

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΡΦΗΣ ΜΗ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΧΑΛΥΒΑΙΝΟΥ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ ΜΕ ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Θεμιστοκλής Ν. Νικολαΐδης

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Ελλάς,
e-mail: think@civil.auth.gr

Μαρία-Αννα Κατσανεβάκη

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Ελλάς
e-mail: mariannakats@gmail.com

Χαράλαμπος Κ. Μπανιωτόπουλος

School of Engineering, University of Birmingham
B15 2TT Birmingham, United Kingdom
e-mail: c.baniotopoulos@bham.ac.uk

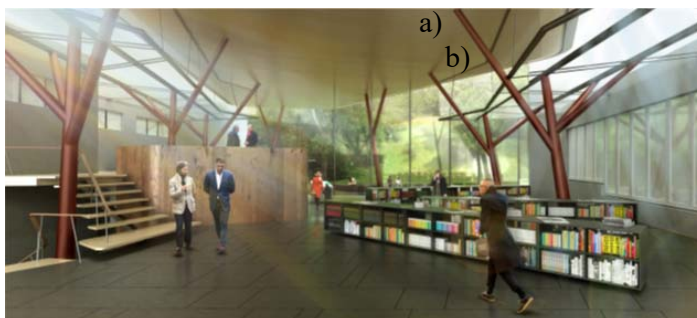
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια πρόταση ερευνητικού χαρακτήρα χωρίς να αποτελεί μελέτη για την ανάλυση σχεδιασμού διαμόρφωσης του στατικού συστήματος φορέα αλλά και υποστυλωμάτων ενός χαλύβδινου στεγάστρου μεγάλου ανοίγματος, όπως αυτό που προβλέπεται να στεγάσει χώρο, που θα ενώνει τα μουσεία Alvar Aalto Museum και Museum of Central Finland στη Γιβάσκυλα (Jyväskylä) της Φινλανδίας. Αποτελεί στην ουσία για έρευνα πάνω στις δυνατότητες ανάλυσης του δομικού συστήματος του στεγάστρου από χαλύβδινα στοιχεία μιας από τις αρχιτεκτονικές προτάσεις στο πλαίσιο του διεθνούς διαγωνισμού για το στέγαστρο αυτό και δεν αποτελεί συγκεκριμένη μελέτη του έργου. Η αρχιτεκτονική ιδέα αφορά στη δημιουργία χώρου ο οποίος θα συνδέει τα δύο μουσεία, ώστε να αποτελούν αρμονική συνέχεια και ταυτόχρονα να ενσωματωθεί στο φυσικό περιβάλλον. Η ιδιαιτερότητα του στεγάστρου έγκειται στη μορφή των υποστυλωμάτων του, τα οποία έχουν μορφή δέντρου (dendri-form columns) και παρουσιάζουν κλάδους στα ψηλά σημεία αλλά και κλίση ως προς τον κατακόρυφο άξονα. Ταυτόχρονα και στην οροφή διαμορφώνονται φέροντα στοιχεία που απολήγουν στις κορυφές των στύλων. Η μόρφωσή τους γίνεται με στοιχεία κυκλικών κοιλοδοκών σταθερής ή και μεταβλητής καθ' ύψος διατομής με εφαρμογή διαδικασίας βελτιστοποίησης. Η ανάλυση και επίλυση του φορέα γίνεται με το πρόγραμμα SolidWORKS 2015. Το στέγαστρο αναλύεται θεωρώντας το είτε κλειστό, είτε ανοιχτό για να ανταποκρίνεται στις ειδικές συνθήκες λειτουργίας και διαμόρφωσής του.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κόσμος των φυσικών φαινομένων ελκύει την προσοχή των ανθρώπων ως πηγή έμπνευσης. Η έμπνευση αυτή από τη φύση δεν είναι μια νέα ιδέα, αλλά με την ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι μια εκ νέου αναδυόμενη προσέγγιση ενός ευρέως φάσματος επιστημονικών αρχών. Η έννοια της Βιομιμητικής, η οποία θεωρείται μια επιστήμη και φιλοσοφία της εκμάθησης από τη φύση, είναι μια πηγή έμπνευσης για τον σχεδιασμό των κατασκευών [1] με διαφορετικές προσεγγίσεις εκ μέρους σχεδιαστών μηχανικών. Σήμερα κατά το σχεδιασμό κατασκευών με ιδιαίτερο χαρακτήρα, η μίμηση πολύπλοκων φυτικών σχημάτων ως φέροντα στοιχεία στις κατασκευές έχει γίνει δυνατή αφενός μέσα από τη χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής και αφετέρου με τη χρήση ιδιαίτερων υπολογιστικών μοντέλων προσομοίωσης και ανάλυσης. Ιδιαίτερα για τη διαμόρφωση υποστυλωμάτων υπάρχει πλέον μια διεθνής τάση ώστε να ξεφεύγουν από την τυπική μορφή που τα γνωρίζουμε στα κτίρια και να ακολουθούν μορφές που παρατηρούνται στη φύση (δέντρων, κλαδιών ή και ολόκληρου δάσους (tree-inspires, dendriforms, fractals). Στην κατηγορία αυτών των φορέων ανήκει και η πρόταση διαμόρφωσης του συγκεκριμένου στεγάστρου, το οποίο καλείται να ενώσει δύο υφιστάμενα και γειτονικά ευρισκόμενα μουσεία. Πρόκειται για τα μουσεία Alvar AaltoMuseum και Museum of Central Finland στη Γιβιάσκυλα (Jyväskylä) της Φινλανδίας (Σχ. 1). Η εργασία είναι ερευνητική πάνω στις δυνατότητες ανάλυσης του δομικού συστήματος του στεγάστρου από χαλύβδινα στοιχεία μιας από τις αρχιτεκτονικές προτάσεις στο πλαίσιο του διεθνούς διαγωνισμού για το στέγαστρο αυτό και δεν αποτελεί συγκεκριμένη μελέτη έργου. Τα γνωρίσματα του στεγάστρου είναι εμπνευσμένα από την τέχνη του αρχιτέκτονα Aalto και είναι η ασυμμετρία, η ποικιλία των δομικών υλικών και η καμπυλότητα των επιφανειών, που αποτελούν αντίδραση στον αφηρημένο και ψυχρό φορμαλισμό. στην αρχιτεκτονική μελέτη που έχει διεξαχθεί, έχει δοθεί έμφαση στο περιβαλλοντικό σχεδιασμό του στεγάστρου με την προσθήκη παθητικών και αποτελεσματικών συστημάτων, σύμφωνα με απαιτήσεις του κτιρίου, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής, ακουστικής και οπτικής άνεσης. Η μορφή δέντρου που έχει δοθεί στα υποστυλώματα με την προσθήκη γυαλιού στις κατακόρυφες, καθώς και σε κάποιες οριζόντιες επιφάνειες, δίνει την αίσθηση του ενιαίου και της συνέχισης του φυσικού περιβάλλοντος. Αντίστοιχα παραδείγματα στεγαστρών σύγχρονων κατασκευών, οι οποίες ενσωματώνουν τέτοιου είδους χαρακτηριστικά σχεδιασμού είναι ο Τερματικός Σταθμός του Αεροδρομίου της Στουτγάρδης (Σχ. 2), της Εθνικής Πινακοθήκης στη Σιγκαπούρη κα).

