

/*

κινητικές
διαδραστικές
κατασκευές

*/

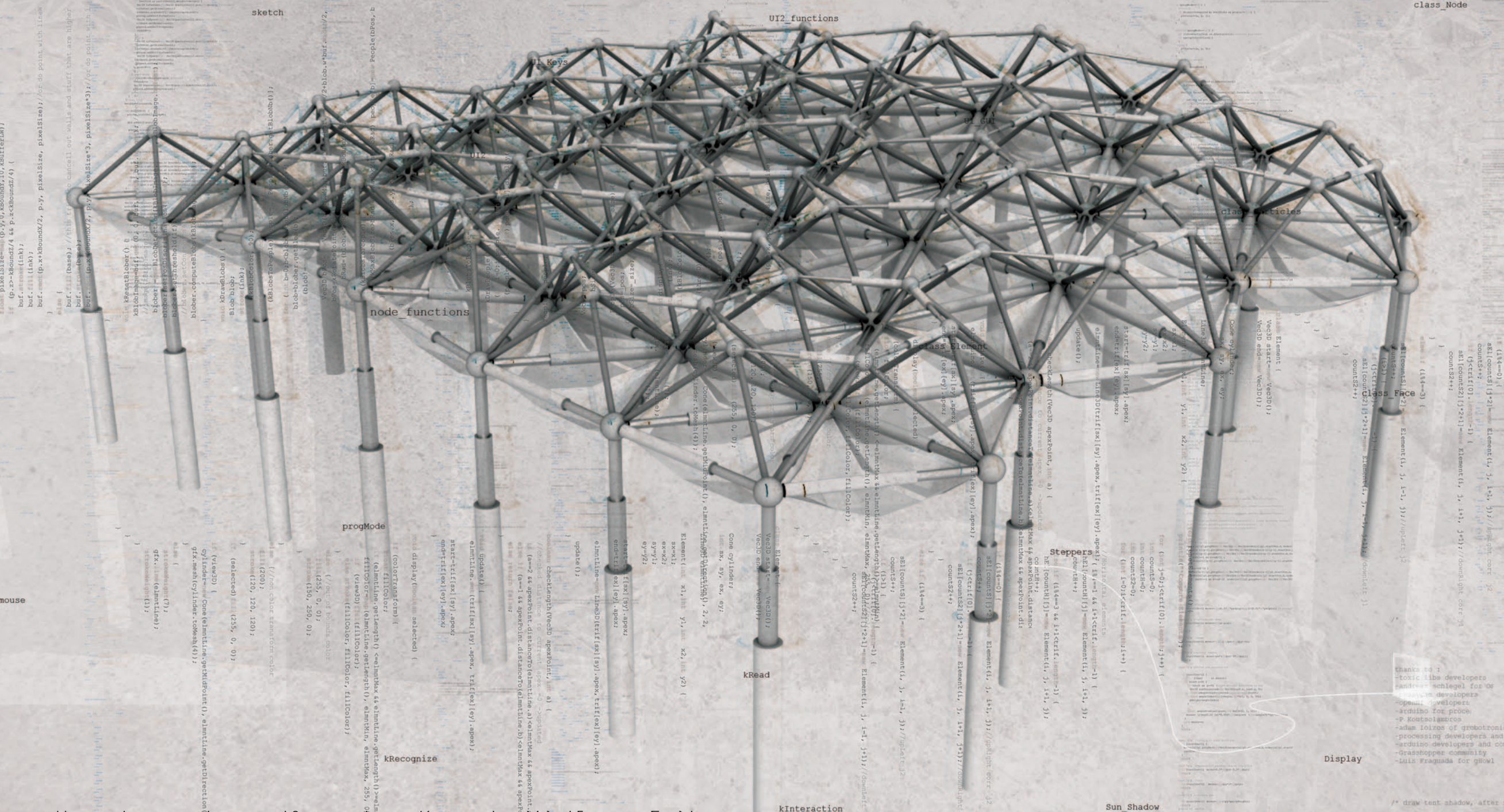
/*
διπλωματική εργασία
Οκτώβριος 2012

Αρχιτεκτονική Σχολή
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

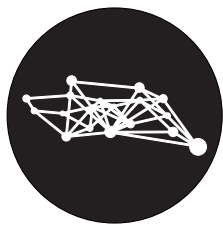
Μιλτιάδης Κων/νος
Επιβλέπων: Παπαλεξόπουλος Δημήτρης
*/



ΚΙΝΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε από τον Κωνσταντίνο Μιλτιάδη, στη Σχολή Αρχιτεκτονικής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δημήτρη Παπαλεξόπουλου και παρουσιάστηκε στις 31 Οκτωβρίου 2012.



*Είναι δύσκολο ως και αδύνατο να παρουσιαστεί η λειτουργία της κατασκευής σε αυτό το έντυπο μέσο, περιορίζεται έτσι στην εξήγηση του πως οργανώνεται και πως δουλεύει, μαζί με την παράθεση στιγμιότυπων και λεπτομερειών.

Ένα video που δείχνει τις λειτουργίες του προγράμματος μπορεί να βρεθεί εδώ:
<http://www.youtube.com/user/now1here>

Αφρηρία για την παρούσα δουλειά ήταν ένας βασικός προβληματισμός :

πως θα μπορούσαμε να σπάσουμε το δίπολο μορφή - λειτουργία; πως θα μπορούσαμε να μετατρέψουμε το αντικείμενο της δουλειάς μας από το σχεδιασμό του ορισμένου στο σχεδιασμό του απρόβλεπτου;

Διαλληλίες και τύμπανα (fallacies and spandels)

Ως αρχιτέκτονες έχουμε εκπαιδευτεί να σχεδιάζουμε για ισορροπίες. Για καταστάσεις δηλαδή, όπου καλούμαστε να σχεδιάσουμε το χώρο για μια ορισμένη δραστηριότητα. Αντιμετωπίζουμε ένα ζητούμενο (για παράδειγμα την κατοικία) ως ένα σύνολο το οποίο αναλύουμε σε επιμέρους προβλήματα, (όπως σαλόνι, κουζίνα, υπνοδωμάτιο) αποδίδοντας στο καθένα διαφορετικά χαρακτηριστικά τα οποία το συγκεκριμένο ποιοιούν ώστε τελικά να μπορούμε να τα αντιληφθούμε και να τα επιλύσουμε ξεχωριστά. Πραγματοποιούμε δηλαδή, μια νοπή αναπαράσταση που αναλύει το συνολικό αντικείμενο σε επιμέρους απόλυτες και ιδεατές χωρογραφίες.

Σχεδιάζουμε έτσι αναπαραστάσεις σε 2 επίπεδα. Το πρώτο είναι το σχέδιο, το οποίο ένας τρίτος, μέσα από το σημειολογικό σύστημα (του γραμμικού σχεδίου) καλείται να αναπαράξει (σύμφωνα με την αντίληψή του). Το δεύτερο επίπεδο είναι η νοπή αναπαράσταση μιας ιδεατής λειτουργίας (ενός σεναρίου) που κατασκευάζουμε για να μπορέσουμε στη συνέχεια να σχεδιάσουμε. Ως επακόλουθο, ο παραγόμενος αρχιτεκτονικός χώρος είναι από τη φύση του περιοριστικός, καθώς έχει σχεδιαστεί για να μπορεί να παραλάβει και εξυπηρετήσει ένα συμπαγές σενάριο το οποίο πιθανότατα δεν θα πραγματοποιηθεί ποτέ όπως το χωρογραφήσαμε ως σχεδιαστές του χώρου. Στην πράξη, προκαλείται μια αμφίδρομη συμπίεση μεταξύ του χώρου, και των χρηστών και χρήσεων· οι χρήστες και οι χρήσεις συμπιέζονται για να “χωρέσουν” στο δεδομένο χώρο ενώ παράλληλα οι χρήσεις σαν δραστηριότητες συμπιέζουν (αλλοιώνοντας) τον χώρο, ώστε να μπορούν, σε κάποιο βαθμό, να πραγματοποιηθούν.

Ο χώρος ως ταυτόχρονα και παθητικό (στατικό) καθώς και δρων σύστημα παρεμβάλεται μεταξύ ενεργητών και ενεργειών παροτρύνοντας προς τις προθέσεις του σχεδιαστή του ή τις αντικειμενικές ιδιότητες του. Αυτό συνιστά τη συμφυήςδιαλληλία (fallacy) της αρχιτεκτονικής πρακτικής έχει ως παράλληλο συνεπακόλουθο μια σχετική ακαμψία του χώρου ως προς τις δυνατότητες αξιοποίησης του. Αν και στην περίπτωση της κατοικίας, για παράδειγμα (ή άλλων ορισμένων προβλημάτων) θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί πως οι χρήσεις είναι σχετικά ορισμένες (που και γι' αυτό μπορεί να αμφιβάλλει κανείς), δεν είναι η επιτυχής επίλυση τους που σώζει το

τελικό αποτέλεσμα αλλά η δυνατότητα του χώρου να παραποιηθεί ώστε η αξιοποίηση του να καταφέρει να σημειώσει αποκλίσεις από τους αρχικούς σκοπούς του, προς τις προθέσεις του χρήστη (αρχιτεκτονική χωρογραφία έναντι πρακτικής σημασιодότησης και αξιοποίησης).

Επιπλέον, η μεθοδολογία της διάσπασης σε αυτοτελή υποσύνολα, αποτελεί μια σύμβαση της αρχιτεκτονικής, καθώς η κατοικία για παράδειγμα, δεν υφίσταται εξ' ορισμού ως σειρά χώρων που παραλαμβάνουν τις διαφορετικές δραστηριότητες· αυτό προέκυψε μέσα από την ιστορία της αρχιτεκτονικής και τις μεθόδους σχεδιασμού και κατασκευής. Αντίθετα, η κατοικία θα μπορούσε να οριστεί ως ο χώρος που ακολουθεί και παραλαμβάνει τις δραστηριότητες του ανθρώπου στο μήκος του χρόνου. Μέσα από αυτή την ανάγνωση, θα μπορούσαμε να πούμε πως η αρχιτεκτονική σήμερα αποκρυσταλώνει και πραγματώνει τις ακραίες περιπτώσεις της μεταβολής των δραστηριοτήτων στο μήκος του χρόνου ενώ οι υπόλοιπες ενδιάμεσες φάσεις αποχαρακτηρίζονται από τον σχεδιασμό ως υποδιέστερες και χάνονται. Το παραγόμενο αντικείμενο είναι τελικά αποτελεί γενικές -generic- περιγραφές στιγμιοτύπων, επιφανόμενο¹ της αρχιτεκτονικής μεθοδολογίας παρά ουσιαστική επίλυση του προβλήματος.

Η περίπτωση του δημόσιου χώρου αντίστοιχα, δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τον ίδιο τρόπο, καθώς καθώς οι χρήσεις του δεν είναι ούτε πεπερασμένες, ούτε ανήκουν σε ένα ορισμένο και συμπαγές σύνολο που να μπορεί να κατακερματιστεί ώστε να επιλυθεί αποσπασματικά. Έτσι, στην απαραίτητη προϋπόθεση ύπαρξης ενός σεναρίου και ενός προγράμματος, ο αρχιτέκτονας αναλαμβάνει τη μυθοπλασία που θα κάνει το σχεδιασμό εφικτό. Στην πράξη όμως, ο δημόσιος χώρος δεν είναι κάτι που μπορεί να προδιαγραφεί, καθώς οι δραστηριότητες που θα κληθεί να παραλάβει δεν είναι προβλέψιμες αλλά στην ουσία ανοικτές και αχαρτογράφητες.

Στην προσπάθεια να υπερβούμε αυτά τα προβλήματα, επιδιώξαμε να φτιάξουμε ένα διαφορετικό σύστημα όπου ο παραγόμενος χώρος να είναι υπόλογος των χρηστών του, διαβάζοντας την κατάσταση ώστε να κατασκευάζει κάθε στιγμή αυτό που αντιλαμβάνεται ως απαιτούμενο.

¹ Οι βιολόγοι Gould και Lewontin, υποστηρίζουν πως ορισμένα χαρακτηριστικά δεν μπορούν να αιτιολογηθούν μέσα από την εξελικτική θεωρία, αλλά αντίθετα αποτελούν καθαρά επιφανόμενα άλλων επιλογών κατά την πορεία της εξέλιξης, ώστε να μην έχουν οποιοδήποτε νόημα από μόνα τους παρά μόνο μέσα από άλλα χαρακτηριστικά· ένα παράδειγμα της αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιούν είναι τα τύμπανα που υφίστανται ως απαραίτητα επιφανόμενα στήριξης θόλου σε τόξα. Έτσι τα τύμπανα, παρόλο που τελικά λαμβάνουν χρήση ή σημασιодότηση (χώρος για τις τοιχογραφίες των Ευαγγελιστών στην προκειμένη) δεν αποτελούν ουσιαστικές αρχιτεκτονικές επιλογές. Stephen Jay Gould, Richard C. Lewontin, The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme, Proceeding of the Royal Society of London, 1979.

Η κατασκευή και η Πόλη

Πρόθεση μας, ήταν η τοποθέτηση του αντικειμένου στο δημόσιο χώρο, και πιο συγκεκριμένα ως τόπος πειραματικής εγκατάστασης προτάθηκε η πλατεία Ομονοίας. Οι βασικοί λόγοι για την επιλογή αυτή έχουν να κάνουν με διάφορα προβλήματα που αναγνώστηκαν στο χώρο. Το βασικό είναι η απουσία στοιχείων ή χρήσεων που να τη διακρίνουν ως τόπο στην πόλη, με αποτέλεσμα, ειδικά μετά την έλευση του μετρό, να αποτελεί κυρίως πέρασμα, αδυνατώντας να σταθεί ως αυτοτελής χώρος αλλά να υφίσταται ως ενδιάμεσο σημείο μεταξύ άλλων. Ως εκ τούτου υποβαθμίζεται ως δημόσιος χώρος στην πόλη χάνοντας οποιαδήποτε κοινωνική διάσταση είχε στο παρελθόν καθώς και στοιχεία που της προσέδιδαν ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα συνυφασμένο με κάποιες χρήσεις.

Η επιδίωξη της παρούσας εργασίας είναι να σχεδιάσει για ένα τοπίο, όπου εμφανίζονται οι διαστάσεις του χώρου, του χρόνου και της πληροφορίας. Η κατασκευή που προτείνεται προσπαθεί να συνάψει σε πραγματικό χρόνο τη σχέση χρήστη και αρχιτεκτονικού αντικειμένου καθώς και να αποκαταστήσει την αντίστροφη ροή μέσω ενός αμφίδρομου βρόγχου. Η πραγματικότητα ή η μεταβολή της πραγματικότητας που αντιλαμβάνεται η κατασκευή την προκαλεί να αντιδράσει, καθώς και αντίστροφα, η μεταβολή της κατασκευής ενδέχεται να προκαλέσει αντιδράσεις στην πραγματικότητα που την αντιλαμβάνεται.

Με αυτό τον τρόπο, κατασκευάστηκε ένα ανοικτό δυναμικό σύστημα (dissipative system) το οποίο δεν κινείται προς κάποια εξισορρόπηση, αλλά αντίθετα, υφίσταται για να δημιουργεί τάσεις που το απομακρύνουν από την ισορροπία (far from equilibrium) μετατοπίζοντας διαρκώς το μεταίχμιο της. Για το λόγο αυτό ορίζονται κάποια όρια εντός των οποίων παρουσιάζονται γραμμικές συμπεριφορές, ενώ το ξεπέρασμά τους πυροδοτεί ένα συμβάν που τις διχάζει τη συμπεριφορά¹ και προκαλεί μια αλλαγή της κατάστασης.

Σχεδιάζοντας έτσι τις διαδικασίες που παράγουν ένα αρχιτεκτονικό αντικείμενο τεσσάρων διαστάσεων, προσπαθούμε να δημιουργήσουμε μια πλατφόρμα που αναδύει κοινωνικές και μορφογεννητικές συμπεριφορές, προηγουμένως αφάνταστες² (unimaginable - Σταυρακάκης - "Unbuilt", Hansmeyer - "Building unimaginable shapes").

Όπως σύγχρονες κοινωνικές θεωρήσεις³ προτείνουν, υιοθετήθηκε ένα ροϊκό δραστικό μοντέλο (agent based) που λειτουργεί μέσω μιας πολλαπλότητας ενδιάμεσων αλληλεπιδράσεων, το οποίο επιτυγχάνει μια κοινωνική παραγωγή μέσω ανάδυσης. Σε αυτό το παιχνίδι, πρωτεύοντα ρόλο αποκτά η αλληλεπίδραση, ενώ κυριαρχεί η μετατόπιση, η μεταβολή και η αλλοίωση, ακόμα και των δομικών στοιχείων, η ταυτότητα των οποίων φέρει και άξονα χρόνου. Η πολυπλοκότητα αυτής της θεώρησης δεν επιδέχεται προβλέψεις ενώ αφήνει ανοικτό κάθε ενδεχόμενο (open-ended), αφού τρέχει παράλληλα και ταυτόχρονα με μια δυνητική (virtual) διάσταση. Ο χώρος έτσι, αποτελεί έτσι ένα μεταβολικό τοπίο, που αποκτά μια επιπλέον διάσταση, εκείνη της αλληλεπίδρασης, που σχηματίζει το συμβαντικό πεδίο (event space) που τον

1 bifurcation, catastrophe event, Sanford Kwinter, Landscapes of Change: Boccioni's "Stati d'animo" as a General Theory of Models, Assemblage, No. 19, Dec., 1992.

2 Σταυρακάκης, "unimaginable", Unbuilt Conference, 2009, Michael Hansmeyer, Building unimaginable shapes, 2012.

3 Bruno Latour, "Reassembling the social", OUP Oxford, 2007, Manuel Castells, "The rise of the network society", Wiley-Blackwell, Manuel De Landa, "Assemblage theory", Continuum, 2006.

