q9τελ1=-0,7792 q9τελ2=-0,25272	qP1=-0,5265 qP2=-0,2106
A	q4τελ1=-0,6318 q4τελ2=-0,1053	q10τελ1=-0,400 q10τελ2=0,12636	
A	q5τελ1=-0,4212 q5τελ2=0,1053	qK1=0,4212 qK2=0,9477	
A	q6τελ1=-1,1583 q6τελ2=-0,6318	qL1=-0,5265 qL2=(0)	
A	q7τελ1=-0,5265	qM1=-0,5265	

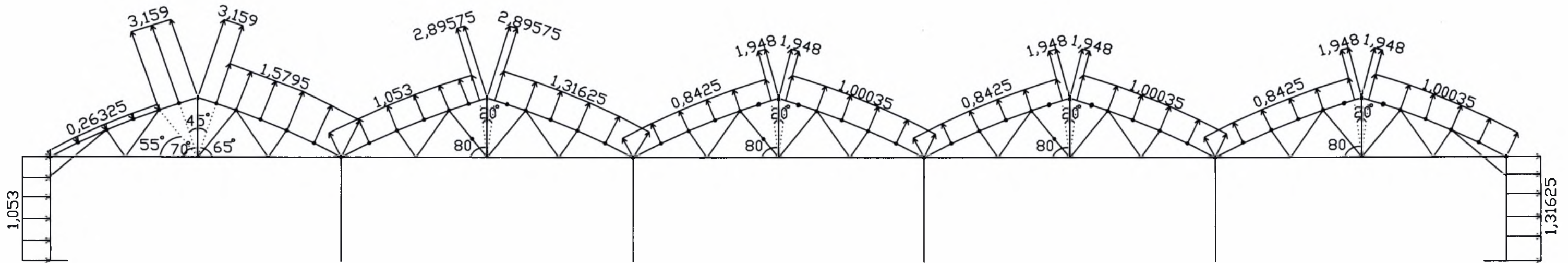
Κατά συνέπεια, με βάση τους παραπάνω τελικούς συντελεστές πίεσης και ανάλογα με τα πλάτη επιρροής, τα φορτία λόγω ανέμου στα μέλη της κατασκευής έχουν σχηματικά (σε KN/m) όπως φαίνεται παρακάτω στις σελίδες Α3.

Οι γωνίες κατά τις οποίες αλλάζει η φόρτιση του ανέμου στα τόξα προσπίπτουν κοντά στις άκρες ή το μέσον κάποιου μέλους του τόξου, γι' αυτό το λόγο απλοποιητικά τα κατανεμημένα φορτία εφαρμόζονται από άκρη σε άκρη ή έως το μέσον κάποιου μέλους του τόξου, για ευκολία στη χρήση του προγράμματος SAP όσον αφορά τον υπολογισμό του μήκους στο οποίο εφαρμόζεται το κατανεμημένο φορτίο ανέμου για κάθε μέλος. Όμως οι γωνίες αναγράφονται στις σελίδες Α3 ως έχουν χωρίς την τροποποίηση της φόρτισης. Τυπικά οι ακριβείς θέσεις όπου προσπίπτουν οι γωνίες φαίνονται παρακάτω ως σημεία τομής ευθειών με τα τόξα, με τις γωνίες του 2^{ου} τόξου να επαναλαμβάνονται ως το τέλος του φορέα.

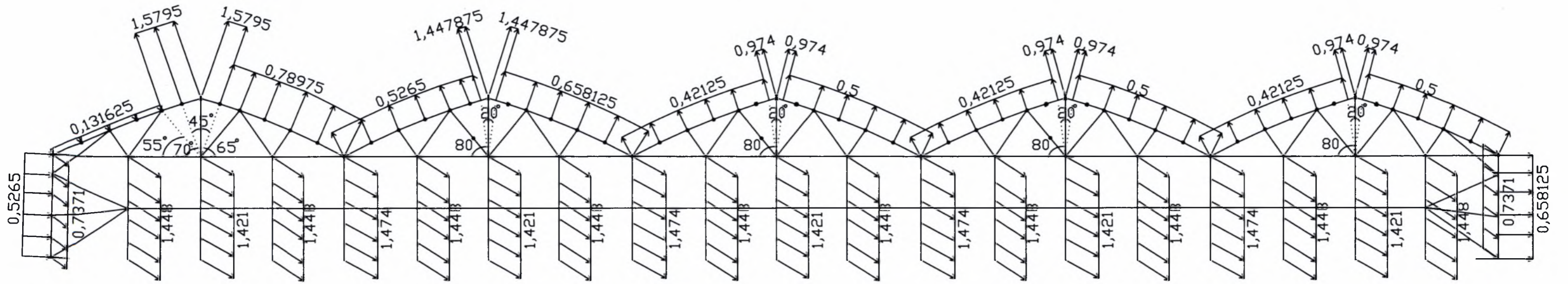


Σχήμα 3.1 Ακριβείς θέσεις αλλαγής φόρτισης ανέμου στα τόξα.

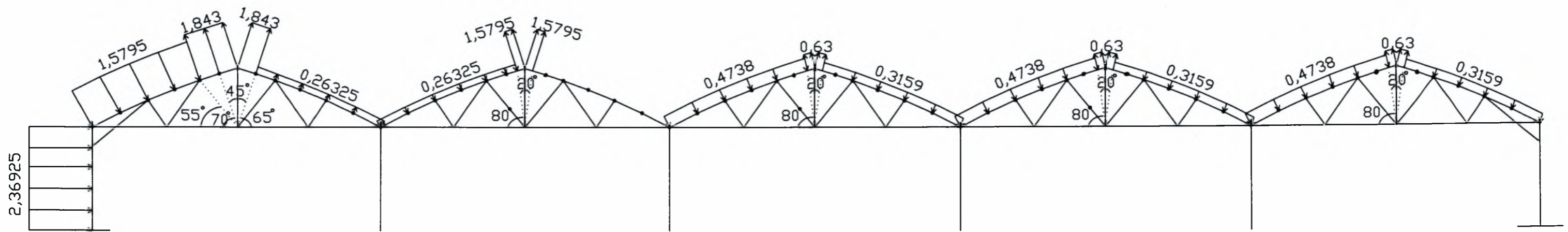
ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 0° - anemosx1 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 - ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



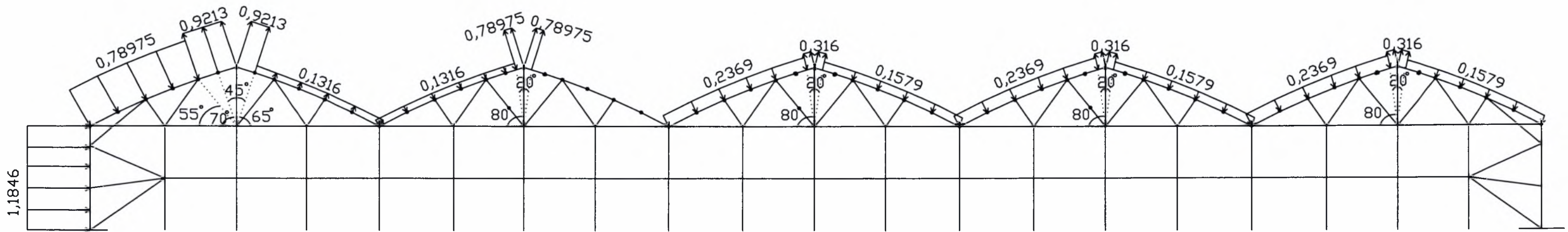
ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 0° - ανemosx1 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 - ΑΚΡΑΙΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ (ΟΨΗ ΕΚ ΤΩΝ ΕΞΩ)



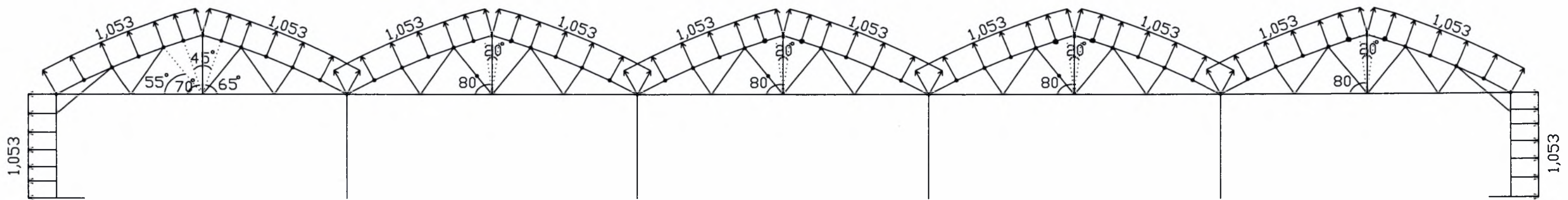
ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 0° - ανemosx2 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