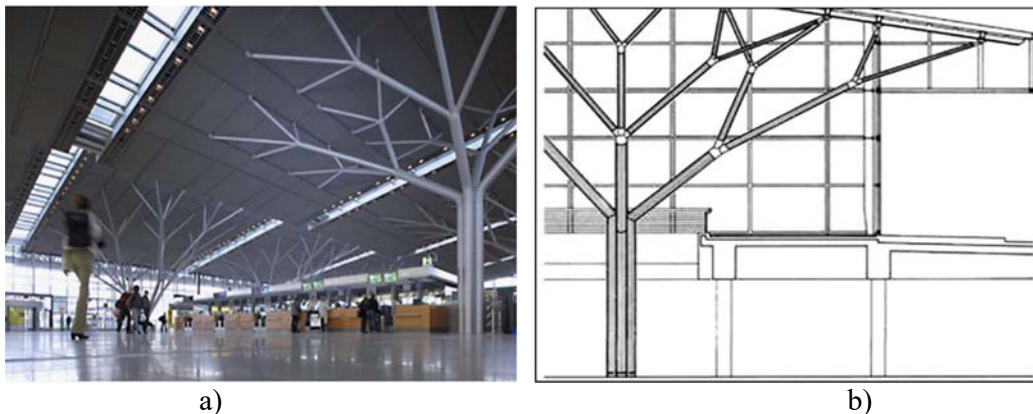
Το στέγαστρο στην παρούσα πρόταση διαμορφώνεται από ένα πρωτότυπο χωρικό χαλύβδινο φορέα με υποστυλώματα μορφής δέντρου τα οποία συνδέονται με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο δίκτυο δοκών (κλαδιών) της οροφής. Η οροφή αυτή αποτελείται από 3 μέρη όπου το καθένα διαμορφώνεται σε διαφορετική στάθμη εδραζόμενη σε αντίστοιχα κλαδιά υποστυλωμάτων (δέντρων). Ο τύπος του φορέα αυτού καλείται να ικανοποιήσει ταυτόχρονα τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και την ιδέα του έργου, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να έχει επαρκή φέρουσα ικανότητα για να παραλάβει με ασφάλεια τα φορτία που δέχεται.



