

ΨΗΦΙΑΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΘΟΛΩΝ

Μαρία Βροντίση

Διπλ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Ε.Μ.Π., MDesS

Λέκτορας, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πεδίον Αρεως, Βόλος 38334, Ελλάδα

mvrontis@arch.uth.gr

Στυλιανή Αζαριάδη

Διπλ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Π.Θ.

Κεφαλληνίας 31, Λάρισα 41335, Ελλάδα

stazaria@gmail.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας στο σχεδιασμό και την κατασκευή του γεωδαιτικού θόλου που υλοποιήθηκε στα πλαίσια φοιτητικού εργαστηρίου για μία νέα εγκατάσταση ‘τεχνητού ουρανού’. Ψηφιακά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν από την προμελέτη μέχρι τη μελέτη εφαρμογής, την κατασκευή και τη συναρμολόγηση, προκειμένου να καταστεί δυνατή η διερεύνηση και η ακριβής αναπαράσταση της γεωδαιτικής γεωμετρίας. Παρ’ όλα αυτά, οι περιορισμένες τεχνικές δυνατότητες (σε μέσα και γνώσεις) στο δεδομένο πλαίσιο εργασίας, σε συνδυασμό με τα ειδικά χαρακτηριστικά της γεωδαιτικής γεωμετρίας, δεν επέτρεψαν την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του ψηφιακού συνεχούς, καθώς η διαδικασία διατήρησε κάποια από τα γραμμικά χαρακτηριστικά της.

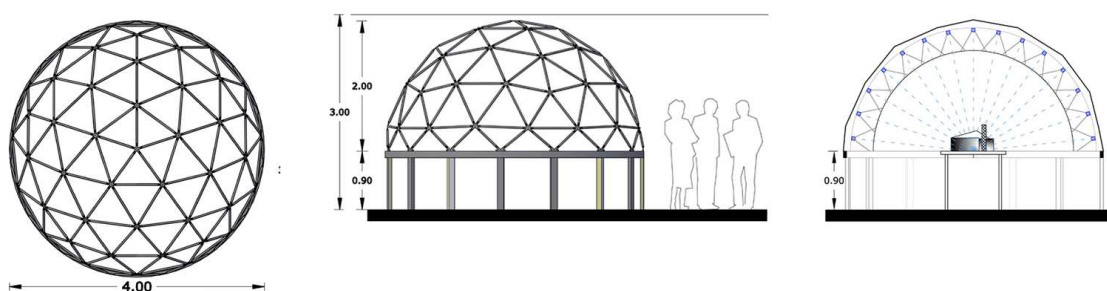
Τρία χρόνια μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της εγκατάστασης, το έργο ‘επανεξετάζεται’ και η διαδικασία σχεδιασμού επαναπροσδιορίζεται, λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες εξελίξεις της ψηφιακής τεχνολογίας. Επιχειρείται η χρήση ενός περιεκτικού μοντέλου που περιλαμβάνει γεωμετρική, υλική, δομική και κατασκευαστική πληροφορία και επιτρέπει το δυναμικό έλεγχο των παραμέτρων, ενημερώνοντας τις διαδικασίες σχεδιασμού, παραγωγής και συναρμολόγησης σε πραγματικό χρόνο.

Λέξεις-κλειδιά: ψηφιακά εργαλεία, παραμετρικός σχεδιασμός, γεωδαιτικός θόλος, τεχνητός ουρανός.

2. ΤΟ ΕΡΓΟ: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το έργο έλαβε χώρα στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας την άνοιξη του 2008, ανταποκρινόμενο στην απόφαση της σχολής για ενίσχυση των μελετών φυσικού φωτισμού και την περαιτέρω ενσωμάτωση τους στον κορμό του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Μία γεωδαιτική δομή κρίθηκε πιθανή λύση για τον φορέα ενός ‘τεχνητού ουρανού’, όπως, εξάλλου, πιστοποιούν πολλά παραδείγματα, οπότε ο σκοπός αποτέλεσε κίνητρο για ένα σπουδαστικό εργαστήριο με αντικείμενο τη διερεύνηση γεωδαιτικών γεωμετριών και τεχνολογιών. (Vrontissi [1])