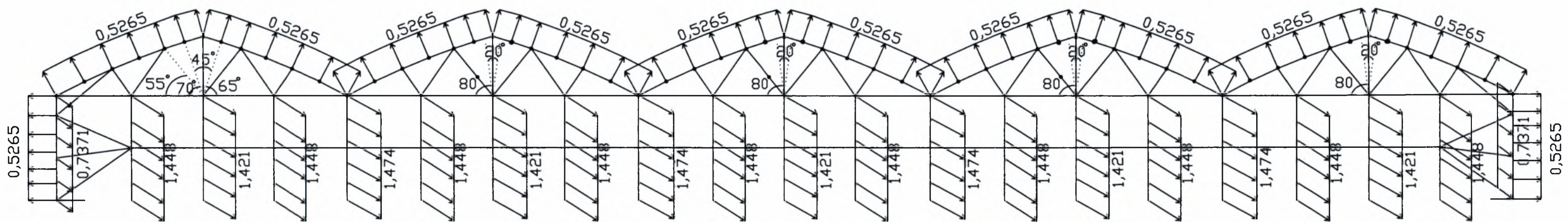
ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 0° - anemosx2- ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 90° - anemosy1 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 - ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

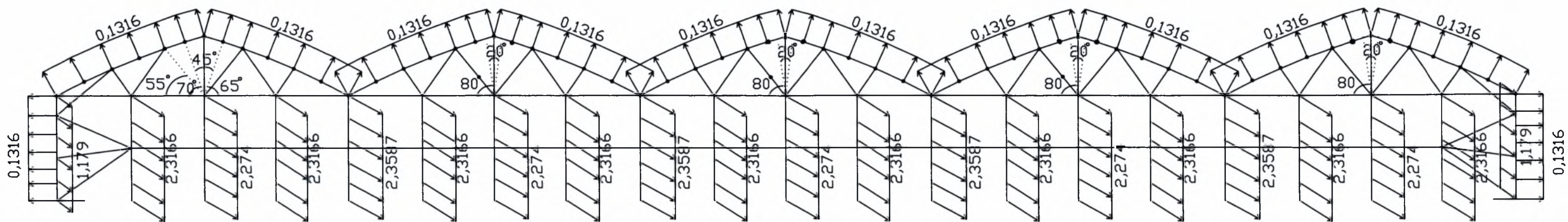


ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 90° - anemosy1 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



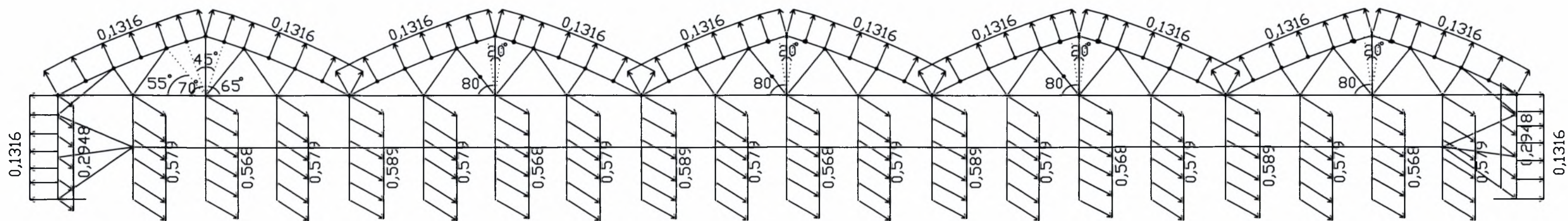
ΠΡΟΣΗΝΕΜΟΣ ΦΟΡΕΑΣ : ΟΨΗ ΕΚ ΤΩΝ ΕΣΩ, ΥΠΗΝΕΜΟΣ ΦΟΡΕΑΣ : ΟΨΗ ΕΚ ΤΩΝ ΕΞΩ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 90° - anemosy2- ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



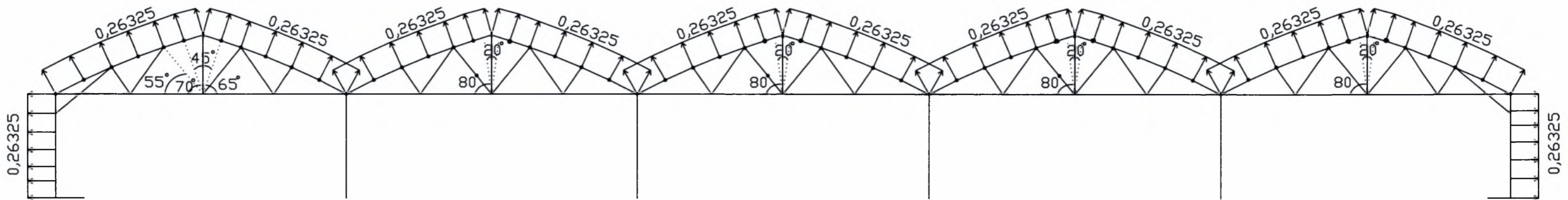
ΠΡΟΣΗΝΕΜΟΣ ΦΟΡΕΑΣ : ΟΨΗ ΕΚ ΤΩΝ ΕΣΩ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 90° - anemosy2- ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



ΥΠΗΝΕΜΟΣ ΦΟΡΕΑΣ : ΟΨΗ ΕΚ ΤΩΝ ΕΞΩ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΜΟΥ 90° - anemosy2- ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



3.2.7. Σεισμικές δράσεις A_{Ek}

Ο υπολογισμός των σεισμικών δράσεων γίνεται με βάση την **απλοποιημένη φασματική μέθοδο (ισοδύναμη στατική μέθοδο)**. Για την υπό μελέτη κατασκευή θεωρούνται τα ακόλουθα δεδομένα σεισμικού φορτίου σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ. 2000 :

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III $\Rightarrow a = 0.36$

(σεισμική επιτάχυνση εδάφους $A = a \cdot g$, g επιτάχυνση βαρύτητας)

Κατηγορία σπουδαιότητας $\Sigma_1 \Rightarrow \gamma_1 = 0.85$

Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης $\beta_0 = 2.50$

Συντελεστής θεμελίωσης $\theta = 1.00$

Κατηγορία εδάφους Γ

Ποσοστό απόσβεσης $\zeta = 4\%$

Συντελεστής συμπεριφοράς $q_x = 2$, $q_y = 4$ (σύμφωνα με EC8)

Ίδιο Βάρος κατασκευής $g_1 = 0.10 \text{ kN/m}^2$

Ίδιο βάρος εγκαταστάσεων $g_2 = 0.12 \text{ kN/m}^2$

Βάρος χιονιού $s_1 = 0.64 \text{ kN/m}^2$

$g_{sup} = g_1 + g_2 \Rightarrow g_{sup} = 0.22 \text{ kN/m}^2$

Κάτοψη κατασκευής $S = 100\text{m} \times (5 \times 11)\text{m} \Rightarrow S = 5500 \text{ m}^2$

Βάρος σεισμού $W = S \times (g_{sup} + 0.3 \times s_1) \Rightarrow W = 3427.2 \text{ kN}$

Συνολική ταλαντούμενη μάζα $M = W/g = 2266 \text{ kN/g}$

Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης $\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} \Rightarrow \eta = 1.852$

Φάσμα σχεδιασμού $\Phi_d(T) = \gamma_1 A \frac{\eta \theta \beta_0}{q}$

Οριζόντια συνιστώσα :

$$\Phi_d(T) = 0.85 \times 0.36 g \frac{1.852 \times 1.00 \times 2.5}{q} = 1.417 \frac{g}{q}$$

Κατακόρυφη συνιστώσα

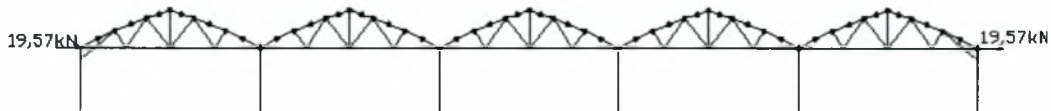
$$\Phi_d(T) = 0.85 \times 0.70 \times 0.36 g \frac{1.825 \times 1.00 \times 2.5}{0.50 q} = 1.955 \frac{g}{q}$$

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, οι σεισμικές δράσεις υπολογίζονται

ως εξής :

Συνολικό μέγεθος σεισμικών φορτίων κατά x

$V_0^x = M\Phi_d^x(T) = (2266\text{kN/g}) \times 1.417\text{g}/q_x \Rightarrow q_x=2 \Rightarrow V_0^x = 1605,4 \text{ kN}$, που αναλαμβάνεται από τους 82 (ακραίους) στύλους των 41 κυρίων φορέων (εσωτερικών και εξωτερικών) της κατασκευής, οπότε για κάθε έναν από αυτούς, τα φορτία σεισμού για $(V_0^x/82)=19,57\text{kN}$ κατά x έχουν γραφικά όπως παρακάτω σε έναν εσωτερικό φορέα από αριστερά προς τα δεξιά :




