

αλγοριθμική υλικότητα

ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ,
ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΤΗΣ ΥΛΗΣ



ΔΙΑΛΕΞΗ

ΕΜΠ ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

Ελένη Κουσουρή

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Δημήτρης Παπαλεξόπουλος



01

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΔΟΜΗ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

02

A ΜΕΡΟΣ
- FREI OTTO
- ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
- ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ

03

B ΜΕΡΟΣ
- ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
(παραδείγματα εφαρμογών Achim Menges)

04

Γ ΜΕΡΟΣ
- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ
(παραδείγματα εφαρμογών Neri Oxman)

05

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

06

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ





01

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ/ ΔΟΜΗ



'We may now be in a position to think about form and structure, not as something imposed from the outside on an inert matter, not as a hierarchical command from above as in an assembly line, but as something that may come from within the material, a form that we tease out of those materials as we allow them to have a say in the structures we create.'

'Ίσως βρισκόμαστε πλέον στη θέση να σκεφτούμε την αρχιτεκτονική μορφή και τη δομή, όχι ως κάτι που επιβάλλεται από εξωτερικούς παράγοντες σε μια αδρανή ύλη, όχι ως μια ιεραρχική εντολή που επιβάλλεται 'από πάνω' όπως σε μια γραμμή συναρμολόγησης, αλλά ως κάτι που μπορεί να προκύψει, μια μορφή που αναδύεται από τα ίδια τα υλικά, όσο εμείς τους επιτρέπουμε να έχουν λόγο στις δομές που δημιουργούμε.'

Manuel de Landa

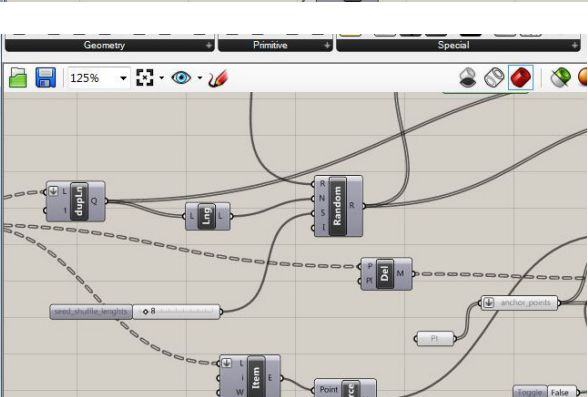
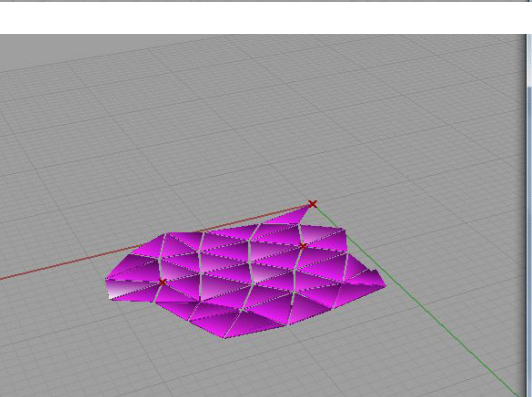
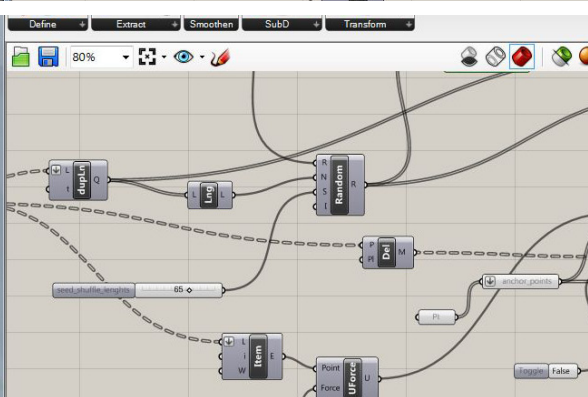
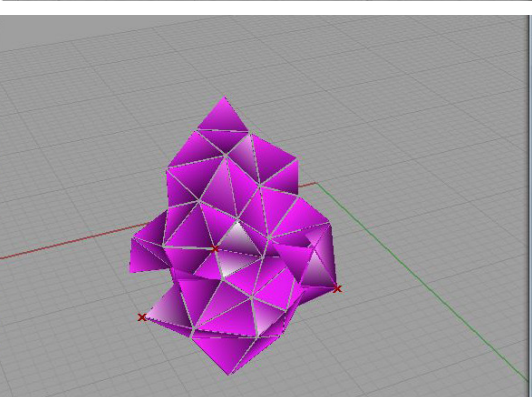
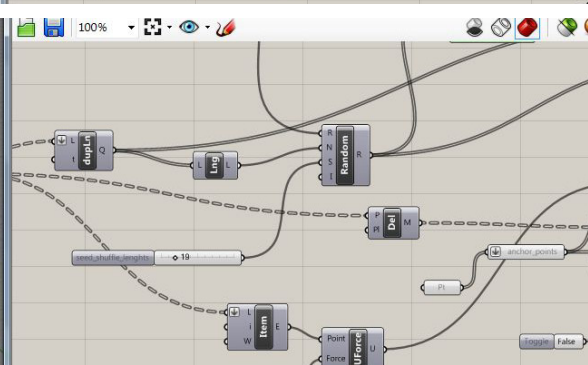
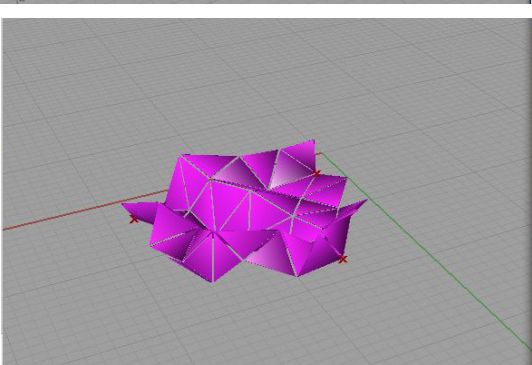
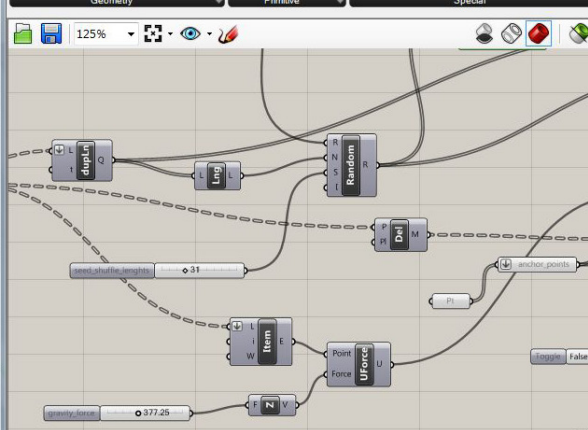
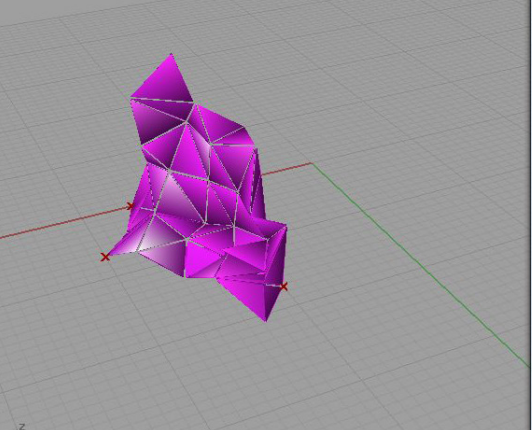


Τα τελευταία χρόνια, ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός βρίσκεται στο επίκεντρο σημαντικών αλλαγών.

Τα σύγχρονα μέσα παραγωγής και τα νέα βιομηχανικά εργαλεία, βασίζονται ολοένα και περισσότερο σε ψηφιακά ελεγχόμενες διαδικασίες κατασκευής.

Παράλληλα, ο υπολογιστικός σχεδιασμός (computational design) επιτρέπει πλέον στους αρχιτέκτονες να ενσωματώνουν πολύπλοκες πληροφορίες για τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των υλικών, ενημερώνοντας με αυτά τα δεδομένα, τη σχεδιαστική διαδικασία. Όπως θα δούμε αναλυτικά στη συνέχεια, κάτι τέτοιο, γίνεται δυνατό, με τη βοήθεια του προγραμματισμού και την ανάπτυξη αλγορίθμων που μιμούνται τη βιολογική εξέλιξη, και συμπιέζουν την πορεία του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού σε εξαιρετικά γρήγορες διαδικασίες.

Σταδιακά, φαίνεται να προκύπτει μια σύνδεση της υλικότητας και του υπολογιστικού σχεδιασμού φέρνοντας τις ψηφιακές διαδικασίες παραγωγής και την αρχιτεκτονική κατασκευή πιο κοντά από ποτέ.



Αυτή η εργασία, εξερευνά μια εναλλακτική ‘μορφογενετική’ προσέγγιση στο σχεδιασμό η οποία προσδίδει μορφολογική πολυπλοκότητα και αποδοτική ικανότητα στις κατασκευές, χωρίς να ξεχωρίζει τις διαδικασίες σχηματισμού από την υλικότητα.

Ο όρος *μορφογένεση*, [2] (προερχόμενος από της επιστήμες της βιολογίας), αναφέρεται στη λογική της παραγωγής μορφών και της δημιουργίας μοτίβων σε οργανισμούς, μέσα από διαδικασίες ανάπτυξης και διαφοροποίησης.

Μια τέτοια προσέγγιση απαιτεί τη κατανόηση του υλικού, της μορφής και της δομής όχι ως τρία ξεχωριστά στοιχεία, αλλά περισσότερο ως πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις που ενσωματώνονται και εξερευνούνται μέσω των διαδικασιών της υπολογιστικής ‘μορφογένεσης’, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Επιπλέον, απαιτεί πολλά περισσότερα από την ανάπτυξη ενός καταλόγου νέων υλικών, σε συνδυασμό με καινοτόμες τεχνολογίες παραγωγής. Είναι αναγκαία η κατανόηση της συμπεριφοράς των πολύπλοκων συστημάτων και των μαθηματικών διαδικασιών τους, καθώς και η συστηματική μεταφορά αυτής της γνώσης για το σχεδιασμό και την παραγωγή.

Με άλλα λόγια, αυτή η σχεδιαστική προσέγγιση, παρέχει μια αναζήτηση για την εξήγηση του ‘πώς τα φυσικά συστήματα εξελίσσονται και διατηρούνται’, και ένα σύνολο υποδειγμάτων και διαδικασιών για το σχεδιασμό, που μπορεί να αλλάξει ριζικά τα σύνορα της επιστήμης, των μαθηματικών και της βιομηχανίας, και να επηρεάσει έναν τρόπο σχεδιασμού σε πολλούς τομείς που ως τώρα βασιζόταν στη διάκριση μεταξύ σχεδιασμού και παραγωγής.

Η υλικότητα μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία μιας διερευνητικής σχεδιαστικής διαδικασίας, όπου οι ιδιότητες των υλικών, η συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά τους μπορούν πλέον, μέσω του προγραμματισμού, να αποτελέσουν ενεργούς σχεδιαστικούς παραγωγούς μορφής.

Αρχικά θα ορίσουμε τα εργαλεία αυτής της νέας λογικής, προσεγγίζοντας τον τρόπο που εξελίσσονται και διατηρούνται τα φυσικά συστήματα, και θα δούμε πως αυτή η κατανόηση και μελέτη των βιολογικών συστημάτων μπορεί να αξιοποιηθεί στη σχεδιαστική διαδικασία με τη χρήση του υπολογιστικού σχεδιασμού (computational design) και των αλγοριθμικών διαδικασιών.

Στο δεύτερο μέρος, θα μιλήσουμε για το πως ο υπολογιστικός σχεδιασμός, η ανεπτυγμένες μέθοδοι προσομοίωσης και η ρομποτική κατασκευή, επεκτείνουν τις σχεδιαστικές δυνατότητες προς ανεξερεύνητα πεδία. Έτσι, αξιοποιώντας τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά των υπάρχοντων υλικών, μέσω του αλγοριθμικού σχεδιασμού, αναδύονται περίπλοκες και αποδοτικές δομές, μέσα από εκπληκτικά απλά υλικά συστήματα.

Στο τρίτο μέρος, θα μελετήσουμε το πως οι αρχιτέκτονες στο κοντινό μέλλον, φαίνεται ότι δε θα είναι απλώς σε θέση να ενσωματώσουν στο σχεδιασμό χαρακτηριστικά και συμπεριφορές των υπάρχοντων υλικών, αλλά να σχεδιάσουν και να προγραμματίσουν, τον τρόπο συγκρότησης της ίδιας της ύλης. Ο προγραμματισμός των υλικών, γίνεται παράλληλα με τη μελέτη των στρατηγικών της φύσης, όπου η παραγωγή της μορφής οδηγείται από την μέγιστη αποδοτικότητα με την ελάχιστη δυνατή χρήση πόρων. Αυτή η εξερεύνηση καθιστάται υλοποιήσιμη ως ένα βαθμό σήμερα, μέσω των μηχανημάτων τρισδιάστατης εκτύπωσης. (3d print)