Η τελική πρόταση αποτελεί μία αυτοφερόμενη ημισφαιρική κατασκευή, διαμέτρου 4.0μ., πάνω σε βάση ύψους 0.90μ. Ο θόλος συγκροτείται από μία πρωτεύουσα γεωδαιτική φέρουσα κατασκευή με αρθρωτά στοιχεία και μία δευτερεύουσα κατασκευή με δακτυλίους για την φωτιστική εγκατάσταση εσωτερικά. (Εικ.1) Πρόκειται για έναν εικοσαεδρικό γεωδαιτικό θόλο τάξης-I (class-I) και συχνότητας-3 (3V), δηλαδή για το γεωδαιτικό πολύεδρο που παράγεται από το πλατωνικό στερεό εικοσάεδρο με υποδιαίρεση (δια τρία) των ακμών της κάθε έδρας του. Ο τελικός θόλος αποτελείται από 165 ράβδους (8 διαφορετικών μηκών) και 61 κόμβους (9 τύπων), όπου οι μεν ράβδοι είναι κατασκευασμένοι από σιδηροσωλήνα εμπορίου (Φ26,9χιλ. x 1.5χιλ.), οι δε σύνδεσμοι και απολήξεις των ράβδων από ελάσματα (πάχους 4 και 3 χιλ. αντίστοιχα). Η δευτερεύουσα κατασκευή με τους δακτυλίους είναι αναρτημένη εσωτερικά και φέρει τα 145 φωτιστικά σώματα, τοποθετημένα σύμφωνα με την κατά Tregenza [2] πρότυπη διάταξη κατανομής φωτεινότητας του ουράνιου θόλου.



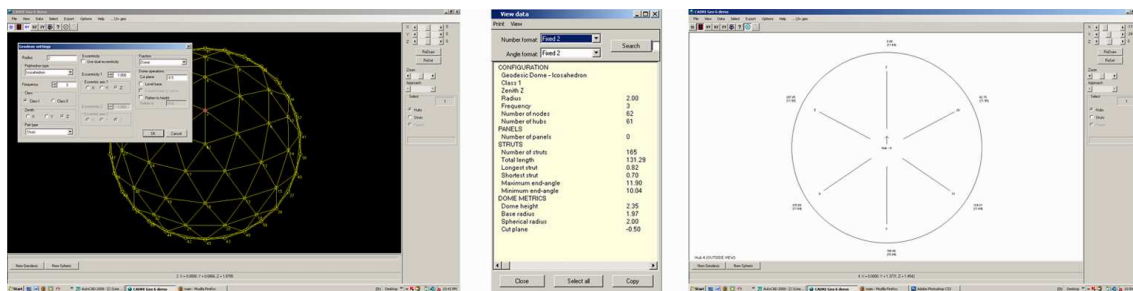
Εικ. 1 – Κάτοψη, τομή και όψη της εγκατάστασης του ‘τεχνητού ουρανού’

3. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

3.1. Καθορισμός της γεωδαιτικής διάταξης και εξαγωγή γεωμετρικής πληροφορίας

Την αρχική μελέτη γεωδαιτικών δομών και τις πρώτες δοκιμές σε προπλάσματα, ακολούθησε ο προσδιορισμός της γεωμετρικής διάταξης του γεωδαιτικού θόλου, με την χρήση ειδικού λογισμικού (Cadre Geo [3]), προκειμένου να εξαχθεί η απαραίτητη γεωμετρική πληροφορία.

Τα δεδομένα περιλάμβαναν την επιλογή του βασικού πολύεδρου, της ακτίνας, της γεωδαιτικής τάξης και συχνότητας, καθώς και τον προσδιορισμό του ζενίθ της κατασκευής και του νοητού επιπέδου κοπής του θόλου. Η εξαχθείσα πληροφορία, με τη μορφή πινάκων και διδιάστατων σχεδίων και διαγραμμάτων (σε μορφή .dxf), περιείχε πληροφορίες για το πλήθος (απολύτως και ανά τύπο) και την ταυτότητα των κορυφών και των ακμών, καθώς και συγκεκριμένα δεδομένα για την κάθε ακμή (‘ράβδος’: τύπος, μήκος) και κορυφή (‘κόμβος’: τύπος, πλήθος και ταυτότητα γειτονικών ράβδων, καθώς και τις γωνίες σε τομή ή μεταξύ γειτονικών ακμών σε κάτοψη). (Εικ.2)