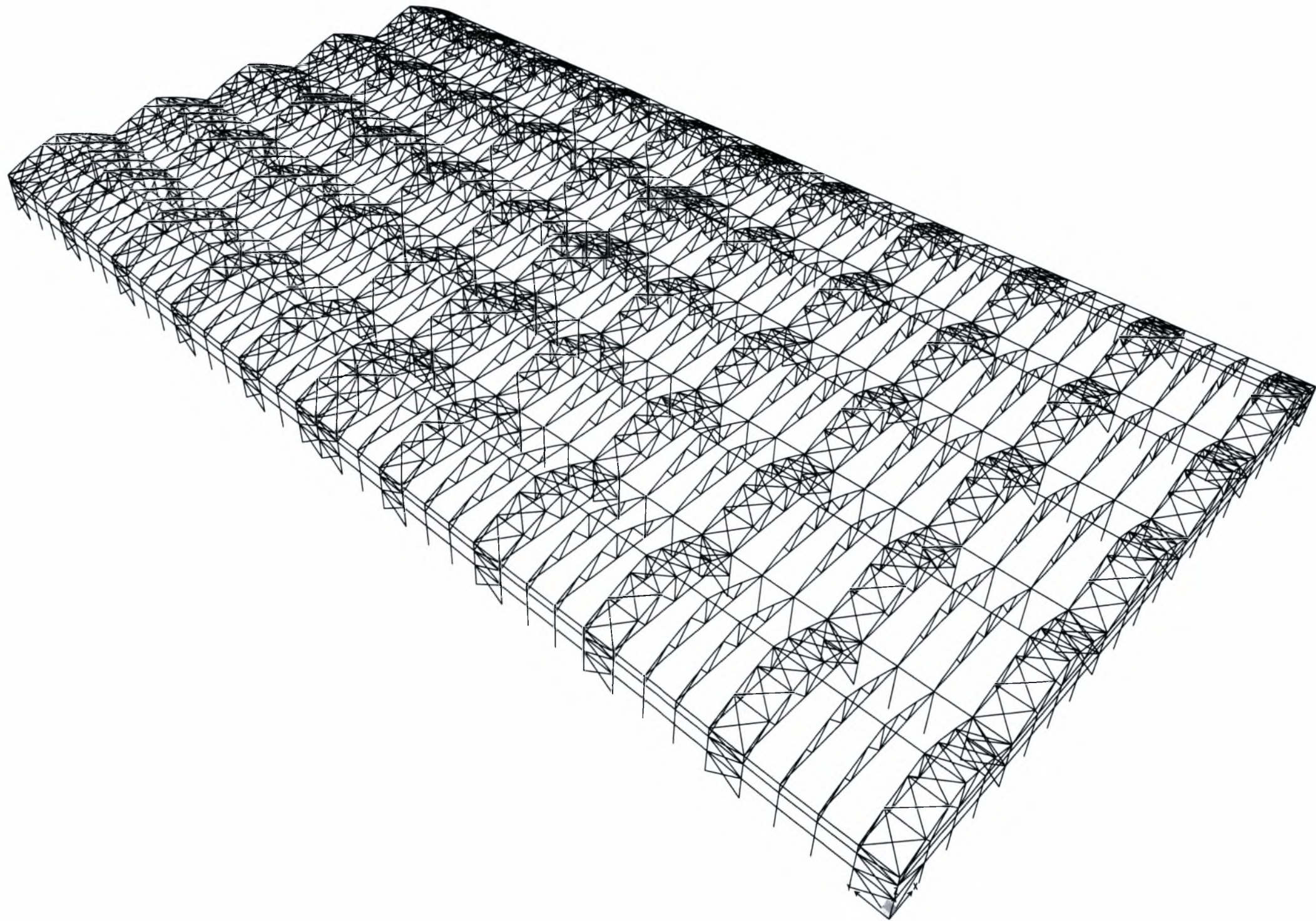
Συνολικό μέγεθος σεισμικών φορτίων κατά y

$V_0^y = M\Phi_d^y(T) = (2266\text{kN/g}) \times 1.955\text{g}/q_y \Rightarrow q_y=4 \Rightarrow V_0^y = 1107,5 \text{ kN}$, που αναλαμβάνεται από τα $21 + 21 = 42$ κατακόρυφα στοιχεία των ακραίων φορέων, οπότε τα αντίστοιχα φορτία σεισμού (σε kN) κατά y είναι $(V_0^y / 42) = 26,36\text{kN}$ και θα έχουν γραφικά ως προς τα έσω :



3.3. 1^{ος} Έλεγχος επάρκειας διατομών του φορέα για τα δεδομένα της εταιρείας LUCCHINI

Με βάση τις δεδομένες διατομές των μελών του φορέα από την Ιταλική εταιρεία , που αναγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 2.2 του 2^{ου} Κεφαλαίου, πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος SAP έλεγχος σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3, με γραμμική ελαστική ανάλυση της κατασκευής, στην οριακή κατάσταση αστοχίας (και όχι και λειτουργικότητας) απ' όπου προέκυψε ανεπάρκεια καθώς σε πολλά μέλη του φορέα η σ_{\max} βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη της τάσης διαρροής f_y για τον χρησιμοποιούμενο χάλυβα από την εταιρεία.



3.4. Τροποποίηση των διατομών του φορέα και προσαρμογή στην ελληνική πραγματικότητα για Στατική Ανάλυση και Έλεγχο Επάρκειας.

3.4.1. Γεωμετρικά και Αδρανειακά Χαρακτηριστικά Διατομών Των Μελών του Φορέα - Ιδιότητες Υλικού

Στον τελικό σχεδιασμό, οι κύριοι φορείς του θερμοκηπίου απαρτίζονται από τα παρακάτω είδη μελών τα οποία είναι κατασκευασμένα από επιψευδαργυρωμένο χάλυβα Fe360 με τάση διαρροής f_y 235 Μpa και τάση θραύσης 360 Μpa :

1. Τόξα από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα κυκλικής διατομής Φ 100 πάχους 3mm (FSEC2).

2. Πλευρικούς και κεντρικούς στύλους από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα ορθογωνικής κοίλης διατομής 100x100 και πάχους 3mm (FSEC1).

3. Χαλύβδινους ορθοστάτες και διαγώνιους γαλβανισμένης κοίλης κυκλικής διατομής Φ 42 και πάχους 3mm (FSEC3).

4. Χαλύβδινους ελκυστήρες και οριζόντιες ράβδους γαλβανισμένης κοίλης κυκλικής διατομής Φ 42 και πάχους 3mm (FSEC4, όμοια διατομή με FSEC3).

5. Ενισχυτικές χαλύβδινες ράβδους θεμελίωσης (μήκους 50cm εκτός εδάφους) από γαλβανισμένη κοίλη τετραγωνική διατομή 94x94 και πάχους 3mm.

6. Μπράτσο ανάρτησης καλλιέργειας από γαλβανισμένο χαλύβδινο σωλήνα Φ 42 με τριπλό V σε κάθε τόξο.

Πέραν των παραπάνω, το συγκρότημα είναι εξοπλισμένο με :

7. Πλευρικούς αντιανέμιους συνδέσμους Φ 42 και πάχους 3mm (FSEC4).

8. Χαλύβδινες γαλβανισμένες ράβδους στήριξης υδρορροών κατά μήκος της πλάγιας όψης προσομοιωμένες με FSEC2 και επάρκειά τους σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.3 καθώς αυξάνεται εκ νέου η διάμετρος της διατομής από 60mm σε 100mm και το πάχος της από 2mm

σε 3mm, πάνω στις οποίες εφαρμόζεται κατάλληλα πλαστικό τμήμα ανοικτής διατομής αμελητέου βάρους για την απομάκρυνση των υδάτων.

9. Χαλύβδινες οριζόντιες ράβδους κυκλικής διατομής Φ 42 και πάχους 3mm κατά μήκος της πλάγιας όψης (FSEC4).

Material Property Data

Material Name STEEL

Display Color
Color [Blue]

Type of Material
 Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design
Design Steel

Analysis Property Data

Mass per unit Volume	7.849
Weight per unit Volume	76.9729
Modulus of Elasticity	2.100E+08
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	80769231

Design Property Data (EUROCODE 3-1993)

Minimum Yield Stress, Fy	235000
Minimum Tensile Stress, Fu	360000

Advanced Material Property Data

Time Dependent Properties...
Material Damping Properties...
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Fe360 (S235) - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

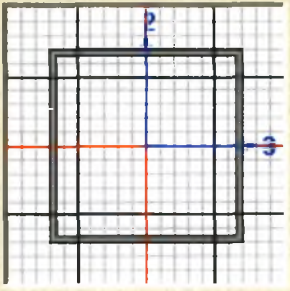
Box/Tube Section


Section Name FSEC1

Properties: Section Properties...
Property Modifiers: Set Modifiers...
Material: STEEL

Dimensions:

Outside depth (t3)	0.1
Outside width (t2)	0.1
Flange thickness (tf)	3.000E-03
Web thickness (tw)	3.000E-03



Display Color 

OK Cancel

FSEC1

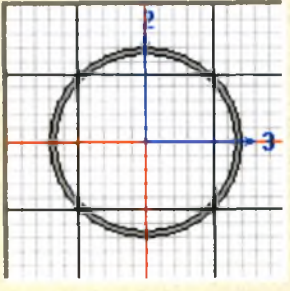
Pipe Section


Section Name FSEC2

Properties: Section Properties...
Property Modifiers: Set Modifiers...
Material: STEEL

Dimensions:

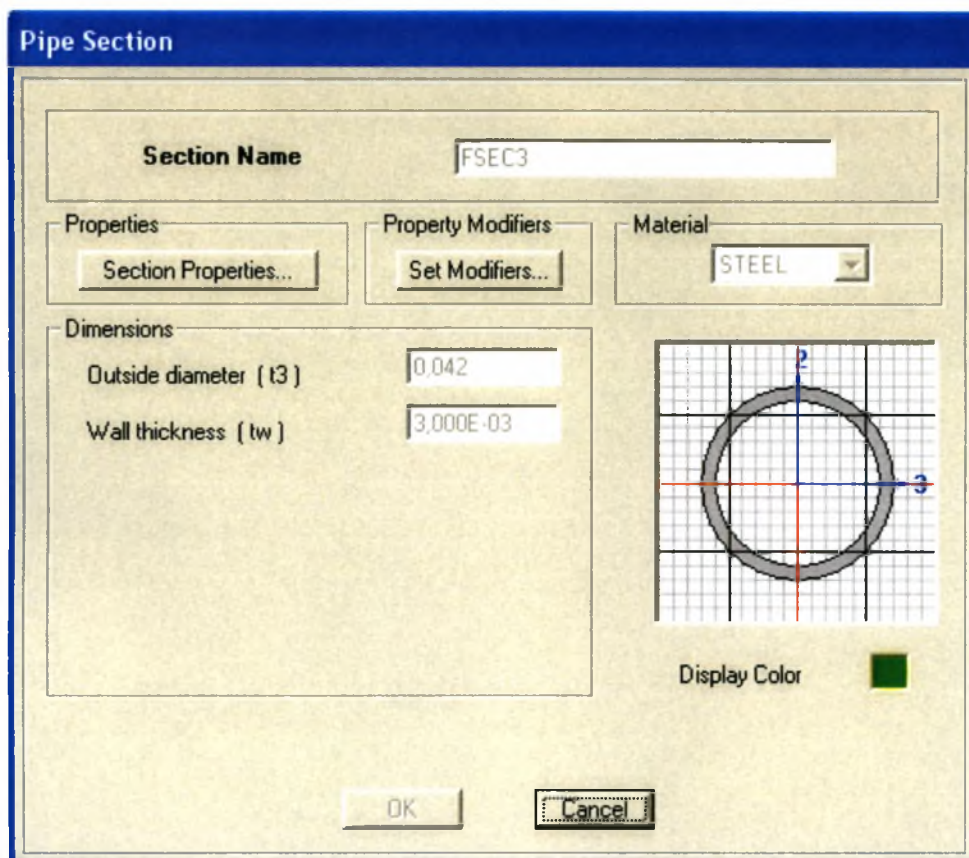
Outside diameter (t3)	0.1
Wall thickness (tw)	3.000E-03



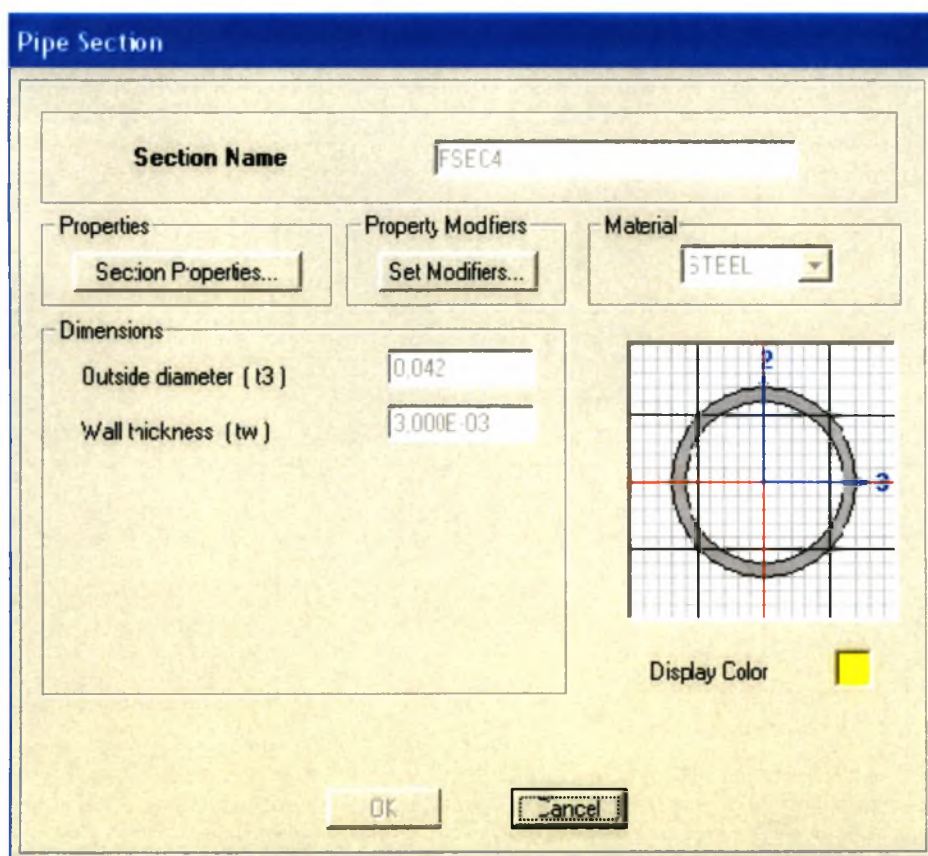
Display Color 

OK Cancel

FSEC2



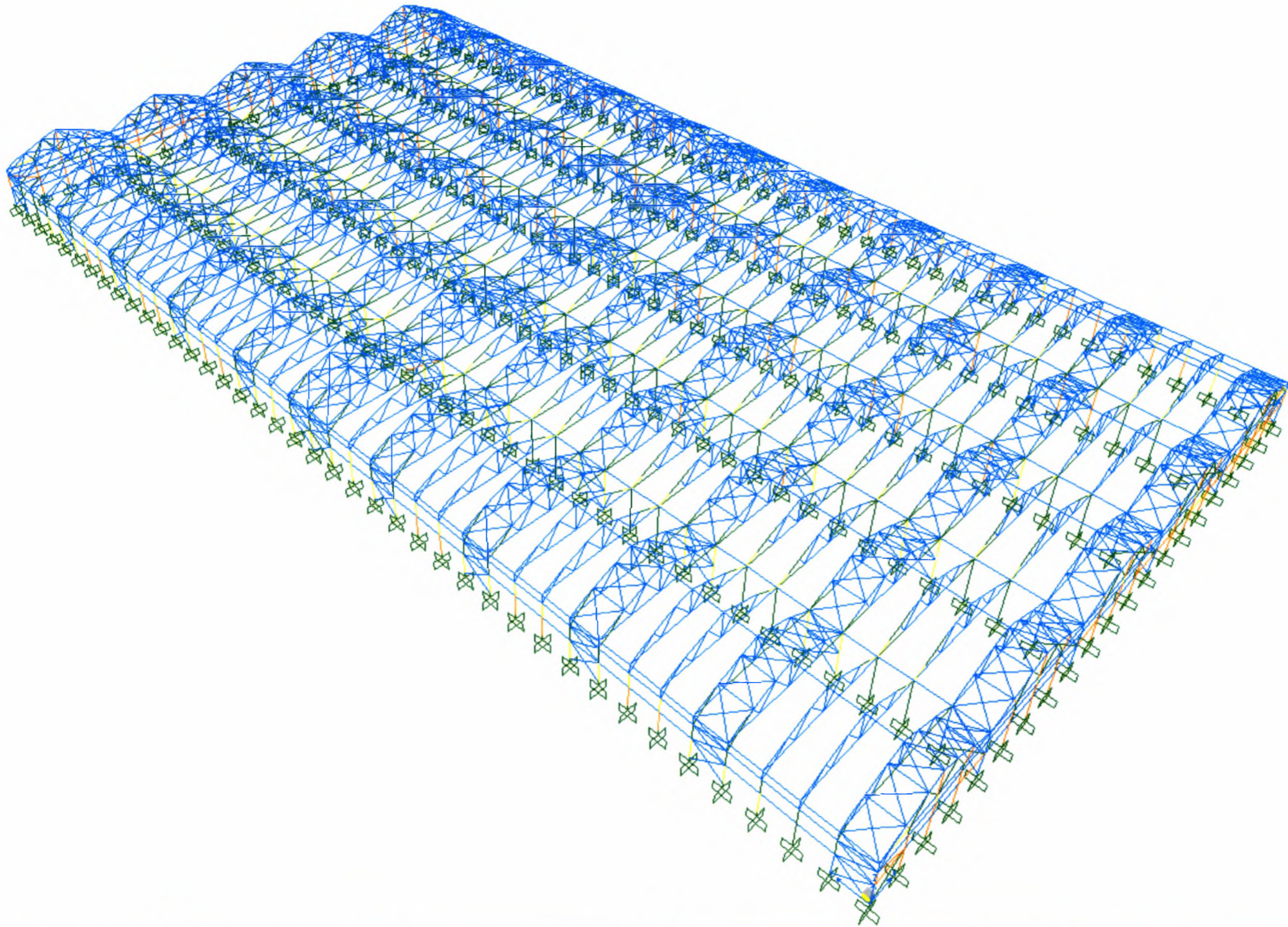
FSEC3



FSEC4

3.5. Τελικός έλεγχος επάρκειας διατομών

Ο τελικός έλεγχος επάρκειας προέκυψε ευμενής μετά την επιλογή των νέων διατομών ως άνω. Στην παρακάτω σελίδα φαίνεται πως δεν έχουμε υπέρβαση του ορίου διαρροής για κάθε μέλος του φορέα καθώς οι χρωματισμοί μας δείχνουν ό,τι τα ποσοστά είναι μικρότερα της μονάδος. Αυτό σημαίνει ασφαλής διαστασιολόγηση με βάση τον Ευρωκώδικα 3, έναντι διαξονικής κάμψης - αξονικής δύναμης - λυγισμού για κάθε προβλεπόμενο συνδυασμό φόρτισης. Με βάση το σχέδιο αποτελεσμάτων απ' το πρόγραμμα SAP προκύπτει ό,τι καταπονούνται περισσότερο τα στοιχεία της πρόσοψης, της πίσω όψης καθώς και οι σύλοι περιμετρικά της κατασκευής προφανώς λόγω της απευθείας εφαρμογής των σεισμικών φορτίων στα εκεί σημεία. Παρατηρείται ότι τα αντιανέμια, οι οριζόντιες ράβδοι, τα τόξα και οι ράβδοι που αποτελούν τα δικτυώματα θα μπορούσαν να είχαν διαστασιολογηθεί «οικονομικότερα» καθώς παρουσιάζουν μεγάλη επάρκεια, όμως και πάλι με την χρήση των αμέσως μικρότερων διατομών από τις επιλεγμένες που κυκλοφορούν στο εμπόριο θα οδηγούμασταν σε ανεπάρκεια αντοχής για συνδυασμούς φορτίσεων που περιλαμβάνουν κυρίως φορτίσεις χιονιού και ανέμου.