καθορίζει.

Τελικά, αυτό που προσπαθήσαμε να πετύχουμε, είναι να φτιάξουμε ένα αρχιτεκτονικό αντικείμενο το οποίο πέρα από κάποιες performative λειτουργίες, μέσω δυνατοτήτων διάδρασης, θα μπορεί να παράγει κάποιες μορφές ή μεταβολές. Εκτός αυτού όμως, αυτό που θεωρούμε σημαντικότερο, είναι ότι με την εγκατάστασή του, δημιουργεί ένα είδος κοινωνικού δεσμού που δεν υπήρχε προηγουμένως, βάση της κοινής δυνατότητας των ανθρώπων να το μεταβάλουν. Συνεπώς, αυτό που στοχεύουμε να επιδιώξουμε είναι η κατασκευή να παίξει ένα ρόλο καταλύτη του κοινωνικού λειτουργώντας πρωτίστως ως πλατφόρμα κοινωνικής συναναστροφής στο δημόσιο χώρο της πόλης.

Παραμετρικός Διαδικαστικός Σχεδιασμός (parametric procedural design)

Με αφετηρία το παράδειγμα του παραμετρικού σχεδιασμού -όπου ο αρχιτέκτονας αντί να χειρίζεται γεωμετρίες, χειρίζεται σχέσεις μεταξύ οντοτήτων- η πρόθεσή μας ήταν να διατηρηθεί μια τέτοια διαδικασία, όχι μόνο κατά το σχεδιασμό, αλλά κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής· φτιάχνοντας έτσι ένα εύκαμπτο αρχιτεκτονικό αντικείμενο το οποίο να έχει την ικανότητα μεταβληθεί για να παραλάβει ένα εύρος λειτουργιών.

Προϋπόθεση επίτευξης του στόχου αυτού, είναι η εισαγωγή της διάστασης του χρόνου στο αρχιτεκτονικό σχέδιο, ώστε να μπορούν να σχεδιαστούν διαδικασίες που θα επιτρέπουν τη μεταβολή της κατασκευής αναλόγως των περιστάσεων. Έτσι, αντί του συμβατικού σχεδιασμού που χειρίζεται γεωμετρικά αντικείμενα, σχέσεις δηλαδή στις 3 διαστάσεις (XYZ), το πρόβλημα που επιδιώκω να λύσω απαιτεί ένα σύστημα στο οποίο οργανώνονται 2 διαστάσεις: **ο χρόνος και η πληροφορία**· ή αλλιώς μεταβολή της πληροφορίας στο μήκος του χρόνου. Η γεωμετρία της κατασκευής συμμετέχει παραμετρικά στη διάσταση της πληροφορίας, όπως και η ανάγνωση του περιβάλλοντος που πυροδοτεί τη μεταβολή της.

Οπότε τελικά δεν έχουμε να κάνουμε με σχεδιασμό αντικειμένων, αλλά αντίθετα με σχεδιασμό παραμετροποιημένων διαδικασιών που ελέγχουν τη μεταβολή μιας κατασκευής.

Απλοποίηση και προϋποθέσεις

Για τη σχετική διευκόλυνση της εργασίας η οποία παρουσίαζε από την αρχή αρκετές τεχνικές δυσκολίες και αβεβαιότητα υλοποίησης, η κατασκευή απλοποιήθηκε σε μια τοπολογία επιφάνειας -παρά κλειστού χώρου. Οι περιορισμοί που θέσαμε ήταν η στόχευση προς μια κατασκευή που θα ήταν όσο το δυνατόν λιγότερο πειραματική· να μπορεί δηλαδή να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει σχετικά εύκολα, χρησιμοποιώντας υλικά και στοιχεία στα οποία θα μπορούσαμε να έχουμε πρόσβαση -ως κατασκευαστές. Για το λόγο αυτό επιλέγηκε η χρήση υδραυλικών εμβόλων ως βασικών μελών της. Μελετήθηκαν όμως παράλληλα και πιο πειραματικά υλικά όπως το κράμα Nitinol που αναφέρεται πιο κάτω, το οποίο αν και υποσχόμενο, δεν βρίσκεται ακόμα σε θέση να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικής κλίμακας κατασκευές, λόγω δυσκολιών υπολογισμού της συμπεριφοράς του -τρισεδιάστατων συστολών και διαστολών.

Το πρόβλημα του λογισμικού

Εξ' αρχής, ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που είχαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν αυτό του λογισμικού. Πώς δηλαδή θα μπορούσαμε να σχεδιάσουμε τη λειτουργία μιας κατασκευής, αφού έχουμε εκπαιδευτεί να σχεδιάζουμε αναπαραστατικά και γεωμετρικά-όπως λειτουργούν και τα προγράμματα που έχουμε στη διάθεσή μας; Τα μέσα που διαθέτουμε θα μας επέτρεπαν να σχεδιάσουμε μια κατασκευή που δυνάμει κινείται, αφού δεν υφίσταται σ' αυτά διάσταση χρόνου, σταματώντας ουσιαστικά στην υπόθεση, και της λειτουργίας και της κίνησης. Αντίθετα εμείς επιδιώκουμε να σχεδιάσουμε τη λειτουργία μιας τέτοιας κατασκευής συμπεριλαμβάνοντας και την κίνησή της.

Θεωρώντας το υπάρχων λογισμικό, η υπόθεση καταλήγει σε αδιέξοδο...

Γνωρίζουμε όμως τις προτροπές, μεταξύ άλλων, του Manuel DeLanda¹ που έχει εισηγηθεί ότι οι αρχιτέκτονες θα έπρεπε να ξεκινήσουν να φτιάχνουν τα δικά τους προγράμματα (ή να κάνουν hack τα υπάρχοντα προγράμματα) και του Kostas Terzidis², που έχει υποστηρίξει αρκετά χρόνια τώρα με το έργο του τη χρήση του προγραμματισμού στην αρχιτεκτονική.

Όντως, όπως αποδεικνύεται, ο (αντικειμενοστραφής) προγραμματισμός όχι μόνο επιτρέπει το σχεδιασμό και την επίλυση της λειτουργίας μιας τέτοιας κατασκευής στο σύνολο της, αλλά μας δίνει επίσης πρόσβαση σε πολλές άλλες δυνατότητες τις οποίες συμβατικά σκεπτόμενοι αγγίζουμε μόνο θεωρητικά και αφηρημένα. Αφενός, ο προγραμματισμός λειτουργώντας ως λευκό χαρτί μας αναγκάζει να δημιουργήσουμε τις οντότητες που θα χρησιμοποιήσουμε, οι οποίες μπορούν να διαθέτουν αρκετά μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας πέραν του πρωτόλειου αντίστοιχου της γραμμής ή του σημείου, καθώς και να το συσχετισμό μεταξύ τους που δεν είναι πλέον η γεωμετρική εγγύτητα, αλλά μια σχέση λειτουργική και αρθρωτή. Αφετέρου, χρησιμοποιώντας μια τέτοια μέθοδο σήμερα, λαμβάνουμε μέρος σε μια μεγαλύτερη ενότητα δημιουργών (προγραμματιστών, developers) και τεχνολογικών εξελίξεων που μας δίνουν τα εργαλεία με τη χρήση μικροελεγκτών (microcontrollers) να πραγματοποιήσουμε και την κίνηση της κατασκευής αλλά και τη διάδραση, εισάγοντας στοιχεία του περιβάλλοντος όπως οι κινήσεις των ανθρώπων (αισθητήρας Kinect) στο "σχέδιό" μας, τα οποία μπορούμε να επεξεργαστούμε σε πραγματικό χρόνο, ώστε και η κατασκευή να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο -"ζωντανά".

Η γλώσσα προγραμματισμού που επέλεξα είναι η Processing (Βασισμένη στη Java) που αναπτύχθηκε στο Media Lab του MIT το 2001. Οι βασικοί λόγοι για την επιλογή αυτή είναι δυο. Ο πρώτος είναι ότι η γλώσσα αυτή κατασκευάστηκε ώστε να χρησιμοποιείται από ανθρώπους και ειδικότητες που δεν έχουν εκπαιδευτεί σε αυτό τον τομέα, άρα είναι σχετικά εύκολη και στοχεύει κατ' ευθείαν σε πρακτικές εφαρμογές. Ο δεύτερος, είναι ότι συγκαταλέγεται στην κατηγορία του ανοικτού λογισμικού (open source) και ως

εκ τούτου, οι χρήστες της, λειτουργώντας με τη λογική του "ανοικτού", προσπαθούν διαρκώς να την εξελίσσουν προς όλες τις κατευθύνσεις καθώς και να βοηθούν νέους χρήστες σε διάφορες δυσκολίες που συναντούν.

Ως εκ τούτου η Processing έχει αφενός αναπτύξει σε μικρό χρονικό διάστημα, μια τεράστια κοινότητα χρηστών και αφετέρου ένα σημαντικό όγκο βιβλιοθηκών (επεκτάσεων), για μια πληθώρα εφαρμογών, που είναι προσβάσιμες στον καθένα για να τις αξιοποιήσει όπως θέλει· στοιχεία που μάλλον θα ζήλευαν επαγγελματικές γλώσσες προγραμματισμού.

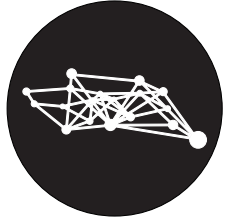
*Scripting

Πέραν των De Landa και Terzidi, μια άλλη σημαντική προσωπικότητα στο χώρο της αρχιτεκτονικής που υποστηρίζει τον προγραμματισμό είναι ο Mark Burry³, ο οποίος έχει εξετάσει πέραν αυτού και τις δυνατότητες του "scripting" -scripting καλείται η μέθοδος συγγραφής εξειδικευμένου κώδικα στο περιβάλλον ενός συμβατικού σχεδιαστικού προγράμματος (rhinoscript, maya MEL, embedded python script κ.α.). Παρόλο όμως που η μέθοδος αυτή παρέχει κάποιες σημαντικές ευκολίες στο χρήστη -όπως αρκετά έτοιμα εργαλεία και γεωμετρικές οντότητες που προσφέρει το κυρίως πρόγραμμα- παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα που αποτρέπουν τη χρήση της στην προκειμένη περίπτωση· όπως αρκετά μειωμένη υπολογιστική ισχύς, περιορισμός επεκτάσεων και βιβλιοθηκών, περιορισμοί σύνδεσης με μικροελεγκτές και hardware και περιορισμένες πηγές εκπαιδευτικού υλικού.

³ Daniel Davis, Mark Burry and Jane Burry: The flexibility of logic programming, Proceedings of the 16th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / The University of Newcastle, Australia 27-29 April 2011, σ. 29-38

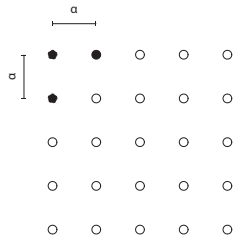
¹ Manuel De Landa, Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture, <http://www.cddc.vt.edu/host/delanda/pages/algorithm.htm>

² Kostas Terzidis, Algorithmic Architecture, Architectural Press 2006.

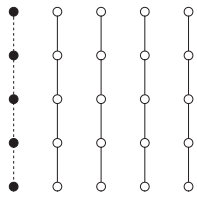


μελέτη καννάβου-κίνησης

ορθογώνιος κάρναβος



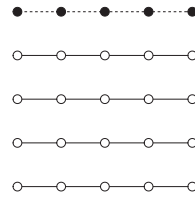
κατακόρυφες συνδέσεις i



κατακόρυφες συνδέσεις ii



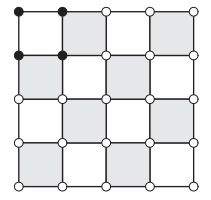
οριζόντιες συνδέσεις i



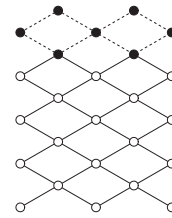
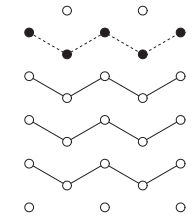
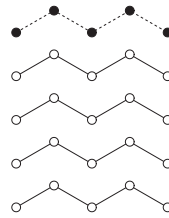
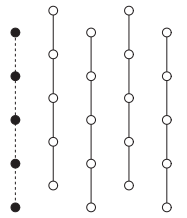
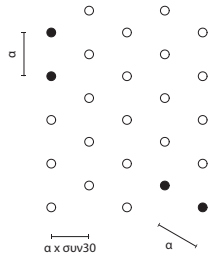
οριζόντιες συνδέσεις ii



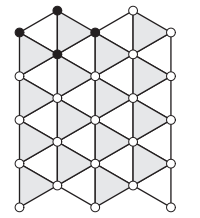
συνολική χάρση



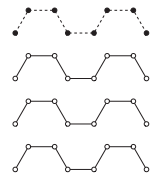
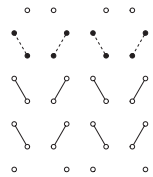
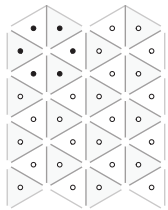
τριγωνικός κάρναβος



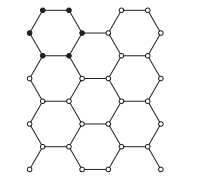
a.



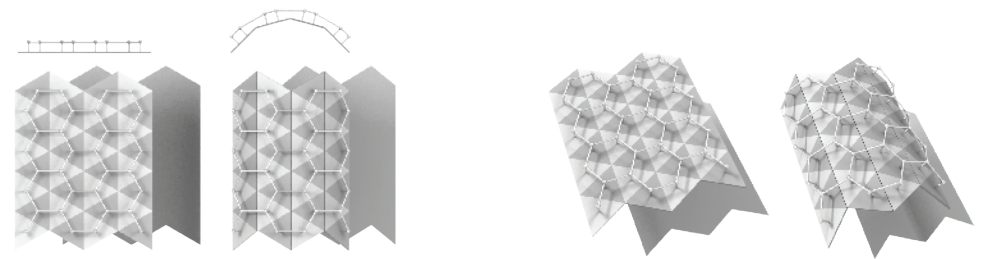
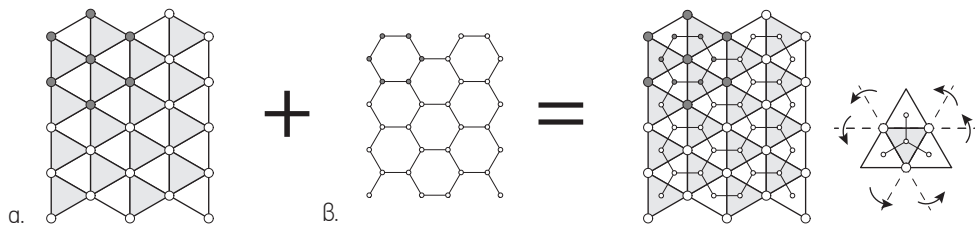
κάρναβος μοχλοβραχίονα



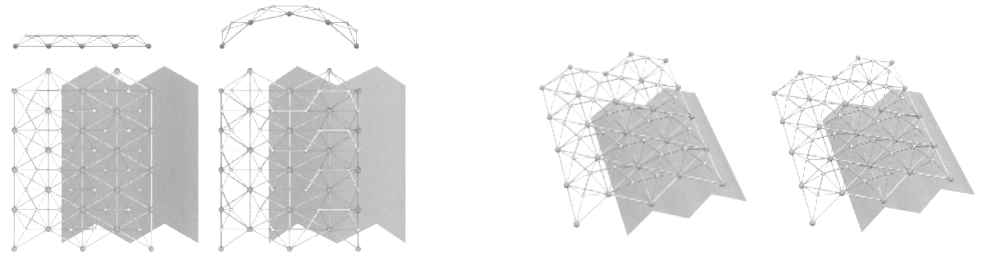
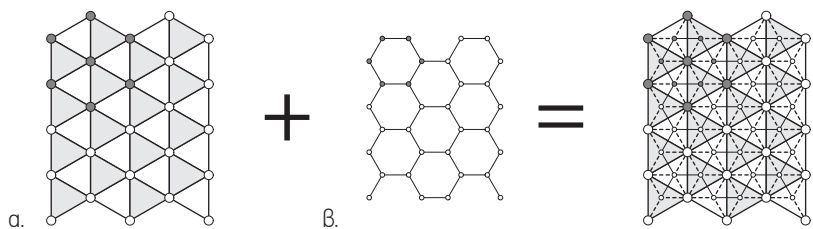
β.