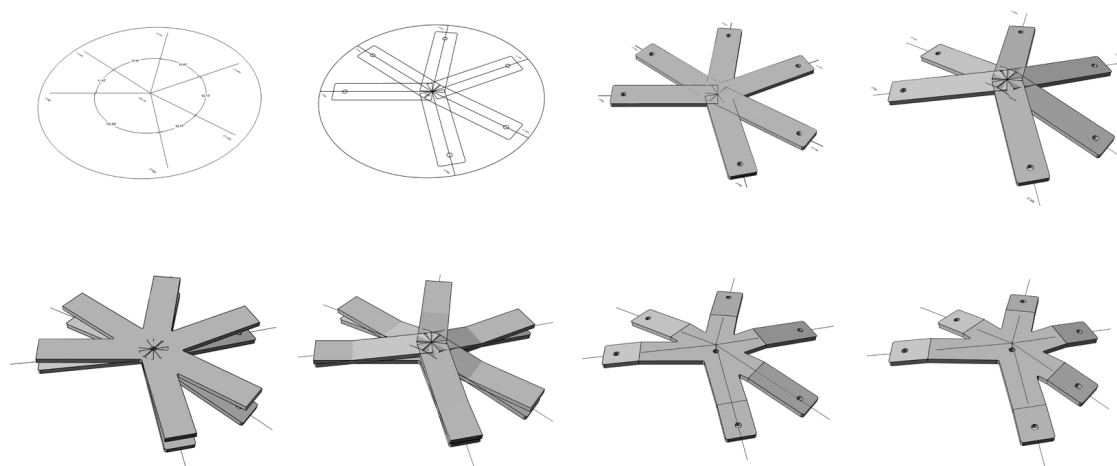


Εικ. 2 – Καθορισμός της γεωδαιτικής διάταξης με χρήση του λογισμικού Cadre Geo

3.2. Σχεδιασμός των στοιχείων του θόλου (κόμβων και ράβδων)

Υστερα από πειραματισμούς σε κλίμακα 1:1, προκειμένου να επιλεχθεί η κατάλληλη μορφή συνδέσμων, τα γεωμετρικά δεδομένα μεταφέρθηκαν σε συμβατικό λογισμικό μοντελισμού (AutoCAD) και ακολούθησε ο σχεδιασμός (σε τρισδιάστατη προσομοίωση) ολόκληρης της σειράς των συνδέσμων, λαμβάνοντας υπόψη δομικές και υλικές παραμέτρους (διάμετρος ράβδου, είδος κοχλιώσεων, πάχος ελασμάτων για συνδέσμους και απολήξεις ράβδων), τη διαδικασία συναρμολόγησης, καθώς και τις δυνατότητες των διαθέσιμων μηχανημάτων παραγωγής. (Εικ.3)

Η διαδικασία σχεδιασμού αποδείχθηκε εξαιρετικά απαιτητική και χρονοβόρα εργασία, καθώς έπρεπε να γίνει ξεχωριστά για κάθε τύπο συνδέσμου, ενώ παράλληλα μία σειρά ελέγχων, και αντίστοιχων προσαρμογών, έπρεπε να διεξάγεται τακτικά, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνοχή στο σχεδιασμό και η βελτιστοποίηση της κατασκευαστικής διαδικασίας (π.χ. αναζήτηση 'κρίσιμου κόμβου', προσαρμογή μηκών ράβδων,...)



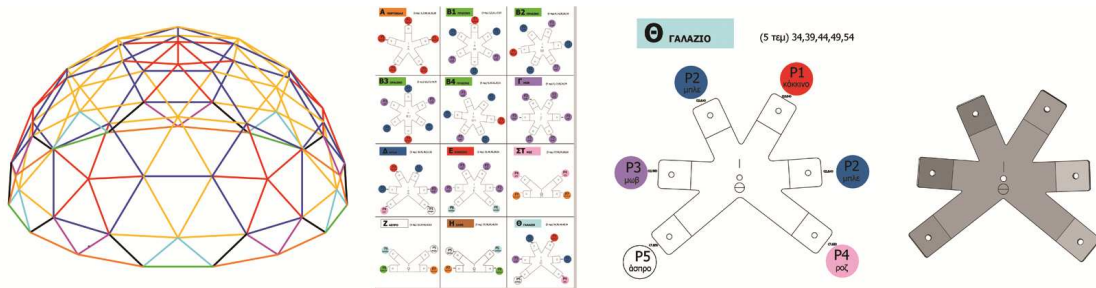
Εικ. 3 – Τυπική διαδικασία σχεδιασμού του συνδέσμου του κόμβου