a) b)
Σχ. 1. Φωτορεαλιστική απεικόνιση της κατασκευής α) κάτοψη, b) εσωτερική όψη.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το στέγαστρο αποτελείται από τρεις οροφές ευρισκόμενες σε διαφορετικά επίπεδα ($h_1=5.5\text{m}$, $h_2=4.4\text{m}$, $h_3=3.9\text{m}$). Ο φέρων οργανισμός των οροφών από χάλυβα Fe460 αποτελείται από δίκτυο (net) κύριων και δευτερευουσών δοκών διατομής HEA. Οι κύριες δοκοί κάθε οροφής στηρίζονται στα κλαδιά των δένδρων και διαμορφώνουν σε κάτοψη ένα απόλυτα τριγωνικό δίκτυο (net). Η επικάλυψη της υψηλότερης οροφής διαμορφώνεται με συμβατικά πάνελ χαλυβδόφυλλων, ενώ οι δύο χαμηλότερες με γυαλί. Ταυτόχρονα τα υποστυλώματα έχουν μορφή δένδρου των οποίων ο κορμός και τα κλαδιά διαμορφώνονται από κοίλες κυκλικές διατομές μεταβλητής διαμέτρου καθ' ύψος.



Σχ. 2 Υποστυλώματα από χάλυβα μορφής δέντρου στον Τερματικό Σταθμό του Αεροδρομίου της Στουτγάρδης α) φωτογραφία της κατασκευής, b) σχηματική μορφή, ιδέα του γραφείου μελετών Von Gerkan, Marg+Partner, 1991.

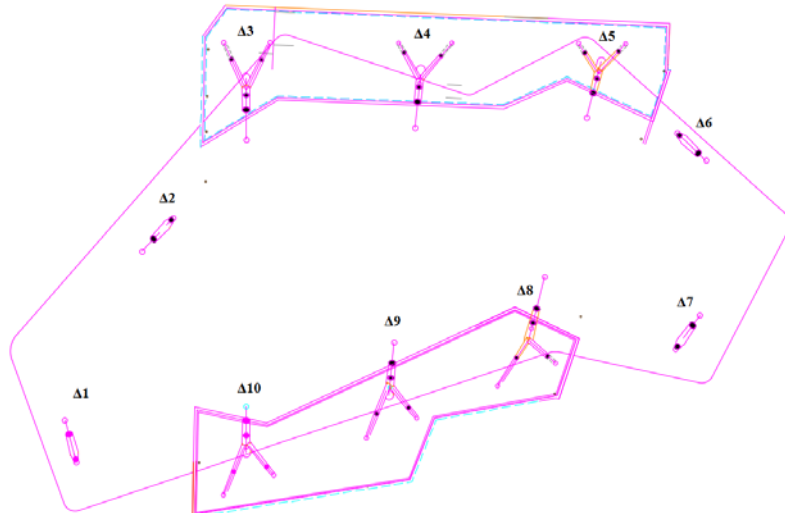
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΕΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4.1 Ανάλυση υπολογιστικού μοντέλου με διαδικασία βελτιστοποίησης