σύνθεση μοχλοβραχίονα i



σύνθεση μοχλοβραχίονα ii
πυραμιδοειδές δίκτυωμα





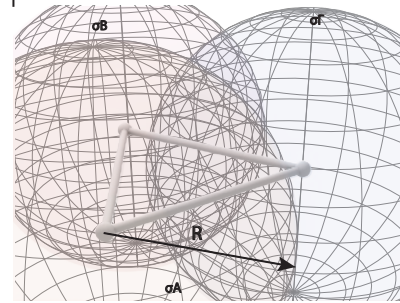
γ01 δεδομένα:
σημεία τριγώνου: $AB\Gamma$
μήκος δοκού: R



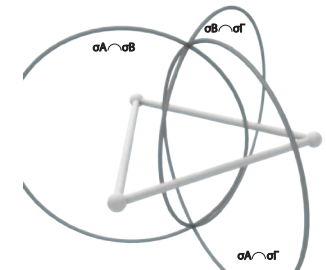
γ02 χάραξη τριγώνου



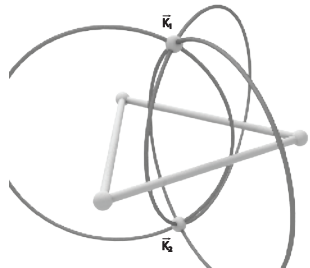
γ03 χάραξη σφαιρών



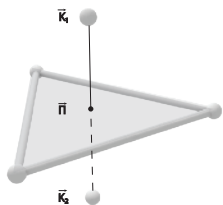
γ04 επίλυση τομής σφαιρών



γ05 επίλυση τομής κύκλων



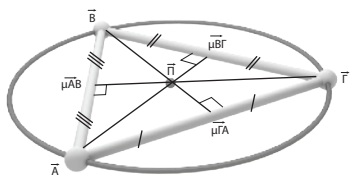
γ06 εύρεση λύσεων



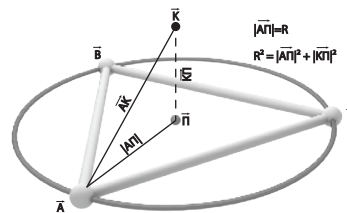
γ07 χάραξη τετραέδρων



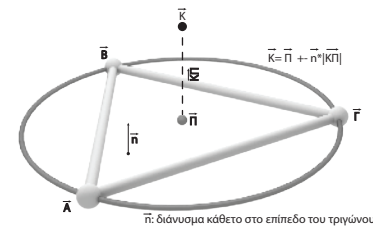
μ01 εύρεση προβολής στο επίπεδο του τριγώνου



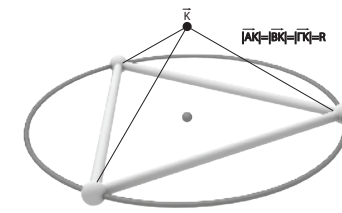
μ02 υπολογισμός μετατόπισης



μ03 εύρεση λύσεων



μ04 δημιουργία τετραέδρου



αλγοριθμική επίλυση

$$\alpha = \frac{|B-\Gamma|^2(A-B) \cdot (A-\Gamma)}{2|(A-B) \times (B-\Gamma)|^2}$$

$$\beta = \frac{|A-\Gamma|^2(B-A) \cdot (B-\Gamma)}{2|(A-B) \times (B-\Gamma)|^2}$$

$$\gamma = \frac{|A-B|^2(\Gamma-A) \cdot (\Gamma-B)}{2|(A-B) \times (B-\Gamma)|^2}$$

$$K = \alpha A + \beta B + \gamma \Gamma$$

```

Vec3D getCircumCenter() {
    double aMult;
    double bMult;
    double cMult;

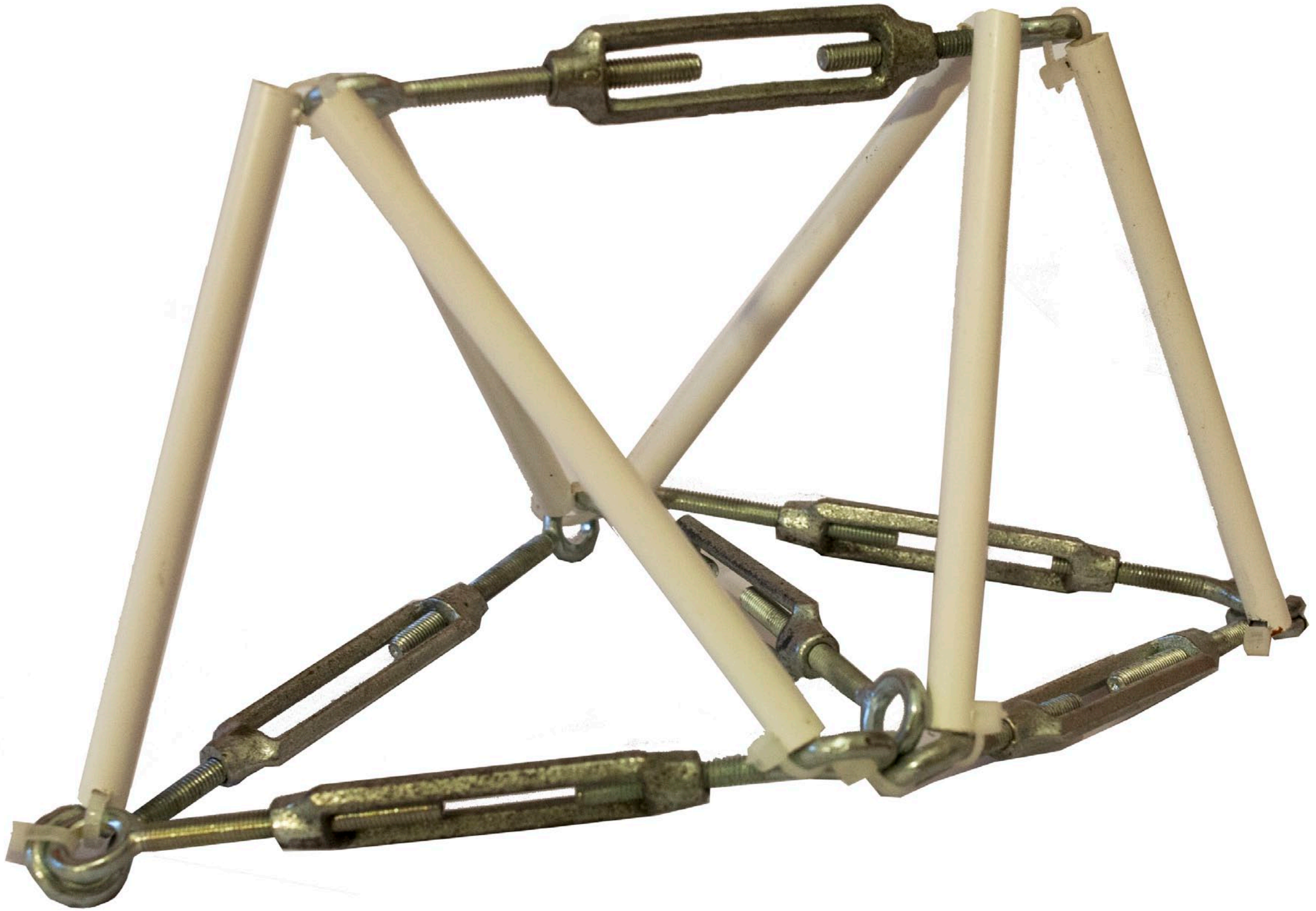
    aMult = ((Triangle.a.sub(Triangle.b)).dot(Triangle.a.sub(Triangle.c)));
    aMult += ((Triangle.a.sub(Triangle.b)).cross(Triangle.b.sub(Triangle.c)).magnitude());
    aMult *= 2;

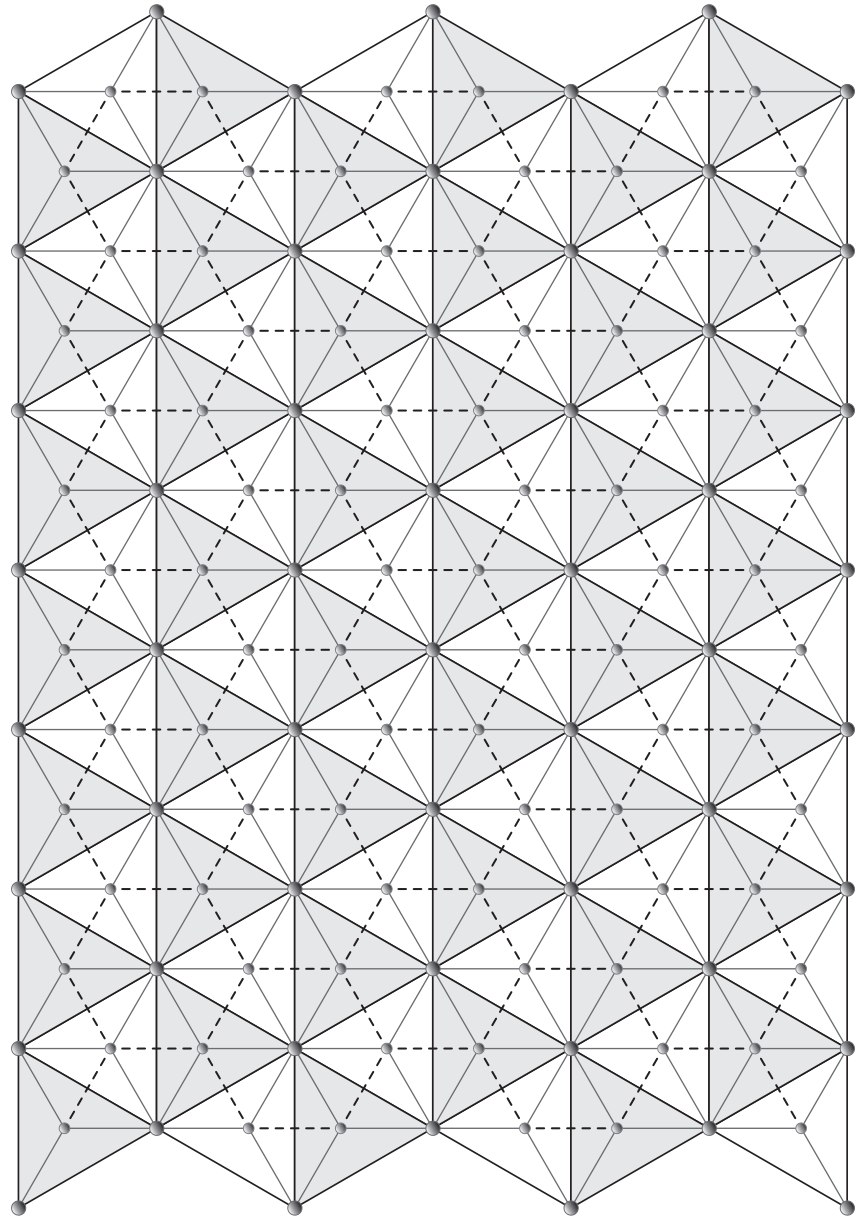
    bMult = ((Triangle.b.sub(Triangle.a)).dot(Triangle.b.sub(Triangle.c)));
    bMult += ((Triangle.a.sub(Triangle.b)).cross(Triangle.b.sub(Triangle.c)).magnitude());
    bMult *= 2;

    cMult = ((Triangle.c.sub(Triangle.a)).dot(Triangle.c.sub(Triangle.b)));
    cMult += ((Triangle.a.sub(Triangle.b)).cross(Triangle.b.sub(Triangle.c)).magnitude());
    cMult *= 2;

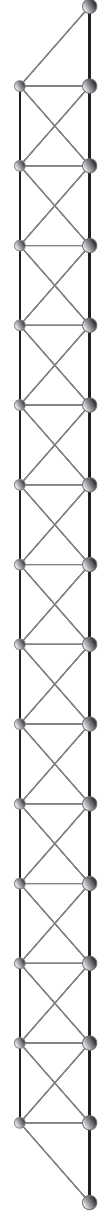
    Vec3D ma = new Vec3D(Triangle.a);
    Vec3D mb = new Vec3D(Triangle.b);
    Vec3D mc = new Vec3D(Triangle.c);
    ma.scaleSelf((float)aMult);
    mb.scaleSelf((float)bMult);
    mc.scaleSelf((float)cMult);
    circum = new Vec3D();
    circum.addSelf(ma);
    circum.addSelf(mb);
    circum.addSelf(mc);

    return (circum);
}
    
```