3.3. Παραγωγή και συναρμολόγηση

Αν και αρχικά είχε υπολογιστεί η παραγωγή να γίνει με λογική 'αρχείο-προς-εργοστάσιο' ('file-to-factory' approach), δηλαδή με χρήση των τρισδιάστατων προσομοιώσεων για την παραγωγή των συνδέσμων, τελικά χρειάστηκαν περαιτέρω προσαρμογές, λόγω των απαιτήσεων των διαθέσιμων μηχανημάτων παραγωγής. Προκειμένου να γίνουν η κοπή, σημάδεμα και στρατζάρισμα των τελικών κομματιών, απαιτήθηκαν σχετικοί πίνακες (για τα μήκη των ράβδων), διδιάστατα σχέδια (για τους συνδέσμους και τις απολήξεις των ράβδων) και συνοδευτικά διαγράμματα (με τις γωνίες στρατζαρίσματος). Η ταξινόμηση των στοιχείων (με ετικέτες ανά τύπο) έγινε χειρωνακτικά με μεθοδική οργάνωση σύμφωνα

με τους αναλυτικούς καταλόγους με τη γεωμετρική πληροφορία που είχαν εξαχθεί από το σχετικό ειδικό λογισμικό.

Προκειμένου να εντοπιστούν και να διερευνηθούν τα γεωμετρικά μοτίβα της γεωδαιτικής κατασκευής (που αποτελείται ουσιαστικά από πέντε πανομοιότυπους τομείς) και να αποφασιστεί η διαδικασία συναρμολόγησης, απαιτήθηκε περαιτέρω επεξεργασία του ψηφιακού υλικού και παράχθηκαν ένα συνολικό μοντέλο του θόλου, που επιδείκνυε (με κατάλληλο χρωματικό διαχωρισμό) τους διαφορετικούς τύπους ράβδων και συνδέσμων, και ένας συγκεντρωτικός κατάλογος των τύπων των συνδέσμων (με πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του κάθε κόμβου), ενώ τα ίδια τα στοιχεία των συνδέσμων έφεραν πάνω τους το όνομα του αντίστοιχου τύπου και ένδειξη προσανατολισμού. (Εικ.4)



Εικ. 4 – Τα ‘εργαλεία’ που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία συναρμολόγησης

Η συναρμολόγηση της γεωδαιτικής κατασκευής, που δοκιμάστηκε, κατ’αρχήν σε προπλάσματα, πραγματοποιήθηκε ομαλά, μέσα σε πέντε μόλις ώρες, από μία ομάδα δεκαπέντε σπουδαστών, αρχίζοντας από τη βάση και προχωρώντας ανά επίπεδο, προσθέτοντας πέντε πανομοιότυπα στοιχεία ή γεωμετρικές οντότητες σε κάθε βήμα.

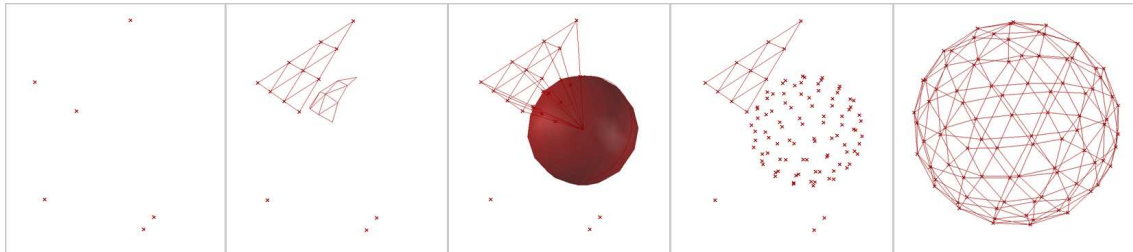
4. ΜΙΑ ΝΕΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

