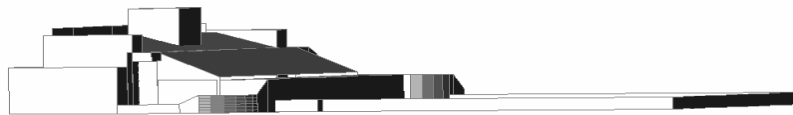


**ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΕΓΑΣΗΣ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟΥ ΑΘΛΗΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ
Ν. ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ v. ΛΑΡΙΣΑΣ**

Αγγελική Π. Δεληγά
MSc Πολιτικός Μηχανικός
Τρίκαλα, Ελλάδα
e-mail: delangie1980@yahoo.gr

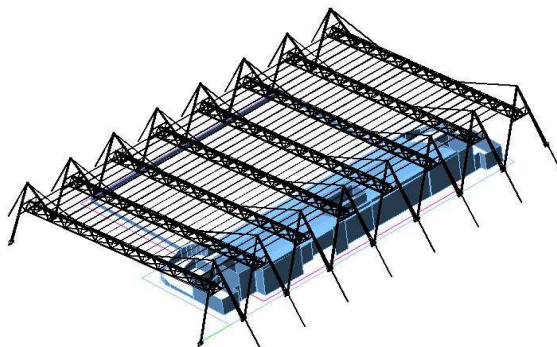
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται αναλυτικά η μελέτη στέγασης ανοιχτού κολυμβητηρίου που έχει ήδη κατασκευαστεί στην πόλη της Λάρισας. Από τα υπάρχοντα αρχιτεκτονικά και τοπογραφικά σχέδια σχεδιάστηκαν οι όγκοι των εγκαταστάσεων και καθορίστηκε η επιφάνεια που έπρεπε να καλυφθεί. Έτσι, η αρχική κατάσταση του κολυμβητηρίου πριν τη στέγαση είναι αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.1).



Σχ.1- Αρχική κατάσταση κολυμβητηρίου πριν τη στέγαση

Έπειτα, τηρώντας τους περιορισμούς για κατασκευές ολυμπιακών προδιαγραφών και ακολουθώντας μία πορεία εργασιών, η στέγη πήρε την τελική της μορφή (Σχ.2).



Σχ.2- Τελική μορφή στέγης

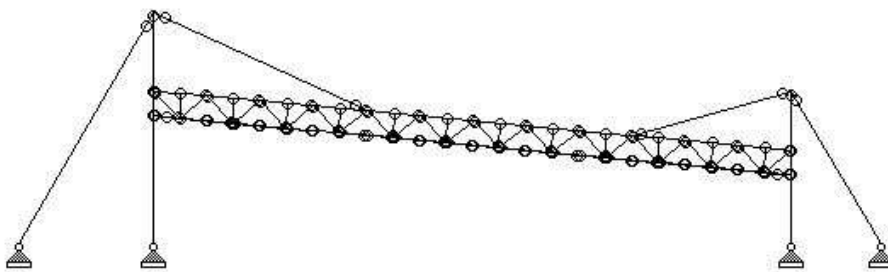
Η κατασκευή συνδυάζει τη λειτουργικότητα με αίσθημα ασφάλειας και μια ιδιαίτερη αρχιτεκτονική μορφή που της προσδίδει η επιβλητικότητα του όγκου της. Η μελέτη εκπονήθηκε σε συνεργασία με το Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Δ.Π.Θ.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πορεία των εργασιών που ακολουθήθηκε για τη συγκεκριμένη μελέτη, ξεκίνησε από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και ύστερα από την εξέταση διαφόρων λύσεων καταλήξαμε, με τη χρήση Η/Υ, στην τελική μορφή και γεωμετρία της στέγης. Στην συνέχεια ακολούθησε η ανάλυση της κατασκευής, η οποία χωρίζεται στη στατική και στη δυναμική ανάλυση. Η στατική ανάλυση έγινε με τη χρήση Η/Υ στο πρόγραμμα QSE για την οριακή κατάσταση αστοχίας και την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, λαμβάνοντας υπόψη τα μόνιμα και τα μεταβλητά φορτία. Η δυναμική ανάλυση γίνεται κι αυτή με τη χρήση Η/Υ για την οριακή κατάσταση αστοχίας και την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, λαμβάνοντας υπόψη τα σεισμικά φορτία σε συνδυασμό με τα μόνιμα και τα μεταβλητά. Στη συγκεκριμένη κατασκευή, λόγω των μεγάλων διαστάσεων και της πολύπλοκης μορφολογίας της, δεν έγινε δυναμική ανάλυση. Μετά την ανάλυση ακολούθησε η διαστασιολόγηση των στοιχείων με γνώμονα τους βέλτιστους συντελεστές χρησιμοποίησεως, καθώς και η ενίσχυση μεμονωμένων στοιχείων που καταπονούνται ιδιαίτερα σε κάποιες φορτιστικές καταστάσεις. Έπειτα συνεχίσαμε με τον υπολογισμό συνδέσεων μερικές από τις οποίες έγιναν στον Η/Υ με τη χρήση του προγράμματος PROKON και οι υπόλοιπες υπολογίστηκαν με το χέρι. Από τον υπολογισμό προέκυψαν τα χαρακτηριστικά των στοιχείων σύνδεσης, όπως διαστάσεις και πάχη λεπίδων, αριθμός, διάταξη και μέγεθος κοχλιών, διαστάσεις και διάμετρος πείρων. Τέλος, έχουμε τη φάση της τελικής σχεδίασης στο πρόγραμμα STRUCAD, όπου κάναμε ακριβή σχεδίαση όλων των στοιχείων, με αποτέλεσμα να προκύψουν όλα τα διευκρινιστικά σχέδια (κατόψεις, όψεις), η προμέτρηση υλικών και άλλα συμπληρωματικά στοιχεία.

3. ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το στατικό μας σύστημα αποτελείται από μία αμφιαρθρωτή, οριζόντια ράβδο, τα άκρα της οποίας συνδέονται με υποστυλώματα. Τα υποστυλώματα με τη σειρά τους αρθρώνονται με το έδαφος. Επειδή όμως το στατικό σύστημα αναλαμβάνει μεγάλες δυνάμεις και επομένως έχουμε μεγάλες ροπές, η οριζόντια ράβδος παίρνει τελικά την μορφή ζευκτού. Επιπλέον επειδή το μήκος του ζευκτού είναι μεγάλο, (64m), υποστηρίζεται τελικά με ράβδους ανάρτησης οι οποίες αρθρώνονται μεταξύ τους, με το έδαφος, με τα υποστυλώματα και με το ζευκτό σε κατάλληλα σημεία. Τέλος τα υποστυλώματα επιλέγονται τύπου Λ για καλύτερη ακαμψία. Με τα υποστυλώματα πετυχαίνουμε ομαλή μεταφορά των φορτίων στο έδαφος. Άρα η τελική μορφή του στατικού συστήματος είναι αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.3).

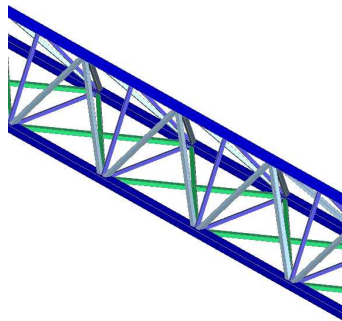


Σχ.3- Τελική μορφή στατικού συστήματος

4. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

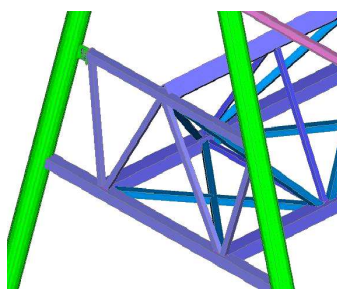
Λαμβάνοντας υπόψη το στατικό μας σύστημα, έχουμε την τελική μορφή της κατασκευής μας (Σχ.2), η οποία έχει διαστάσεις $92\text{m} \times 64\text{m}$ και αποτελείται από οκτώ όμοιους φορείς συνολικού μήκους 64m . Οι φορείς αυτοί είναι ομοιόμορφα τοποθετημένοι, απέχουν αξονικά μεταξύ τους $13,15\text{m}$ και αποτελούνται από τα κύρια ζευκτά (κύριο μέρος του φορέα), τα δευτερεύοντα επίπεδα ζευκτά και τα διάφορα συμπληρωματικά στοιχεία (υποστυλώματα, ράβδοι ανάρτησης, τεγίδες).