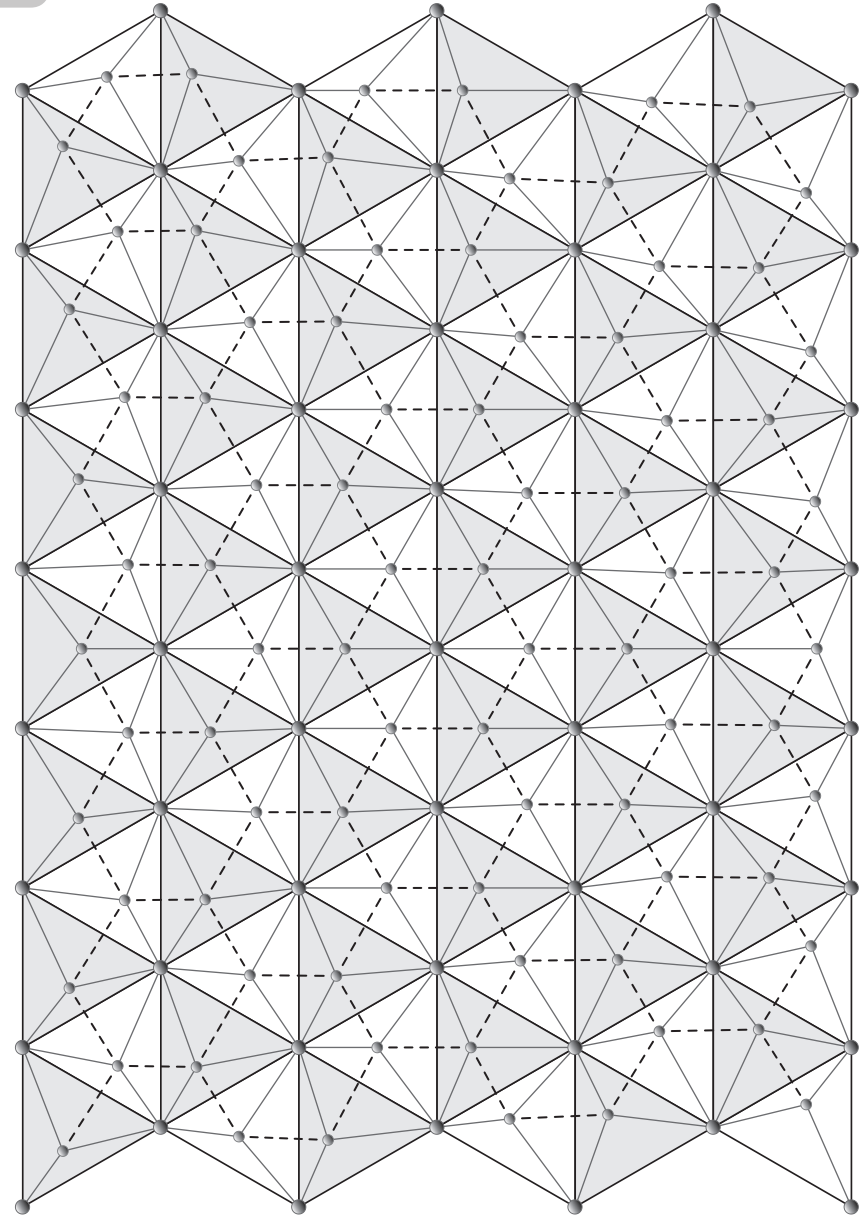




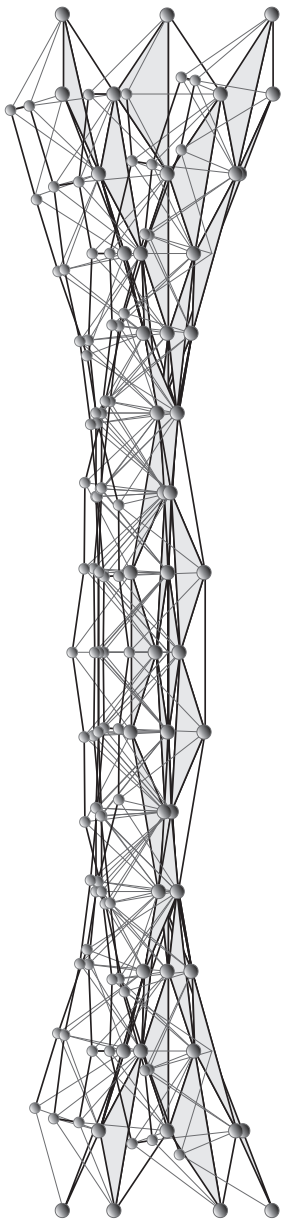
κάτοψη



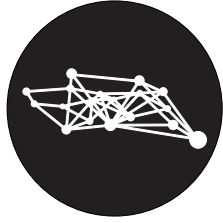
πλάγια όψη



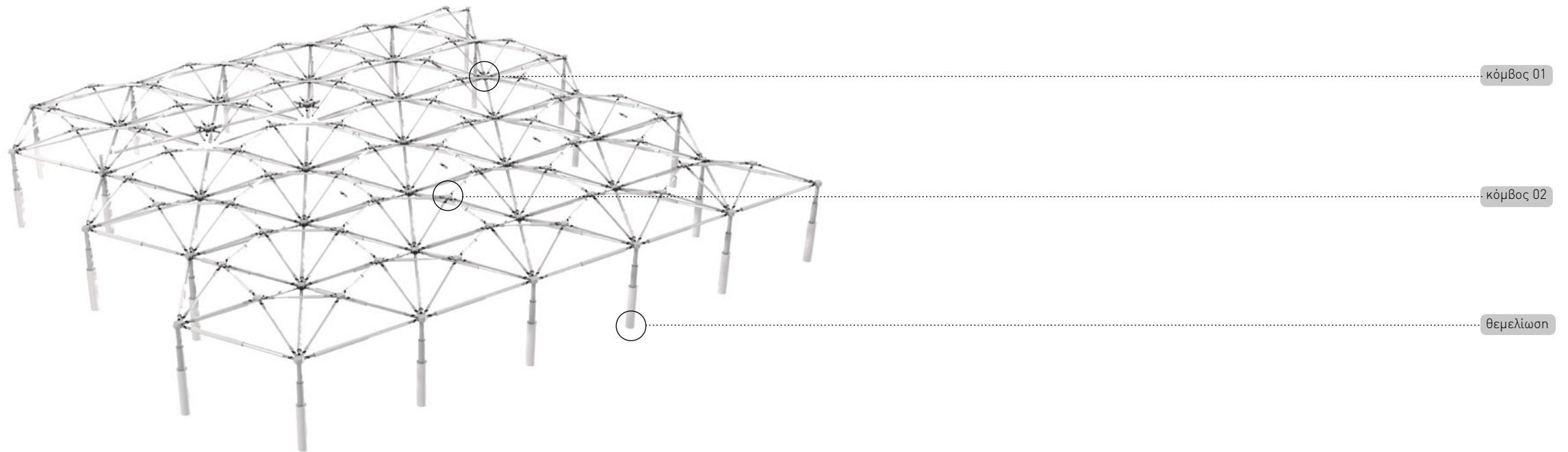
κάτοψη

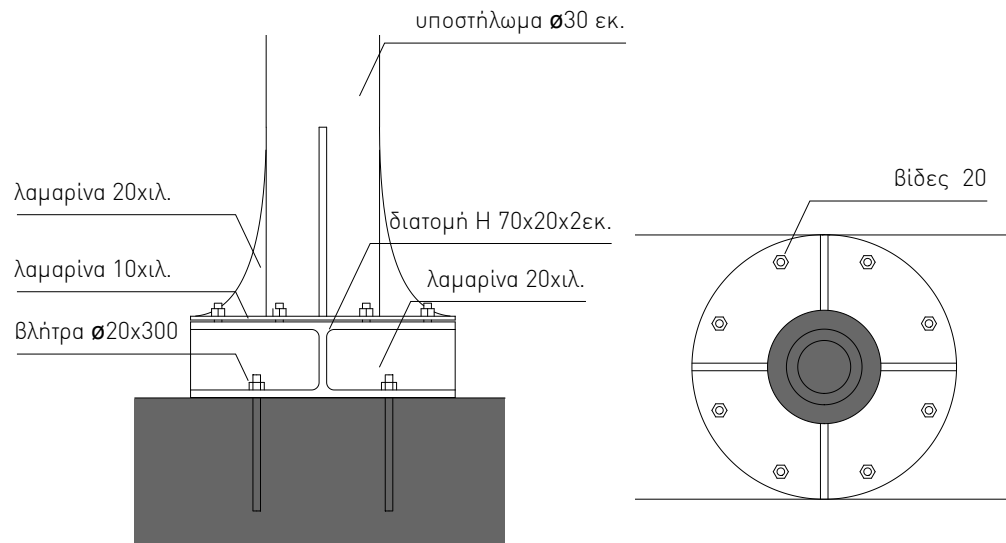


πλάγια όψη



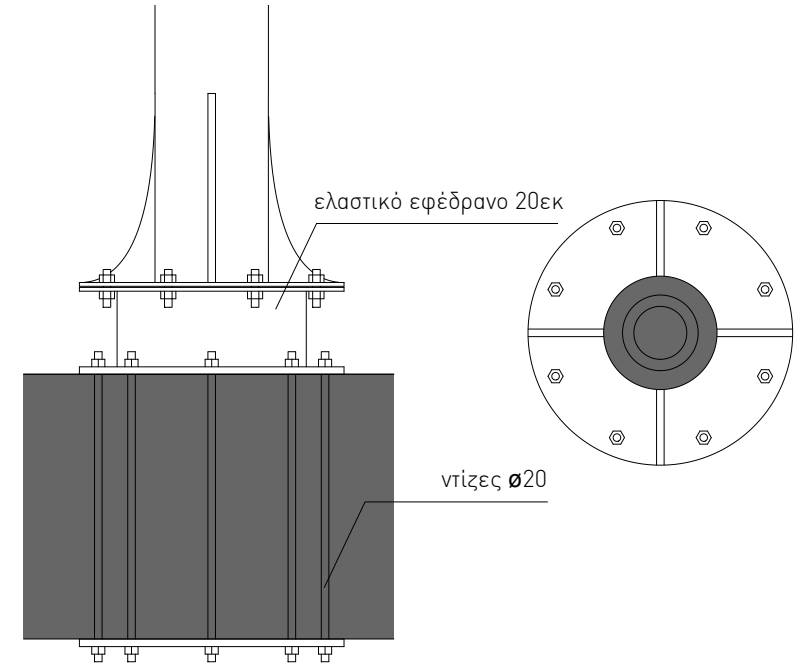
οικοδομική επίλυση





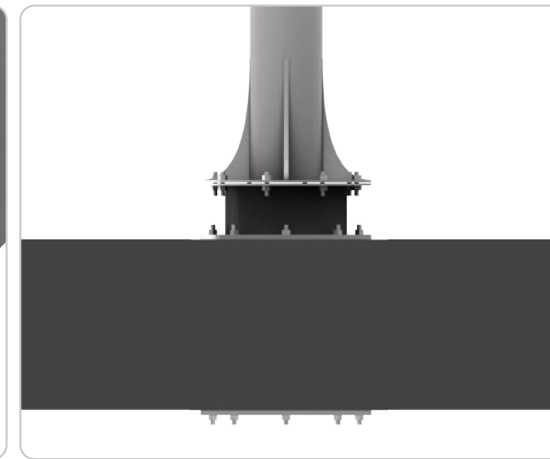
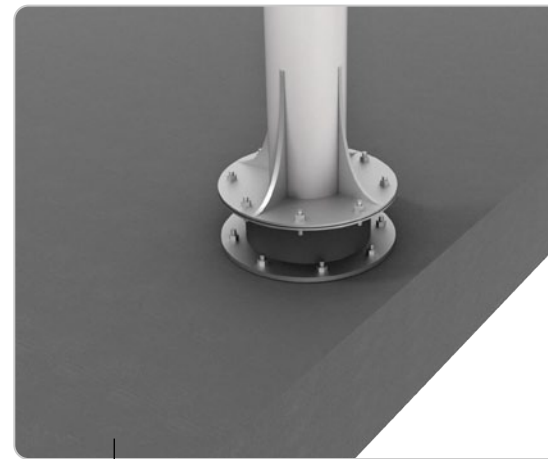
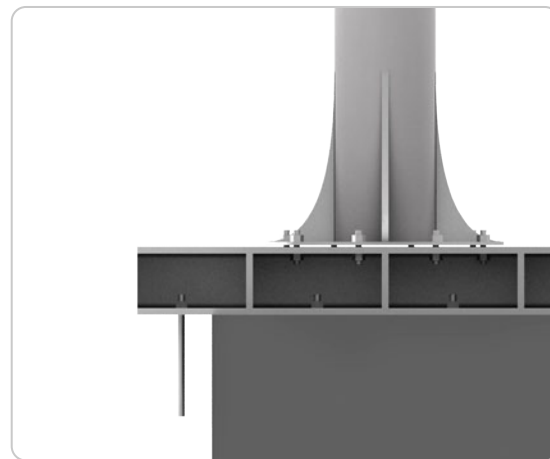
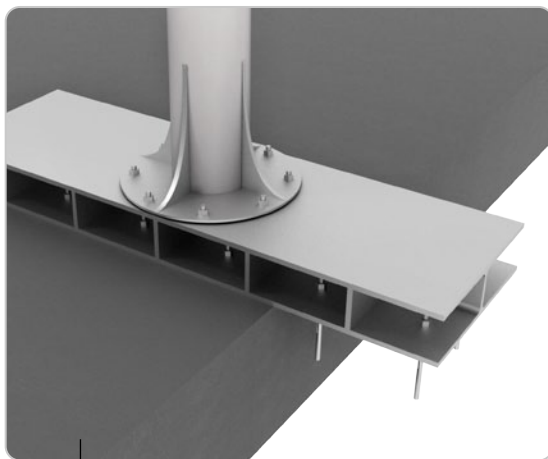
01 | τομή
κλίμακα 1:10

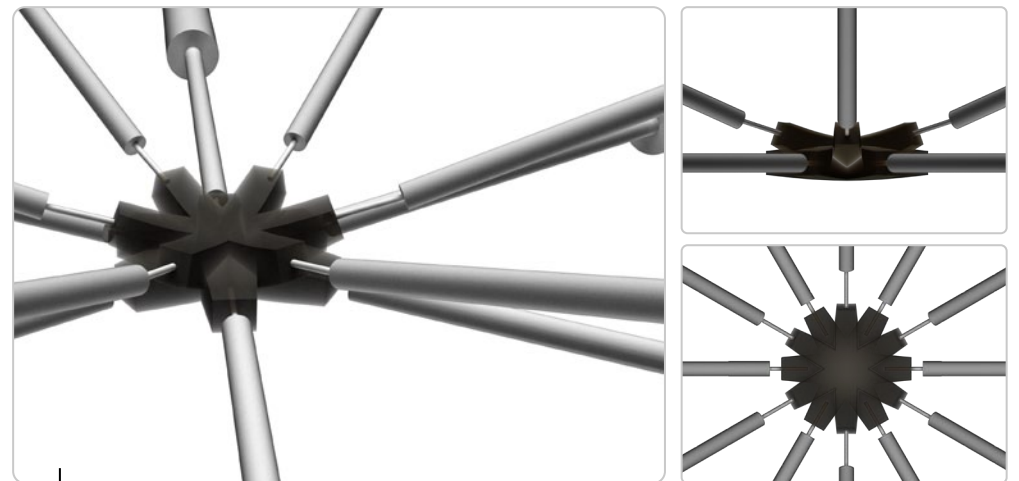
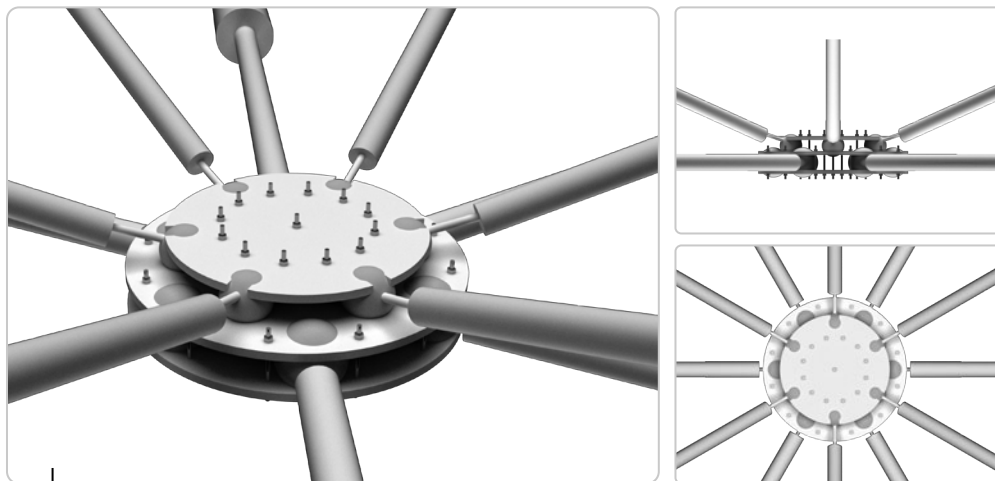
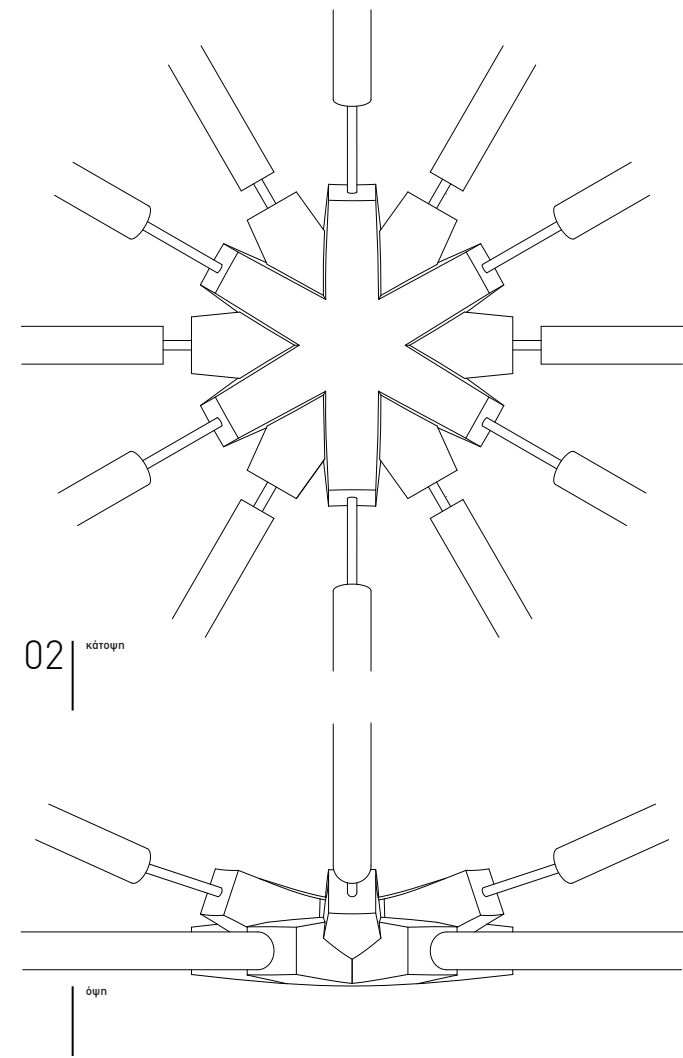
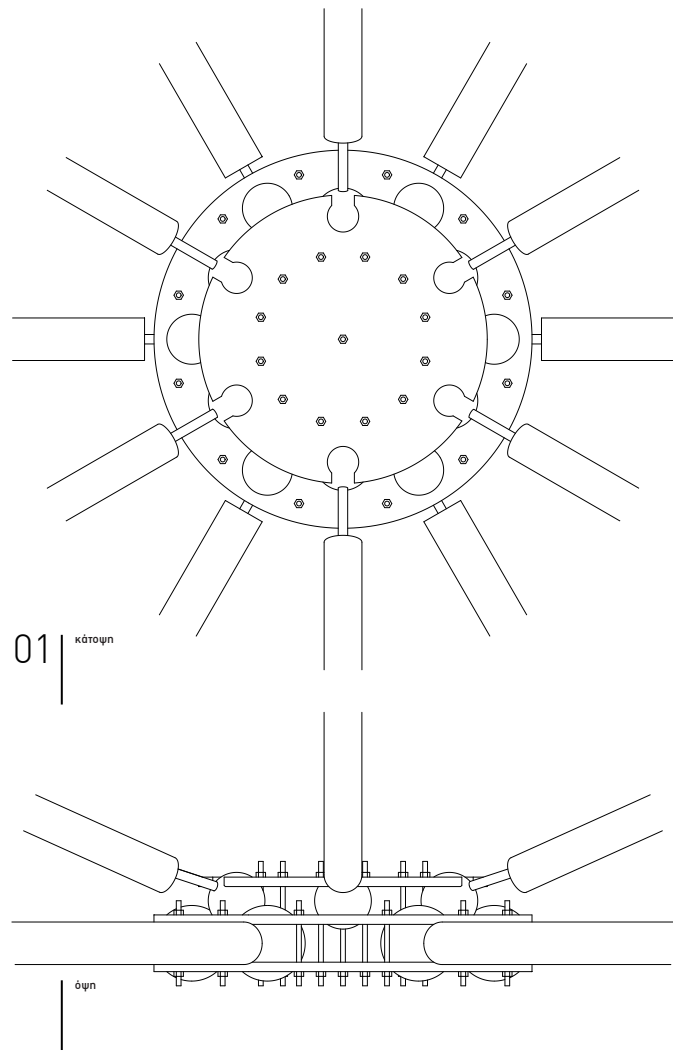
κάτοψη
κλίμακα 1:10