4.1. Σχεδιασμός

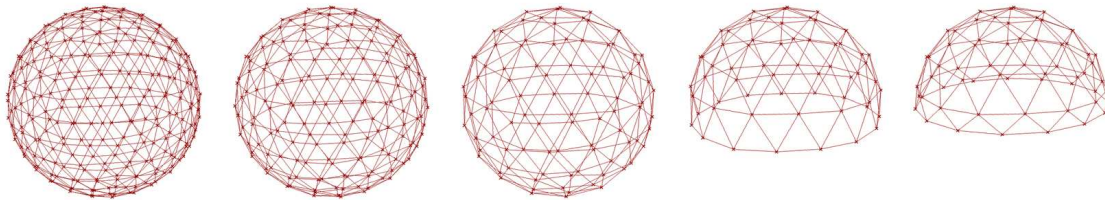
Η ιδέα συγκέντρωσης των παραμέτρων σχεδιασμού σε μία ενιαία πλατφόρμα, οδήγησε στην αναζήτηση ενός τρισδιάστατου μοντέλου, που θα επέτρεπε παράλληλα τον καθορισμό της γεωδαιτικής γεωμετρίας με το σχεδιασμό τόσο των επί μέρους στοιχείων, όσο και της συνολικής δομής. Το περιεκτικό αυτό μοντέλο περιλαμβάνει γεωμετρική, υλική, δομική και κατασκευαστική πληροφορία και επιτρέπει το δυναμικό έλεγχο των παραμέτρων, ενημερώνοντας τις διαδικασίες σχεδιασμού, παραγωγής και συναρμολόγησης σε πραγματικό χρόνο.

Στην, υπό εξέλιξη, προσπάθεια ‘επανεξέτασης’ της διαδικασίας σχεδιασμού σε μία παραμετρική κατεύθυνση, δοκιμάστηκαν σύγχρονα εργαλεία και τεχνικές. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση λογισμικού ‘γενετικής’ μοντελοποίησης (Rhino 3D) με χρήση γραφικού αλγοριθμικού επεξεργαστή (Grasshopper 3d). Η λογική του επιθυμητού μοντέλου αναπτύχθηκε έπειτα από διερεύνηση των προσφερόμενων εργαλείων των σχεδιαστικών αυτών περιβαλλόντων (πχ. StructDrawRhino plug-in [4] [5] [6]) σε συνδυασμο με τη μελέτη σχετικών θεωρητικών ζητημάτων [7]. Ο τελικός ‘ορισμός’ (‘definition’), που έχει τη δυνατότητα να παράγει ελεγχόμενα γεωδαιτικές γεωμετρίες, βασίστηκε, κατ’αρχήν, στον ‘ορισμό’ της Γεωδαιτικής Σφαίρας του D.Piker [8] (στον οποίο όμως η παραγόμενη γεωδαιτική γεωμετρία αποτελείται από καμπύλες γραμμές (κάτι που δεν ήταν επιθυμητό). Τα σημεία τομής μίας κατατμημένης έδρας του εικοσαέδρου προβάλλονται πάνω σε μία σφαίρα, παράγοντας αρχικά ένα πρώτο σύνολο κορυφών και, στη συνέχεια, μέσω μίας

σειράς περιστροφών, το σύνολο των κορυφών της γεωδαιτικής σφαίρας. Περιλαμβάνονται περαιτέρω εντολές για τον ορισμό του νοητού επιπέδου κοπής και τη γένεση των ακμών του γεωδαιτικού θόλου. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν την επιλογή της ακτίνας και γεωδαιτικής συχνότητας του θόλου (το βασικό πολυέδρο -εικοσάεδρο- και η γεωδαιτική τάξη -I- είναι προκαθορισμένα), ενώ η γεωδαιτική γεωμετρία παράγεται με τη μορφή τρισδιάστατης προσομοίωσης. (Εικ.5, 6)