0.00

0.50

0.70

0.90

1.00

3.6. Θεμελίωση

Το έδαφος κατά την εγκατάσταση του θερμοκηπίου πρέπει να μην είναι οργωμένο ή να μην προέρχεται από επικωματώσεις. Το επίπεδο θεμελίωσης πρέπει να βρίσκεται στο ανέγγιχτο (στερεό) τμήμα του εδάφους και το βάθος θεμελίωσης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 80cm από την επιφάνεια του εδάφους. Για την θεμελίωση τυποποιημένων θερμοκηπίων σαν το εξεταζόμενο χρησιμοποιείται σκυρόδεμα. Η θεμελίωση πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μεταφέρονται με ασφάλεια τόσο τα οριζόντια όσο και τα κατακόρυφα φορτία και να αποφεύγονται οι διαφορικές καθιζήσεις που είναι δυνατό να βλάψουν τον φέροντα σκελετό και το υλικό κάλυψης. Τέλος η θεμελίωση θα πρέπει να εξασφαλίζει έναντι αγκυρώσεως αρνητική πίεση 20kg/m^2 .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατικής ανάλυσης, τα μέγιστα κατ' απόλυτο τιμή εντατικά μεγέθη, που αναπτύσσονται στις βάσεις των στύλων (πακτώσεις), που χρησιμοποιούνται για την διαστασιολόγηση των θεμελίων, είναι :

Αξονική δύναμη θλίβουσα το θεμέλιο: $N=47,673\text{kN}$

Αξονική δύναμη εφελκύουσα το θεμέλιο: $N=47,171\text{kN}$

Μέγιστη Τέμνουσα και κατά τις δύο διευθύνσεις, καθόσον το θεμέλιο θα μορφωθεί κυλινδρικό: $V=28,824\text{ kN}$

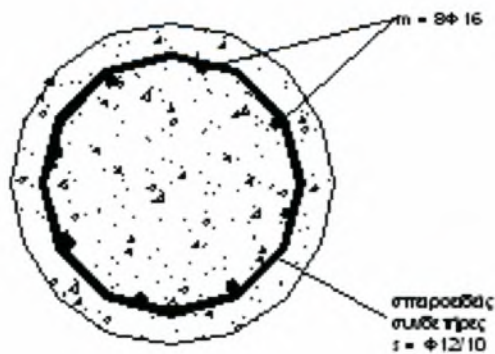
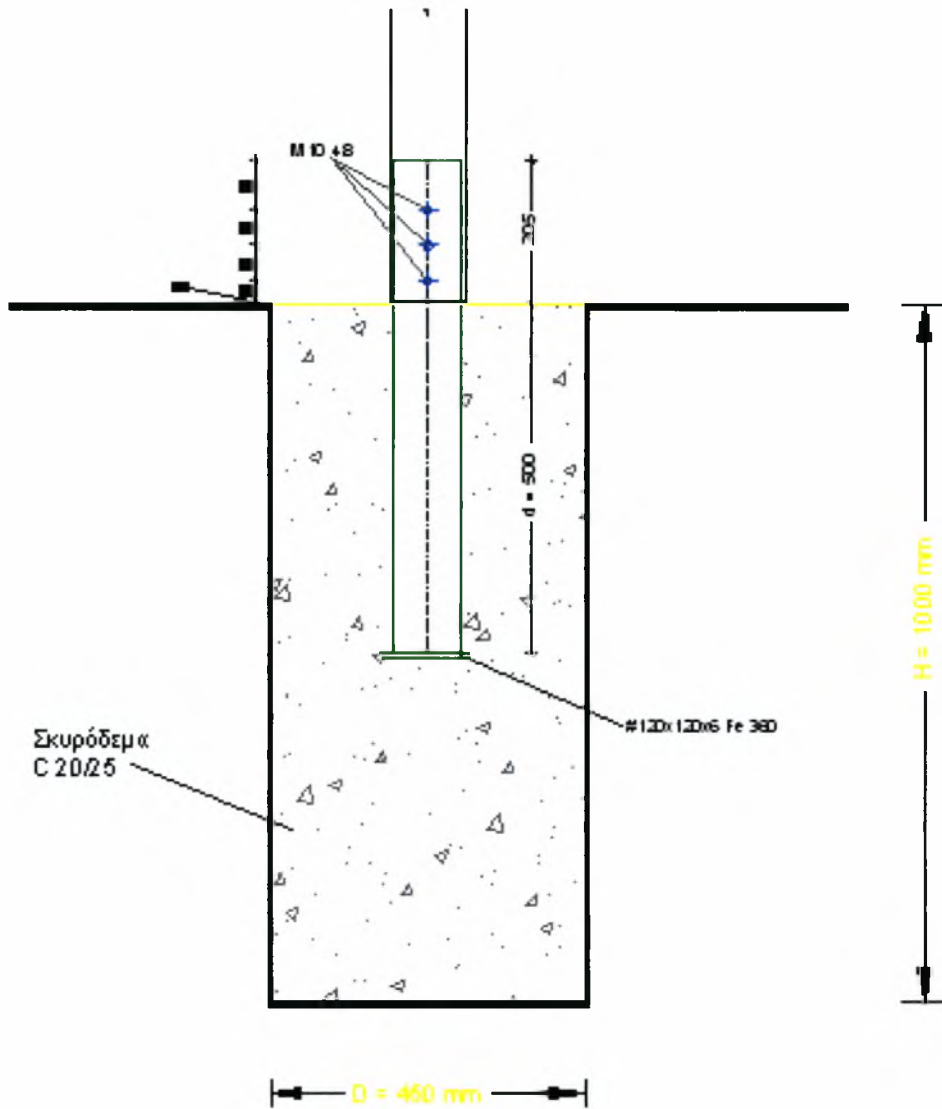
Μέγιστη ροπή και τις δύο διευθύνσεις, ως ανωτέρω: $M=4,5683\text{ kNm}$

Υλικό κατασκευής θεμελίου: Σκυρόδεμα C20/25

Οπλισμός: Χάλυβας S500s

Το θεμέλιο προβλέπεται να κατασκευαστεί **κυλινδρικό**, σύμφωνα με το Σχέδιο Σ3.1, το οποίο φαίνεται υπό μορφή σκαριφήματος παρακάτω. Επιτρέπονται μικρές διαφοροποιήσεις στο βάθος θεμελίωσης, οι οποίες θα εξαρτηθούν απ' την ποιότητα του εδάφους. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης το έδαφος θεωρήθηκε αργιλικό μέτριας αντοχής (βλ. υπολογισμός σεισμικών φορτίων). Οι ελάχιστες διαστάσεις που προβλέπονται εξασφαλίζουν **επάρκεια-αντοχή** του σκυροδέματος έναντι των ως άνω μεγίστων εντατικών μεγεθών, ενώ σε περίπτωση εφελκυσμού η σχετική δύναμη εξισορροπείται από το βάρος του θεμελίου, την αγκύρωση και τις τριβές αυτού με το έδαφος θεμελίωσης.