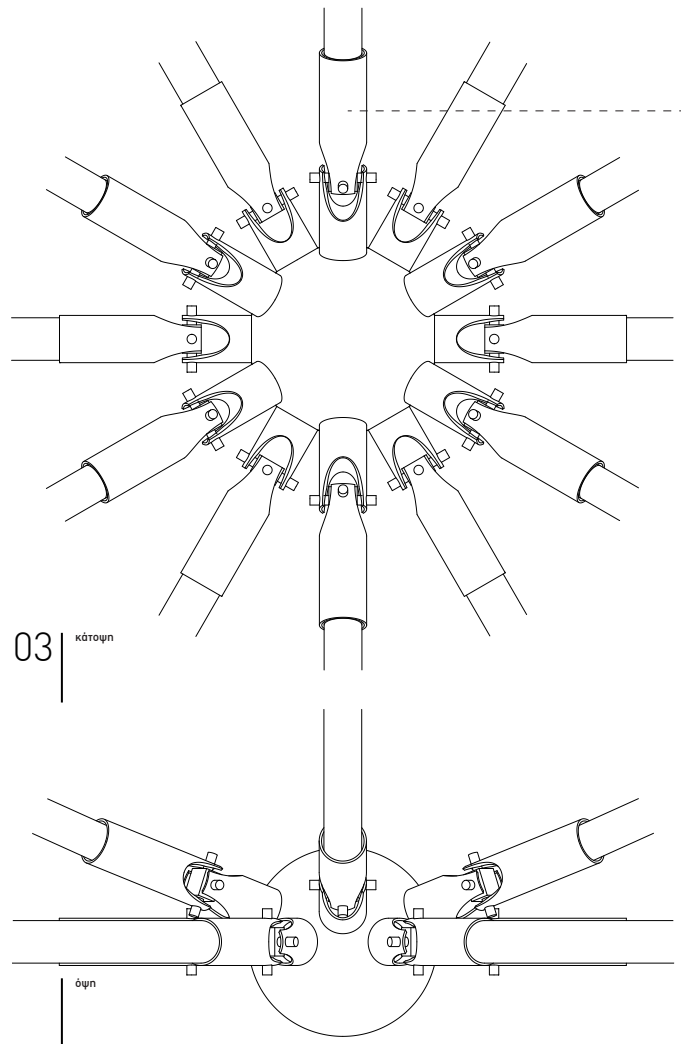


02 | όψη
κλίμακα 1:10

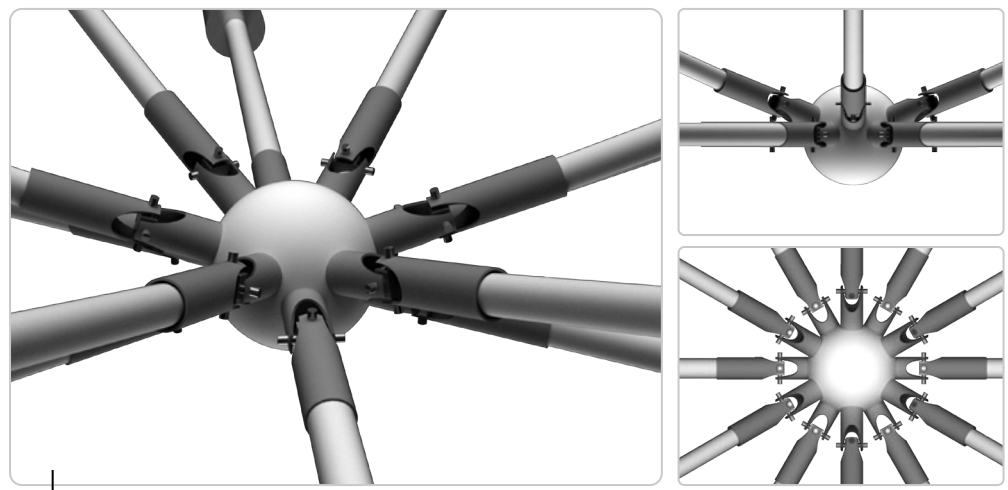
κάτοψη
κλίμακα 1:10

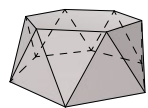
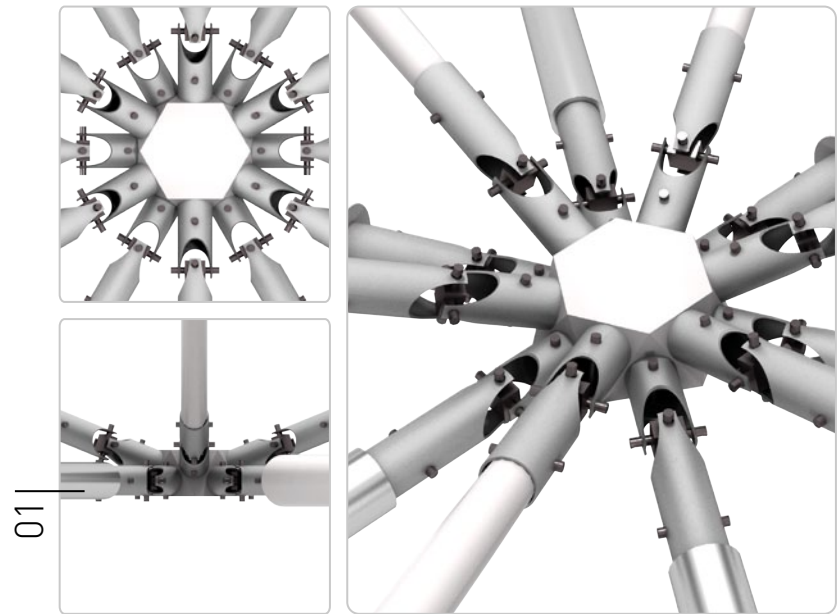
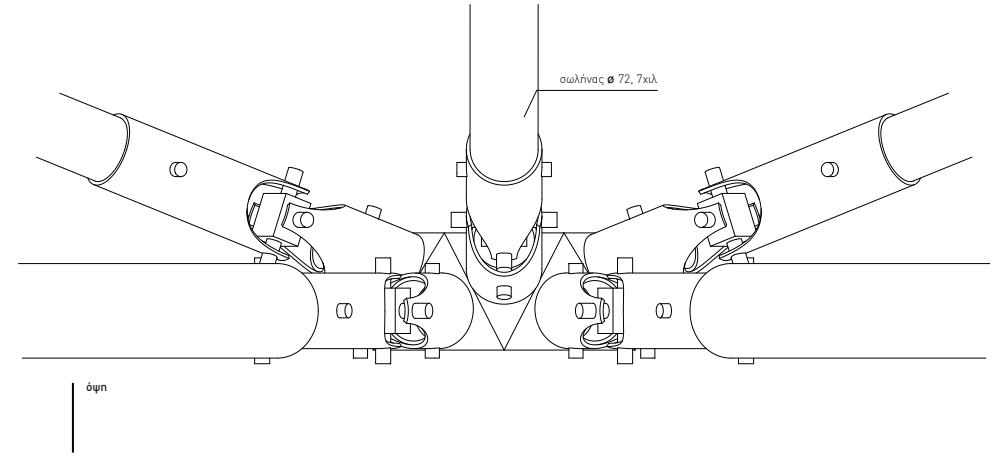
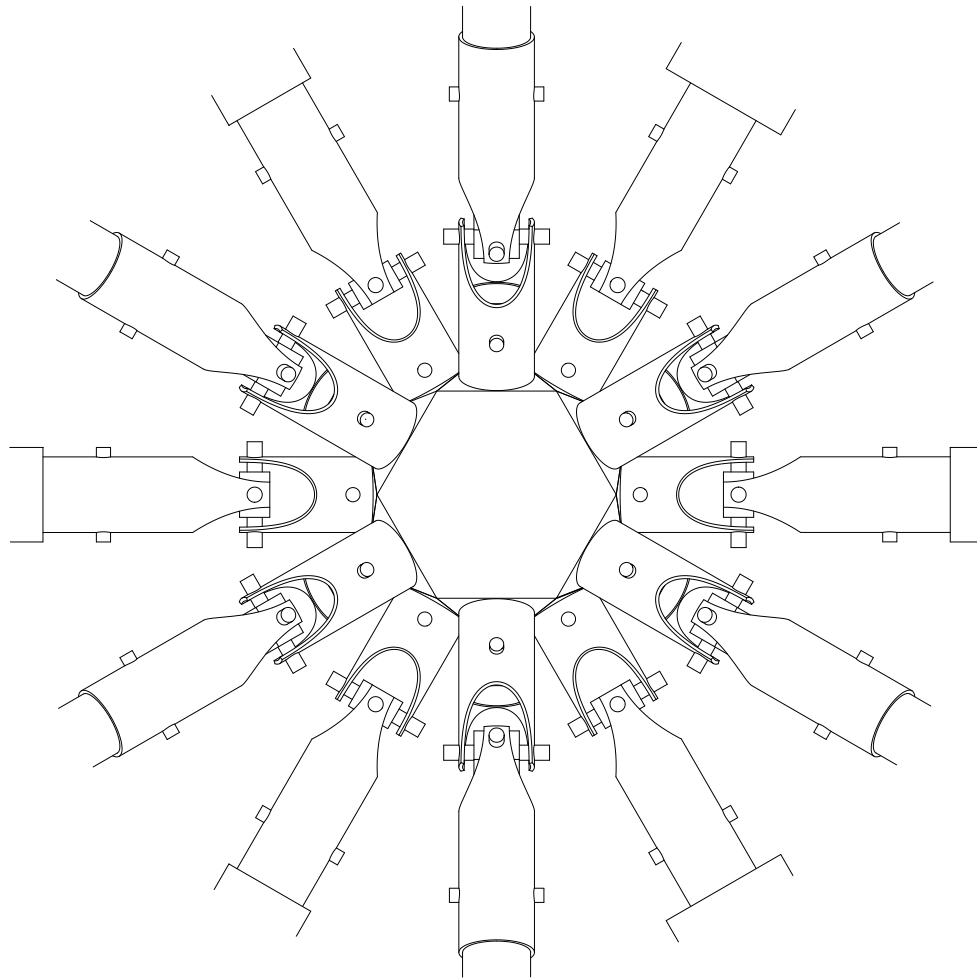




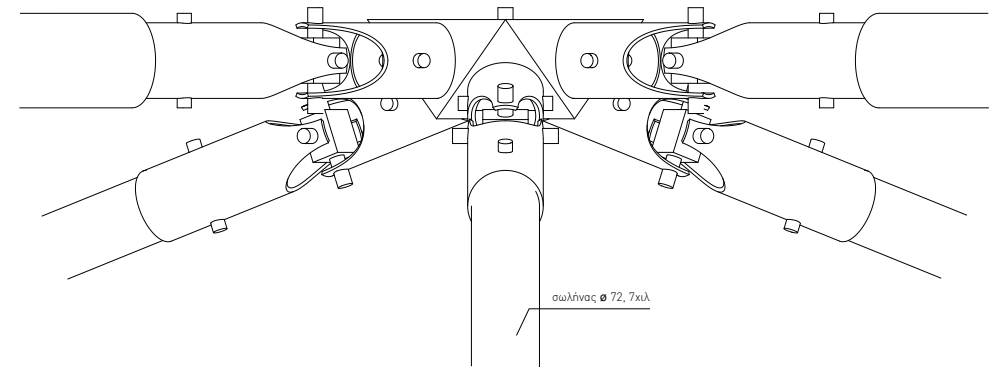
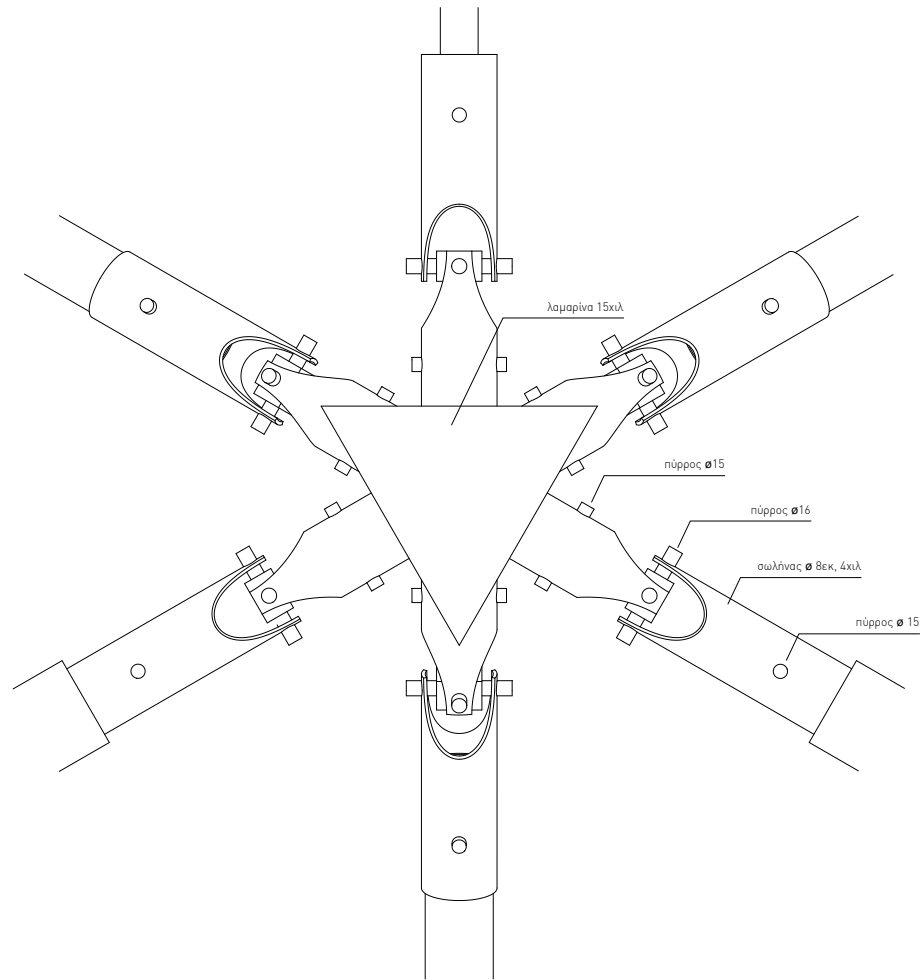


λεπτομέρεια αρθρώσεως

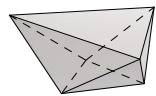
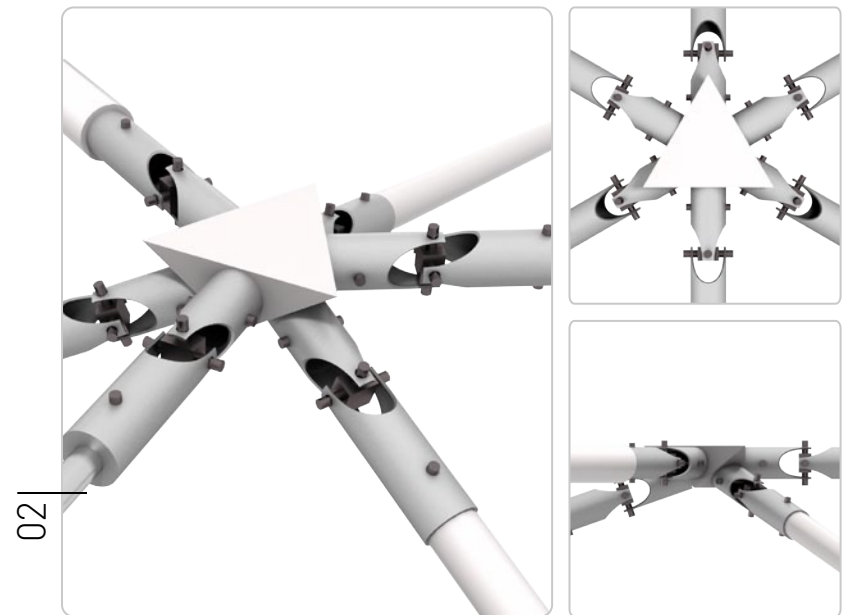




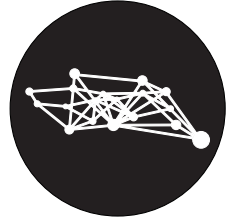
01 | κότυπη



όψη

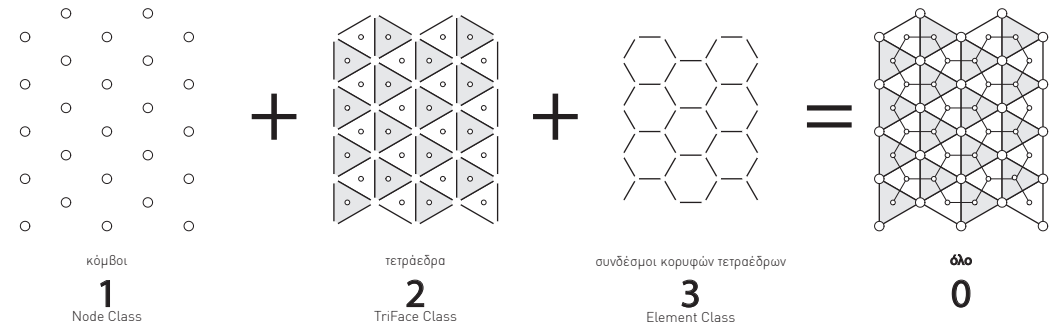
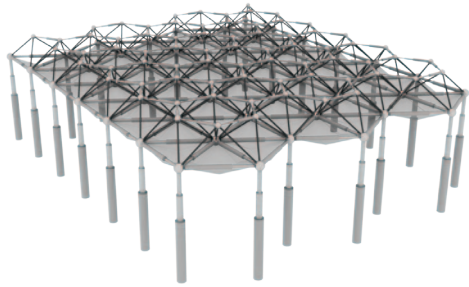


02 κάτοψη

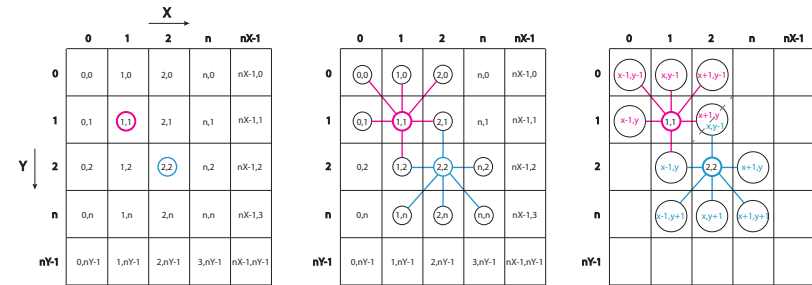
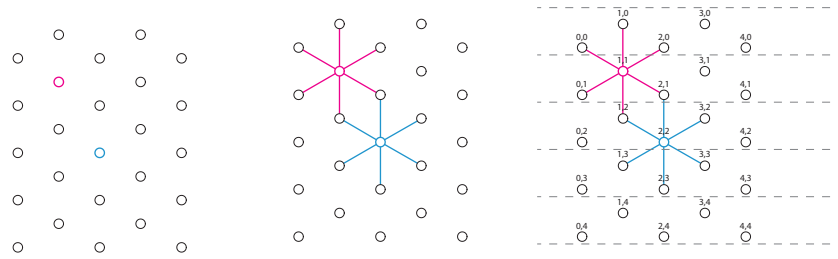


οντολογία κατασκευής

Οργάνωση οντοτήτων και δημιουργία συσχετιστικών αρθρώσεων μεταξύ τους



$nX=5$
 $nY=5$



```
Node[ ][ ] nodes=new Node[nX][nY];
```

σχέσεις πρωτεύοντων - δευτερευόντων κόμβων



```
TriFace[ ][ ] trif=new TriFace[2*nX-2][nY-1];
```

σχέσεις δευτερευόντων κόμβων μεταξύ τους



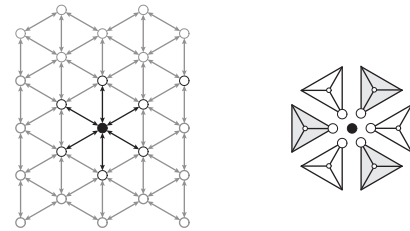
```
Element[ ][ ] hEl=new Element[nX-2][nY-1];  
Element[ ][ ] sEl=new Element[nX-1][nY-2]*2+1;
```

οργάνωση οικουμενικών μεταβλητών

nX : } διαστάσεις καννάβου σε κόμβους
 nY : }
 minBeam : } όρια απόστασης μεταξύ κόμβων / μήκους δοκού
 maxBeam : }
 beamLen : αρχική απόσταση μεταξύ κόμβων / μήκος δοκού
 colMin : } όρια μήκους υποστηλώματος
 colMax : }
 startZ : αρχικό μήκος υποστηλώματος
 pyramidBeam : μήκος δοκών τετραέδρου