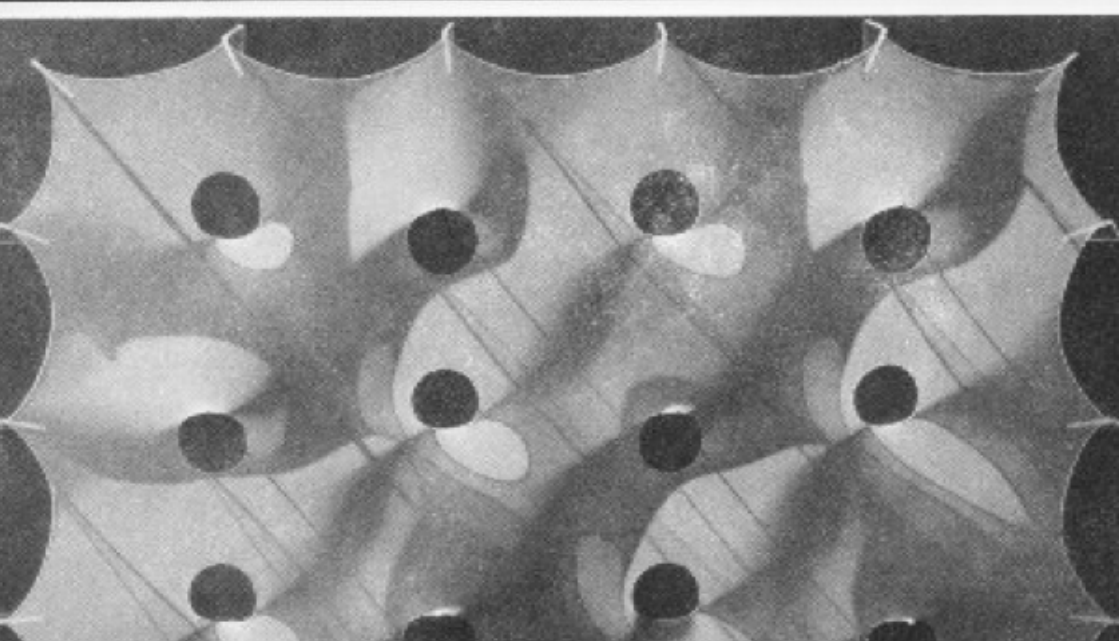
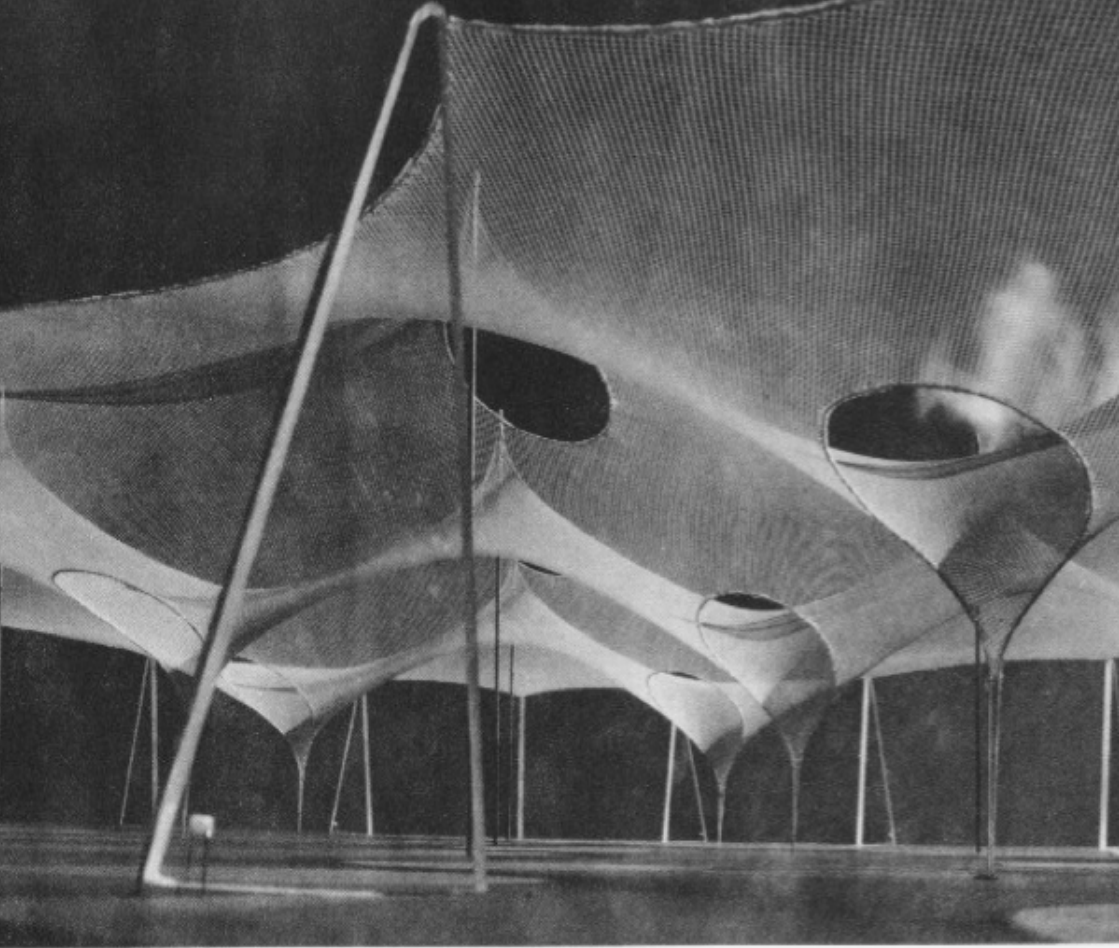
Τέλος θα δούμε με ποιους τρόπους τα νέα αυτά εργαλεία διαμορφώνουν τον τρόπο που μπορούμε να ξανασκεφτούμε τη σχεδιαστική διαδικασία, και προς τα που μετατοπίζουν το ρόλο του αρχιτέκτονα.

Αναφορές προηγούμενου κεφαλαίου

1. Achim Menges , "Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design", AD (Architectural Design) 2011
2. 'Mark Garcia', The Patterns of Architecture", AD (Architectural Design) December 2009

02

FREI OTTO
ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ ΣΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ



*‘Ποια είναι η προέλευση της αρχιτεκτονικής μορφής;
Πως ξεκινάμε να σχεδιάσουμε τη μορφή ενός προϊόντος, ενός
κτιρίου, μιας πόλης, ενός ρούχου;
Πώς ξεκινάμε να σκεφτούμε αυτή την διαδικασία;
[...]
Και αν η μορφή οφείλει να ακολουθεί τη λειτουργία μιας κατα-
σκευής, πως εξετάζεται αυτή η λειτουργία; Πως αξιολογείται;
Πως επικυρώνεται; Σύμφωνα με ποιον και με ποιο κριτήριο;’*

Neri Oxman ‘Designing Form’ 09.10

Ο σημαντικότερος εμπνευστής της σχεδιαστικής προσέγγισης που δίνει προτεραιότητα στην παράμετρο του υλικού της κατασκευής έναντι της γεωμετρίας για την παραγωγή της μορφής, είναι ο αρχιτέκτονας, Frei Otto.

Ο ίδιος διερωτήθηκε, αντί για το ‘πως θα ήθελε να είναι ένα αντικείμενο’ (‘what does an object want to be’), ‘πως θα ήθελε να είναι ένα υλικό’, (what does a material want to be)*.[1] και θεώρησε ότι οι ιδιότητες, οι δυνατότητες και οι περιορισμοί των υλικών μπορούν να αποτελέσουν ενεργούς οδηγούς, στην αναζήτηση για την εύρεση της μορφής, και τελικά να καθορίσουν το σχεδιαστικό αποτέλεσμα.

* (What does a brick want to be?) Louis Kahn [1]

The relationship between biology and building is now in need of clarification due to the real and practical exigencies. The problem of environment has never before been such a threat to existence. In effect it is a biological problem.. Not only has biology become indispensable for building but building for biology.

Η σχέση μεταξύ της βιολογίας και αρχιτεκτονικής έχει την ανάγκη αποσαφήνισης λόγω των πραγματικών και πρακτικών απαιτήσεων. Το πρόβλημα του περιβάλλοντος δεν αποτελούσε ποτέ πριν τέτοια απειλή. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα βιολογικό πρόβλημα .. Όχι μόνο έχει η βιολογία είναι απαραίτητη για την κατασκευή, αλλά και η κατασκευή για τη βιολογία.

Otto, 1971



Ο Frei Otto επινόησε τον όρο 'Selbstbildung', [2] τη διαδικασία του 'αυτο-σχηματισμού' που κρύβεται πίσω από το μεγαλύτερο μέρος των πειραμάτων του σχετικά με μεμβράνες, κελύφη και άλλα συστήματα.

Αυτός ο όρος αναφέρεται στην παραγωγή του σχήματος ενός συστήματος, 'με την εύρεση της ισορροπίας των δυνάμεων που δρουν πάνω του' και των εσωτερικών αντιστάσεων που υποβάλλονται από τις ιδιότητες των υλικών τους.

Με άλλα λόγια, ο σχεδιαστής ορίζει μια σειρά από κρίσιμες παραμέτρους και χαρακτηριστικά υλικών, όπου το 'υλικό σύστημα' εγκαθίσταται στην κατάσταση ισορροπίας ανάλαμβάνοντας το συγκεκριμένο σχήμα του μέσα από αυτή τη διαδικασία. Αυτή η μέθοδος σχεδιασμού μέσω της εύρεσης μορφής, σύμφωνα με τον Frei Otto, είναι ριζικά διαφορετική από τον 'ορισμό' μιας συγκεκριμένης μορφής.*

Ο Frei Otto κατά κύριο λόγο ασχολείται με την ανάπτυξη ελαφριών δομών μεγάλων ανοιγμάτων με πρωταρχικό στόχο τη βελτίωση της αναλογίας της μάζας του συστήματος για την φέρουσα ικανότητα του. Συνήθως χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος για να σχηματίσει τη γενική μορφή της δομής.

Τελικά, η μορφή προκύπτει ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του φορτίου.

Ο ίδιος, μαζί με μια σειρά αρχιτεκτόνων, θεωρήθηκαν οι εφευρέτες αρχιτεκτονικών μορφών, (form finders) του 70' και ανέπτυξαν μια διευρυμένη έρευνα που βασίζεται στη μελέτη και τη μίμηση της δομής και εξέλιξης των φυσικών συστημάτων μέσα από την παρατήρηση φυσικών συμπεριφορών και δυνάμεων. [4]

* «Σε αναφορές του στη μορφολογία, ο Goethe σημειώνει την βαθιά διάκριση μεταξύ gestalt, 'το συγκεκριμένο σχήμα', και bildung, 'τη διαδικασία από την οποία προκύπτει το συγκεκριμένο σχήμα.

Υπό αυτή την έννοια, το gestalt είναι ένα στιγμιότυπο (snapshot) στο χώρο και το χρόνο. Επομένως, η πολύπλοκη μορφολογία των υλικών gestalt πρέπει πάντα να γίνεται αντιληπτή σε σχέση με την μορφογένεση, τη συνεχή διαδικασία του γίνεσθαι. Η αναγνώριση ότι το Gestalt των φυσικών συστημάτων σχετίζεται άρρηκτα και εγγενώς με τις διαδικασίες της υλικοποίησης τους είναι κρίσιμη σημασία.»

Frei Otto



«Οι ζωντανοί οργανισμοί θεωρούνται, ως συστήματα, τα οποία αποκτούν τις πολύπλοκες μορφές και τα συστήματα συμπεριφοράς τους, μέσα από αλληλεπιδράσεις, χωρικές και χρονικές των συστατικών στοιχείων και μερών τους».

Οι βιολογικές μορφές και η συμπεριφορά τους αναδύονται μέσα από διαδικασίες. Πρόκειται για διαδικασίες που παράγουν, επεξεργάζονται και διατηρούν τη μορφή ή τη δομή των βιολογικών οργανισμών και η διαδικασία αποτελείται από μια πολύπλοκη σειρά ανταλλαγών μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντός του.

Επιπλέον, ο οργανισμός έχει τη δυνατότητα για τη διατήρηση της συνέχειας και της ακεραιότητας του, αλλάζοντας πτυχές της συμπεριφοράς του. [1]

Με άλλα λόγια, πρόκειται για αλληλοσυσχετισμούς και αλληλεπιδράσεις, κατά τις οποίες συνδιάζονται οι ιδιότητες των υλικών με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τους εξωτερικούς περιορισμούς, και μέσω αυτών των συσχετισμών, και αλληλεπιδράσεων αναδύεται μαζί με τη μορφή, η λειτουργικότητα, η αποδοτική ικανότητα, και η χρήση της απαραίτητης ποσότητας του υλικού.

«Στη φύση, οι μορφές είναι το αποτέλεσμα συσχετισμών των υλικών και των αντίστοιχων περιβαλλοντικών παραμέτρων και περιορισμών». Το σχήμα είναι απλά στη συνέχεια ένα υποπροϊόν, ένα παράγωγο σχηματισμού της φυσικής συμπεριφοράς. Προκύπτει ως αποτέλεσμα προσαρμοσμένο στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

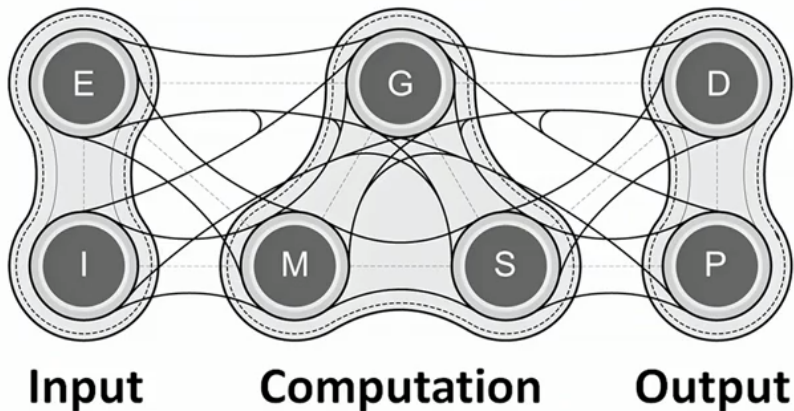
Στο φυσικό περιβάλλον, η μορφή, η συμπεριφορά και η υλικότητα είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Η μορφή ενός οργανισμού επηρεάζει τη συμπεριφορά του στο περιβάλλον, και μια συγκεκριμένη συμπεριφορά θα παράγει διαφορετικά μορφολογικά αποτελέσματα σε διαφορετικά περιβάλλοντα, ή εάν εκτελείται υπό διαφορετικές συνθήκες στο ίδιο περιβάλλον. Η συμπεριφορά είναι μη-γραμμική.

Ο Norbert Wiener, ήταν ο πρώτος ο οποίος ανέπτυξε τις πρώτο μαθηματικές περιγραφές της ανταποκριτικής συμπεριφοράς σε μηχανήματα και ζώα, στην έρευνα του, cybernetics, on anticipation, feedback and response.

the manifest form, is the result of computational interaction between internal rules and external morphogenetic pressures that, themselves, originate in other adjacent forms (ecology). The pre-concrete, internal rules comprise, in their activity, an embedded form, what is today clearly understood and described by the term algorithm.

Η μορφή, είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των εσωτερικών κανόνων και των εξωτερικών μορφογενετικών πιέσεων που, προέρχονται και από άλλες γειτονικές μορφές. Οι εσωτερικοί κανόνες περιγράφουν, στη δραστηριότητά τους, μία ενσωματωμένη μορφή, που είναι σήμερα σαφώς κατανοητή και περιγράφεται με τον όρο 'αλγόριθμος'.

Achim Menges



Έτσι το ενδιαφέρον για τους αρχιτέκτονες δεν έγκειται απλώς στην αντιγραφή και στη μίμηση των φυσικών συστημάτων, αλλά στην *κατανόηση των διαδικασιών* που παράγουν τις μορφές στο φυσικό κόσμο.

Ο αλγοριθμικός σχεδιασμός προσφέρεται για μία τέτοια αναζήτηση, μιας και επιτρέπει την κωδικοποίηση των συστατικών και περιορισμών των υλικών που εντοπίζονται στο φυσικό περιβάλλον, και τη χρησιμοποίησή τους στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

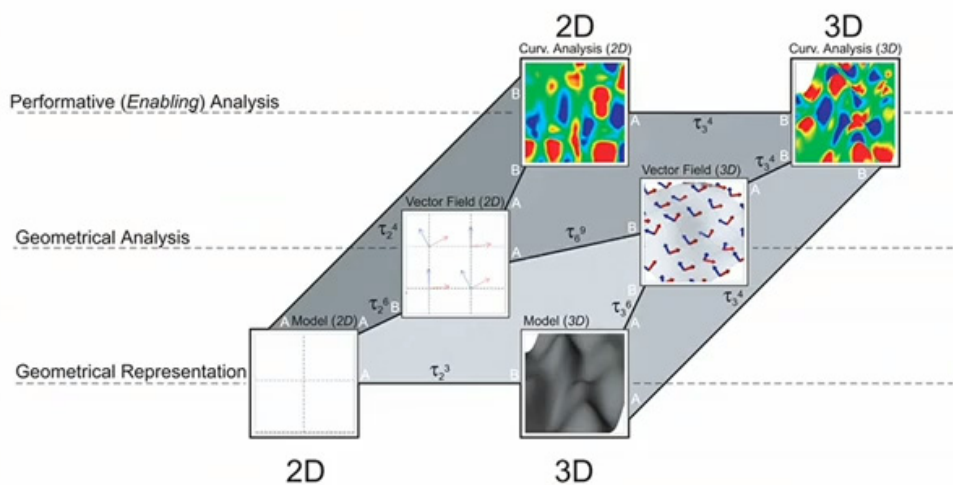
Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά του υλικού, αλλά ακόμα και παράμετροι όπως οι περιορισμοί και τα χαρακτηριστικά των εργαλείων της ψηφιακής παραγωγής, μπορούν να κωδικοποιηθούν μέσω του αλγοριθμικού σχεδιασμού.