Ειδικότερα το κάθε κύριο ζευκτό έχει μήκος 64m , κλίση 5° , τριγωνική μορφή και αποτελείται από τα κάτω πέλματα, το άνω πέλμα, τις ράβδους δικτύωσης δεξιά, αριστερά, τις χιαστές ράβδους δικτύωσης κάτω, τους ορθοστάτες και τις οριζόντιες ράβδους κάτω. Τα κάτω πέλματα από το άνω πέλμα απέχουν απόσταση $2,5\text{m}$. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για το κύριο ζευκτό είναι χάλυβας Fe360. Τμήμα του κύριου ζευκτού φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχ.4).



Σχ.4- Τμήμα κύριου ζευκτού

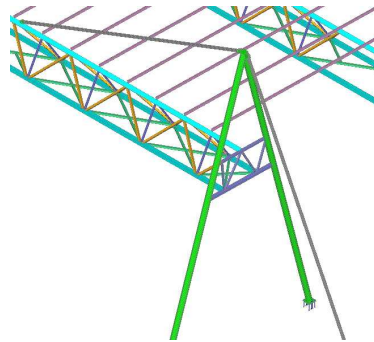
Τα δευτερεύοντα επίπεδα ζευκτά είναι δύο για κάθε φορέα, ένα δεξιά του κύριου τριγωνικού ζευκτού και ένα αριστερά, τα οποία είναι όμοια μεταξύ τους. Αποτελούνται από τις ράβδους δικτύωσης, τα κάτω πέλματα και τα άνω πέλματα. Η απόσταση μεταξύ κάτω και άνω πελμάτων είναι $2,5\text{m}$. Μέρος ενός δευτερεύοντος ζευκτού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.5).



Σχ.5- Δευτερεύων ζευκτό

Τέλος έχουμε τα συμπληρωματικά στοιχεία που είναι τα υποστυλώματα, οι ράβδοι ανάρτησης και οι τεγίδες, όπως φαίνονται και στο σχήμα που ακολουθεί (Σχ.6). Για κάθε φορέα έχουμε τέσσερα υποστυλώματα, δύο για κάθε επίπεδο ζευκτό. Στο επίπεδο ζευκτό που βρίσκεται από την πλευρά με την κλίση, τα υποστυλώματα έχουν ύψος $23,5\text{m}$ και απέχουν μεταξύ τους 13m . Στο άλλο επίπεδο ζευκτό τα υποστυλώματα έχουν ύψος $15,5\text{m}$ και απέχουν μεταξύ τους επίσης 13m . Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι χάλυβας

Fe360. Οι ράβδοι ανάρτησης έχουν διατομή CHS και είναι στο σύνολο τους τέσσερις για κάθε φορέα, δύο από την πλευρά κάθε επίπεδου ζευκτού. Έτσι στο επίπεδο ζευκτό που βρίσκεται από την πλευρά της κλίσης, η μια ράβδος ανάρτησης η οποία αρθρώνεται με το έδαφος έχει ύψος 23,5m και απέχει από τη δεύτερη ράβδο η οποία καταλήγει στο κύριο ζευκτό, 35m περίπου. Στο δεύτερο επίπεδο ζευκτό η πρώτη ράβδος ανάρτησης αντίστοιχα έχει ύψος 15,5m και απέχει από τη δεύτερη ράβδο 24m περίπου. Τέλος οι τεγίδες τοποθετούνται για τη στερέωση του επιστεγάσματος και τρέχουν παράλληλα με την πλευρά των 92m. Συνολικά χρησιμοποιούνται 23 τεγίδες και κάθε μια έχει μήκος 92m. Η απόσταση μεταξύ των τεγίδων είναι 2,65m. Το υλικό που χρησιμοποιείται είναι χάλυβας Fe360 και οι διατομές των τεγίδων είναι τύπου ΙΡΕ.