Οντότητα κόμβων

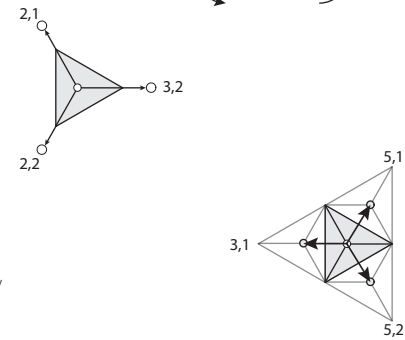
2,2
 x: } σχετική θέση
 y: }
 pos: διάνυσμα θέσης
 isColumn: αληθές αν είναι συνδεδεμένος με υποστήλωμα
 colPos: διάνυσμα βάσης υποστηλώματος
 neighbours: πλήθος γειτόνων
 neighIdx[] : σχετικές θέσεις γειτονικών κόμβων
 faceIdx[] : σχετικές θέσεις συσχετισμένων τετραέδρων



```
if (i%2==0)nodes[i][j]=new Node(50+i*startLen*cos[PI/6], 50+startLen*j+(startLen*sin[PI/6]), startZ, i, j);
else nodes[i][j]=new Node(50+i*startLen*cos[PI/6], 50+startLen*j, startZ, i, j);
```

Οντότητα τετραέδρων

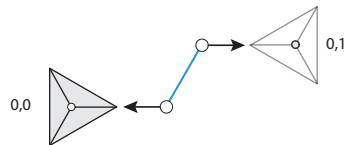
4,1
 x: } σχετική θέση
 y: }
 x1,y1: } συσχετισμένοι κόμβοι
 x2,y2: }
 x3,y3: }
 fTriangle: τριδιάστατο τρίγωνο μεταξύ κόμβων
 fCent: διάνυσμα κέντρου του τριγώνου
 fNorm: κάθετο διάνυσμα τριγώνου
 fCircumc: διάνυσμα σημείου τομής μεσοκαθέτων
 apex: διάνυσμα κορυφής τετραέδρου
 selIdx[] : } σχετικές θέσεις συσχετισμένων κορυφών άλλων τετραέδρων
 helIdx[] : }



```
trif[countF][j-1]=new TriFaceli, j, i-1, j, i-1, j-1, countF, j-1);
countF++;
```

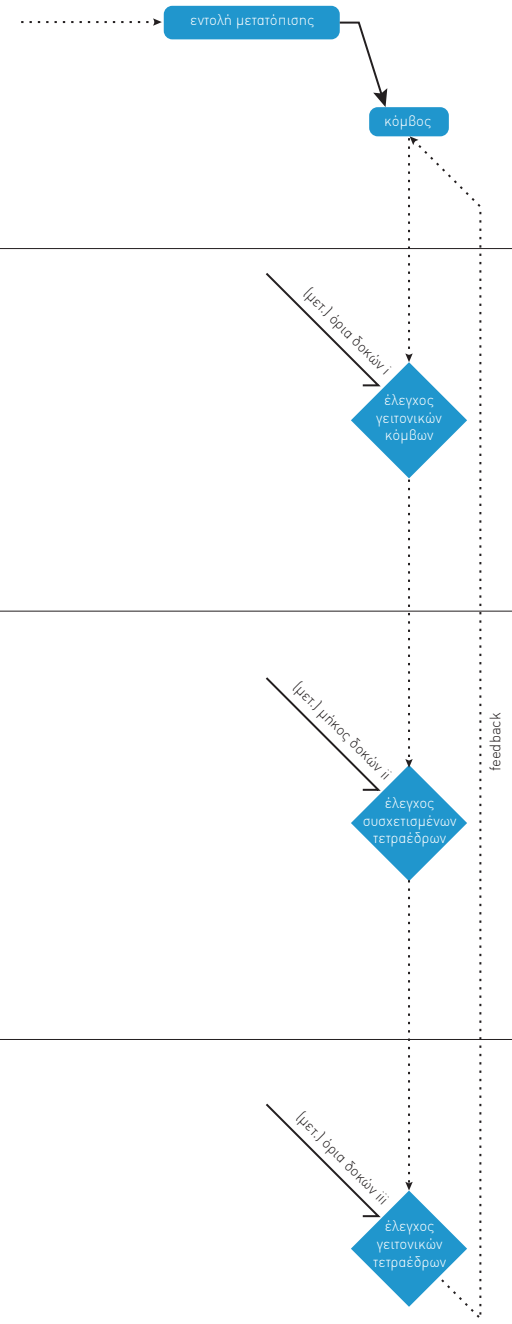
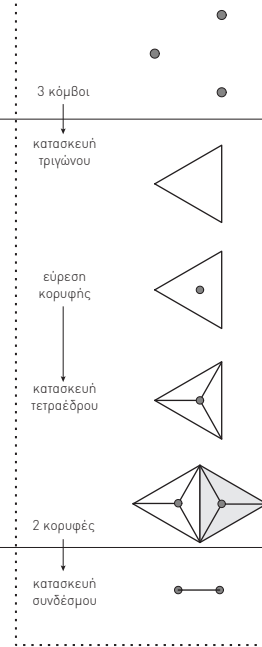
Οντότητα δευτερευόντων δοκών

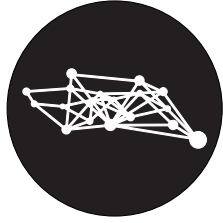
0,0
 sx,sy: σχετική θέση τετραέδρου αρχής
 ex,ey: σχετική θέση τετραέδρου τέλους
 start: } διανύσματα αρχής και τέλους
 end: }



```
seI[countS][j*2]=new Element(i, j, i+1, j);
countS++;
```

αρθρωτή κατασκευή αντικειμένων





διαχείριση πληροφορίας

open software



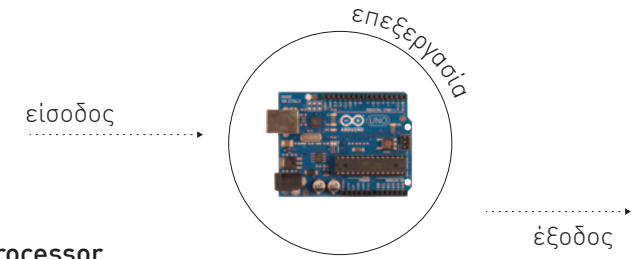
Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν:

- toxic Libraries - Karsten Schmidt / 2009
- oscP5 - Andreas Schlegel / 2011
- arduino Library / 2011
- simpleOpenNI - Interaction Design Department Zurich / 2011
- blobDetection Library - Julien Gachadoat / 2004
- peasyCam-Jonathan Feinberg / 2011

Processing

Ben Fry, Casey Reas / media lab, MIT / 2001

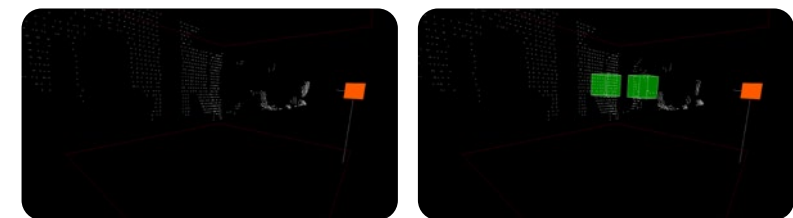
open hardware



Arduino microprocessor

Massimo Banzi / IVREA institute / 2005

hardware hacks



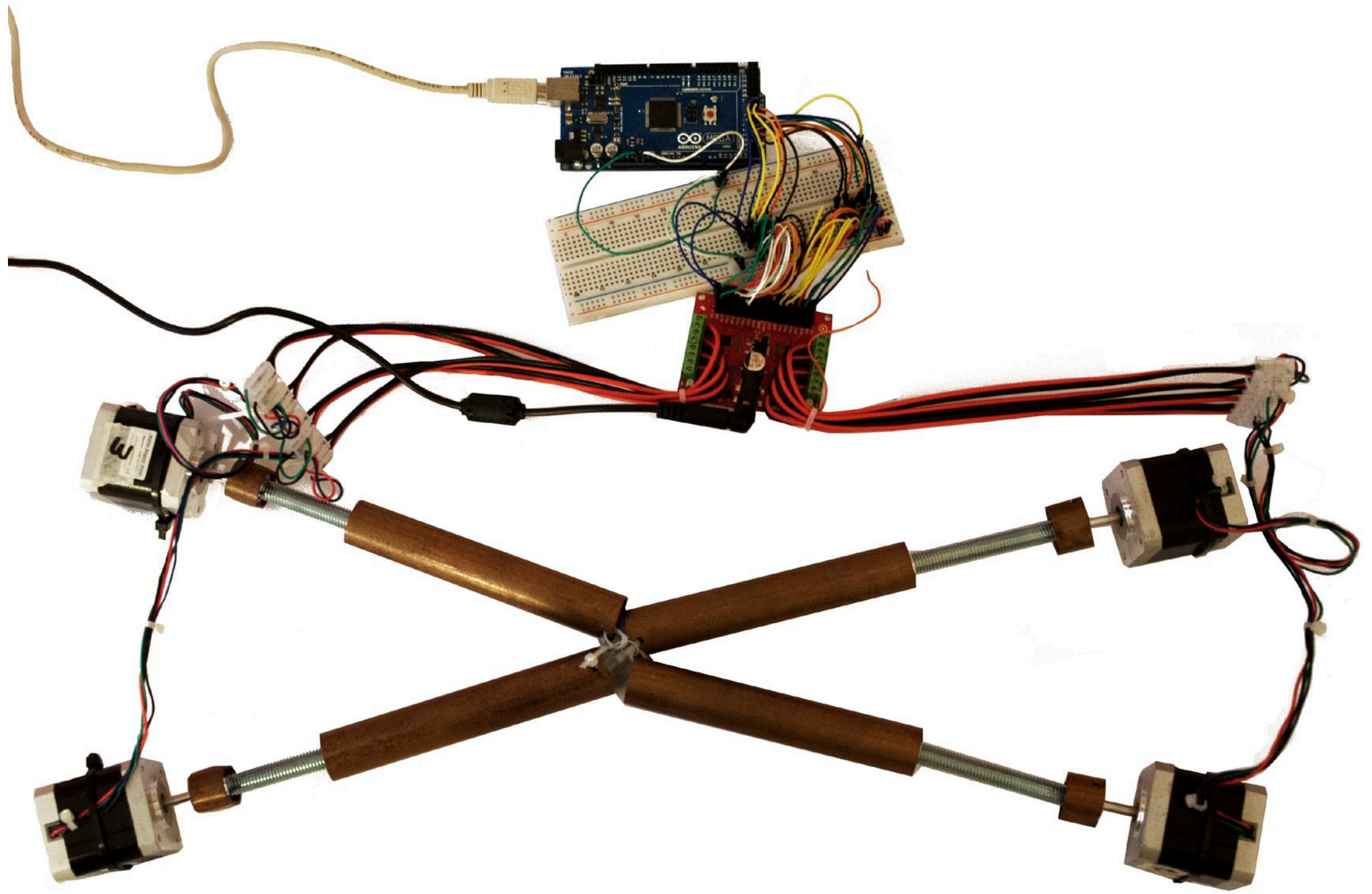
Kinect

Microsoft XBOX 360 / 2010



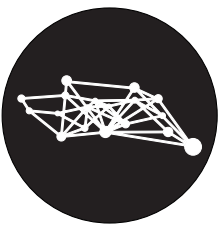
Λειτουργία

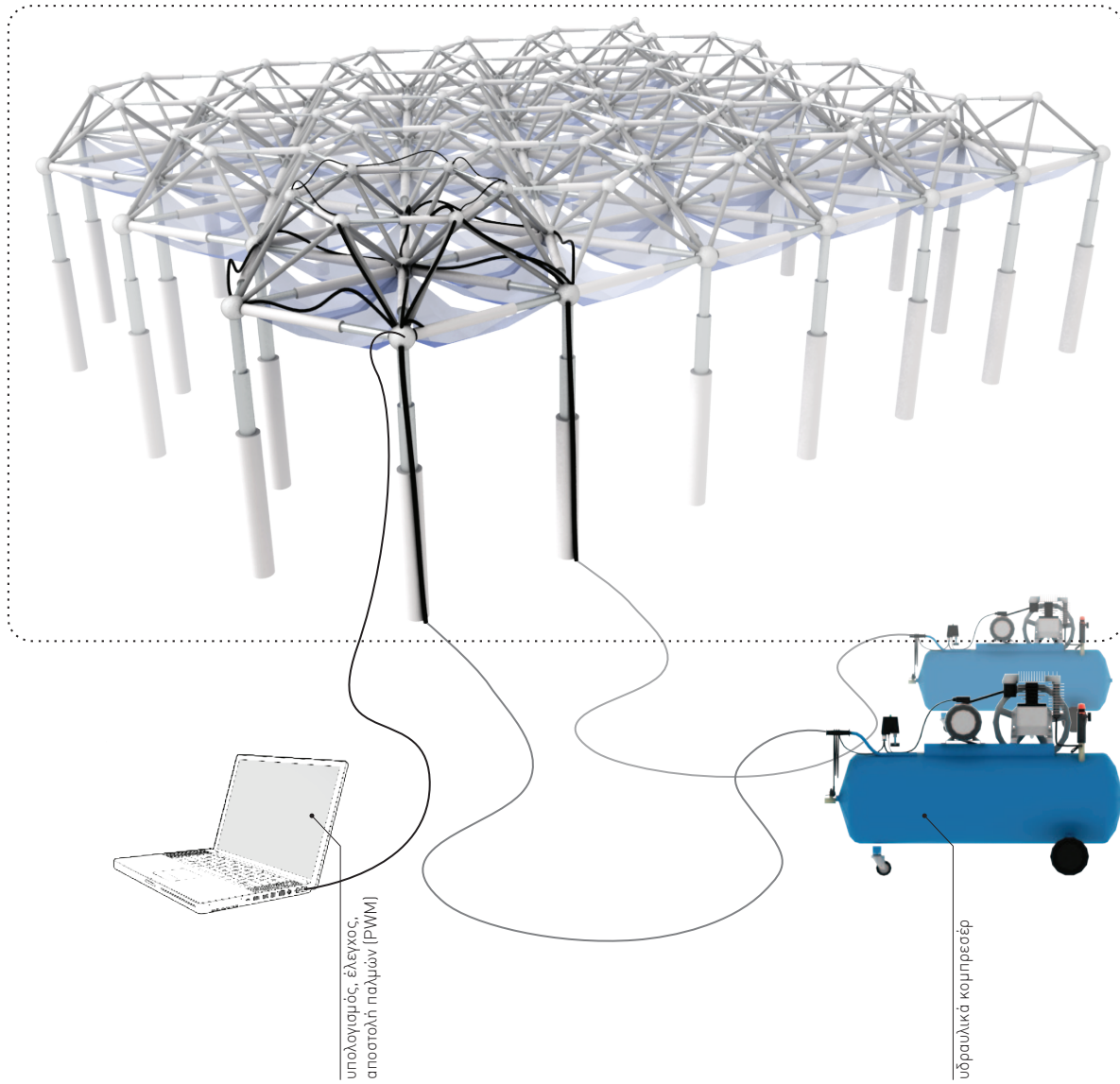
Αναπαράσταση



Λειτουργική μακέτα μηχανικών εμβόλων συνδεδεμένων με βηματικούς κινητήρες οι οποίοι ελέγχονται από το πρόγραμμα

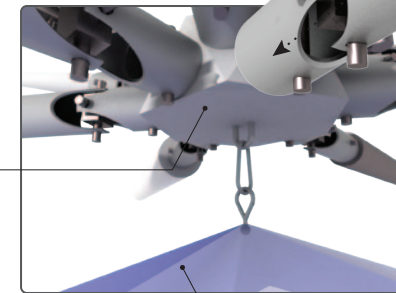
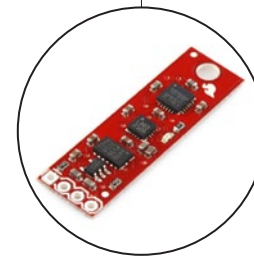
Σύγχρονα Σεισμολογικά Λεπτομέρειες εφαρμογής





Σύστημα ζωντανής δυναμικής ανάλυσης της κατασκευής με σένσορες σε κάθε κόμβο που μετρούν φορτίσεις (επιταχύνσεις) υπολογίζοντας ταυτόχρονα μετατοπίσεις εξισορρόπησης

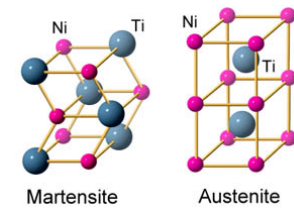
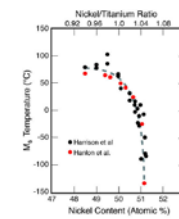
επιταχυνσιόμετρο
3 αξόνων
γυροσκόπιο
3 αξόνων