Από τους αλληλοσυσχετισμούς και τις αλληλεπιδράσεις αυτών των παραμέτρων, αναδύεται η αρχιτεκτονική μορφή, μέσα από τη διαδικασία που ονομάζεται 'μορφογένεση' (*συνεχής διαδικασία του γίνεσθαι*).

Παράλληλα, ο υπολογιστικός σχεδιασμός προσφέρει ένα νέο περιβάλλον σχεδιασμού, που έχει τη δυνατότητα να συμπιέσει την σχεδιαστική πορεία σε εξαιρετικά γρήγορες διαδικασίες. (Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι είναι επαναληπτικές διαδικασίες, δομές με απλοποιημένες λογικές που αντλούνται από τη βιολογική εξέλιξη, και χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολλούς τομείς για την επίλυση μη γραμμικών και δυσεπίλυτων προβλημάτων.)

Η διαδικασία ξεκινά συνήθως με την έναρξη ενός τυχαίου πληθυσμού μορφών, από την οποία επιλέγονται εκείνες που ταιριάζουν καλύτερα τα επιθυμητά κριτήρια. *

Έτσι λοιπόν σήμερα, υπάρχει η δυνατότητα για αρχιτεκτονικά έργα που βασίζουν τη δημιουργία τους σε διαδικασίες-αλγόριθμους που παράγουν μορφή, και μέσω αυτών των διαδικασιών δίνεται η δυνατότητα «ώστε δομικές, κατασκευαστικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές παράμετροι να εισάγονται από την αρχή στις διαδικασίες σχεδιασμού, και να αποτελούν τους βασικότερους όρους συγκρότησης του σχεδιαστικού αποτελέσματος».[2]



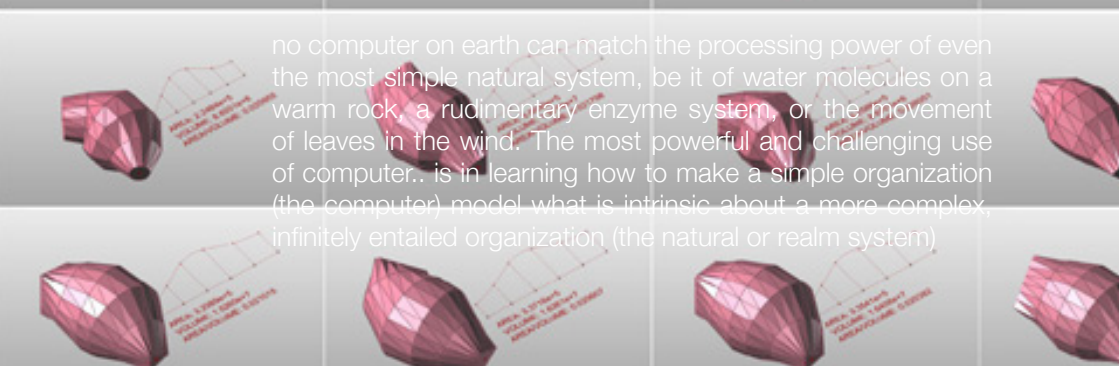
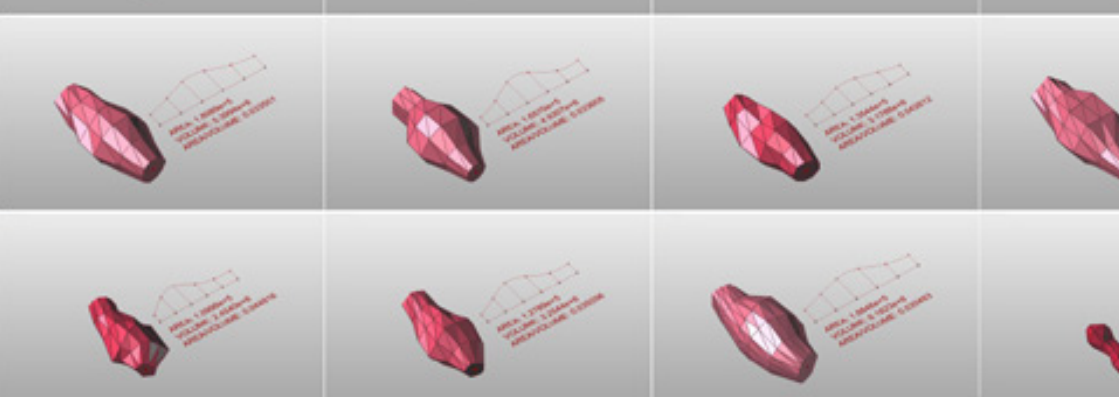
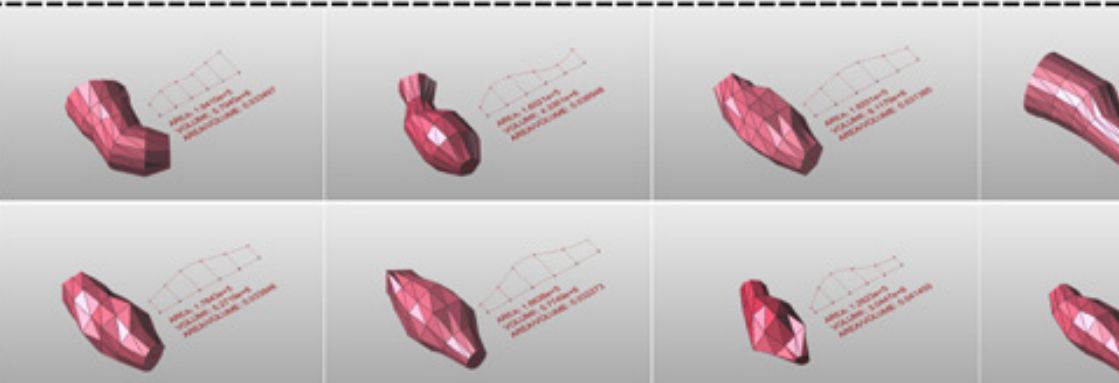
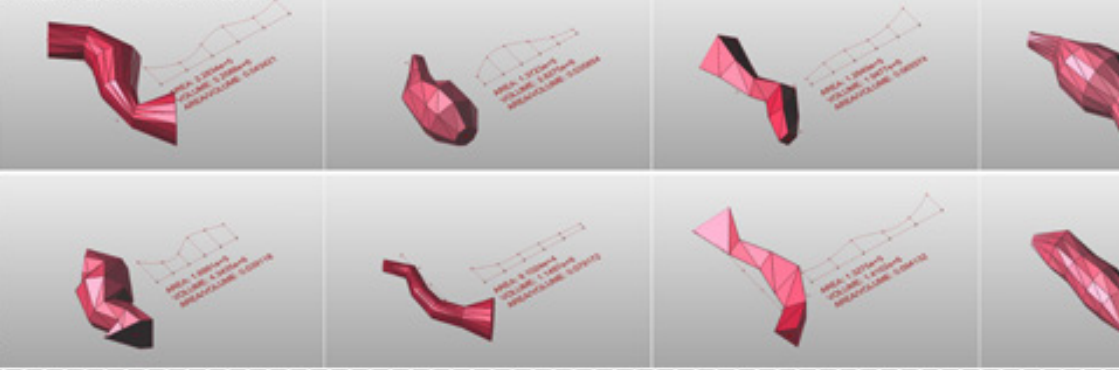
Μέχρι πρόσφατα, “ο διαχωρισμός ανάμεσα στη μορφή, τη δομή και το υλικό, βαθιά ριζωμένος στη μοντερνιστική θεωρία”, συνοδευόταν και από έναν μεθοδολογικό διαχωρισμό μεταξύ των τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, την διαδικασία της ανάλυσης και τελικά, την κατασκευή.

Μια τέτοια σχεδιαστική προσέγγιση οδήγησε στη παραγωγή μορφής με γνώμονα τη γεωμετρία, (το υλικό ήταν δευτερεύουσας σημασίας) ενώ «η ιεράρχηση της μορφής πέρα από το υλικό διεξήχθη στη λογική της ανάπτυξης και του σχεδιασμού της CAD».[3]

Σε αντίθεση με αυτή τη λογική, στον αλγοριθμικό σχεδιασμό με επίκεντρο υλικότητα, αντί να σχεδιάσει κανείς δισδιάστατες, τρισδιάστατες γεωμετρίες, που μεταβιβάζονται στους μηχανικούς/ αναλυτές για στατική ανάλυση, αντιστρέφεται η διαδικασία. Έτσι, ξεκινώντας απ' τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τις ιδιότητες του υλικού, και τους εξωτερικούς περιορισμούς, αναδύονται, τρισδιάστες γεωμετρίες, από περίπλοκα συστήματα, που διέπονται από μαθηματικές σχέσεις, και έχουν ενσωματώσει αυτές τις πληροφορίες των υλικών συστημάτων.

«Λειτουργώντας βάσει αυτού του μορφογενετικού παραδείγματος των φυσικών συστημάτων, οι αρχιτέκτονες σήμερα εμφανίζονται ως ελεγκτές, ρυθμιστές διαδικασιών/ αλγορίθμων, οι οποίες διευκολύνουν την ανάδυση επεξεργασιών, και αποδίδουν δομικούς- κατασκευαστικούς σχηματισμούς. Το αντικείμενο της αρχιτεκτονικής, περιγράφεται, από τις έννοιες της διαρρύθμισης, της ανάπτυξης, και του σχηματισμού και τη σύνδεσή τους με την πληροφορία και τη συμπεριφορά, και όχι με εκείνη της μορφής, η οποία βρίσκεται σε εξάρτηση από τις πρώτες».[4]

FIRST GENERATION



no computer on earth can match the processing power of even the most simple natural system, be it of water molecules on a warm rock, a rudimentary enzyme system, or the movement of leaves in the wind. The most powerful and challenging use of computer. is in learning how to make a simple organization (the computer) model what is intrinsic about a more complex, infinitely entailed organization (the natural or realm system)

Συνεπώς, οι αρχιτέκτονες/ σχεδιαστές γίνονται συντάκτες των παραμέτρων και περιορισμών, και αντι για κατασκευές «αντικείμενα», σχεδιάζουν «διαδικασίες» που «παράγουν» (generate) πολλαπλές περιπτώσεις κατασκευών.

Κατα αυτόν τον τρόπο, ο υπολογιστική/ αλγοριθμική υλικότητα' (material computation) ξεπερνά την αξία της ψηφιακής γεωμετρικής αναπαράστασης και αποκτά λειτουργικά, και μορφογενετικά χαρακτηριστικά.

Συνεπώς, διαθέτει μεγάλη ισχύ για τον αρχιτέκτονα στις μορφολογικές, δομικές, και “υλικές” του αναζητήσεις.

Στη συνέχεια θα δούμε μερικές εφαρμογές που παράχθηκαν μέσα από υπολογιστικές σχεδιαστικές αναζητήσεις, με σημείο έμπνευσης τις βιομηχανικές αρχές, αξιοποιώντας σε κάθε περίπτωση τις δυνατότητες των σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων παραγωγής, όπως για παράδειγμα, τους ρομποτικούς βραχίονες, και την τρισδιάστατη εκτύπωση.

Αναφορές προηγούμενου κεφαλαίου

1. Oxman, N. and J. L. Rosenberg. (2007). Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators. *International Journal of Architectural Computing*

2. Χρήστος Χονδρός, Στρατηγικές Μορφοποίησης: Ανάδυση, Προγραμματισμός, Συλλογικότητα, Μεταπτυχιακό ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία Οκτ 2010

3. Bob Sheil, “Manufacturing the Bespoke: Making and Prototyping Architecture”, *AD Reader*, March 2012

4. Χρήστος Χονδρός, Στρατηγικές Μορφοποίησης: Ανάδυση, Προγραμματισμός, Συλλογικότητα, Μεταπτυχιακό ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία Οκτ 2010

Winfried Nerdinger: *Frei Otto: Complete Works, Lightweight Construction, Natural Design*, Architekturmuseum der Technischen Universität München, BIRKHAUSER

03

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ



Σε αυτό το πρώτο μέρος των εφαρμογών θα δούμε την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των υλικών (συγκεκριμένα του ξύλου) στη σχεδιαστική διαδικασία, μέσα από δύο παραδείγματα εγκαταστάσεων/ περιπτέρων (pavillions).

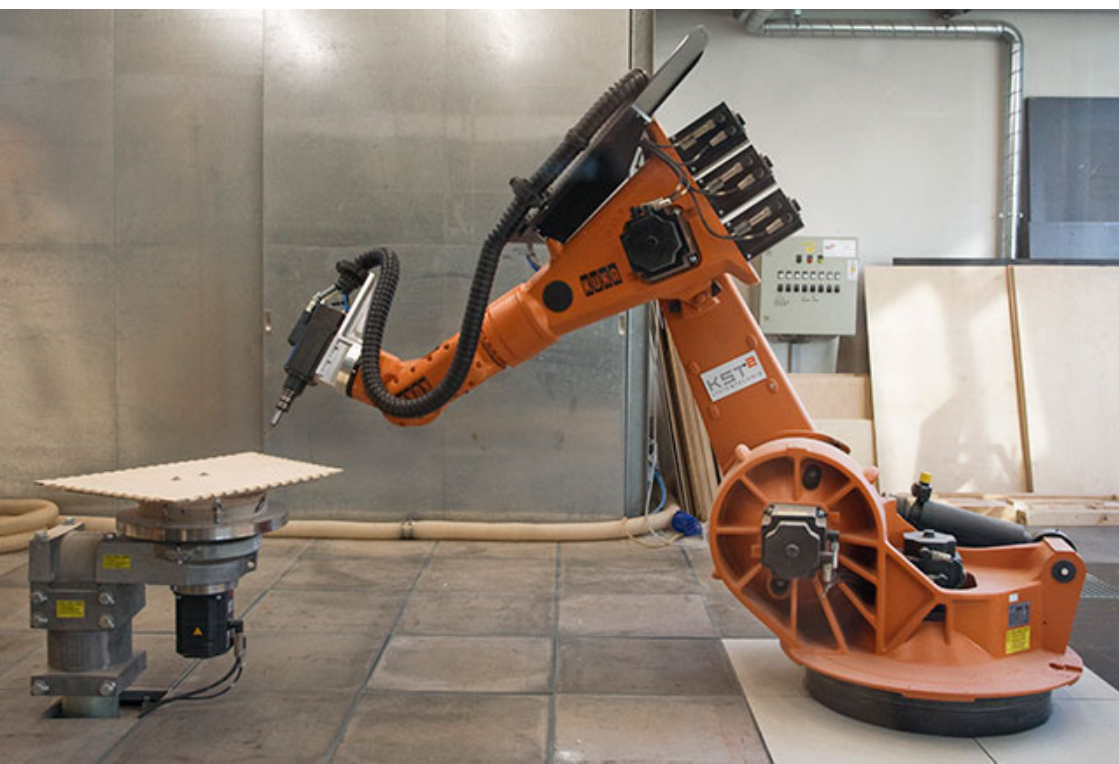
Στο πρώτο παράδειγμα, οι βιομηχανικές αρχές σχεδιασμού, αποτελούν την αφετηρία της διερεύνησης, ενώ στο δεύτερο παράδειγμα η συμπεριφορά του ξύλου αποτελεί μορφογενετικό οδηγό για τη κατασκευή.