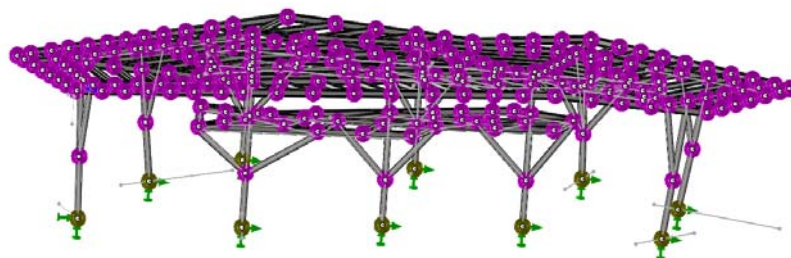
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα του στεγάστρου ο φορέας αποτελείται από δέκα υποστυλώματα (μορφής δέντρων) και οροφή σε τρεις στάθμες [6]. Τα υποστυλώματα και οι τρεις οροφές διακριτοποιούνται με στοιχεία δοκού, τα οποία συνδέονται σε κόμβους σε τριγωνική διάταξη σε κάτοψη. Η επίλυση των επιμέρους στοιχείων γίνεται με τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων και διακριτοποιείται το κάθε μέλος με στερεά πεπερασμένα στοιχεία (Σχ. 3). Η ανάλυση (στατική και δυναμική) του φορέα γίνεται με το πρόγραμμα SolidWORKS 2015. Το στέγαστρο στις αναλύσεις αυτές θεωρήθηκε τόσο ως ανοιχτή κατασκευή (ανοικτά πλαϊνά) όσο και ως κλειστή αίθουσα. Κρίσιμο στοιχείο του σχεδιασμού αποτελεί η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης διατομής καθ' ύψος του κλαδιού κάθε δένδρου, μέσα από την οποία προέκυψαν οι τελικές διατομές στο υπολογιστικό μοντέλο (Σχ. 4). Η αναλυτική διαδικασία αυτή μέσα από ειδικό μοντέλο προσομοίωσης στο ίδιο πρόγραμμα

λαμβάνει υπ' όψιν της από τη μια τα αποδεκτά όρια διαστάσεων και θέσης δένδρων στην κάτοψη και την αντίστοιχη μεταβολής διατομής ώστε να ικανοποιεί την αρχιτεκτονική ιδέα. Ταυτόχρονα λαμβάνει υπ' όψιν την απαίτηση για επαρκή φέρουσα ικανότητα κυρίως μέσα από τον έλεγχο ευστάθειας και την αντίσταση των μελών σε κεντρικό και τοπικό λυγισμό. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιέχει απλά υπολογιστικά βήματα σε κάθε στάδιο και διαφέρει από τις συνήθεις προσεγγίσεις του ίδιου προβλήματος που απαιτούν τη δημιουργία μαθηματικού μοντέλου της κατασκευής που θα ελέγχεται μέσω ενός γενετικού αλγορίθμου με κριτήριο τη βελτιστοποίηση της [4].

Εδώ ο κάθε κλάδος προσομοιώνεται σύμφωνα με την ανάλυση αυτή ως πρόβολος με παγιωμένες όλες τις μεταφορικές δεσμεύσεις στο ένα άκρο του στη βάση. Μετά από δοκιμές διάφορων διατομών στη βάση και στην κορυφή των κλάδων γίνεται σταδιακή μείωση της διατομής τους από την κορυφή προς τη βάση. Το κριτήριο αστοχίας εξετάζεται υπό την επιτρεπόμενη τάση του υλικού από τη μια μεριά και τις αναπτυσσόμενες τάσεις VonMises που λαμβάνονται από το υπολογιστικό μοντέλο. Στην παρακάτω εικόνα (Σχ. 4) φαίνεται η βελτιστοποίηση ενός τυπικού υποστυλώματος-δένδρου και των κλαδιών του όπου γίνεται μείωση της διατομής κατά 63% στη κορυφή και 43% στη βάση. Έτσι προκύπτει μια σταδιακή μείωση της διατομής των μελών καθ' ύψος για κάθε υποστυλώμα δένδρο. Στη συνέχεια διαμορφώνεται η τελική μορφή του φορέα (Σχ. 3) προκειμένου να ελεγχθεί ως προς τα φορτία σχεδιασμού στο πλαίσιο των Ευρωκωδίκων [2], [3], με τις διατομές και τις συνδέσεις που προέκυψαν μέσα από τη διαδικασία βελτιστοποίησης κάθε ενός μέλους ξεχωριστά.