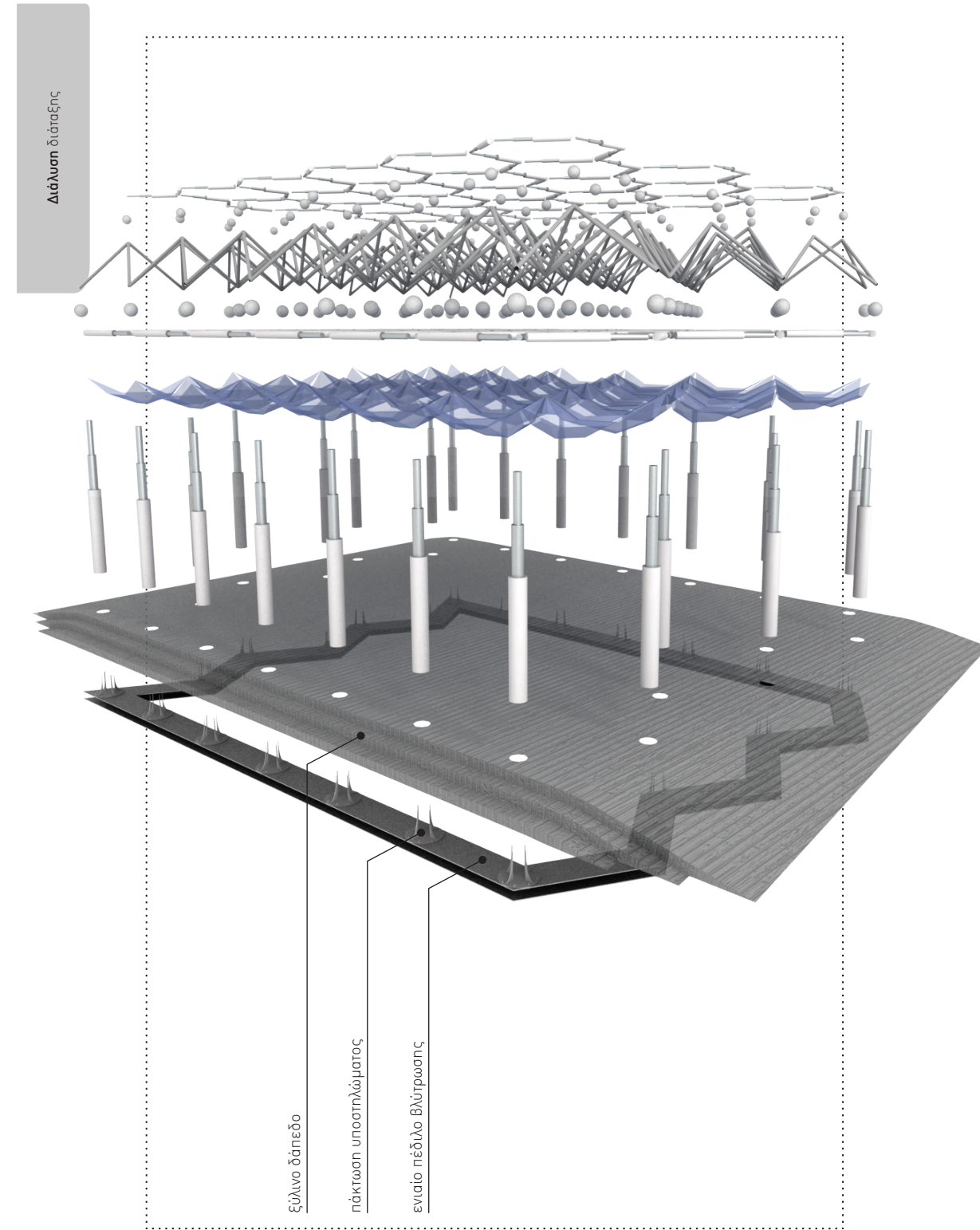
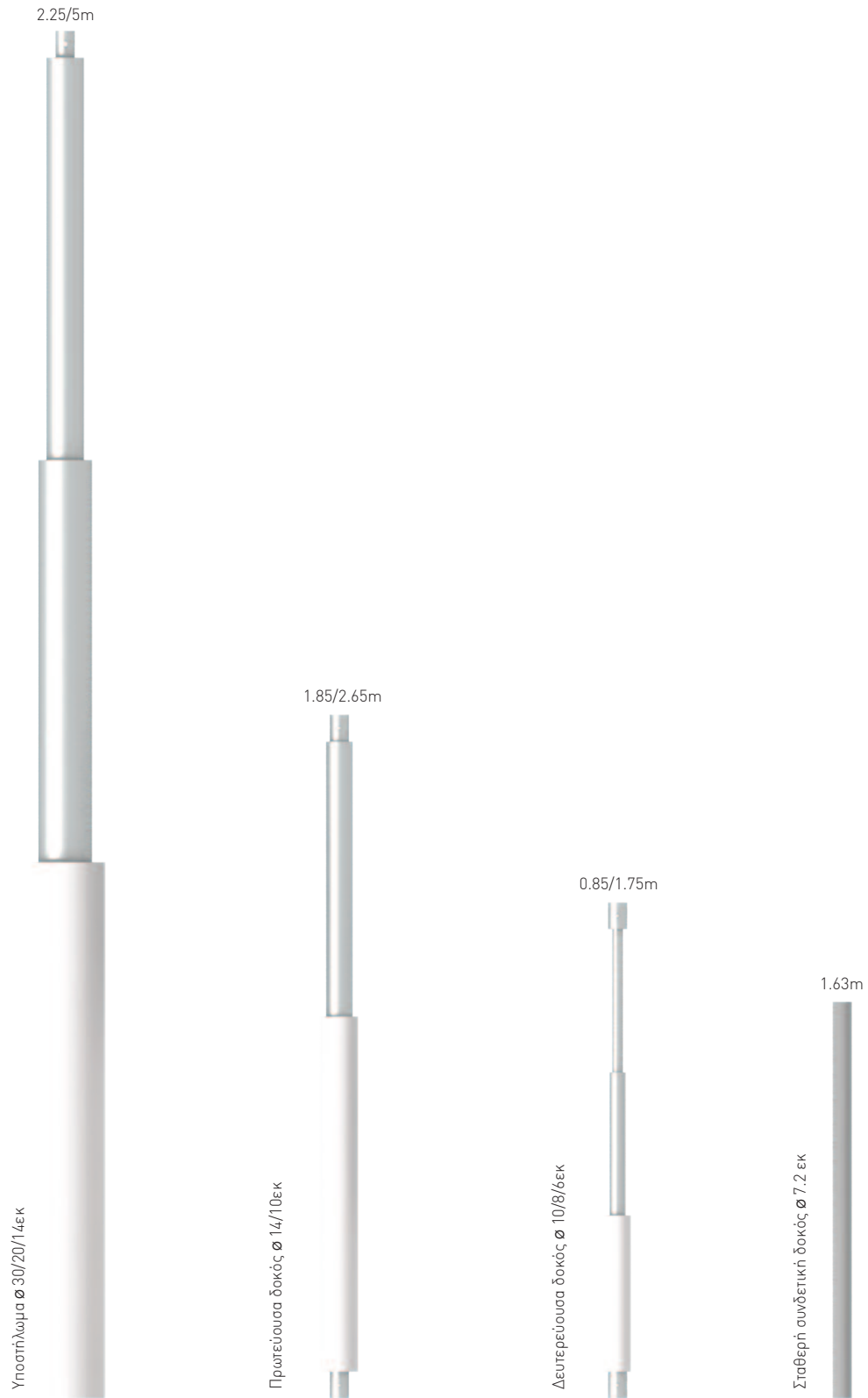


ελαστική μεμβράνη 2 mm

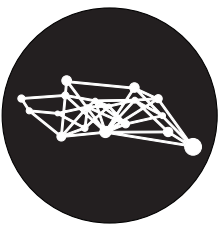
Nitinol

Υπερελαστική συμπεριφορά στη διαφορά θερμοκρασίας
Απομνημόνευση σχήματος (Shape memory)

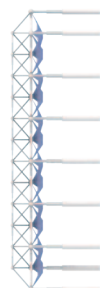
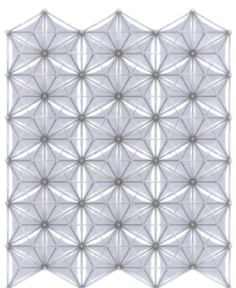
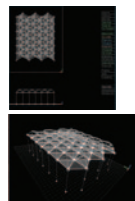
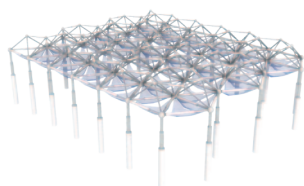




Σηματοφόρος

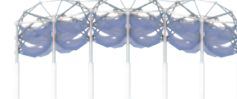
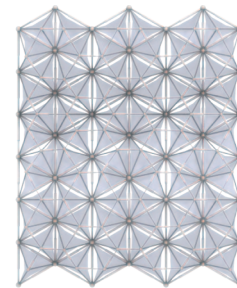
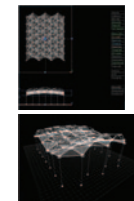
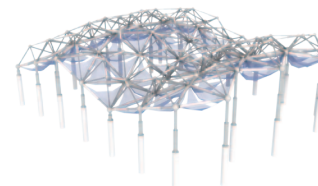


000 | κατάσταση αδράνειας



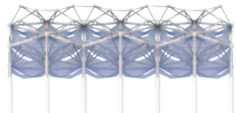
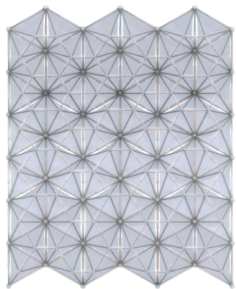
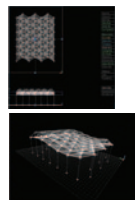
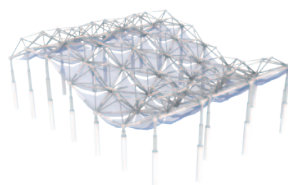
```
if (i%2==0)nodes[i][j]=new Node(50+startLen*cos(PI/6), 50+startLen*sin(PI/6), startZ, i, j);
else nodes[i][j]=new Node(50+startLen*cos(PI/6), 50+startLen*sin(PI/6), startZ, i, j);
```

T02 | ασύγχρονη ημιτονική-συνημιτονική επιφάνεια



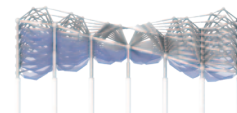
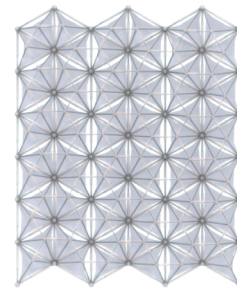
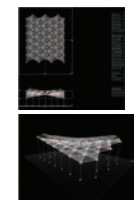
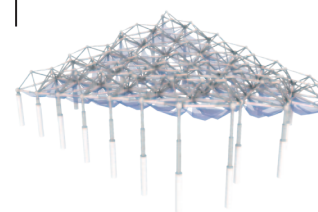
```
if (currIter<1) mover=sin(1.5*PI*py/pcy)+cos(0.5*PI*px/pcx);
```

T01 | ημιτονική επιφάνεια



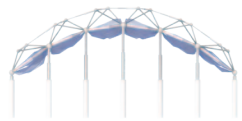
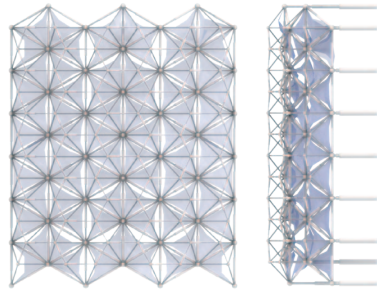
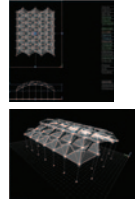
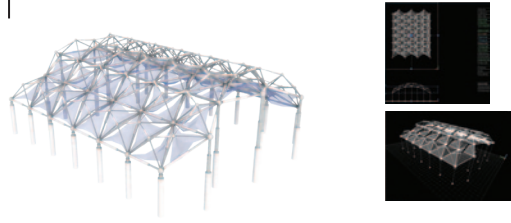
```
if (currIter<1) mover=sin(py*1*PI/pcy);
```

T03 | συνεφραπτομενική επιφάνεια



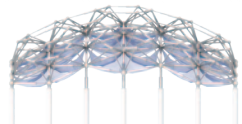
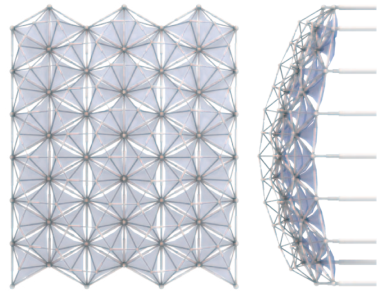
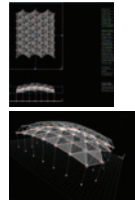
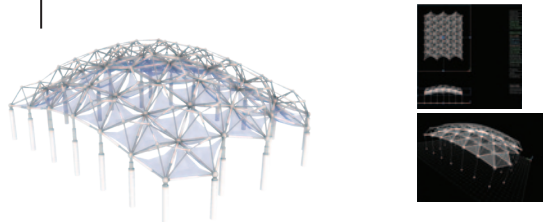
```
if (currIter<1) mover= atan((py*px)/pHeight);
```

θ01 | κυλινδρικός θόλος



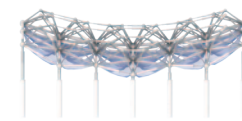
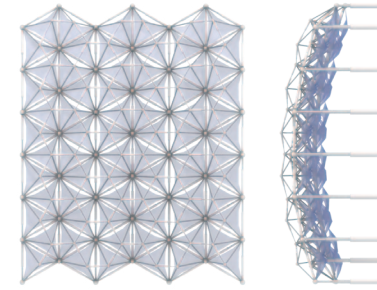
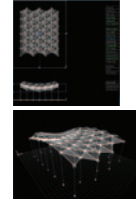
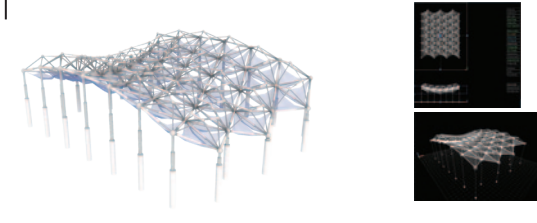
if (currIter<1) mover=-sqrt(x-px);

θ02 | σφαιρικός θόλος



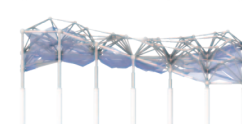
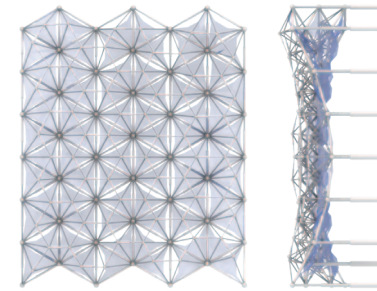
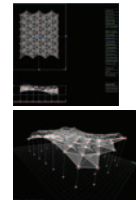
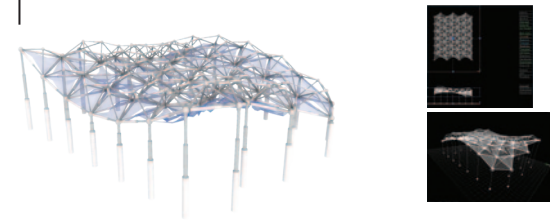
f (currIter<1) mover=-sqrt(sq[px]+sq[py]+5);

q02 | υπερβολικό παραβολοειδές



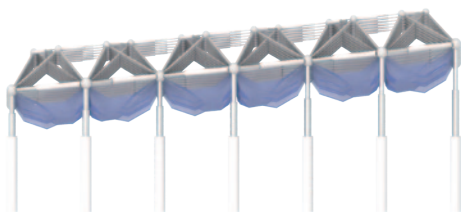
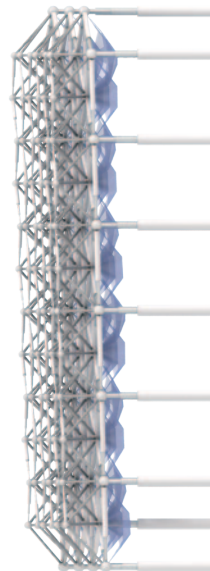
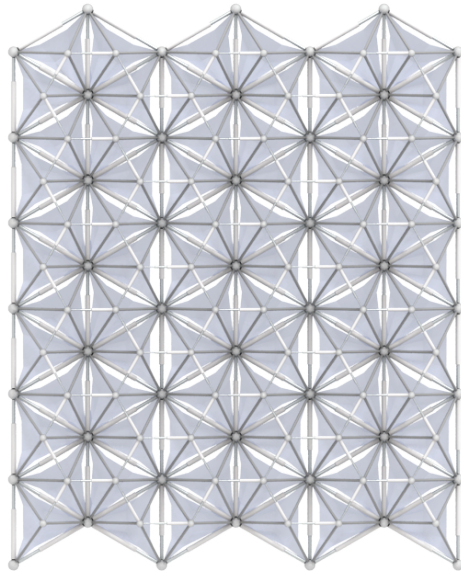
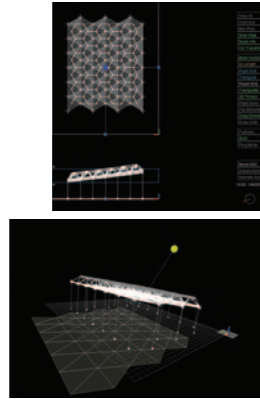
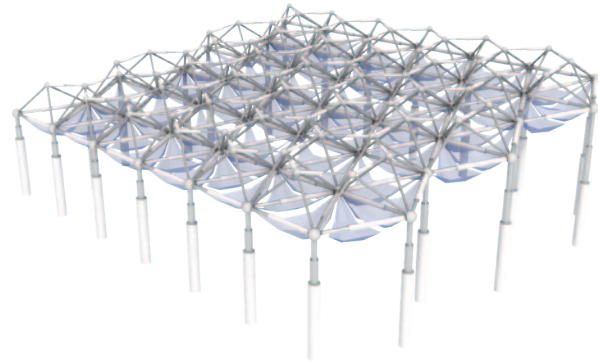
if (currIter<1) mover=0.5*sq[px]-0.5*sq[py];

q02 | monkey saddle surface



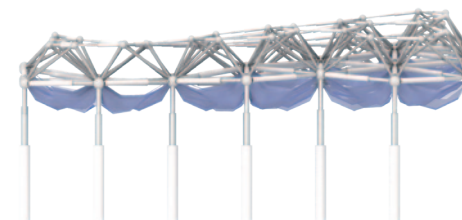
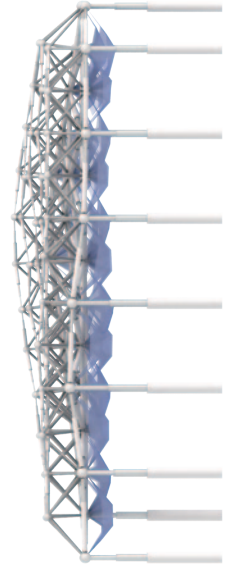
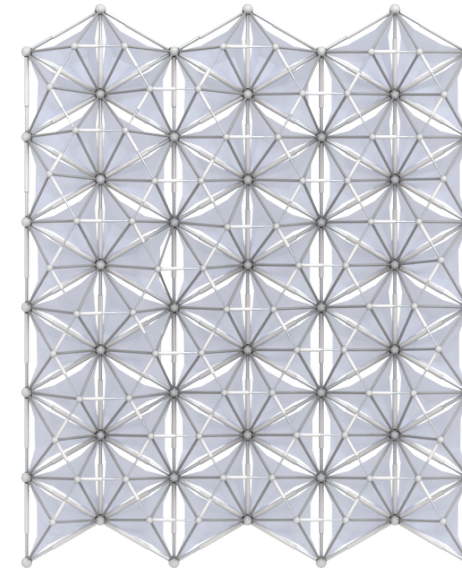
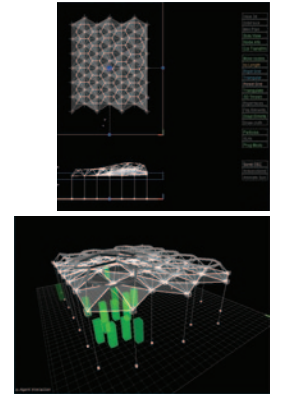
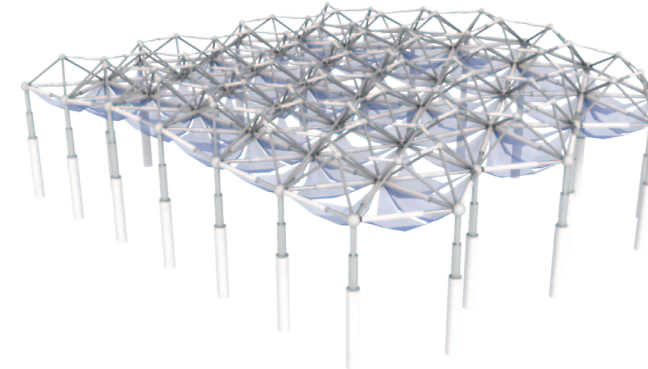
if (currIter<1) mover=px*sq[px]-3*sq[py];