1.1

Μέσα από το παράδειγμα 'ICD/ITKE Research Pavilion 2011' [1] του Achim Menges, παρουσιάζεται το πως μπορούμε πλέον να προσεγγίσουμε τις νέες ψηφιακές τεχνολογίες που έχουμε στη διάθεσή μας, σαν ένα πεδίο μελέτης στο οποίο μπορούμε να εισάγουμε τον υπολογιστικό σχεδιασμό, και την αλγοριθμική υλικότητα.

Πρόκειται για μία μελέτη, που αναζητά τη σχέση μεταξύ μορφής, κατασκευής (fabrication) και αποδοτικότητας (performance), στοχεύοντας στην ανάπτυξη υλικών συστημάτων που αποκτούν την αποδοτική ικανότητα τους από την μορφολογική διαφοροποίηση των ρομποτικά κατασκευασμένων στοιχείων τους.

Στόχος είναι η δημιουργία μιας κατασκευής που αποτελείται εξ' ολοκλήρου, από ένα μόνο, ενιαίο υλικό, φύλλα κόντρα πλακέ, χωρίς επιπλέον μεταλλικά στοιχεία στήριξης.



Τα τελευταία χρόνια, φαίνεται να εμφανίζεται μια μετάβαση στην αρχιτεκτονική κατασκευή από τη χρήση 'cnc' μηχανημάτων σε πιο γενικής χρήσης μηχανήματα, όπως τα βιομηχανικά ρομποτ.

Αυτή η δυνατότητα ενεργοποιεί τους αρχιτέκτονες να σκεφτούν δημιουργικούς τρόπους που μπορούν να αξιοποιήσουν αυτά τα νέα εργαλεία και να σχεδιάσουν νέες διαδικασίες.

Η συγκεκριμένη κατασκευαστική μελέτη, ξεκίνησε κοιτώντας στις δυνατότητες των ρομποτ. «Το μεγάλο ενδιαφέρον των ρομποτ, έγκειται στο ότι πρόκειται για την ψηφιακή επέκταση των καθιερωμένων διαδικασιών παραγωγής, με πολύ ενδιαφέρουσες δυνατότητες, που όμως ως τώρα έχουν ένα πολύ περιορισμένο πεδίο εφαρμογής, και χρησιμοποιούνται κυρίως για την επανάληψη μιας αλληλουχίας εντολών.»[1]

Πρόκειται λοιπόν για μια μελέτη, που στοχεύει να κάνει χρήση των σύγχρονων μηχανημάτων, αλλά αναζητώντας τρόπους και σχεδιαστικές διαδικασίες που μπορούν πλέον με έναν πολύ δημιουργικό τρόπο, να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες που προσφέρονται από αυτήν την τεχνολογία.

Με το συγκεκριμένο εργαλείο, (ρομποτικό βραχίονα επτά αξόνων) δημιουργούνται με πολύ απλό και γρήγορο τρόπο οι παραδοσιακές οδοντωτές αρθρώσεις. (finger joints), ενώ μπορούν να εμπλουτιστούν από αρθρώσεις υπό πολλαπλές διαφορετικές γωνίες.

Πρόκειται για μία διαδικασία που μπορεί να πραγματοποιηθεί αποκλειστικά από αυτό το εργαλείο, και με αυτόν τον μηχανισμό των αρθρώσεων μπορούν να συνδεθούν ως και 6 επιφάνειες μεταξύ τους, ενώ φαίνεται ότι αυτές οι αρθρώσεις μπορούν να αντέξουν ως και ισχυρές διατμητικές τάσεις, αλλά δεν μπορούν να αντέξουν κάμψη ή εφελκυσμό.

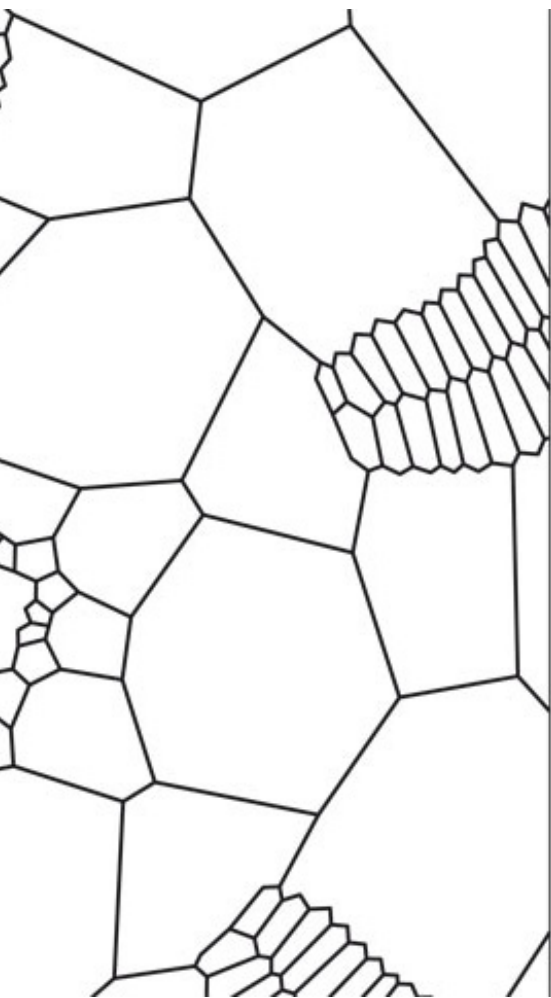
Διαθέτωντας το ρομποτικό βραχίονα, τις συγκεκριμένες αρθρώσεις σαν εργαλείο, και αυτό το τεράστιο πεδίο δυνατότητων, τίθεται το ερώτημα, πως αξιοποιείται αυτό το πεδίο δυνατοτήτων με ουσιαστικό τρόπο;

Στη βιολογία το υλικό είναι «ακριβό» αλλά το σχήμα είναι «φθηνό» αντίθετα με ότι ίσχυε ως σήμερα στον τομέα της τεχνολογίας.

Julian Vincent

«Πράγματι, τα οικοδομικά υλικά είναι πεπερασμένα και δαπανηρά, και αυτή είναι μια αρχή αντίθετη με αυτή με την οποία τα βιολογικά συστήματα κάνουν χρήση των πόρων τους.

Υπό αυτήν την έννοια, το σχήμα είναι αυτό που θα πρέπει να προσαρμόζεται στις παραμέτρους του υλικού.»[2]



Προσπαθώντας να απαντηθεί αυτό το ερώτημα, η ερευνητική ομάδα με επικεφαλής τον Achim Menges, ξεκίνησε μια αναζήτηση κοιτώντας στον τομέα της βιολογίας.

Οι ίδιοι διερεύνησαν τι είδους φυσικά συστήματα υπάρχουν με παρόμοιες ιδιότητες: που να μπορούν να αντέξουν διατμητικές τάσεις μέσω των οδοντωτών αρθρώσεων (finger joints).

Βρέθηκε ότι πράγματι, υπάρχει ένα είδος αχινών (sand dollars) των οποίων ο σκελετός αποτελείται από πολυγωνικές πλάκες ασβεσίτη, οι οποίες προσδίδουν ένα εξαιρετικά περιπλοκο και αποδοτικό (performative) δομικό σύστημα, όπου μόνο ορθές και διατμητικές τάσεις εμφανίζονται κατά μήκος των αρθρώσεων. Επιπλέον, οι αρθρώσεις των περιθωρίων των πλακών, επιτρέπουν τη σύμπλεξη των γειτονικών πλακών.

Λόγω της ιδιαίτερης δομικής συμπεριφοράς του, ο αχινός, μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για σπονδυλωτές δομές που αποτελούνται από προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία.

Έτσι, με βάση την έρευνα στη βιολογική δομή και την μορφολογική ανάλυση των αχινοειδών, εντοπίστηκαν μια σειρά από μορφολογικές σχεδιαστικές αρχές. Οι ίδιες, ενσωματώνονται στη 'μορφογενετική' διαδικασία από τις οποίες διαμορφώνεται και σχεδιάζεται ένα νέο υλικό σύστημα, 'ένημερωμένο' με αυτές τις βιολογικές αρχές της δομής των αχινών.

Μια από τις βασικότερες αρχές είναι ότι για παράδειγμα ποτέ δεν συναντώνται πάνω από 3 πλάκες σ' ένα σημείο.

Οι αρχές αυτές εκφράστηκαν ψηφιακά και επέτρεψαν να διερευνηθεί το πεδίο δυνατοτήτων που προκύπτει από τον υπολογιστικό σχεδιασμό.

Έτσι διατυπώθηκε ένα μορφογενετικό εργαλείο που τρέχει επαναληπτικά, μέσα από έναν αλγόριθμο αναζήτησης που βρίσκει διατάξεις των πλακών, που να υπακούν στις αρχές αυτές.

MODEL: entirely double layered with perforated inner layer



MODEL: entirely double layered without perforations



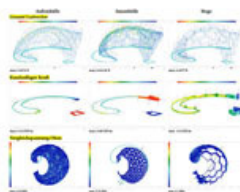
MODEL: partially double layered with perforated inner layer



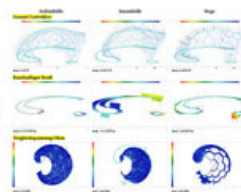
MODEL: partially double layered without perforations



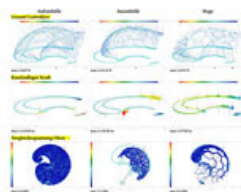
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT



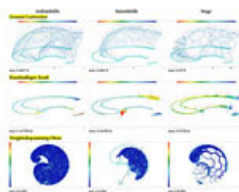
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT



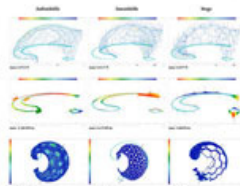
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT



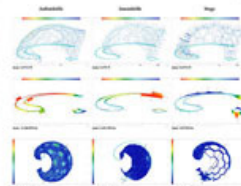
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT



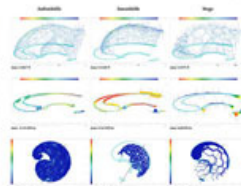
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT + WIND LOADS (W)



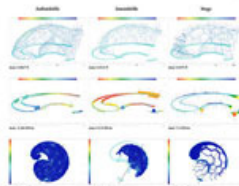
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT + WIND LOADS (W)



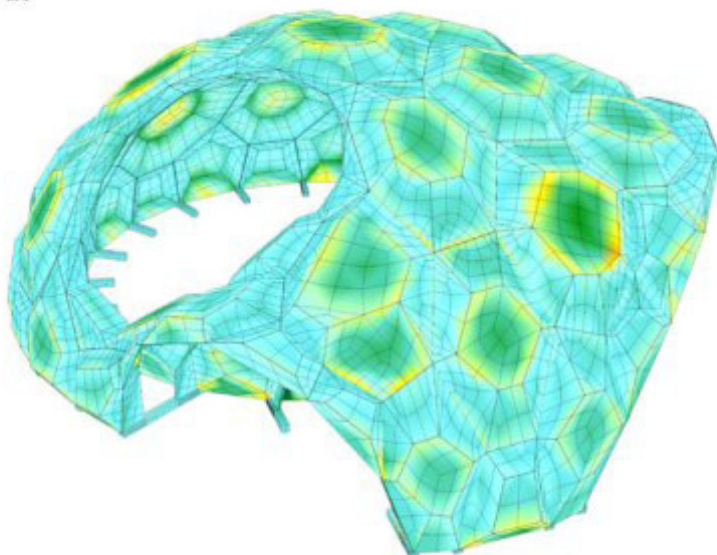
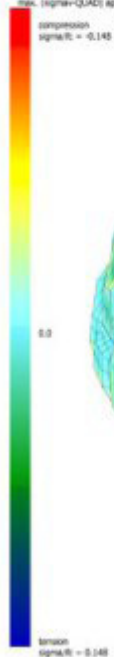
STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT + WIND LOADS (W)



STRUCTURAL ANALYSIS: SELF WEIGHT + WIND LOADS (W)



Utilization (sigma/ft)
 max. (sigma+EQM) approx. 1.92 MPa (sigma/ft = 0.25)
 relative values only via AQSI
 max. (sigma+QJAD) approx. 5.91 MPa (sigma/ft = 0.15)



«Η διαδικασία εξεύρεσης της μορφής που αντανακλά αυτές τις βιομηχανικές αρχές σχεδιασμού επιτρέπει την παραγωγή μιας σειράς από πολλές εναλλακτικές περιπτώσεις, μέσω της προσαρμογής του συστήματος σε εσωτερικούς και εξωτερικούς περιορισμούς, που είναι αναγκαίο να συνιφαστούν, και τελικά υπολογίζει το σχήμα της κατασκευής υπακούοντας σε αυτούς τους περιορισμούς». [3]

Πρόκειται για μια επαναληπτική διερευνητική διαδικασία, η οποία επιβεβαιώνεται και από στατική ανάλυση. Η φέρουσα ικανότητα των φυσικών μοντέλων δοκιμάζεται, και τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι σε συνεχή ανατροφοδότηση με την ψηφιακή προσομοίωση, η οποία τελικά ενημερώνει την γενική τοπολογία του συστήματος.

Το σίγουρο είναι ότι η διαφοροποίηση του σχήματος των επιμέρους στοιχείων είναι που προσδίδει την ευελιξία (*versatility*) και την αποδοτικότητα της κατασκευής, ενώ επιτρέπει τη σύνδεση των στοιχείων του συστήματος μόνο μέσω των αρθρώσεων, χωρίς την στήριξη από μεταλλικά ή επιπλέον στοιχεία.

Μέσω αυτής της ολοκληρωμένης υπολογιστικής διαδικασίας σχεδιασμού, με βάση τις αμοιβαίες επιδράσεις της κατασκευής, της μορφής, της δομής, των υλικών, της επίδοσης, προέκυψε ότι το πάχος του υλικού μπορεί να ελαχιστοποιηθεί σε μόλις 6.5 χιλιοστά πλάκες κόντρα πλακέ σε όλα τα στοιχεία του συστήματος.

Ωστόσο, η κατασκευή περισσότερων από 850 διακριτών γεωμετρικών δομικών στοιχείων, και πάνω από 100.000 οδοντωτών αρθρώσεων (*finger joints*), απαιτούν την ευέλικτη και αυτοματοποιημένη παραγωγή χρησιμοποιώντας τα μηχανήματα CNC.

Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι ακόμη και ειδικοί γεωμετρικοί περιορισμοί των ίδιων των εργαλείων, επηρεάζουν τη γενική μορφολογία της κατασκευής στο ότι για παράδειγμα, ορισμένες γωνιακές σχέσεις μεταξύ των πλακών προτιμούνται έναντι άλλων.