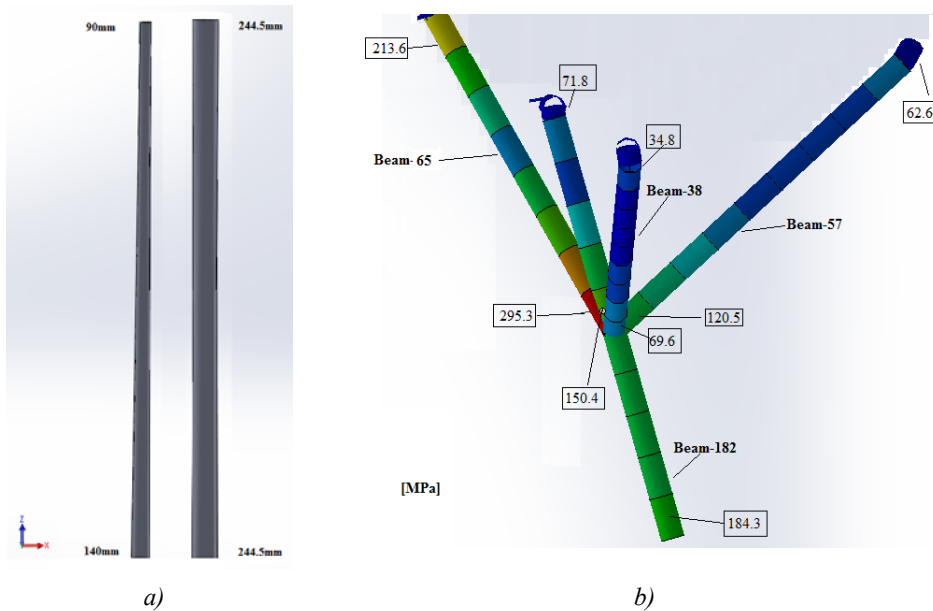
a)



b)

Σχ. 3. Σκαριφήματα υπολογιστικού προσομοιώματος α) κάτοψη διάταξης δένδρων, β) πλάγια όψη φορέα.

Οι μεταβλητές δράσεις στους συνδυασμούς των καταστάσεων σχεδιασμού της Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας Ο.Κ.Λ. και της Οριακής Κατάστασης Αστοχία που εξετάζονται διακριτά ως δεσπόζουσες για μια τέτοια κατασκευή στη συγκεκριμένη γεωγραφική θέση είναι το χιόνι και ο άνεμος. Στην τελική ανάλυση της κατασκευής λαμβάνονται υπ' όψιν κατά τον έλεγχο των υποστυλωμάτων και τα φαινόμενα β' τάξης.



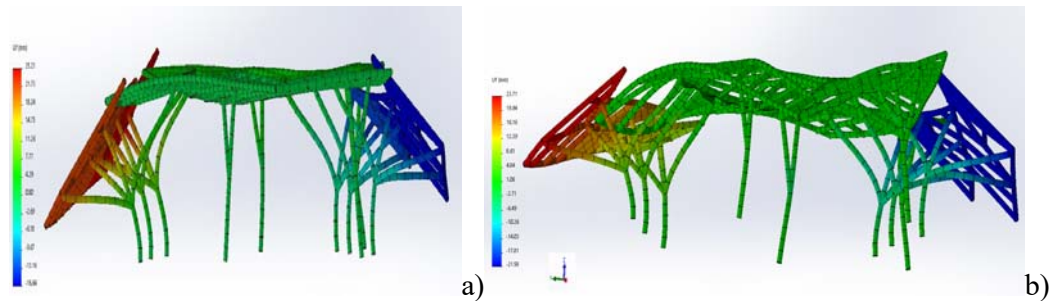
Σχήμα 4. Στοιχείο μέλους μοντέλου υποστυλώματος-δένδρου πριν τη διαδικασία βελτιστοποίησης, β) αναπτυσσόμενες τάσεις υποστυλώματος δένδρου μοντέλου βελτιστοποίησης.