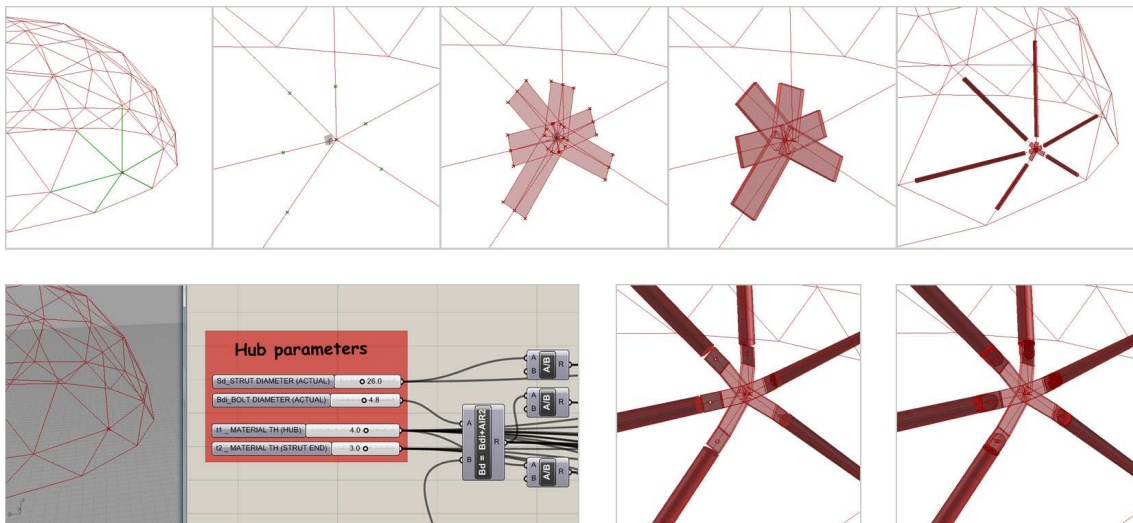


Εικ. 5 – Grasshopper definition - φάση I: Παραγωγή της γεωδαιτικής γεωμετρίας

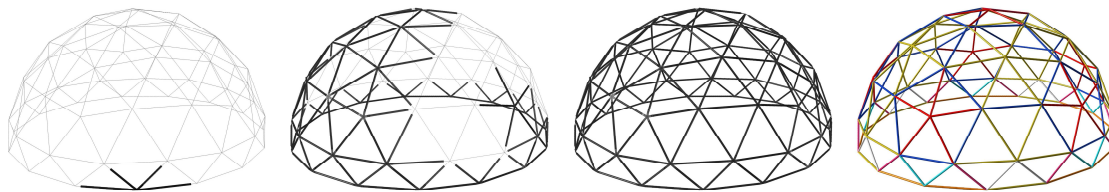


Εικ. 6 – Διερεύνηση γεωμετρικών γεωμετριών (5V, 4V, 3V, 5/8 3V, 4/8 3V) μέσω του προτεινόμενου ‘ορισμού’ (‘definition’)

Ο ‘ορισμός’ επεκτείνεται έτσι ώστε να παραχθούν οι τρισδιάστατες προσομοιώσεις των στοιχείων. Οι παράμετροι του σχεδιασμού περιλαμβάνουν δομικά και υλικά δεδομένα (διάμετρος ράβδου, είδος κοχλιώσεων, πάχος ελασμάτων), ενώ περιορισμοί, όσον αφορά την παραγωγή και τη συναρμολόγηση, ενσωματώνονται σε ένα περιεκτικό μοντέλο, στο οποίο οι απαραίτητοι έλεγχοι πραγματοποιούνται αυτόματα. (Εικ.7) Η δομή ολοκληρώνεται με τον προοδευτικό σχεδιασμό όλων των στοιχείων (με αυτοματοποιημένη επανάληψη της διαδικασίας), ενώ παράλληλα επιτελείται και ο χαρακτηρισμός (με κατάλληλο χρωματικό διαχωρισμό) των διαφορετικών τύπων στοιχείων. (Εικ.8)



Εικ. 7 – Grasshopper definition - φάση II: σχεδιασμός του ‘κρίσιμου κόμβου’



Εικ. 8 – Grasshopper definition- φάση III: σχεδιασμός και χαρακτηρισμός των στοιχείων

4.2. Παραγωγή και συναρμολόγηση

Η παραμετρική προσέγγιση δεν επηρεάζει τη διαδικασία παραγωγής, εφόσον χρησιμοποιείται η ίδια γραμμή παραγωγής. Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του ‘ορισμού’, προκειμένου από τις τρισδιάστατες προσομοιώσεις να παράγονται τα απαραίτητα διδιάστατα σχέδια για τον κατασκευαστή.

Όσον αφορά τη συναρμολόγηση, η προτεινόμενη προσέγγιση παρέχει μία πρώτη βάση για τη μελέτη των γεωμετρικών μοτίβων και, συνακόλουθα, τη διερεύνηση της διαδικασίας συναρμολόγησης. Εντούτοις, εξακολουθεί να απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία για την ταξινόμηση, αρίθμηση και καταλογογράφηση των τύπων των στοιχείων.

5. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν και η χρήση μεθόδων και εργαλείων ψηφιακής παραγωγής έχει συζητηθεί εκτενώς τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια της εκ νέου στροφής σε θέματα δομικών και υλικών χαρακτηριστικών της κατασκευής (Ochman [9]), τα παραδείγματα που εστιάζουν στην παραμετρική παραγωγή γεωμετριών λαμβάνοντας υπόψη την κατασκευή, είναι περιορισμένα, πόσο μάλλον στην αρχιτεκτονική εκπαίδευση και, ειδικότερα, όσον αφορά κατασκευές με διακριτά στοιχεία συνδέσμων. Ο σχεδιασμός συνδέσμων στις γεωδαιτικές, και γενικότερα χωροδικτυωματικές, δομές, (Gerrits [10], Makowski [11]), αποτελεί κεντρικό ζήτημα στην τρέχουσα ερευνητική και επαγγελματική πρακτική, σε συνδυασμό με ζητήματα που σχετίζονται με τη γεωμετρία και παραγωγή (π.χ. ζητήματα κατάτμησης) μη-ευθύγραμμων μορφών. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα, υπό εξέλιξη, εργασία εστιάζει στο ζήτημα της επίλυσης ενός συνδέσμου ‘καθολικά’ ορισμένου, εντούτοις ‘τοπικά’ προσαρμοσμένου, διαπραγματευόμενη μία κατασκευή με διακριτά στοιχεία συνδέσμων και επιχειρώντας να συμπεριλάβει το σχεδιασμό τους μέσα σε ένα παραμετρικό μοντέλο. Κατά την αρχική διαδικασία, τα ψηφιακά εργαλεία αποδείχτηκαν κρίσιμα κατά τη μελέτη και την κατασκευή του έργου, παρέχοντας τα μέσα για τη διερεύνηση, το σχεδιασμό, την παραγωγή και τη συναρμολόγηση μίας μη-ευθύγραμμης γεωμετρίας, κάτι το οποίο είτε θα ήταν δύσκολο, εάν όχι ανέφικτο, μέσω θεωρητικών μαθηματικών προσεγγίσεων, είτε θα είχε περιορισμένη ακρίβεια με χρήση προπλασμάτων. Η διαδικασία όμως, εάν και αποτελεσματική, δεν ήταν αποδοτική, καθώς απαιτούσε τεράστια προσπάθεια και χρόνο για μία μεγάλη σειρά επαναλαμβανόμενων εργασιών και ελέγχων. Επιπλέον, η προσέγγιση ήταν σχετικά αποσπασματική και η μεταφορά της πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών εργασιών (καθορισμός συνολικής γεωμετρίας, σχεδιασμός στοιχείων θόλου, συνολικός σχεδιασμός θόλου, παραγωγή, συναρμολόγηση) και λογισμικών, υπήρξε δύσκολη, αν όχι προβληματική. Τέλος, η μέθοδος απαιτούσε την οριστικοποίηση των αποφάσεων σε συγκεκριμένα σημεία της διαδικασίας και κατά συνέπεια επέτρεπε περιορισμένες μόνο αλλαγές, αλληλεπιδράσεις ή διερευνήσεις κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού.

Η δυναμική των παραμετρικών μεθόδων και εργαλείων ήταν ήδη προφανής κατά την αρχική διαδικασία. Μία παραμετρική προσέγγιση, ιδιαίτερα στην φάση της σχεδιαστικής εξέλιξης, θα μπορούσε εύκολα να αντικαταστήσει τις επαναλαμβανόμενες εργασίες και ελέγχους με αυτοματοποίηση των αντίστοιχων διαδικασιών. Η προσέγγιση αυτή παρέχει τα μέσα όχι μόνο για τη διευκόλυνση της σχεδιαστικής διαδικασίας, αλλά και για τη διερεύνηση παραλλαγών της συγκεκριμένης γεωμετρίας, εισάγοντας μία τοπολογική λογική. Το ουσιαστικό πλεονέκτημα είναι η παραγωγή ενός ενιαίου περιεκτικού δυναμικού μοντέλου, που επιτρέπει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις ‘top-down’ γεωμετρικές αναζητήσεις (σε συνάρτηση με τις προγραμματικές απαιτήσεις) και τις ‘bottom-up’ κατασκευαστικές διερευνήσεις (σε σχέση με τα δομικά, υλικά και κατασκευαστικά δεδομένα), προσδίδοντας συνεχή ευελιξία στο σχεδιασμό και, κατ’επέκταση, επιτυγχάνοντας, μία ‘μη-γραμμική’ (‘non-linear’) πορεία σχεδιασμού.