Τελικά όλες οι πλάκες είναι προκατασκευασμένες με το επταξονικό βιομηχανικό ρομπότ, και στη συνέχεια, τα ρομποτικά προκατασκευασμένα κομμάτια, συναρμολογούνται επί τόπου. Έτσι προέκυψε ένα τεράστιο παζλ από οδοντωτές αρθρώσεις, (finger joints) που δεν χρειάζονται ούτε καν κόλλα, μιας και συναρμολογώντας το έκτο κομμάτι, το κάθε κύτταρο σταθεροποιείται απολύτως.

Αυτό αποτελεί απόδειξη της υπόθεσης ακόμη και στο επίπεδο των επιμέρους στοιχείων.

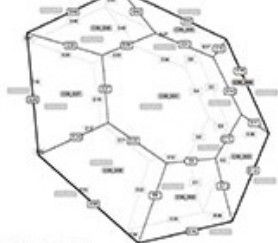
Σύμφωνα με τον Achim Menges, ένα πρόβλημα που ίσως προκύπτει με αυτές τις ελάχιστα ανεκτικές δομές, είναι «η περίπτωση που το σημείο τοποθέτησης παρουσιάζει διαφορές με το οικόπεδο που προβλέφτηκε, οπότε είναι αναγκαία η τρισδιάστατη σάρωση (scanning) της μορφολογίας του εδάφους του οικοπέδου, και η προσαρμογή του ψηφιακού μοντέλου στο έδαφος.» [4]

Μέσα από αυτό το παράδειγμα αποδεικνύεται ότι είναι πλέον πιθανό να αποσπαστούν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες σχεδιαστικές βιομηχανικές στρατηγικές που μπορούν να αξιοποιήσουν το νέο πεδίο δυνατοτήτων που προκύπτουν από την ψηφιακή κατασκευή, με έναν πολύ ενδιαφέρον, και ταυτόχρονα ουσιαστικό τρόπο.

Φαίνεται ότι το βιομηχανικό ρομπότ, αντιπροσωπεύει μια 'πλατφόρμα' πάνω στην οποία μπορεί να υλοποιηθεί μια ποικιλία διαφορετικών μεθόδων κατασκευής.

Υπό αυτήν την έννοια, οι οδοντωτές αρθρώσεις (finger joints) των πλακών που χρησιμοποιήθηκαν για αυτήν την κατασκευή, αποτελούν ένα παράδειγμα που φιλοξενείται σε αυτήν την πλατφόρμα, ενώ πρόκειται για μια εφαρμογή που μπορεί να αντικατασταθεί και να τρέξει σε μία ποικιλία παραδειγμάτων.

Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την απελευθέρωση των δυνατοτήτων των CNC τεχνολογιών, για την ουσιαστική και δημιουργική αξιοποίηση τους, στον σχεδιαστικό χώρο, με αυθεντικούς και πρωτότυπους τρόπους.



TOPOLOGY ANALYSIS

```

A1P9999
ND042
ND0000M
NATIVE
ND002
NE010000M

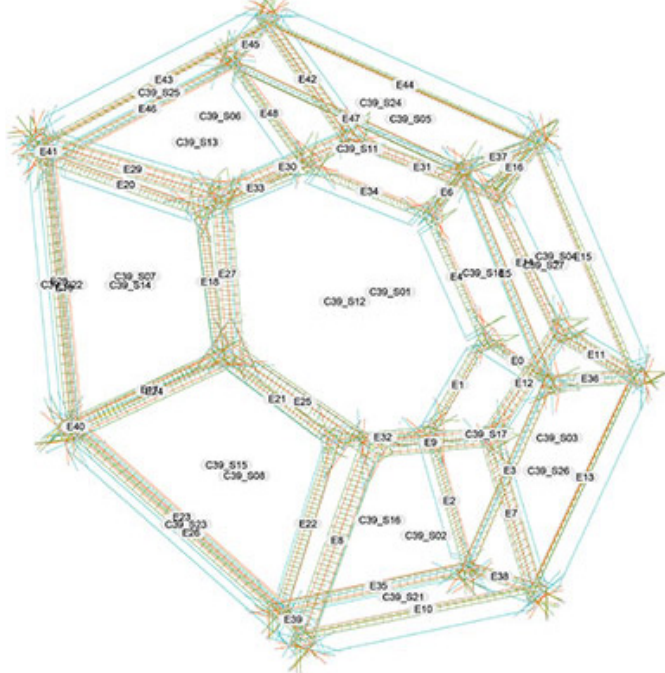
AUTOCOR 1:ON 0
EXTANGULUM 1:0
TENDROT 1:0

N1 00 8.752 054 1.178 4.11 298 826 0 793 4.0 382 40 483
EXTANGULUM 1:ON PLANE
NE 00 8.888 836 11.171 522 274 431 0 793 4.0 382 40 483
NG 01 8.881 296 1.421 87 2.3 078 0 793 4.0 382 40 483 F4000
NI 01 8.888 836 11.171 522 274 431 0 793 4.0 382 40 483 F4000
N11 01 8.847 983 19504 264 2.0 078 0 793 4.0 382 40 483 F4000
N12 01 8.854 836 19588 240 2.0 078 0 793 4.0 382 40 483 F4000
N13 01 8.853 278 19583 481 2.04 431 0 793 4.0 382 40 483 F4000
N14 00 8.4 10 888 1944 888 298 826 0 793 4.0 382 40 483

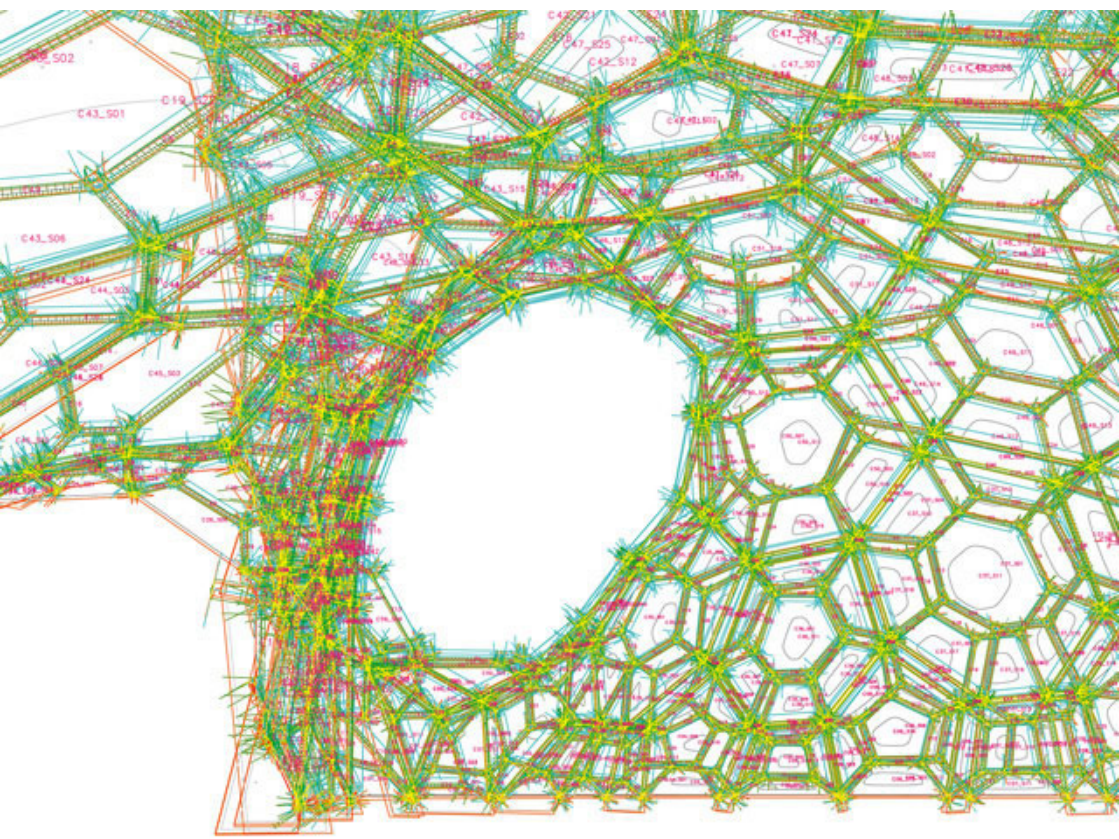
N15 00 8.836 441 19387 83 298 826 0 311 4.0 823 40 508
N16 00 8.883 102 19508 100 278 788 0 311 4.0 823 40 508
N17 01 8.079 435 1468 888 2.0 482 0 311 4.0 823 40 508 F4000
N18 01 8.852 836 19518 793 2.0 482 0 311 4.0 823 40 508 F4000
N19 01 8.8 581 1778 808 0 482 0 311 4.0 823 40 508 F4000
ND 01 8.8 588 1737 962 0 482 0 311 4.0 823 40 508 F4000
ND1 01 824 888 1747 432 278 788 0 311 4.0 823 40 508 F4000
ND2 00 8.81 88 1928 824 298 826 0 311 4.0 823 40 508

ND3 00 8.78 820 1921 732 298 826 1.0 288 4.0 823 40 487
ND4 00 8.05 327 1745 582 2 085 1.0 288 4.0 823 40 487
ND5 01 8.28 386 1978 111 2.0 291 1.0 288 4.0 823 40 487 F4000
ND6 01 8.8 181 1928 871 2.0 291 1.0 288 4.0 823 40 487 F4000
ND7 01 8.832 313 1918 841 2.0 291 1.0 288 4.0 823 40 487 F4000
ND8 01 8.883 888 1952 822 2.0 291 1.0 288 4.0 823 40 487 F4000
ND9 01 8.883 888 1912 888 1.4 288 4.0 823 40 487 F4000
ND0 00 8.843 743 1938 240 298 826 1.0 288 4.0 823 40 487
  
```

G-CODE SAMPLE



FABRICATION DATA MODEL









1.2

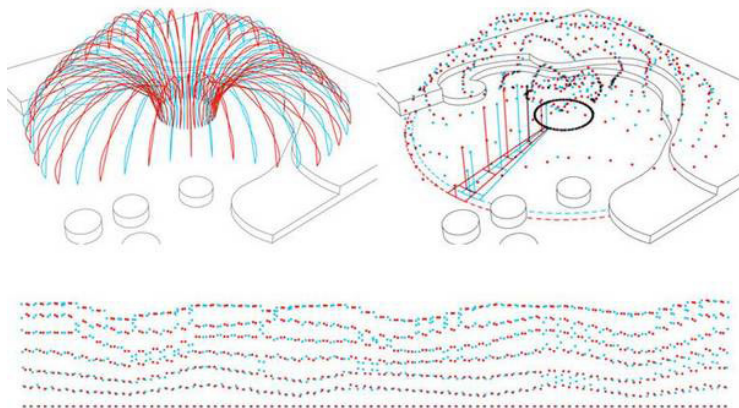
Συμπεριφορά του υλικού (Material Behaviour) ως μορφογενετικός οδηγός.

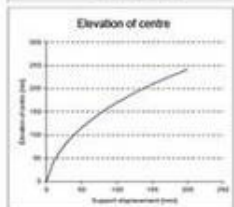
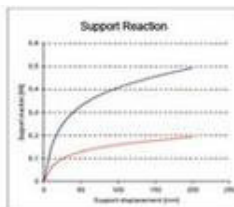
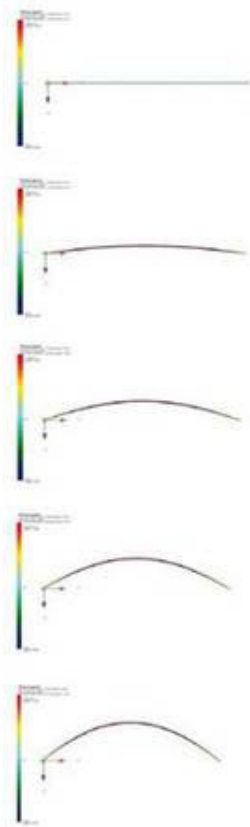
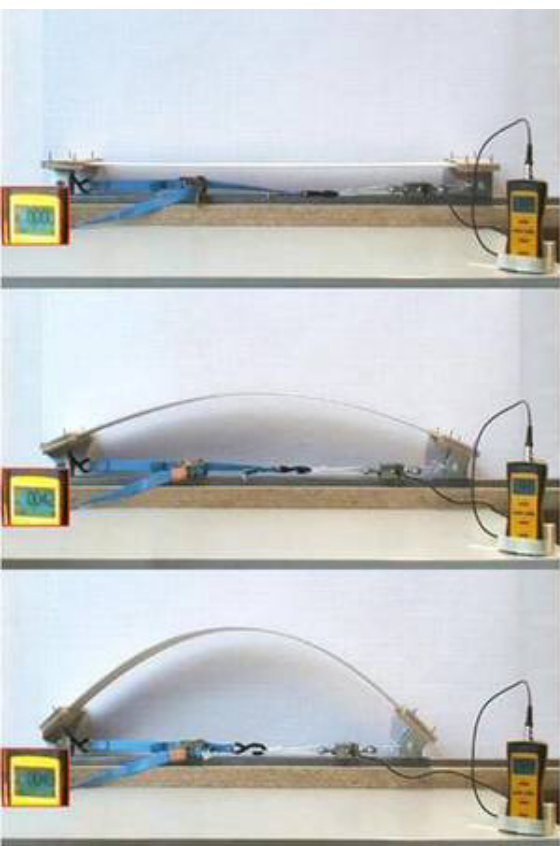
Όπως είδαμε προηγουμένως, ο υπολογιστικός σχεδιασμός παρέχει τις δυνατότητες ενσωμάτωσης φυσικών ιδιοτήτων και συμπεριφοράς υλικών, σαν παραγωγικούς οδηγούς (drivers) της σχεδιαστικής διαδικασίας.

Έτσι, αρχιτεκτονική μορφή, συμπεριφορά του υλικού και απόδοση, μπορούν να υπολογιστούν συγχρόνως.

Με αυτή τη σχεδιαστική προσέγγιση, άγνωστα σημεία του σχεδιαστικού χώρου μπορούν να διερευνηθούν με τη χρήση του υπολογιστικού σχεδιασμού και έτσι σήμερα μπορεί κανείς να φανταστεί αρχιτεκτονικές υπολογιστικές διεργασίες σχεδιασμού που επιτρέπουν στην συμπεριφορά του υλικού να γίνει ενεργός οδηγός στην παραγωγή της μορφής, της δομής και του χώρου.

Μέσα από το 'ICD/ITKE Research Pavilion 2010' [5] του Achim Menges αποδεικνύεται πως ακόμα και μια σχετικά απλή συμπεριφορά, όπως η ελαστική κάμψη του ξύλου, μπορεί να οδηγήσει σε νέες δυνατότητες σχεδιασμού, δημιουργώντας ένα εκπληκτικά ευέλικτο, δομικά πολύπλοκο και αποτελεσματικό σύστημα.