Η μη κανονική μορφή του στεγάστρου τόσο σε κατακόρυφο επίπεδο όσο και σε οριζόντιο επίπεδο επιβάλλει την ανάλυση της κατασκευής υπό συντηρητικές παραδοχές προσδιορισμού των φορτίων σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες. Ταυτόχρονα προσδιορίζονται και όλοι οι προβλεπόμενοι συντελεστές προσαύξησης που λαμβάνουν υπ' όψιν τους φαινόμενα στροβίλων του αέρα στα άκρα του στεγάστρου ή συσσώρευσης χιονιού σε κρίσιμες θέσεις. Στην περίπτωση ανοιχτού στεγάστρου αξιοσημείωτη είναι η επιλογή του συντελεστή $c_{p,net}$ για κλίση $\alpha=0^\circ$ και λόγος πληρότητας $\varphi=0$ δηλαδή γίνεται η υπόθεση ότι δεν παρεμβάλλονται εμπόδια ως προς τη ροή του ανέμου. Ως προς την εκτίμηση του κινδύνου του σεισμού είναι δεδομένο ότι η περιοχή σχεδιασμού του έργου ανήκει σε αυτές με πολύ χαμηλή σεισμικότητα (μέγιστη σεισμική επιτάχυνση $a_{gR}/g=0.07$ σε έδαφος κατηγορίας Α). Παρόλα αυτά όμως εξετάστηκε η αντοχή του στεγάστρου και κάτω από πιο αυξημένες συνθήκες σεισμικού κινδύνου (δηλαδή αντίστοιχα $a_{gR}/g=0.16$). Τα όρια μέγιστης βύθισης στην οροφή υπό κατακόρυφα φορτία $w_{,max}=L/200$ (υπό το σύνολο των φορτίων) και $w_3=L/250$ (υπό φορτίο χιονιού), τέθηκαν κατά την ανάλυση επάρκειας σε Ο.Κ.Λ., όπου L κάθε φορά το μήκος της αντίστοιχης δοκού του στεγάστρου. Με τον ίδιο τρόπο για τη μέγιστη οριζόντια μετακίνηση της κορυφής του στεγάστρου τέθηκε το γνωστό όριο $u=H/150$, όπου H το συνολικό ύψος του κάθε τμήματος του στεγάστρου που εξετάζεται. Αρχικό κριτήριο σχεδιασμού αποτελεί αρχικά η απαίτηση ώστε η οροφή με τον τρόπο που διαμορφώνεται να αποτελεί διάφραγμα. Συγκεκριμένα οι

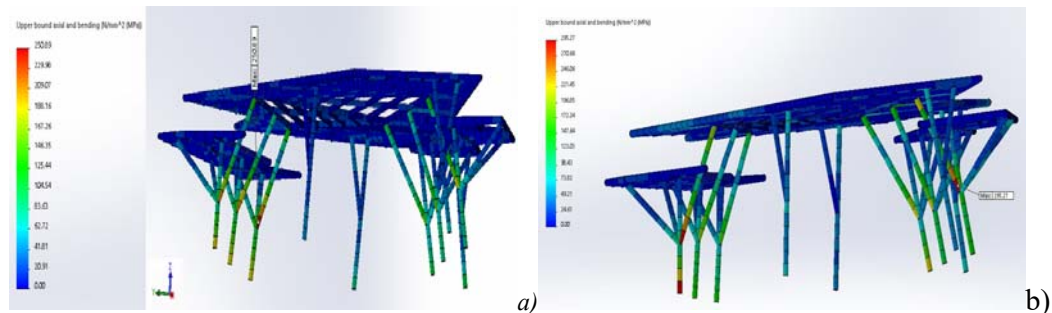
κύριες δοκοί ελέγχονται έτσι ώστε η ανηγμένη λυγηρότητα τους να ικανοποιεί το κριτήριο της σχέσης 5.3 του EN1993-1-1 [5].