Σχ.6- Συμπληρωματικά στοιχεία κατασκευής

5. ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

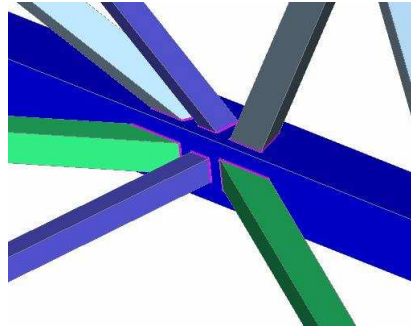
Τα φορτία που λήφθηκαν υπόψη είναι τα μόνιμα και τα μεταβλητά. Στα μόνιμα φορτία ανήκουν το ίδιο βάρος στοιχείων και το βάρος επικάλυψης ($0,15 \text{ KN/m}^2$). Στα μεταβλητά φορτία ανήκουν το φορτίο χιονιού, όπου έχουμε δύο περιπτώσεις για την μονοκλινή στέγη μας: πρώτη περίπτωση χιόνι σε όλη τη στέγη και δεύτερη χιόνι στην μισή στέγη, το φορτίο ανέμου, όπου υπολογίζουμε τη εξωτερική πίεση, την εσωτερική πίεση και την δύναμη τριβής και το φορτίο κυκλοφορίας ($0,75 \text{ KN/m}^2$).

Τα επιφανειακά αυτά φορτία μετατράπηκαν, μετά από εμβαδομετρήσεις και λαμβάνοντας υπόψη τις επιφάνειες επιρροής της κάθε τεγίδας, σε επικόμβια. Στο QSE αναλύθηκε ο δυσμενέστερος φορέας και από την ανάλυση προέκυψαν οι παραμορφώσεις των στοιχείων καθώς και τα εντατικά μεγέθη. Ο έλεγχος επάρκειας της κατασκευής έγινε, λαμβάνοντας υπόψη τους συνδυασμούς δράσεων για δύο οριακές καταστάσεις, την οριακή κατάσταση αστοχίας και την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Τέλος, κάναμε διαστασιολόγηση των στοιχείων με το ίδιο πρόγραμμα, ώστε να ελέγξουμε αν αντέχουν τα επί μέρους στοιχεία και καταλήξαμε σε συγκεκριμένες διατομές.

6. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

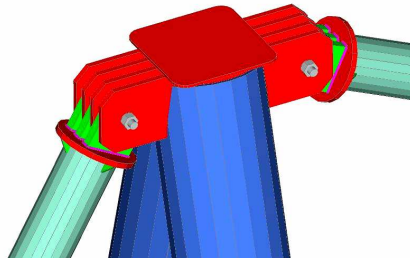
Υπολογίσθηκαν οι απαραίτητες συνδέσεις, για την αποπεράτωση του έργου (συνδέσεις στους διάφορους χαρακτηριστικούς κόμβους, σύνδεση των υποστυλωμάτων και των ράβδων ανάρτησης πάνω με πείρο, σύνδεση υποστυλώματος με δευτερεύων ζευκτό, σύνδεση υποστυλώματος με το έδαφος, σύνδεση ράβδων ανάρτησης με το έδαφος).

Συγκεκριμένα και όσον αφορά τις συνδέσεις στους διάφορους χαρακτηριστικούς κόμβους, ύστερα από ομαδοποίηση των κόμβων της κατασκευής, επιλέχθηκαν και συγκρίθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί φορτίσεων ώστε να εξαχθούν οι δυσμενέστεροι για κάθε ομάδα κόμβων. Έπειτα ελέγχθηκαν οι ομάδες των κόμβων για τις δυσμενέστερες φορτιστικές καταστάσεις, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ευστάθεια για τους πλέον κρίσιμους συνδυασμούς φορτίσεων. Μια σύνδεση σε έναν χαρακτηριστικό κόμβο του κάτω πέλματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.7).



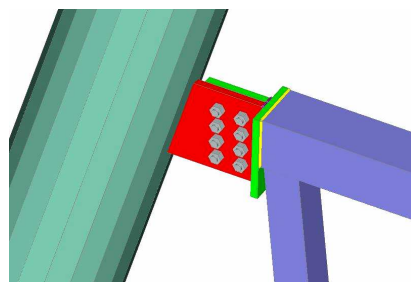
Σχ.7- Σύνδεση σε έναν χαρακτηριστικό κόμβο του κάτω πέλματος

Στο επόμενο σχήμα (Σχ.8) έχουμε την σύνδεση των υποστυλωμάτων και των ράβδων ανάρτησης πάνω με πείρο. Επιλέχθηκε πείρος M80. 10,9, τρεις πάνω λεπίδες με πάχος 35mm και τέσσερις κάτω με πάχος 25mm. Επίσης επιλέχθηκαν βίδες M20. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι χάλυβας Fe360.