«Τα σπίτια Mudhif των Μαντάν στον Νότιο Ιράκ, είναι κτισμένα από δέσμες ευθύγραμμων αρχικά καλάμιών, που στερεωμένες στο έδαφος συνδέονται στις άκρες για να σχηματίσουν τοξωτές κατασκευές. Οι άνθρωποι στο Μαντάν έχουν αναπτύξει μια πολύ βαθιά κατανόηση της συμπεριφοράς του ξύλου σε κάμψη.» [6]

Παρομοίως, αυτή η έρευνα, έχει σαν στόχο την αξιοποίηση αυτής της ιδιότητας του ξύλου, μέσα από την χρήση υπολογιστικών σχεδιαστικών διαδικασιών, ενσωματώνοντας και προσομοιώνοντας φυσικές ιδιότητες και συμπεριφορές του υλικού. Χρησιμοποιώντας ένα βιομηχανικό ρομπότ έξι αξόνων, και αξιοποιώντας την συμπεριφορά του υλικού σαν κατασκευαστική 'τεχνική', εδώ επιτυγχάνεται μια πολύπλοκη μορφολογία από αρχικώς εντελώς επίπεδες λωρίδες κόντρα πλακέ.

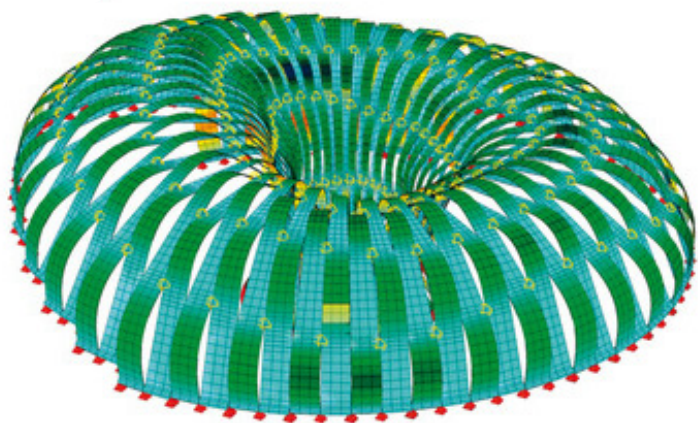
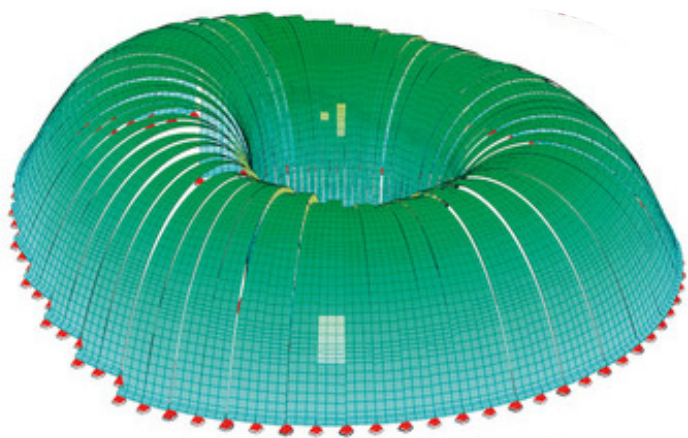
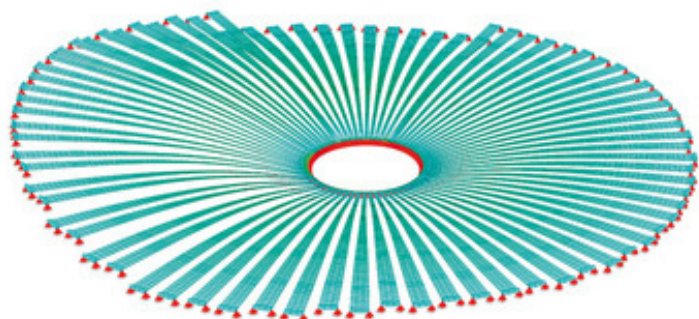
Στόχος αυτού του έργου είναι η συγκρότηση του κελύφους αλλά και των δομικών στοιχείων από ένα μόνο ενιαίο υλικό, σε κάμψη, χωρίς τη χρήση επιπλέον συνδετικών στοιχείων.

Επιπλέον εδώ, η ελαστική κάμψη δε χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει το γενικό σχήμα, και τη δομή των συστημάτων, αλλά για να καθορίσει μια σειρά συμπεριφορών που χωρικά μεσολαβούν στο να δημιουργήσουν ένα περίπλοκο δίκτυο δυνάμεων.

Η έρευνα, βασίζεται εξ'ολοκλήρου στην παραμόρφωση λεπτών λωρίδων κόντρα πλακέ. «Το ξύλο ως φυσικό συνθετικό ινών, έχει υψηλή φέρουσα ικανότητα με σχετικά χαμηλή ακαμψία.» [6]

Αυτές οι ιδιότητες του υλικού είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για τεχνικές κατασκευής που αφορούν την ελαστική κάμψη του ξύλου, ώστε να σχηματίσουν σύνθετες και ελαφριές κατασκευές από αρχικώς απλά επίπεδα δομικά στοιχεία.

Εδώ ο σχεδιασμός του περιπτέρου ξεκίνησε με την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού σχεδιαστικού εργαλείου. Σε αυτό το εργαλείο όλα τα σχετικά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς του υλικού ενσωματώνονται ως παράμετρικές εξαρτήσεις που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε φυσικές και υπολογιστικές δοκιμές.



Οι φυσικές δοκιμές επικεντρώνονται στη μέτρηση των παραμορφώσεων των ελαστικά λυγισμένων λωρίδων σε συνάρτηση με διάφορες παραμέτρους, και το ολοκληρωμένο υπολογιστικό εργαλείο παράγει πιθανές μορφολογίες του συστήματος, μαζί με όλες τις σχετικές γεωμετρικές πληροφορίες ενώ αυτόματα εξάγονται δεδομένα που απαιτούνται για τις εν συνεχεία προσομοιώσεις και τελικά την κατασκευή με το εξαξονικό βιομηχανικό ρομπότ.

Οι λωρίδες κόντρα πλακέ κατασκευάζονται ρομποτικά ως επίπεδα στοιχεία, και στη συνέχεια συνδέονται έτσι ώστε οι ελαστικά λυγισμένες και τεντωμένες περιοχές να εναλλάσσονται κατά το μήκος τους.

Και σε αυτήν την περίπτωση, εκτός από τη συμπεριφορά του υλικού, οι λογικές κατασκευής και συναρμολόγησης ενσωματώθηκαν στην υπολογιστική διαδικασία με βάση τους περιορισμούς των μηχανημάτων.

Σε αντίθεση με την εκτεταμένη αναζήτηση για την ανάπτυξη υπολογιστικών διεργασιών σχεδιασμού του περιπτερού, και τον προγραμματισμό του ρομποτ, η διαδικασία της συναρμολόγησης παρουσιάζεται εξαιρετικά απλή και γρήγορη, χωρίς την ανάγκη για σκαλωσιές ή πρόσθετο εξοπλισμό. Το μόνο που απαιτείται είναι να συνδεθούν οι λωρίδες μεταξύ τους και η συμπεριφορά του υλικού 'υπολογίζει' αυτόματα το σχήμα του περιπτερού.

Το περίπτερο κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας μόνο 6.5mm φύλλα κόντρα πλακέ. Αυτό το εξαιρετικά λεπτό και αποτελεσματικό δέρμα, αποτελεί συγχρόνως και τη φέρουσα δομή της κατασκευής, ενώ η κατασκευή του έργου επέτρεψε τον έλεγχο της υπολογιστικής σχεδιαστικής προσέγγισης, συγκρίνοντας το υπολογιστικό μοντέλο σχεδιασμού, και την πραγματική γεωμετρία της κατασκευής.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, αποδεικνύεται ότι η προτεινόμενη ενσωμάτωση των παραμέτρων του υλικού στη σχεδιαστική πορεία δεν είναι μια ουτοπική πρόταση, αλλά ένας εφικτός στόχος.

Αποδεικνύεται λοιπόν, ότι η σύνθεση του υλικού, της μορφής και της απόδοσης, μέσω αυτής της προσέγγισης του υπολογιστικού σχεδιασμού, επιτρέπει την δημιουργία μιας πολύπλοκης δομής που προκύπτει από ένα πραγματικά απλό σύστημα.



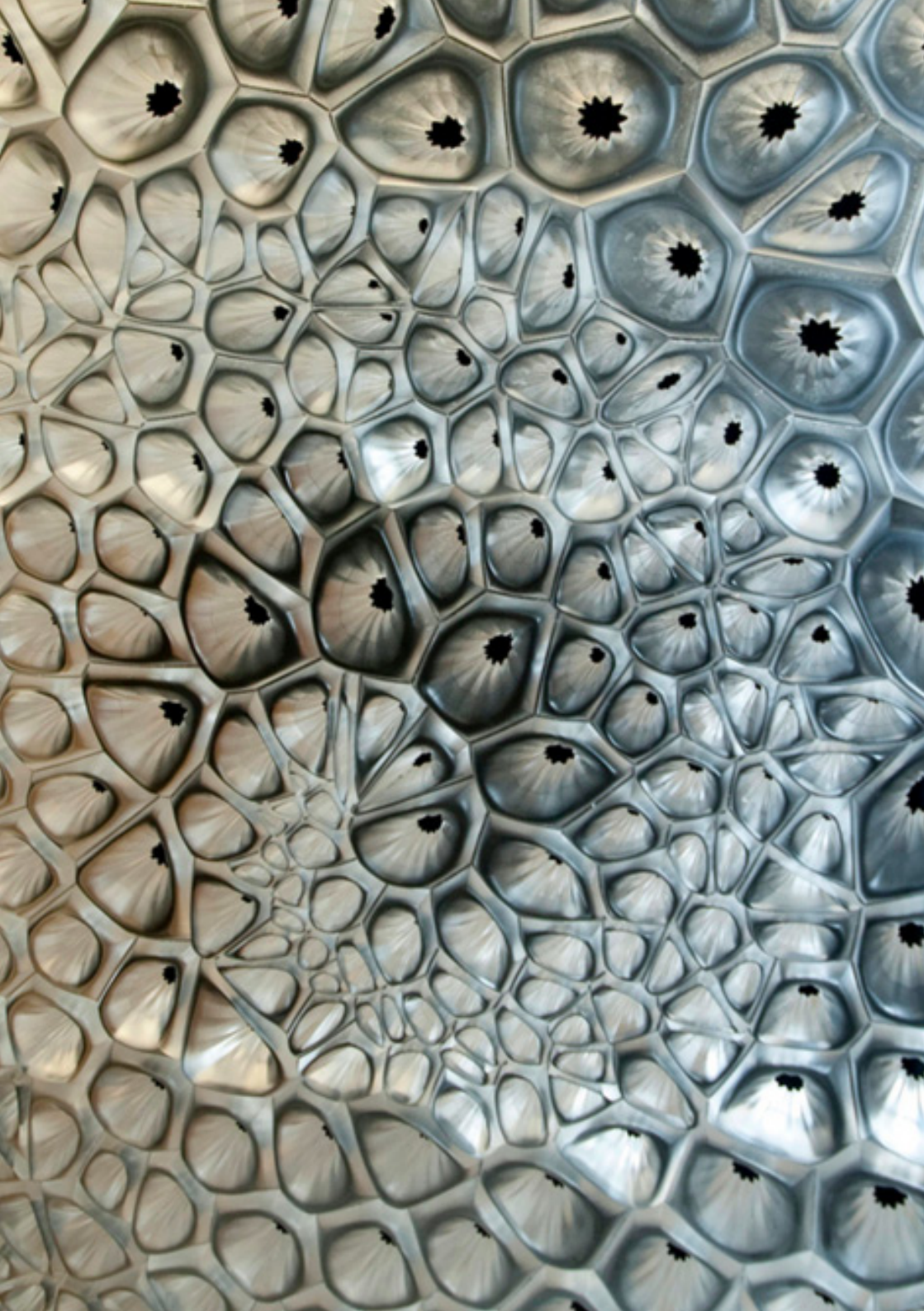


Αναφορές προηγούμενου κεφαλαίου

1. Achim Menges ,“Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design”, AD (Architectural Design) 2011
2. Mark Garcia, “The Patterns of Architecture”, AD (Architectural Design) December 2009
- 3,4,5 Achim Menges ,“Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design”, AD (Architectural Design) 2011
6. Michael Hensel, Achim Menges, Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design (Architectural Design)
7. Michael Hensel, Achim Menges, Michael Weinstock ,“Emergence: Morphogenetic Design Strategies”, AD (Architectural Design), 2004

04

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ



Πέρα από τη δυνατότητα ενσωμάτωσης χαρακτηριστικών και συμπεριφορών των υπάρχοντων υλικών στη σχεδιαστική διαδικασία με τη χρήση υπολογιστών, είναι πλέον εφικτός μέσω του υπολογιστικού σχεδιασμού, ο προγραμματισμός του τρόπου συγκρότησης των ίδιων των υλικών. Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης καθιστά υλοποιήσιμη αυτήν την αναζήτηση.

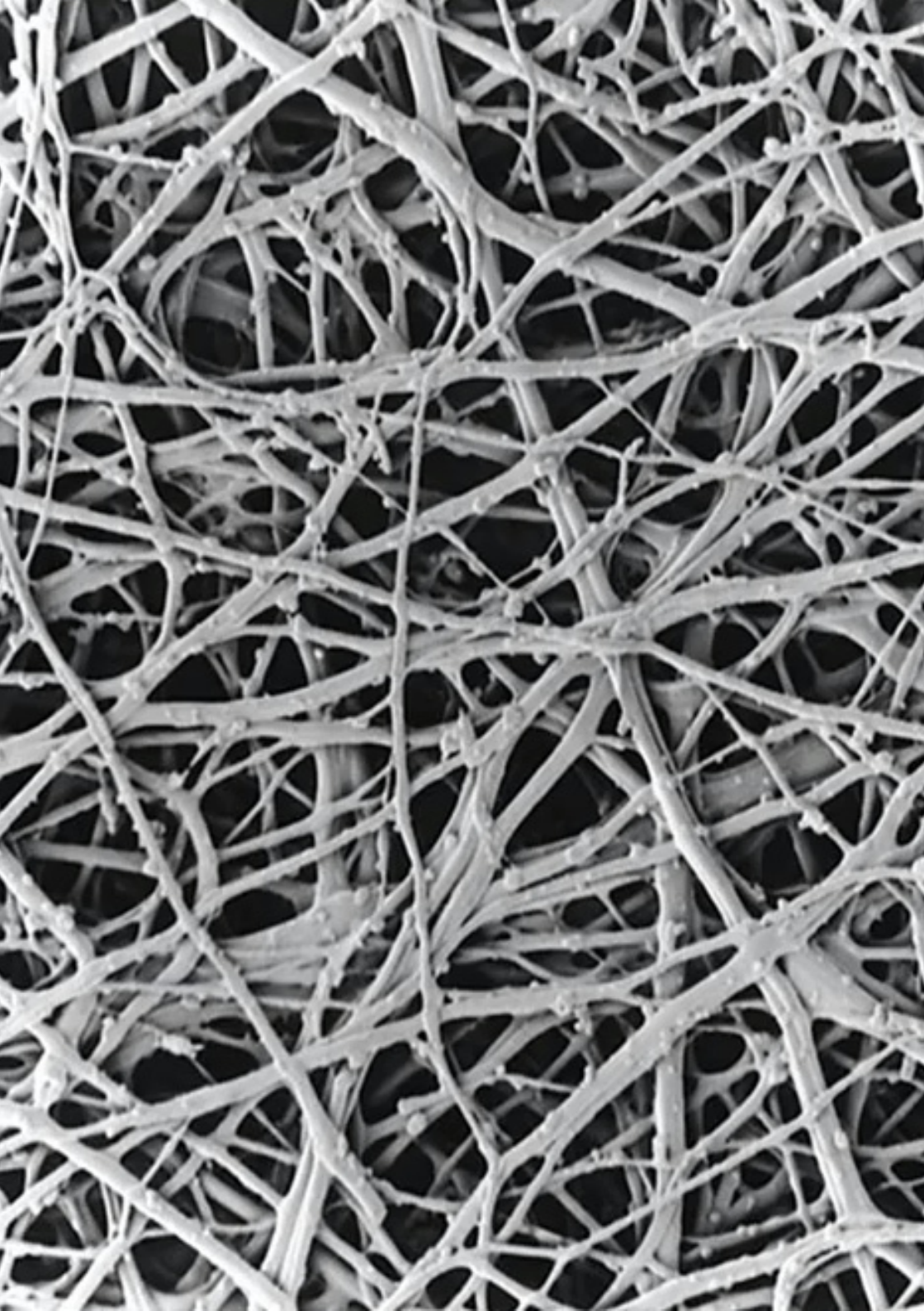
Διερευνώντας τη σχέση μεταξύ των στρωμάτων, που αποτίθενται κατά τη διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, υπάρχει η δυνατότητα για τον έλεγχο της σύνθεσης των υλικών αλλά και της ενσωμάτωσης των λειτουργιών και πληροφοριών σε αυτά τα στρώματα.