Όσον αφορά την παραγωγή, οι πραγματικές δυνατότητες του εργαλείου θα μπορούσαν να διερευνηθούν εάν ήταν διαθέσιμη μία διαφορετική γραμμή παραγωγής, έτσι ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως το πλεονέκτημα της ψηφιακής ροής δεδομένων, με την απευθείας εξαγωγή της πληροφορίας παραγωγής από την τρισδιάστατη προσομοίωση μέσω των κατάλληλων εργαλείων προγραμματισμού.

Σε μία εξελιγμένη παραλλαγή (από την άποψη της μαθηματικής γνώσης των γεωδαιτικών γεωμετριών), θα ήταν ιδιαιτέρως αποτελεσματικό και ενδιαφέρον να υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής από το παραμετρικό μοντέλο ενός ολοκληρωμένου συνόλου γεωμετρικής πληροφορίας, απαραίτητου για τη συναρμολόγηση, αντίστοιχο με αυτό που τώρα παράγεται από το ειδικό λογισμικό.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] VRONTISSI M. “Designing and Building a Geodesic Dome as a Bearing Structure for an ‘Artificial Sky’ Lighting Installation”, in DOMINGO A. and LAZARO C. (eds.), *Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures, Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009*, Universidad Politecnica de Valencia, Spain, 2009, pp. 1379-1390.
- [2] TREGENZA P.R. “Subdivision of the sky hemisphere for luminance measurements”. *Lighting Research and Technology*, Vol. 19, 1987, pp. 13-14.
- [3] *Cadre Geo*, <http://www.cadreanalytic.com/cadregio.htm>
- [4] *StructDrawRhino plug-in*, <http://ssi.wikidot.com/downloads>
- [5] MIRTSCHIN J. <http://www.youtube.com/watch?v=bfrljz-l8b0>
- [6] MEALING C. *Geodesic Dome in Rhino-Grasshopper*, <http://vimeo.com/7241677>
- [7] *Euclidian Geometry: The Construction of a Regular Icosahedron*, <http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m308-03b/projects-03b/keating/>
- [8] PIKER D. <http://www.grasshopper3d.com/forum/topics/geodesic-dome>
- [9] OXMAN R. and OXMAN R. (eds.) *The new structuralism: design, engineering and architectural technologies, Architectural Design Profile 206*, vol.80, no. 4. 2010, (whole issue).
- [10] GERRITS J.M. “An architectonic approach of choosing a space frame system” in R. HOUGH R. and R. MELCHER R. (eds.), *Lightweight Structures in Architecture, Engineering and Construction*, vol. 2, 1998, pp. 992-999.
- [11] MAKOWSKI Z.S. “Development of jointing systems for modular prefabricated steel space structures”, *Proceedings of the International Symposium Lightweight Structures in Civil Engineering*, IASS Polish Chapter, 2002, pp. 17-41.

DIGITAL TOOLS IN THE ARCHITECTURAL DESIGN OF GEODESIC DOMES

Maria Vrontissi

Dipl. Arch. N.T.U.A., MDesS

Lecturer, Department of Architecture, University of Thessaly

Pedion Areos, Volos 38334, Greece

mvrontis@arch.uth.gr

Styliani Azariadi

Dipl. Arch. UTH

Kefallinias 31, Larissa 41335, Greece

stazaria@gmail.com

SUMMARY

This article discusses the use of digital technology in the design and construction of a geodesic dome built in a student workshop as the bearing structure for an artificial sky lighting installation. Digital tools were used for the whole process from preliminary to detailed design, fabrication and assembly, in order to allow the investigation and precise representation of the geodesic geometry. However, limited possibilities, in combination with the intrinsic nature of the geometry, which allowed segregation of tasks, did not permit a full exploration of the potential of the digital continuum at that time; even though taking advantage of digital technologies, the process maintained some of its linear characteristics.

A couple of years after the successful completion of the installation, the project is 'revisited' in retrospect, and the design process is 'reengineered' considering the design potential of recent advances in digital technology. In this work in progress, an attempt is made to work with an inclusive model that contains geometric, structural, material and manufacturing input and constraints and can inform design, fabrication and assembly processes, allowing for dynamic manipulation and control of parameters at any given time; thus, reconfiguring in real time the design, as well as the related processes.