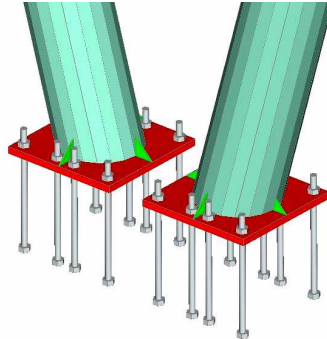
Σχ.8- Σύνδεση υποστυλωμάτων και ράβδων ανάρτησης πάνω με πείρο

Επιπλέον έχουμε τη σύνδεση του υποστυλώματος με το δευτερεύων ζευκτό (Σχ.9). Από την επίλυση προέκυψε λεπίδα πάχους 40mm, διαστάσεων 200mm x 250mm και οκτώ βίδες, τέσσερις σε κάθε παρειά M20. Τα υποστυλώματα έχουν διατομή CHS 406.4x16.0 και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι χάλυβας Fe360.



Σχ.9- Σύνδεση υποστυλώματος με δευτερεύων ζευκτό

Ακόμη έχουμε την σύνδεση των υποστυλωμάτων με το έδαφος (Σχ.10). Λαμβάνοντας υπόψη τους δυσμενέστερους συνδυασμούς καταπονήσεων καταλήξαμε στην τοποθέτηση τεσσάρων κοχλιών M30 ανά παρειά. Το πάχος της λεπίδας που χρησιμοποιήσαμε είναι 35mm και οι διαστάσεις της 600mm × 600mm.



Σχ.10- Σύνδεση υποστυλωμάτων με το έδαφος

Τέλος έχουμε τη σύνδεση των ράβδων ανάρτησης με το έδαφος. Οι ράβδοι ανάρτησης έχουν διατομή CHS 193.7x12.5. Λαμβάνοντας υπόψη τους δυσμενέστερους συνδυασμούς καταπονήσεων καταλήξαμε στην τοποθέτηση τεσσάρων κοχλιών M30 ανά παρειά.

7. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Ο υπολογισμός της θεμελίωσης της κατασκευής έγινε με βάση τις δυσμενέστερες περιπτώσεις φορτίσεων στη βάση των υποστυλωμάτων και των ράβδων ανάρτησης με τη χρήση H/Y στο πρόγραμμα BETON EXPRESS BY RUNET. Η θλιπτική αντοχή του εδάφους είναι $0,2 \text{ N/mm}^2$ και τα υλικά που χρησιμοποιούμε είναι σκυρόδεμα C20/25 και χάλυβα S500. Διακρίνουμε τρεις κατηγορίες πεδίων.

Έτσι στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πέδιλα στις καταλήξεις των ράβδων ανάρτησης, τα οποία είναι στο σύνολό τους 16 και έχουν διαστάσεις $3,4\text{m} \times 3,4\text{m} \times 1\text{m}$ και λαιμό $0,4\text{m} \times 0,4\text{m}$. Η επικάλυψη είναι 7,5mm και ο οπλισμός σε κάθε διεύθυνση $\Phi 12/15$.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα πέδιλα στις καταλήξεις των μεσαίων υποστυλωμάτων. Ανά δύο τα μεσαία υποστυλώματα έχουν ένα ενιαίο πέδιλο διαστάσεων $4,1\text{m} \times 4,1\text{m} \times 1\text{m}$ και με λαιμό $1,3\text{m} \times 0,7\text{m}$. Η επικάλυψη είναι 7,5mm και ο οπλισμός σε κάθε διεύθυνση $\Phi 12/15$. Στο σύνολό τους τα πέδιλα που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία είναι 14.

Τέλος, έχουμε τα πέδιλα στις καταλήξεις των ακραίων υποστυλωμάτων, τα οποία έχουν διαστάσεις $2,9\text{m} \times 2,9\text{m} \times 1 \text{ m}$, λαιμό $0,7\text{m} \times 0,7\text{m}$, επικάλυψη 7,5mm και είναι συνολικά 4. Ο οπλισμός σε κάθε διεύθυνση είναι $\Phi 12/15$.

8. ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

Κατασκευάστηκαν πίνακες όπου φαίνονται οι ποσότητες των υλικών που είναι απαραίτητες για την διεκπεραίωση του έργου, το βάρος των διατομών, ο συνολικός όγκος του σκυροδέματος και η ποσότητα του συνολικού χαλαρού οπλισμού των πεδίων. Επιπλέον υπολογίστηκε ότι το εμβαδόν που χρειάζεται να στεγάσουμε είναι 5888 m^2 .

9. ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ – ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΕΙΣ - ΒΑΦΕΣ

Υπολογίσθηκε το συνολικό εμβαδόν επικάλυψης, το συνολικό εμβαδόν πλαγιοκάλυψης, καθώς και οι επιφάνειες των διατομών όλων των μεταλλικών στοιχείων. Τέλος λόγω των έντονων διαβρωτικών συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του κολυμβητηρίου και προκαλούνται από την εξάτμιση των υδάτων της δεξαμενής της πισίνας, τα οποία περιέχουν χημικά πρόσθετα, η κατασκευή πρέπει αφού ασταρωθεί να βαφεί με ειδική προστατευτική βαφή.

10. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της όλης κατασκευής είναι η εξυπηρέτηση των αθλητών και των επισκεπτών έναντι δυσμενών καιρικών συνθηκών, καθώς επίσης και η αναβάθμιση του υπάρχοντα χώρου. Μέσω της άριστης συνεργασίας με τους Καθηγητές μου στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Δ.Π.Θ., καθώς επίσης και με τη διερεύνηση και επιλογή της βέλτιστης λύσης, η κατασκευή τελικά συνδυάζει οικονομία, ασφάλεια, αποτελεσματικότητα και λειτουργικότητα.

11 . ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] EUROCODE 1: Basis of design and actions on structures – Part 1: Basis of design, CEN, ENV 1991-1 : Sept. 1994
- [2] EUROCODE 1: Basis of design and actions on structures – Part 2-3: Actions on structures – Snow loads, CEN, ENV 1991-2-3 : Febr. 1994
- [3] EUROCODE 1: Basis of design and actions on structures – Part 2-4: Actions on structures – Wind Actions, CEN, ENV 1991-2-4 : May 1994
- [4] J.FALKE, EUROCODE 3
- [5] ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 2000 (Ε.Α.Κ.)
- [6] ΚΑΛΦΑΣ Χ., “Διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων από χάλυβα σύμφωνα με τον EC 3”, Ξάνθη 1996
- [7] ΚΑΛΦΑΣ Χ., “Συνδέσεις δομικών στοιχείων από χάλυβα σύμφωνα με τον EC3”, Ξάνθη 1996
- [8] ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ Χ., “Σχεδιασμός κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα έναντι σεισμού”

ROOF DESIGN OF THE SWIMMING ATHLETIC CENTER N. POLITEIAS OF MUNICIPALITY OF LARISSA

Angeliki P. Delicha
MSc Civil Engineer
Trikala, Greece
e-mail: delangie1980@yahoo.gr

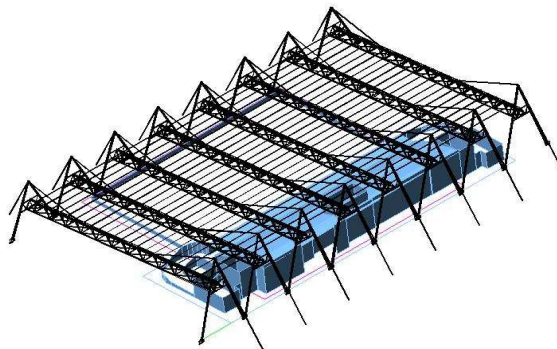
SUMMARY

This project elaborately describes the roofing design of an open swimming pool (lido) which has already been constructed in the city of Larissa. The volume of the premises has been designed by the existing architectural and topographical designs and the surface to be covered has been designated. Therefore, the initial condition of the swimming pool prior to roofing is displayed on the blueprint below. (Draft 1).



Draft.1-Initial condition of the swimming pool prior to roofing

After than following the technical Olympic specifications and course of proceedings, the roof has taken its final form. (Draft.2)



Draft.2- Final form of the roof

The construction combines secure, functionalism with a special architectural form which is given by its imposing volume. The design has been made in collaboration with the Steel Structures Laboratory of D.U.T.H.