Εμπνευσμένη από τις στρατηγικές της φύσης, όπου η παραγωγή της μορφής οδηγείται από την μέγιστη απόδοση με την ελάχιστη χρήση πόρων, η παρακάτω έρευνα, μέσα από το παράδειγμα της Neri Oxman, [1] προτείνει και αναπτύσσει πρότυπα και διαδικασίες για μια ‘υλικά’ προσανατολισμένη προσέγγιση μέσω του υπολογιστικού σχεδιασμού.

Όπως είδαμε και προηγουμένως στην προσέγγιση αυτή, το υλικό προηγείται του σχήματος, και η δόμηση των ιδιοτήτων των υλικών είναι συνάρτηση των δομικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων που παράγουν τη μορφή.

Σε αυτό το κεφάλαιο διερευνάται πως τέτοιες διαδικασίες συνεισφέρουν σε νέους τρόπους δημιουργίας, συγκρότησης, κατανομής (distribution), και απόθεσης υλικού. [2]

Αναπτυγμένα ως προσεγγίσεις διαδικασιών του φυσικού σχηματισμού, αυτά τα πειράματα σχεδιασμού δείχνουν τις μελλοντικές δυνατότητες ενός νέου σχεδιαστικού πεδίου.



Η φύση ως αντικείμενο έμπνευσης και έρευνας για τη συγκρότηση του υλικού

Οι φυσικές δομές κατέχουν υψηλά επίπεδα ακρίβειας με την οποία εξυπηρετούν τις λειτουργίες τους. Ένα βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των 'σχεδίων' της Φύσης είναι η δυνατότητα να δημιουργήσει πολύπλοκες βιολογικές, οργανικές ή ανόργανες δομές, με χαρακτηριστικά πολυλειτουργικότητας, όπως είναι τα όστρακα, τα μαργαριτάρια, τα κοράλλια, τα δόντια, το ξύλο, το μετάξι, η κερατίνη, οι μύες.

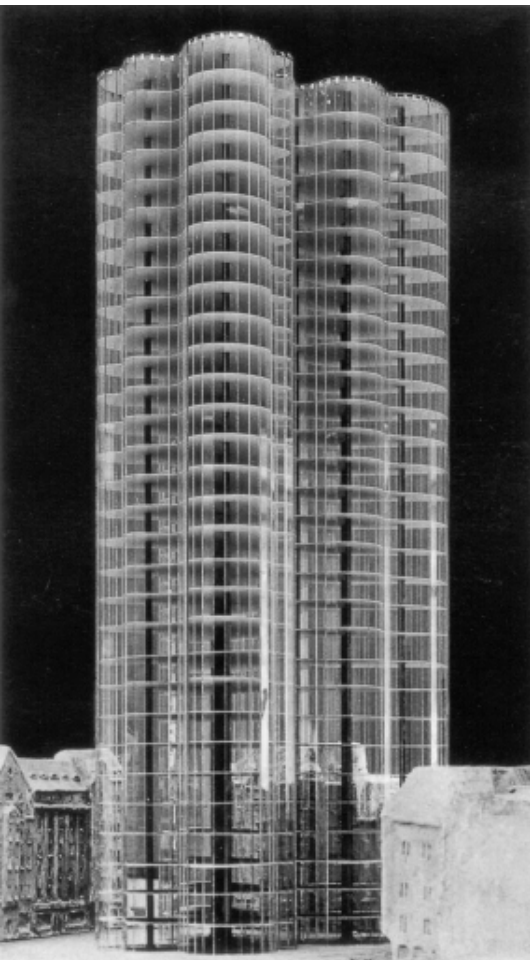
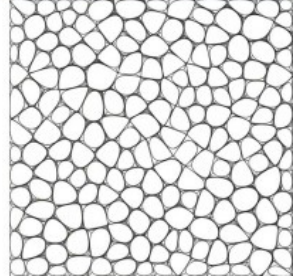
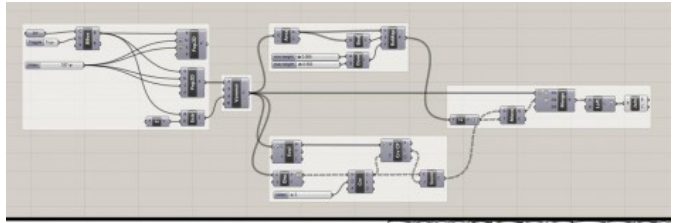
Έτσι αυτά τα βιολογικά δημιουργούν μικροδομές, οι οποίες είναι ικανές να προσαρμόζονται σε εξωτερικούς περιορισμούς που υποβάλλονται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους, και καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους.

«Αυτοί οι περιορισμοί περιλαμβάνουν συνδυασμούς των δι-αρθρωτικών, και περιβαλλοντικών κριτηρίων απόδοσης. Το σχήμα της ύλης είναι άμεσα συνδεδεμένο με τις επιρροές της δύναμης που ενεργεί πάνω της.» [2]

Κατ' αυτόν τον τρόπο, το υλικό συγκεντρώνεται σε περιοχές υψηλής αντοχής και διασκορπίζεται σε περιοχές όπου η ακαμψία δεν απαιτείται.

Οι επιπτώσεις της ετερογένειας της Φύσης, που επιτυγχάνεται μέσα από τη διανομή των στοιχείων, έχει εκπληκτικό ενδιαφέρον από την οπτική του σχεδιασμού.

Ο έλεγχος της δομής των υλικών επιτρέπει έναν σχεδόν απεριόριστο χώρο στο σχεδιαστικό πεδίο από την άποψη των γεωμετρικών και τοπογραφικών παραλλαγών.



Όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, έχει αποδειχθεί ότι στη φύση, η μορφή της γεωμετρίας προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ υλικού και περιβάλλοντος.

Σε αντίθεση με τις φυσικές διεργασίες σχηματισμού, μέχρι πρόσφατα, οι ψηφιακές στρατηγικές κατασκευής οδηγούν στην κατασκευή κτηριακών στοιχείων με ομοιογενείς ιδιότητες των υλικών. Από τη βιομηχανική εποχή, η οικοδομική βιομηχανία εξαρτάται από διακριτές λύσεις για διακριτές λειτουργίες: «Το μέταλλο και το γυαλί έχουν σημαντικά διαφορετικές διαρθρωτικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες και αφορούν διαφορετικές απαιτήσεις. Όσον αφορά τη δομή των υλικών, στον τεχνητό κόσμο, και ιδίως στο σχεδιασμό των κτιρίων, μία ιδιότητα ταιριάζει σε όλες τις λειτουργίες. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η τρέχουσα μοντελοποίηση και τα εργαλεία κατασκευής έχουν μάλλον περιορισμένες δυνατότητες να αναπαραστήσουν περίπλοκες ετερογενείς σύνθεσεις κατασκευών».
[4]

Σχεδιάζοντας διαδικασίες εμπνευσμένες από υλικές διεργασίες της φύσης η ο προγραμματισμός των υλικών (material computation) επιδιώκει να αναπτύξει εναλλακτικές υπολογιστικές διαδικασίες που υποστηρίζουν την παραγωγή της μορφής με βάση την αλληλεπίδραση μεταξύ των υλικών και των συνθηκών του περιβάλλοντος.

«Στη μορφογένεση βιολογικών οργανισμών είναι η ζωτικότητα (animation) της γεωμετρίας και των υλικών, που παράγει μορφή. Η γεωμετρία και οι ιεραρχίες των υλικών παράγουν δυναμικές.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι περιορισμένα και όλα τα φορτία φέρονται από ινώδη παράγωγα. Οι πολυμερείς ίνες αποτελούν τα βασικά υλικά της βιολογίας, και παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα από τα χρησιμοποιούμενα στις κατασκευές υλικά.

Εμφανίζουν επιτυχημένη λειτουργία, όχι τόσο λόγω της σύστασής τους, αλλά κυρίως λόγω του τρόπου που συγκροτούνται, σε επίπεδο γεωμετρικής και ιεραρχικής οργάνωσης.» [3]



Ο προγραμματισμός των υλικών, έχει ως στόχο το σχεδιασμό πολυλειτουργικών κατασκευαστικών στοιχείων.

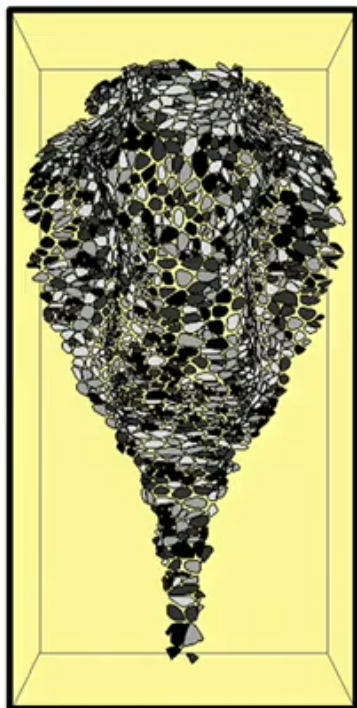
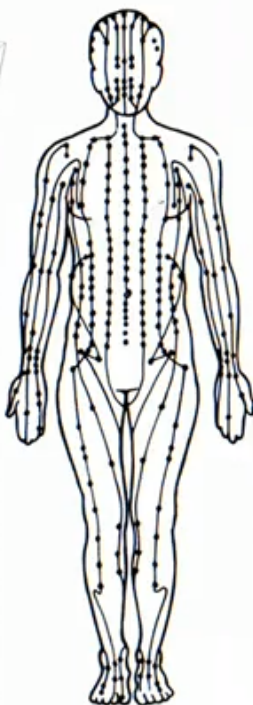
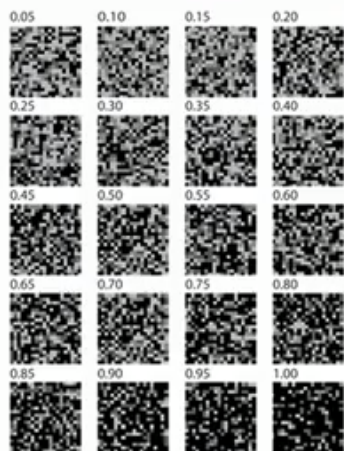
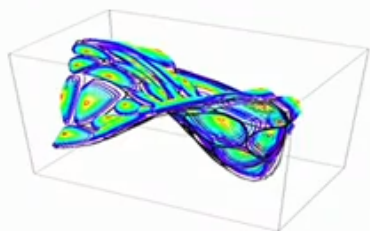
Σύμφωνα με τη συνθήκη της πολυλειτουργικότητας, οι παραλλαγές των ιδιοτήτων των υλικών και σύνθεσης αντιστοιχούν άμεσα σε συγκεκριμένους διαρθρωτικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Αυτή η προσέγγιση στο σχεδιασμό, υποστηρίζοντας τη πολυλειτουργικότητα πάνω από τις διακριτή λειτουργία, μέσω της προώθησης της ετερογένειας πάνω από την ομοιογένεια,[5] επιδιώκει να προωθήσει τις στρατηγικές για τη κατανομή της ύλης, έναντι της συναρμολόγησης διακριτών τμημάτων διαφορετικών υλικών, παρόμοια με το παράδειγμα της φύσης.

Ο προγραμματισμός των υλικών (material computation) είναι μια σχεδιαστική προσέγγιση, μια μεθοδολογία και ένα τεχνικό πλαίσιο, μέσα από το οποίο μπορούν να διαμορφωθούν, να δημιουργηθούν και να κατασκευαστούν λειτουργικά υλικά με ποικίλες οργανώσεις και ιδιότητες που έχουν σχεδιαστεί για να ανταποκρίνονται σε πολλαπλούς και συνεχώς μεταβαλλόμενους λειτουργικούς περιορισμούς. Το πλαίσιο περιλαμβάνει τις μεθόδους της μοντελοποίησης, της ανάλυσης και της κατασκευής.

Σε κάθε διαδικασία, συγκεκριμένες μέθοδοι δίνουν τη δυνατότητα να επανεξετάσουμε το σχεδιασμό, όχι ως μορφολογικά καθοδηγούμενο, αλλά μάλλον ως κάτι που καθοδηγείται από τη συμπεριφορά.

Ακολουθούν δύο διερευνήσεις από το έργο της Neri Oxman για το σχεδιασμό ενός επίπλου (adaptive customisation), και μιας ιατρικής συσκευής (rapid augmentation). Μέσα από τη δημιουργία αλγορίθμων, που παράγουν πολλαπλές πιθανές κατασκευές, παρουσιάζονται κάποιες από τις μεθόδους και τις αρχές πίσω από τον 'υλικό υπολογισμό'.



2.1

Το 'Beast'[6] είναι μια διερεύνηση για μια τρισδιάστατα εκτυπωμένη 'ξαπλωτή πολυθρόνα', με την ιδιότητα να προσαρμόζει το τοπικό πάχος της κατασκευής σύμφωνα με τα φορτία στήριξης που επιβάλλονται από το ανθρώπινο σώμα. Παράλληλα, στην έκταση της πολυθρόνας κατανέμονται σκληρά και μαλακά υλικά με τρόπο που να προσαρμόζεται στις σωματικές ανάγκες του κάθε χρήστη.

Έτσι, προσαρμόζοντας το πάχος, τη πυκνότητα του μοτίβου (pattern), τη δυσκαμψία, την ευελιξία και τη διαύγεια (transparency), σε περιοχές που φορτίζονται αντίστοιχα, αυτή η ενιαία επιφάνεια λειτουργεί τόσο ως δομικό σύστημα όσο και ως κέλυφος και είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να στηρίζει το ανθρώπινο σώμα.

Το μοτίβο από κύτταρα, που εφαρμόζεται στο σύνολό της επιφάνειας έχει σχεδιαστεί για να αυξήσει την αναλογία του πάχους της επιφάνειας, σε περιοχές, όπου το σώμα στηρίζεται δυναμικά.