Σχέδιο Σ3.1



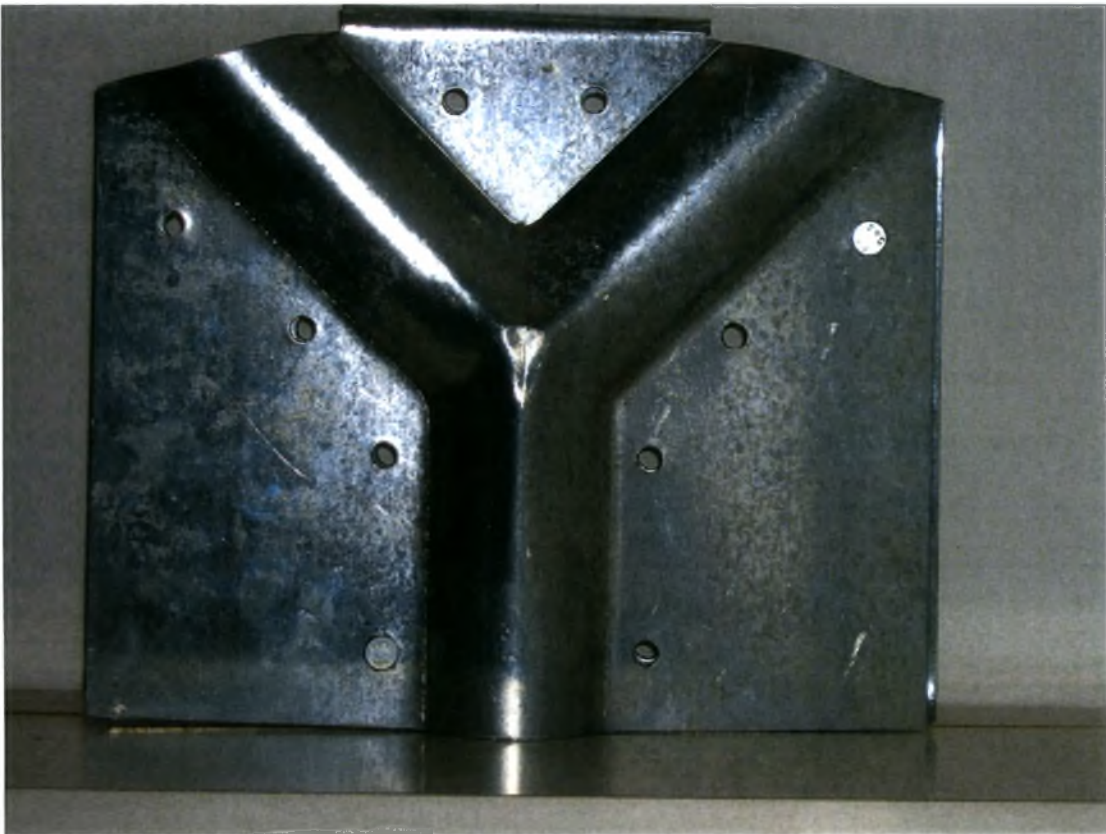
Υλικά : Σκυρόδεμα C 20/25, Χάλυβας S500s,

Εξωτερικά: Κοίλη #100x100x3

Εσωτερικά: Κοίλη #94x94x3

3.7. Ενδεικτικά Ειδικά Τεμάχια Συνδέσεων

Παρακάτω παρατίθενται εικόνες ειδικών τεμαχίων σύνδεσης κόμβων των ράβδων του σκελετού, Ελληνικής προελεύσεως και κοπής, για παρομοίου τύπου μεταλλικά τροποποιημένα θερμοκήπια :



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 - Όψη Κομβοελάσματος



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 - Όψη από πάνω και εμφάνιση θέσης σύνδεσης της υδρορροής



ΕΙΚΟΝΑ 3.3 - Ειδικά εξαρτήματα σύνδεσης και στερέωσης ράβδων

Κεφάλαιο 4^ο: Ποιοτικά συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

- Ο φορέας του θερμοκηπίου είναι εξαιρετικά εύκαμπτος και ελαφρύς σε αντίθεση με την δυσκαμψία που παρουσιάζουν συνήθεις μεταλλικές κατασκευές.
- Η φόρτιση στην περίπτωση του μελετούμενου θερμοκηπίου που έχει ως υλικό κάλυψης φύλλα πλαστικού πραγματοποιείται απευθείας στον φορέα (άμεσα) σε αντίθεση με όσα συμβαίνουν στις συνήθεις μεταλλικές κατασκευές (έμμεση φόρτιση μέσω τεγίδων, μηκίδων κλπ).
- Τα θερμοκήπια έχουν μικρό χρόνο ζωής και έτσι ο βαθμός επικινδυνότητάς τους για τη ανθρώπινη ζωή είναι μικρότερος σε σχέση με τις κατοικίες. Για το λόγο αυτό απαιτείται διαφορετικός σχεδιασμός απ' ό,τι σε ένα κοινό οικοδομικό έργο, ώστε να μειωθεί αισθητά το κόστος κατασκευής.
- Σε μια κατοικία ο σεισμός δημιουργεί σοβαρές καταπονήσεις σε αντίθεση με τα θερμοκήπια που ως ελαφρές και εύκαμπτες μεταλλικές κατασκευές ανταποκρίνονται καλύτερα στα σεισμικά φορτία.
- Αντιθέτως τα θερμοκήπια δέχονται σοβαρές καταπονήσεις από φορτία ανέμου γι' αυτό και πρέπει σχεδιάζονται κατάλληλα.
- Οι ιδιαιτερότητες των θερμοκηπίων έχουν οδηγήσει στην εφαρμογή ειδικών προδιαγραφών σχεδιασμού, (όπως π.χ. αυτές που αφορούν τον υπολογισμό των φορτίων ανέμου).
- Οι δεδομένες διατομές από την εταιρεία LUCCHINI, των μελών του μελετούμενου θερμοκηπίου προέκυψαν ανεπαρκούς αντοχής διότι η εκεί διαστασιολόγηση και επιλογή διατομών για ορισμένα φορτία, ιδίως κλιματικά δεν ανταποκρίνονται στις επικρατούσες συνθήκες στον Ελλαδικό χώρο.
- Δεν εξετάζεται η συμπεριφορά του μελετούμενου θερμοκηπίου στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, γιατί μεγάλες παραμορφώσεις και μετακινήσεις κατά την κανονική χρήση της κατασκευής είναι δυνατό να προκαλέσουν βλάβες σε στοιχεία πλήρωσης όπως οι υαλοπίνακες. Τα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού που χρησιμοποιούνται στην περίπτωσή μας και λόγω του χαμηλού τους βάρους και της

ευκολίας προσαρμογής σε κάθε σχήμα του σκελετού, παρουσιάζουν συμβατές παραμορφώσεις με αυτές του σκελετού.