δ01 | αντίδραση στην κίνηση του ηλίου

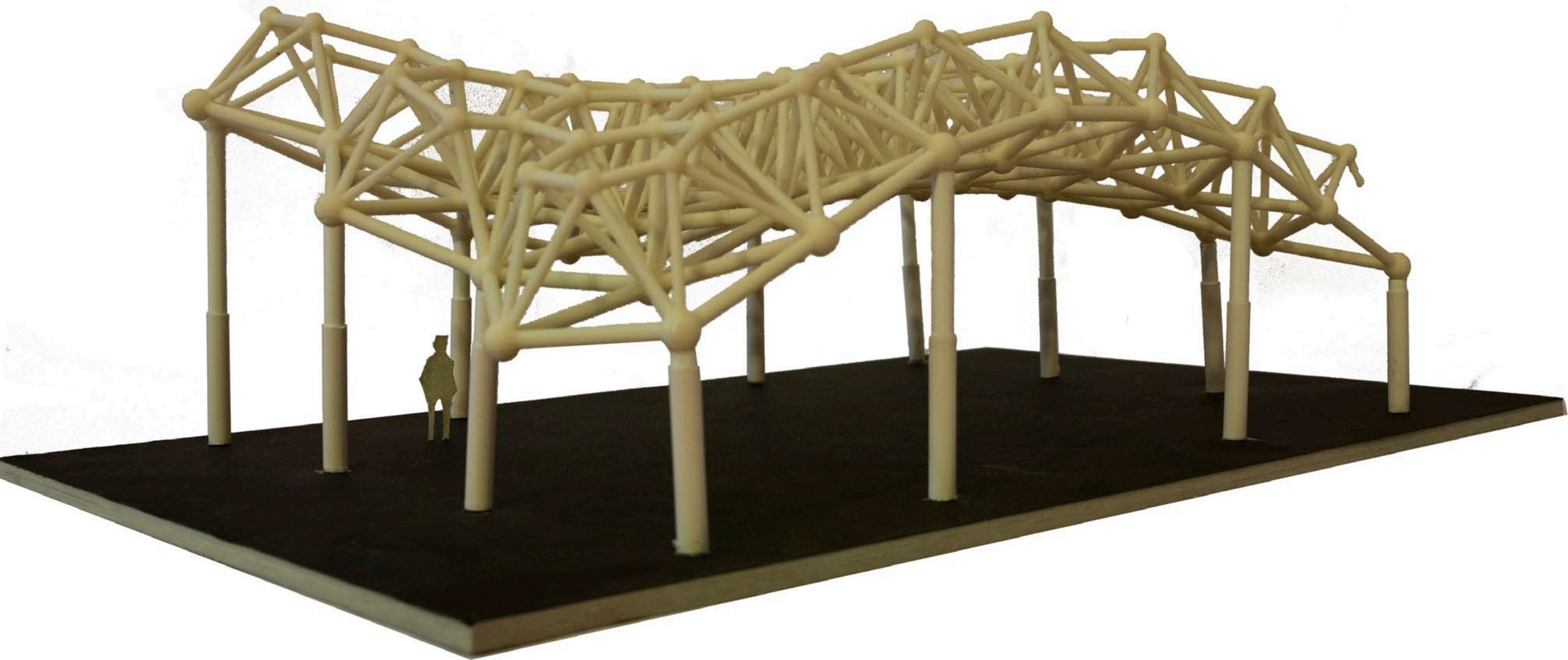


```
float sAngle=sunProjected.angleBetween(sunV);
float angleY=atan2(sunV, new Vec3D(0, 1, 0));
mover= 1/(sqrt(0.5+ |x|*0.008*sin(angleY) + cos(angleY)*|y|*0.008));
```

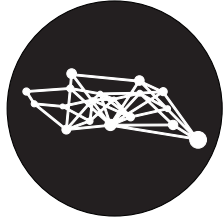
δ02 | διάδραση με την κίνηση των ανθρώπων



```
normal (gaussian) distribution
nodes[x][y].progVec.z+=pHeight*exp(-
sqrt(npDist/2*sq(2))/2+sqrt(sq(particles[i].pos.x-nodes[x][y].pos.x)+
sq(particles[i].pos.y-nodes[x][y].pos.y))/interactDistance
```



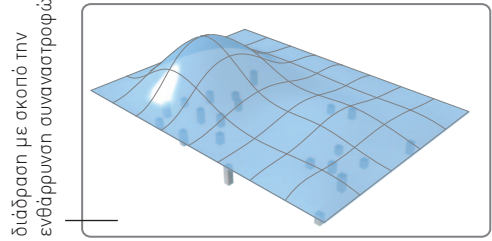
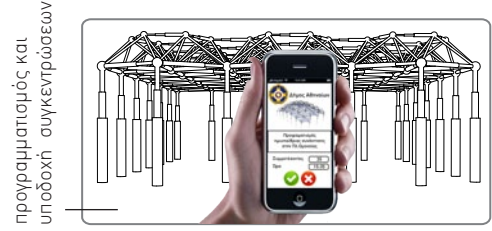
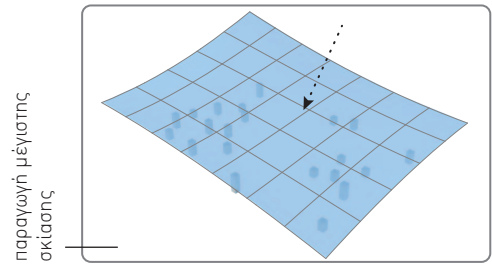
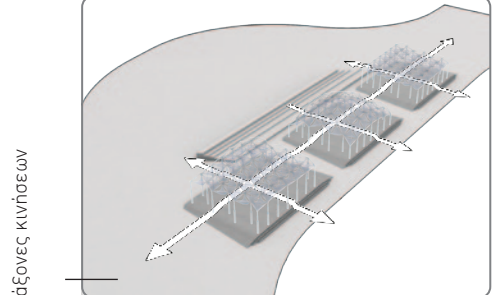
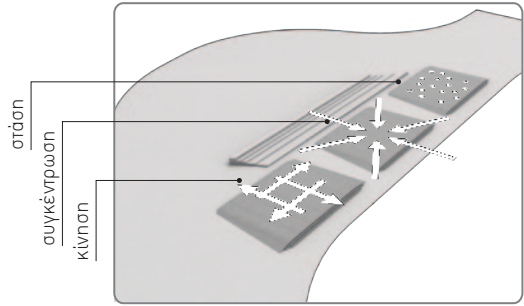
Μακέτα κατασκευασμένη με 3D printer
(monkey saddle surface)



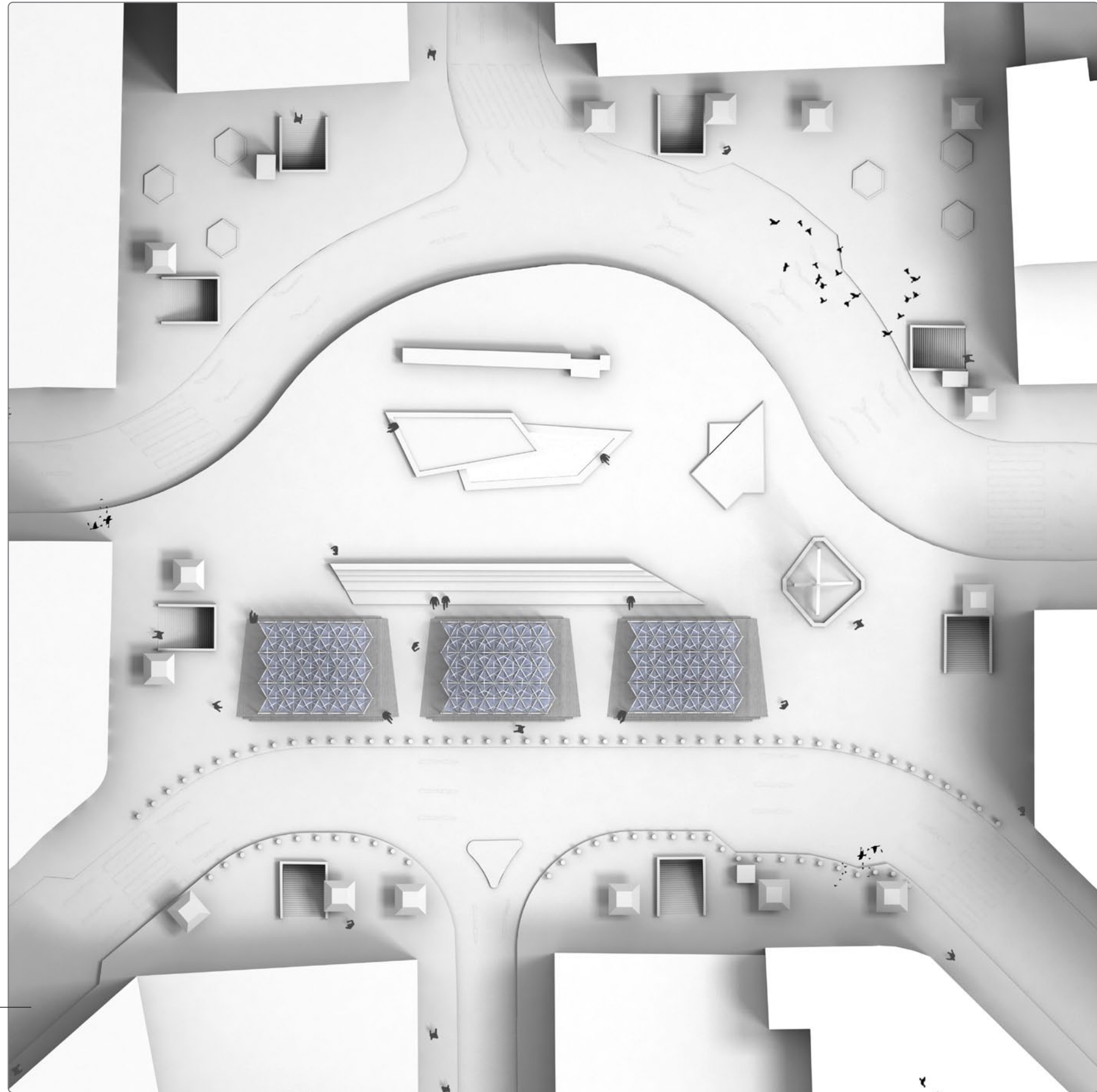
Πειραματική εγκατάσταση

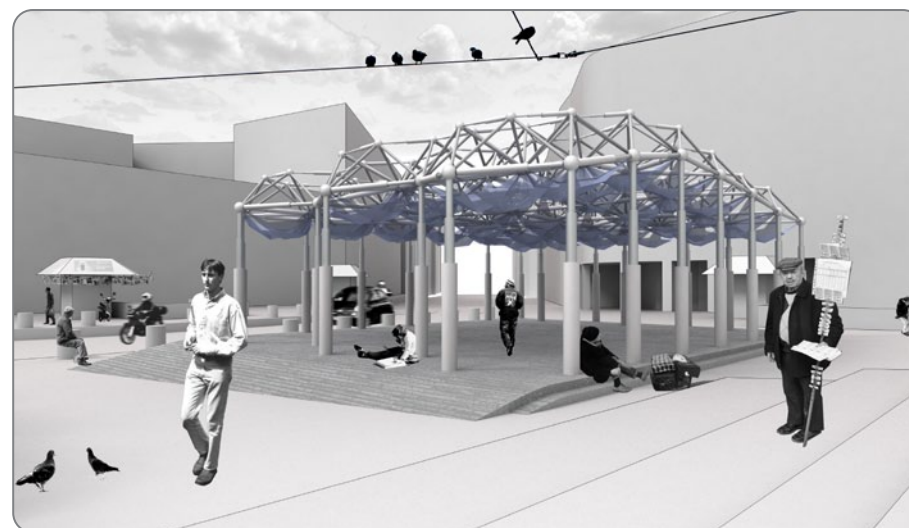
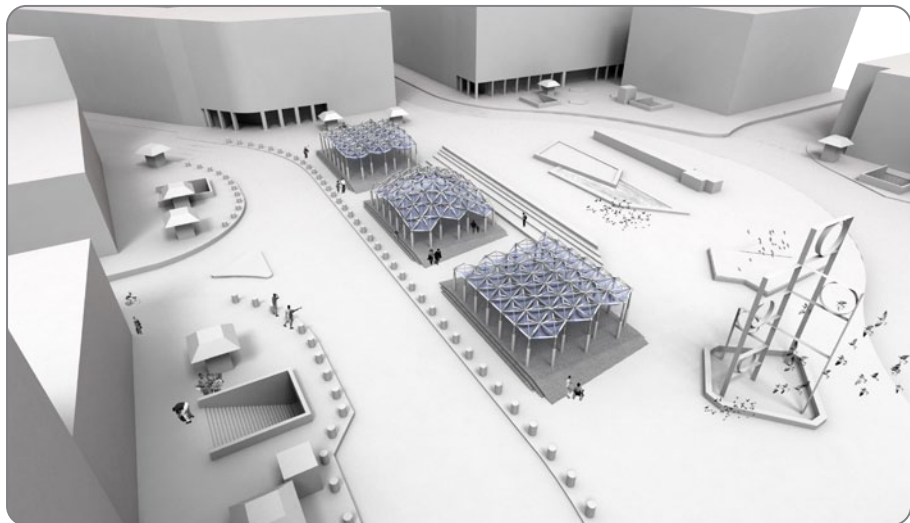


πλατεία ομονοίας



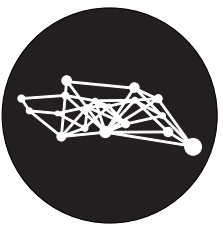
κάτοψη







Σημειώσεις



Πρώτα απ' όλα οφείλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δημήτρη Παπαλεξόπουλο για την υποστήριξη και την υπομονή του όλα αυτά τα χρόνια,

τους γονείς μου,

τον Πέτρο για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε στη διαδικασία συγγραφής του κώδικα,

το στατικό Νίκο Ρώση για τις συμβουλές του,

τον Θοδωρή του Εργαστηρίου Προπλασμάτων για την καιρία συμβολή του στην κατασκευή μελών της ηλεκτρονικής μακέτας,

τους φίλους μου: Ηρώ, Σπύρο, Ανδρέα, Γιώργο, Δημήτρη, Σεραφείμ, Αντώνη, τον άλλο Δημήτρη, Νάντια και Πένυ για τη βοήθεια τους στην παρουσίαση της διπλωματικής,

και τελικά τους ανθρώπους της κοινότητας ανοικτού λογισμικού που διέθεσαν ελεύθερα στο διαδίκτυο χρήσιμα εργαλεία, και που χωρίς αυτούς η δουλειά μου θα ήταν αδύνατη:

Ben Fry, Casey Reas (Processing)

Massimo Banzi, IVREA (Arduino)

Luis Fraguda (gHowl)

Daniel Piker (Kangaroo physics)

Andreas Schlegel (oscP5)

Karsten Schmidt (toxic libraries)

Arduino Library for Processing team

simpleOpenNI team(ETH)

Julien Gachadoat (blob detection)

Jonathan Feinberg (peasy cam)

Περισσότερα, όπως video που δείχνουν πως λειτουργεί το πρόγραμμα, καθώς και κομμάτια κώδικα που διατίθενται ως open source, μπορεί κανείς να βρει στο ιστολόγιο μου:

<http://at-nowhere.tumblr.com/>



Κινητικές Διαδραστικές Κατασκευές - Interactive Kinetic Structures by Constantinos Miltiadis is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported License.