4.2 Αποτελέσματα

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ιδιαίτερα για δεσπόζουσα μεταβλητή δράση υποπίεσης ανέμου και χιονιού με συμμετοχή κατακόρυφης πίεσης ανέμου για την περίπτωση ανοιχτού στεγαστρου προέκυψαν τα οριακά μεγέθη με τα οποία ελέγχθηκε η διαστασιολόγηση του φορέα. Ιδιαίτερα ελέγχθηκαν οι μετακινήσεις του φορέα στις κρίσιμες Ο.Κ.Λ. (Σχ. 5) αλλά και οι αναπτυσσόμενες τάσεις von Mises υπό σύνθετη καταπόνηση κάμψης και αξονικής θλίψης στις κρίσιμες Ο.Κ.Α (Σχ.6).



Σχ. 5. Διάγραμμα κατακόρυφων μετακινήσεων της κατασκευής a) για δεσπόζουσα δράση υποπίεσης ανέμου ($C_4: G+W^{(-)}$), b) για δεσπόζουσα δράση χιονιού ($C_6: G+S+0.6W^{(+)}$).



Σχ. 6. Οριακή τάση υπό κάμψη και αξονική θλίψη a) [$C_1: 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W^{(-)}$], b) [$C_3: 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot (S + 0.6 \cdot W^{(+)})$].

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα εργασία έγινε ανάλυση, βελτιστοποίηση και προσομοίωση ενός πρωτότυπου στεγαστρου με ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά στοιχεία και απαιτήσεις. Αυτό είναι μία αφορμή προκειμένου να κατανοηθεί η αναγκαιότητα της στενής συνεργασίας των αρχιτεκτόνων και των πολιτικών μηχανικών για να επιτευχθεί ένα ορθό αποτέλεσμα από άποψη αισθητικής αλλά και φέρουσας ικανότητας σύμφωνα με τους Κανονισμούς. Η διάταξη και η μορφή των μελών του φορέα καθώς και ο προσδιορισμός των φορτίων σχεδιασμού αγγίζει τα όρια εφαρμογής του κανονιστικού πλαισίου των Ευρωκωδίκων. Η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αφορμή για τη διαμόρφωση και βελτιστοποίηση με απλό σχετικό τρόπο και άλλων πρωτότυπων και βιώσιμων αρχιτεκτονικών ιδεών και του τρόπου προσέγγισης της στατικής επίλυσής τους. Η χρήση του χάλυβα ως δομικού υλικού έχει πολλά