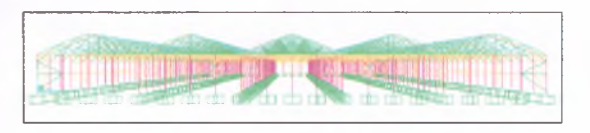
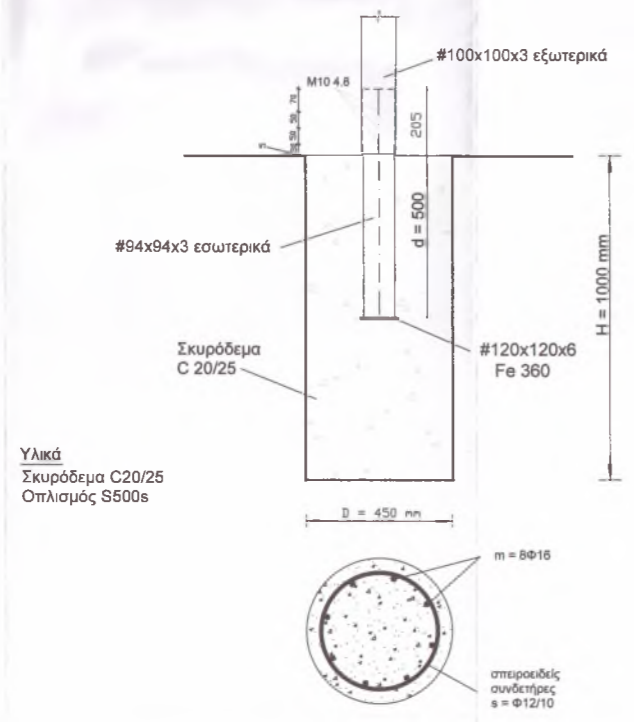
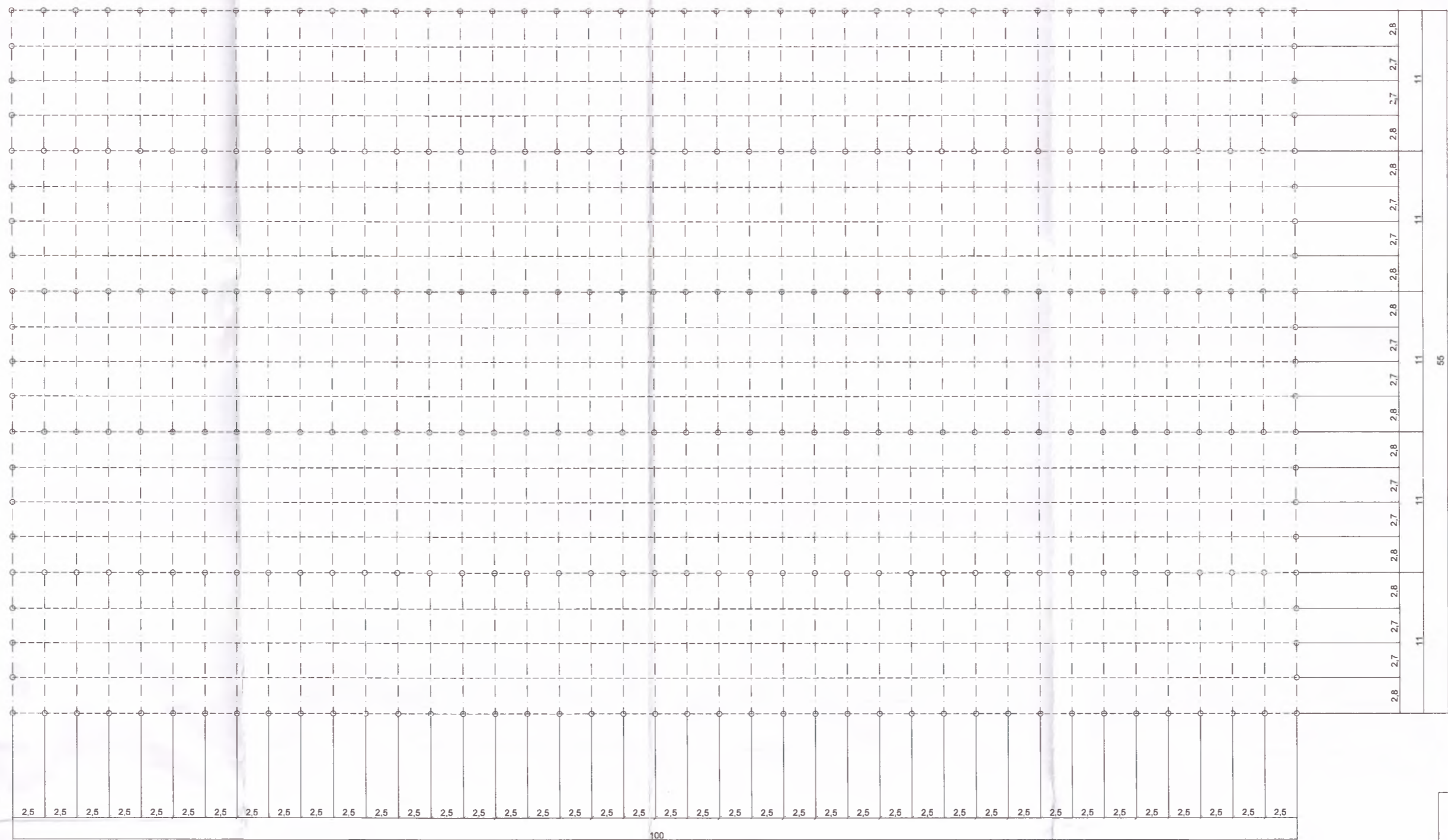
- Όπως φαίνεται από το χρησιμοποιούμενο πρότυπο EN 13031-1 οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας (γ) των μόνιμων και κινητών δράσεων παρουσιάζονται μειωμένοι σε σχέση με τον Ευρωκώδικα 1. Οι συντελεστές αυτοί παίρνουν τιμές ελαττωμένες αυτών του Ευρωκώδικα 1 που είναι 1,35 και 1,5 αντίστοιχα.
- Με την χρήση του προγράμματος τρισδιάστατης ανάλυσης SAP 2000 αφού εισάγουμε σε αυτό το μοντέλο του σκελετού του θερμοκηπίου και καθορίσουμε τους συντελεστές των φορτίσεων και το σύνολο των συνδυασμών δράσεων, μπορούμε εύκολα να τροποποιήσουμε τις διατομές (αφού εμφανίζονται αναλυτικά στην οθόνη με κόκκινη ένδειξη τα ευπαθή σημεία της κατασκευής κατά το πέρας του ελέγχου) των μελών έως ότου προκύψει θετική ένδειξη ελέγχου επάρκειας για γραμμική ελαστική ανάλυση* στην περίπτωσή μας (*όπου σχεδιάζουμε στην ελαστική περιοχή για μικρές παραμορφώσεις του φορέα).
- Στην παρούσα εργασία δεν παρατίθενται τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών κάθε φόρτισης, τα οποία μετά από επαλληλία δίνουν τα τελικά αποτελέσματα για κάθε συνδυασμό. Αυτό γίνεται διότι το τρισδιάστατο μοντέλο του θερμοκηπίου αποτελείται από χιλιάδες κόμβους και μέλη και έχει ως συνέπεια την ύπαρξη τεράστιου όγκου πληροφοριών που είναι αδύνατον να συνοδεύσουν την διπλωματική εργασία (οικονομία ύλης).
- Στην περίπτωσή μας όπου γίνεται η χρήση του προγράμματος ανάλυσης SAP 2000 παρατηρούμε ότι ο ίδιος ο χρήστης εισάγει τόσο τις διατομές όσο και τις τιμές των εφαρμοζόμενων φορτίων (εκτός του ιδίου βάρους της κατασκευής). Στη χώρα μας δεν υπάρχει ακόμα κάποιο πρόγραμμα λογισμικού που να ελέγχει αυτόματα για τις επικρατούσες στον Ελλαδικό χώρο συνθήκες, κατά το ισχύον πρότυπο του Ε.Λ.Ο.Τ, κάποια τυποποιημένης αρχιτεκτονικής θερμοκήπια χωρίς να χρειαστεί ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών φόρτισης καθώς και τα σχέδια λεπτομερειών και οι υπολογισμοί των συνδέσεων (πρωτοτυπίας προφανώς συγκεκριμένης κατασκευαστικής εταιρείας

και λογισμικού) από τον χρήστη-μελετητή, όπως το CASTA/KASSENBOUW πρόγραμμα που χρησιμοποιείται στην Ολλανδία.

- Δεν πραγματοποιείται ο υπολογισμός των συνδέσεων των μελών του φορέα με βάση την κατασκευαστική πρωτοτυπία της Ιταλικής εταιρείας LUCCHINI για λόγους νομικής προστασίας εμπορικών προϊόντων καθώς η εταιρεία ΔΕΝ παρέχει άδεια παρουσίασης της ευρεσιτεχνίας των ειδικών τεμαχίων-τρισδιάστατων κομβοελασμάτων. Παρατίθενται όμως ενδεικτικές εικόνες μορφών συνδεσμολογίας παρόμοιων τοξωτών θερμοκηπίων, ελληνικής προελεύσεως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Ε.Λ.Ο.Τ EN 13031.01** : Ελληνικό Πρότυπο - Θερμοκήπια : Σχεδιασμός και κατασκευή - Μέρος 1 : Θερμοκήπια παραγωγής
- **ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ** - Γ.Ν Μαυρογιαννόπουλου, Εκδόσεις Αθ.Σταμούλη Δ' ΕΚΔΟΣΗ 2005. Περιβάλλον-Υλικά - Κατασκευή - Εξοπλισμός
- **ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ** - Ν.Βασιλείου, Αγροτική Τράπεζα Ελλάδαδος/ Υποδ/νση Εκπαίδευσης και Επιμόρφωσης. ΑΘΗΝΑ 1987
- **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ** - Υπουργείο Γεωργίας/Γενική Δ/νση Φυτικής παραγωγής, 1992
- **www.idromeccanicalucchini.it**



Τοξωτό τροποποιημένο πολλαπλό μεταλλικό -
 ΕΡΓΟ : θερμική με επικάλυψη φύλλων πολυαιθυλενίου
 και φυσικό αερισμό

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΝ.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΘΕΣΗ ΕΡΓΟΥ : Ελληνική Επικράτεια

ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ :
 Στατική Μελέτη Αντοχής
 Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ :
 ΚΑΤΟΨΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ-
 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΟΥ

Αριθμός σχεδίου

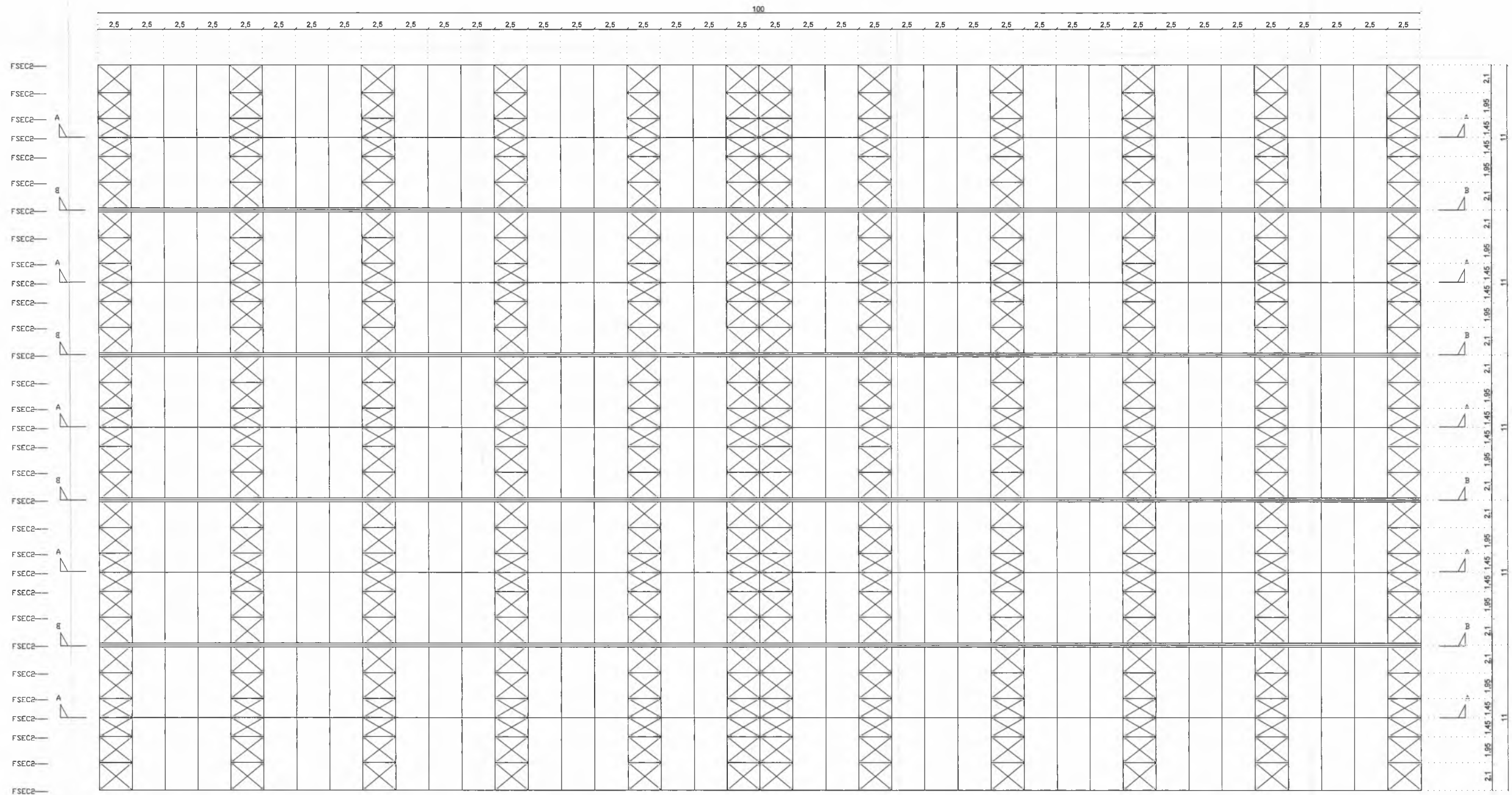
Σ 1

ΚΛΙΜΑΚΕΣ : 1:150, 1:10

Φοιτητής:
 Ρήγας Πατσανάς

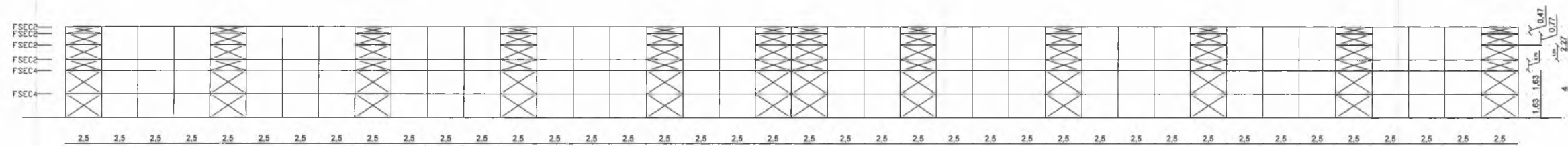
Επιβλέπων Καθηγητής
 Δρ. Σ. Σοφρονόπουλος
 Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
 Επίκουρος Καθηγητής Παν.Θεσσαλίας

Ημερομηνία : 9/3/09

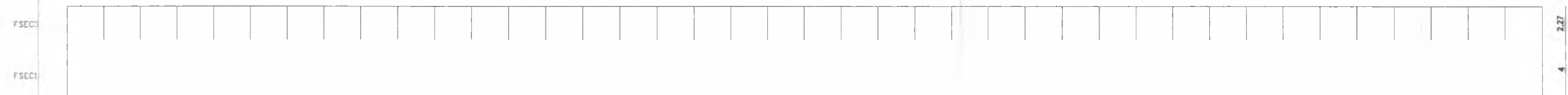


1: ΑΚΡΑΙΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ
2: ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

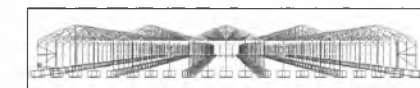
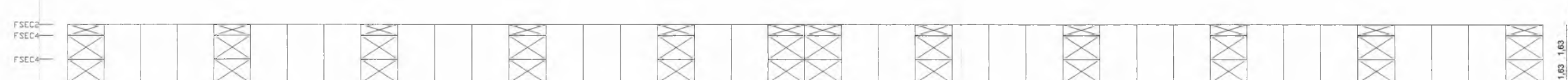
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΟΨΗ ΣΚΕΛΕΤΟΥ



ΤΟΜΗ Α-Α



ΤΟΜΗ Β-Β



Τοξωτό τροποποιημένο πολλαπλό μεταλλικό -
ΕΡΓΟ : θερμική πνοή με επικάλυψη φύλλων πολυαιθυλενίου
και φυσικό αερισμό

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΝ. ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΘΕΣΗ ΕΡΓΟΥ : Ελληνική Επικράτεια

ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ :
Στατική Μελέτη Αντοχής
Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ :
ΚΑΤΟΨΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ-
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ-
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΟΨΗ ΣΚΕΛΕΤΟΥ
X : Αντανέμιοι Σύνδεσμοι FSEC4 (Φ 42x3)
ΚΛΙΜΑΚΕΣ : 1:150

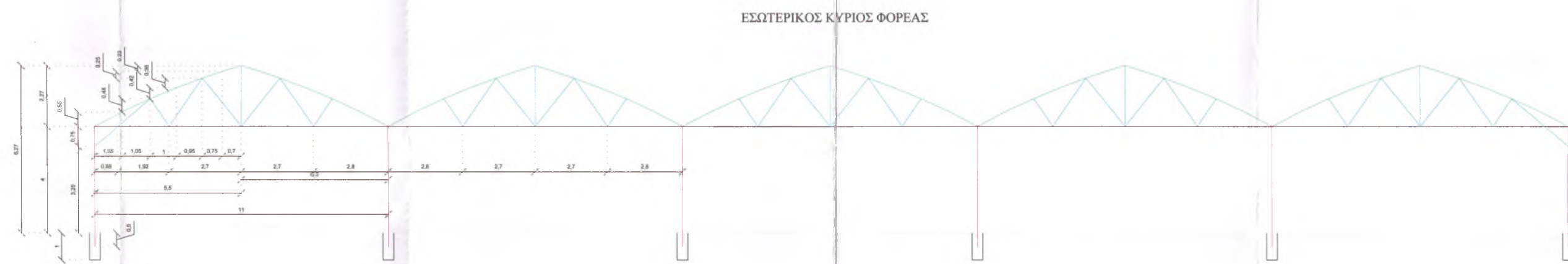
Αριθμός σχεδίου

Σ 2

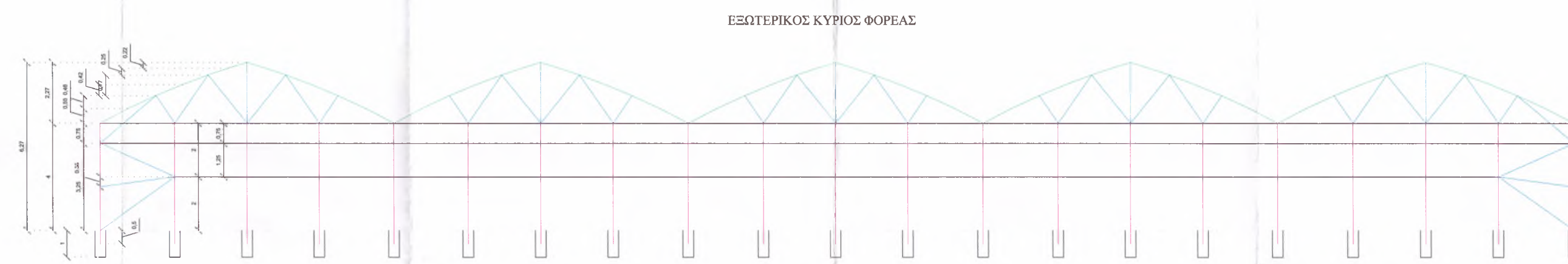
Φοιτητής:
Ρήγας Πατσιαντάς

Επιβλέπων Καθηγητής:
Απ. Σ. Σαμαντζούλας
Αρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
Επίκουρος Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας

Ημερομηνία : 9/3/09



ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ



ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

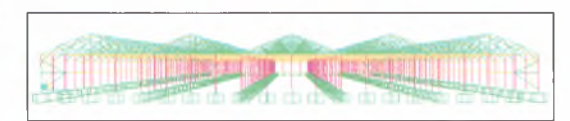
— FSEC1— ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΤΥΛΩΝ #100x100x3

— FSEC2— ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΞΩΝ Φ100x3

— FSEC3— ΔΙΑΤΟΜΗ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΩΝΙΩΝ ΡΑΒΔΩΝ Φ42x3

— FSEC4— ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΡΑΒΔΩΝ Φ42x3

— FSEC2— ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΩΛΗΝΑ ΥΔΡΟΡΡΟΗΣ Φ100x3



ΕΡΓΟ : Αμφίρριχτο πολλαπλό μεταλλικό θερμοκήπιο με επικάλυψη φύλλων πολυαιθυλενίου και φυσικό αερισμό

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΝ.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΘΕΣΗ ΕΡΓΟΥ : Ελληνική Επικράτεια

ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : Στατική Μελέτη Αντοχής Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ : ΟΨΕΙΣ ΚΥΡΙΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Αριθμός σχεδίου

Σ 3

ΚΛΙΜΑΚΕΣ : 1:75

Φοιτητής:
Ρήγας Πατσιαντάς

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σ. Σωμανόπουλος
Δρ. Πολύκαρος Μήτρινας ΕΜΠ
Επίκουρος Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας

Ημερομηνία : 9/3/09



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091844