πλεονεκτήματα σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο υλικό λόγω της μεγάλης πλαστιμότητας για εφαρμογές όπως αυτή. Απαιτείται όμως να καλυφθεί επαρκώς ο σχεδιασμός έναντι του κινδύνου γενικού ή τοπικού λυγισμού στις διατομές, αλλά και των απαιτήσεων των συνδέσεων με ιδιαίτερα σημαντική την επάρκεια τους έναντι κόπωσης. Το στέγαστρο αποτελεί στο σύνολο του ένα χωρικό πλαισιακό φορέα, ο οποίος συμπεριφέρεται πολύ καλύτερα σε σχέση με τους τυπικούς πλαισιακούς φορείς που αναπτύσσονται σε δύο διακριτές διευθύνσεις. Τα υποστυλώματα μορφής δένδρου μέσα από το συγκεκριμένο σχεδιασμό στην πραγματικότητα τείνουν να “αγκαλιάσουν” την οροφή και στην πράξη τη στηρίζουν καλύτερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο φορέας να λειτουργεί συνολικά και η ένταση να κατανέμεται καλύτερα μέχρι τη θεμελίωση. Από την ανάλυση των φορτιστικών καταστάσεων προκύπτει ότι ο συνδυασμός αστοχίας όπου το χιόνι είναι δεσπόζουσα κινητή δράση, είναι ο πλέον καθοριστικός για το συγκεκριμένο σχεδιασμό. Οι άλλες περιπτώσεις όπου είτε ο άνεμος είναι δεσπόζουσα δράση είτε κάποιο θερμοκρασιακό φορτίο δεν προέκυψαν κρίσιμες, εξαιτίας της ανοιχτής μορφής του στεγάστρου. Στη ανάλυση για τη δράση του σεισμού προκύπτει ότι μόνο στη περίπτωση πολύ μεγάλης αύξησης της τιμής του συντελεστή επιτάχυνσης σε σχέση με τα δεδομένα της περιοχής καθίσταται κρίσιμος. Η βελτιστοποίηση που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να επιτευχθεί η οικονομικότερη και ταυτόχρονα ασφαλής διατομή δεν είναι μια εύκολη διαδικασία για μη τυπικούς φορείς και διατομές. Απαιτεί ιδιαίτερο λογισμικό, και αυξημένο υπολογιστικό χρόνο. Η αύξηση των διαστάσεων των κοίλων διατομών αλλάζει τη δομική τους συμπεριφορά με εμφάνιση πολλές φορές με καθοριστικό ρόλο του φαινομένου του τοπικού λυγισμού. Οι συνδέσεις που απαιτήθηκαν στα υποστυλώματα είναι συγκολλητές λόγω της ιδιαιτερότητας της κατασκευής και αυτό απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάλυση και προσομοίωση όπως επίσης και στην κατασκευή τους. Η ιδέα-πρόταση να ομοιάζουν τα υποστυλώματα με δέντρα προσεγγίζει τις πραγματικές συνθήκες διαμόρφωσης και λειτουργίας του φυσικού κόσμου που χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα. Ταυτόχρονα όμως τέτοιες κατασκευές προκαλούν στο μηχανικό ιδιαίτερο ενδιαφέρον ώστε να τις υλοποιήσει.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ALLEN E., ZALENSKI W., BOSTON STRUCTURES GROUP, “Form and Forces, Designing Efficient, Expressive Structures”, John Wiley and Sons Inc., 2010.
- [2] BANIOΤΟΠΟΥΛΟΣ C. C., “Steel Structures, Design principles according to the EC3 Framework”, Ziti Publ. Co, (in Greek), 2009.
- [3] BANIOΤΟΠΟΥΛΟΣ C. C., NIKOLAIDIS N. T., “Steel Structures, Design Examples According to the EC3 Framework”, Ziti Publ. Co, (in Greek), 2012
- [4] BUELOW P. V., “A comparison of methods for using genetic algorithms to guide parametric associative design”, *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium, Valencia, 2009*
- [5] EUROCODE 3, “Design of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings”, EN 1993-1-1:2005

- [6] KATSANEVAKI MARIA-ANNA, “Design analysis, functional configuration and optimization of a long-span steel canopy structure” Diploma Thesis, Institute of Metal Structures, School of Civil Engineering, Aristotle University of Greece, Oct. 2016.

DESIGN ANALYSIS, FUNCTIONAL CONFIGURATION AND OPTIMIZATION OF A LONG-SPAN STEEL CANOPY STRUCTURE

Themistoklis Nikolaidis
Dr. Ing., Institute of Metal Structures,
Department of Civil Engineering, A.U.Th., Thessaloniki, Greece,
e-mail: think@civil.auth.gr

Maria-Anna Katsanevaki
Dipl.Civil Engineer
Department of Civil Engineering, A.U.Th., Thessaloniki, Greece,
e-mail: mariannakats@gmail.com

Charalampos Baniotopoulos
School of Civil Engineering, University of Birmingham
B15 255 Birmingham, United Kingdom
e-mail: c.baniotopoulos@bham.ac.uk

SUMMARY

Purpose of this work is the design and study of a steel long-span canopy, which is provided to accommodate space, uniting two museums architect Alvar Aalto in Jyväskylä (Jyvaskyla) Finland (Alvar Aalto Museum- Museum Of Central Finland). The architectural concept was to create a space, which will connect the two museums that one be a harmonious continuation of the other. Effort was also made to the morphology of the canopy to blend in with the existing natural environment.

The asset is to be able to simulate and resolve the following roof as possible in the form of architectural projects always within the requirements of the Eurocode (in fact taken into account and the most cost effective solution).

The form of the columns are the peculiarity of this canopy, which have a tree structure (dendri-form columns) and are inclined to the vertical axis. Initially the model was simulated with columns whose section diameter was stable along its height. Finally an attempt was made to optimize the cross-section of the column producing variable diameter along its height.

The canopy consists of three independent ceilings of different heights which are irregular in plan view. The canopy is resolved considering it as closed and open to respond to various weather conditions of the year. In this work, after the configuration of the model and the static analysis with the program SOLIDWORKS 2015 necessary

checks were made (ULS and SLS) according to the loads and limits specified by the Eurocodes.