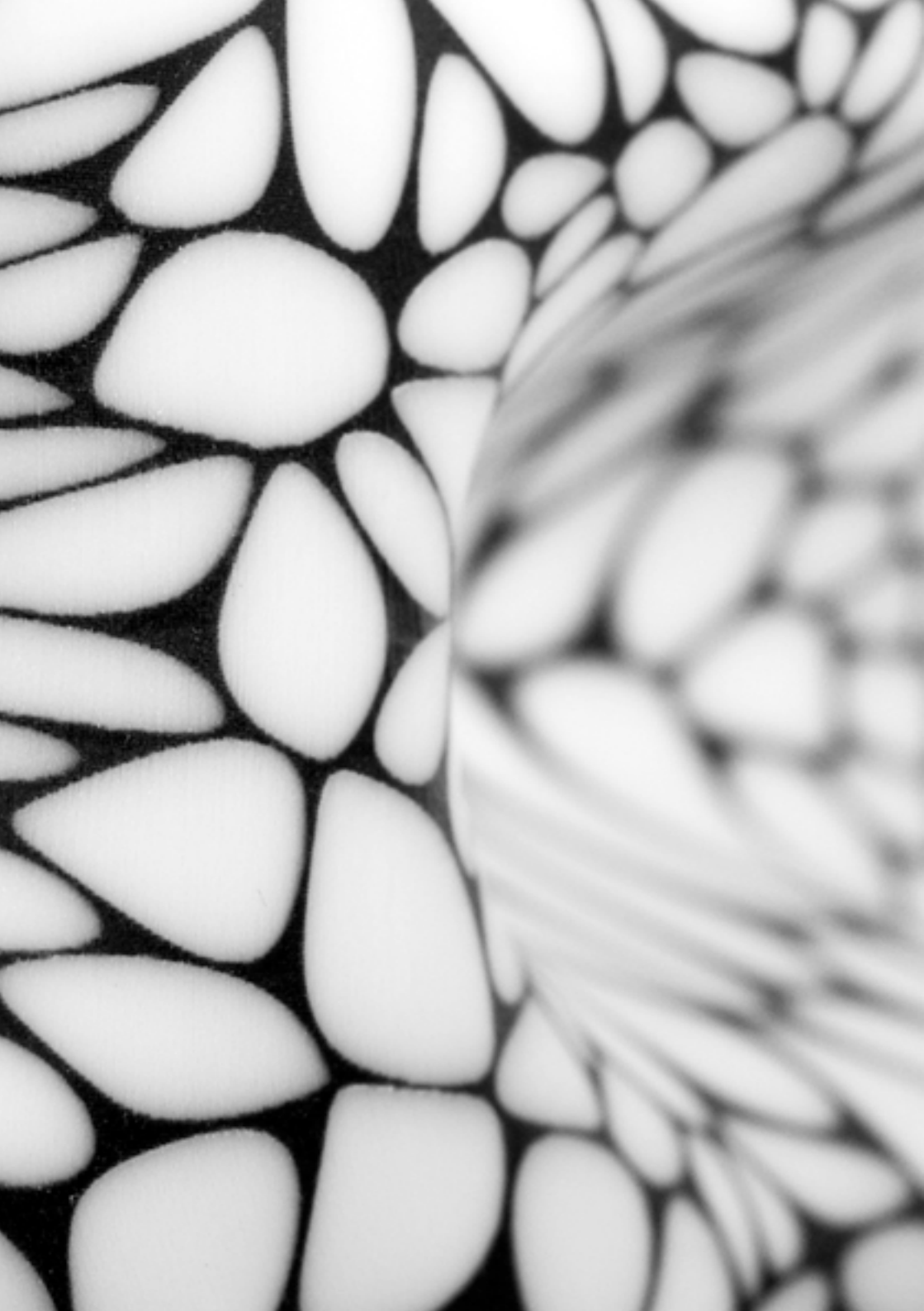
Εδώ, αρχικά, διεξήχθη μια χαρτογράφηση των πιέσεων που ασκούνται από το ανθρώπινο σώμα, ώστε να ταιριάζουν με την απαλότητα και τη σκληρότητα των κυττάρων που υποστηρίζουν τις ευαίσθητες και υψηλής πίεσης περιοχές, και στη συνέχεια παρήχθησαν πολλαπλοί αλγόριθμοι που αντιστοιχούν σε αυτές τις μεταβλητές. Η σχετική ένταση του κάθε 'κυττάρου' είναι τοπικά ενημέρωμένη από τα δεδομένα πίεσης που αντιστοιχούν στο διάγραμμα των διαρθρωτικών στηρίξεων.

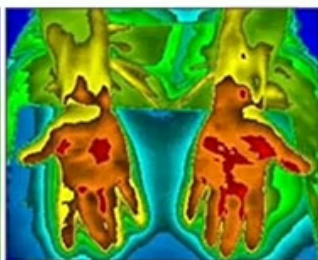
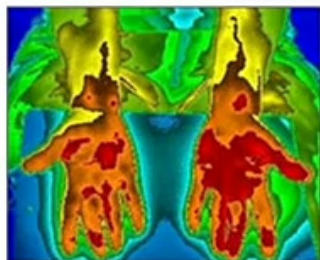
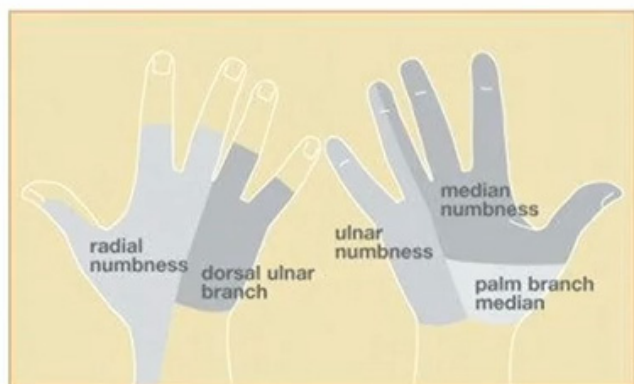


Η πυκνότητά του είναι ενημερωμένη από γενικές και τοπικές παραμέτρους, όπως για παράδειγμα η καμπυλότητα, έτσι ώστε πυκνότερα, και μικρότερα κύτταρα να τοποθετούνται σε σημεία με απότομη καμπυλότητα, και μεγαλύτερα κύτταρα βρίσκονται σε περιοχές ρηχής καμπυλότητας. Μέσω αυτών των αλγορίθμων, οι συνθήκες των δυνάμεων, είναι που διαμορφώνουν το σχήμα της 'πολυθρόνας'.

Τα σκληρά υλικά τοποθετούνται σε περιοχές που βρίσκονται υπό συμπίεση και τα μαλακά, πιο εύπλαστα υλικά τοποθετούνται σε περιοχές που υπόκεινται σε εφελκυσμό. Οι επιφάνειες μέσα στο σκελετό είναι εκτυπωμένες τρισδιάστατα χρησιμοποιώντας μια 'multi-jet' τεχνολογία που ταυτόχρονα, αποθέτει διαφορετικά υλικά που αντιστοιχούν στα διαφορετικά δομικά χαρακτηριστικά.







2.1

Συχνά αναζητούμε τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία, και η επιστήμη μπορεί να προσφέρει στον τομέα του σχεδιασμού και της κατασκευής. Η παρακάτω προσέγγιση, διερευνά, τη δυνατότητα του τομέα του σχεδιασμού να προσφέρει στην επιστήμη, και συγκεκριμένα στο πεδίο της ιατρικής.

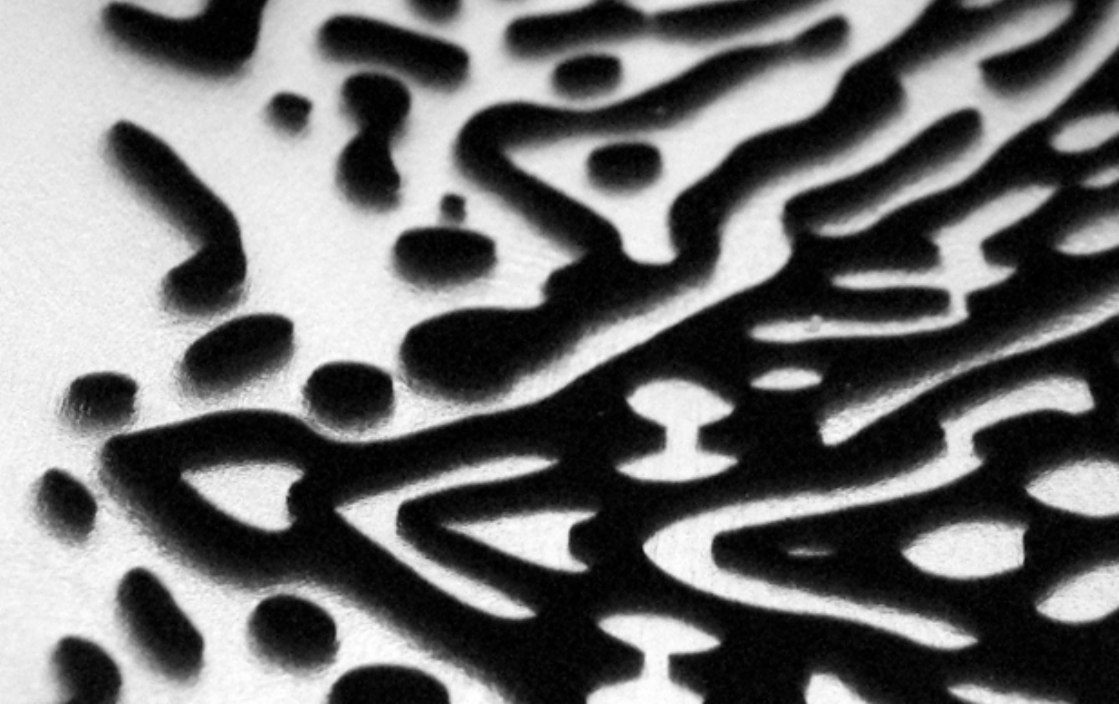
Όπως είδαμε, στο φυσικό περιβάλλον συνδιάζονται οι ιδιότητες του υλικού με τις πιέσεις του περιβάλλοντος, είτε πρόκειται για το σχηματισμό άκαμπτων υλικών για φέρουσες λειτουργίες, είτε για το σχηματισμό μονωτικών υλικών, όπως για παράδειγμα, για τη προστασία από ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες. Το ανθρώπινο δέρμα λειτουργεί με αυτή τη λογική και ενεργεί ως δομικό αλλά και περιβαλλοντικό φίλτρο και εμπόδιο.

Και εδώ τα φορτία και η θερμοκρασία του ανθρώπινου δέρματος μπορούν να χαρτογραφηθούν προκειμένου να σχεδιαστούν βάσει αυτών των δεδομένων, συσκευές, που είναι ιδιαίτερα βελτιστοποιημένες για τη λειτουργία που εκτελούν. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, επιχειρείται η χαρτογράφιση του σωματικού πόνου ώστε να οδηγήσει στην παραγωγή ιατρικών βοηθητικών συσκευών, όπως είναι οι νάρθηκες, που ελαχιστοποιούν τον πόνο.

«Δεδομένου ότι η εμπειρία του πόνου είναι πολύ ατομική, είναι διαφορετική για τον καθένα ξεχωριστά. Ο πόνος είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί, και είναι μία από τις συνθήκες που είναι ελάχιστα κατανοητές από τις δυτικές ιατρικές επιστήμες». [7]

Το 'carpal skin' είναι μία διερεύνηση για ένα προστατευτικό γάντι εναντίον του συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα.

Το σύνδρομο είναι μια κατάσταση κατά την οποία το μέσο νεύρο συμπιέζεται στον καρπό, που οδηγεί σε μούδιασμα, μυϊκή ατροφία και αδυναμία στο χέρι.



Η συνιστώμενη θεραπεία για τους περισσότερους ασθενείς πριν εισέλθουν σε χειρουργική απελευθέρωση του καρπού είναι οι νυκτερινοί νάρθηκες του καρπού. Ωστόσο, το κύριο πρόβλημα πίσω από τους νάρθηκες μαζικής παραγωγής είναι ότι συχνά είναι πολύ μεγάλοι, ή πολύ μικροί και οι κινήσεις είναι πολύ περιορισμένες.

Σε αυτή την περίπτωση, όπως και με τα περισσότερα μυϊκά και νευρικά-συναφή σύνδρομα, η προσαρμογή του προϊόντος στο κάθε σώμα, σε αντίθεση με τη μαζική παραγωγή - είναι ζωτικής σημασίας.

Έτσι το Carpal Skin [7] είναι μια διαδικασία με την οποία υπάρχει η δυνατότητα να χαρτογραφηθεί το προφίλ του πόνου ενός συγκεκριμένου ασθενή - η ένταση και η διάρκειά του - και να διανεμηθούν σκληρά και μαλακά υλικά που να ταιριάζουν στις ανατομικές και φυσιολογικές απαιτήσεις του κάθε ασθενή.

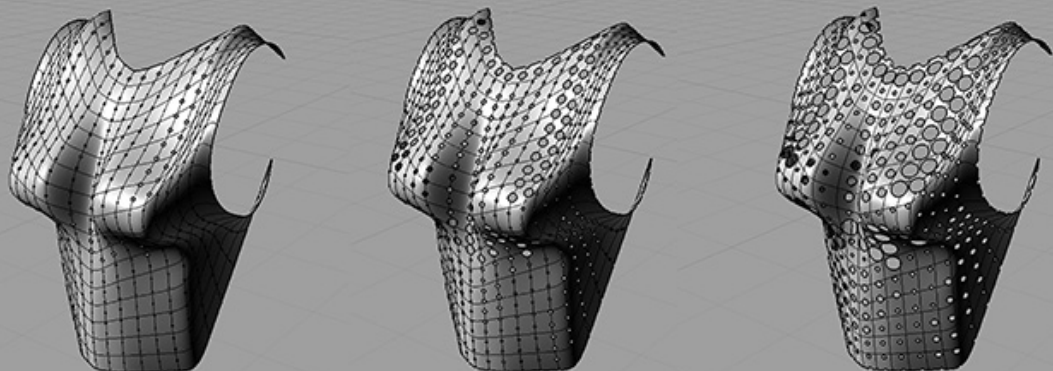
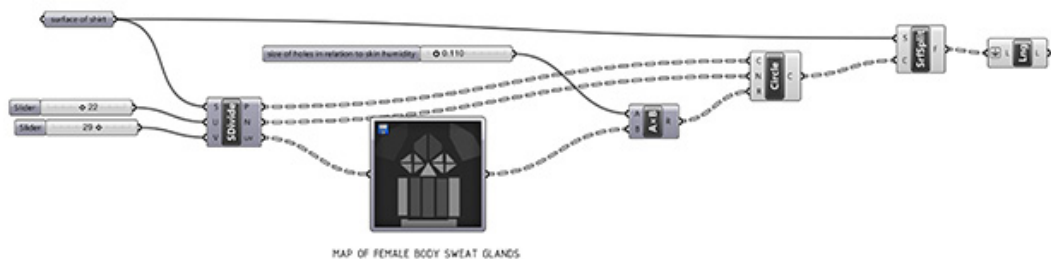
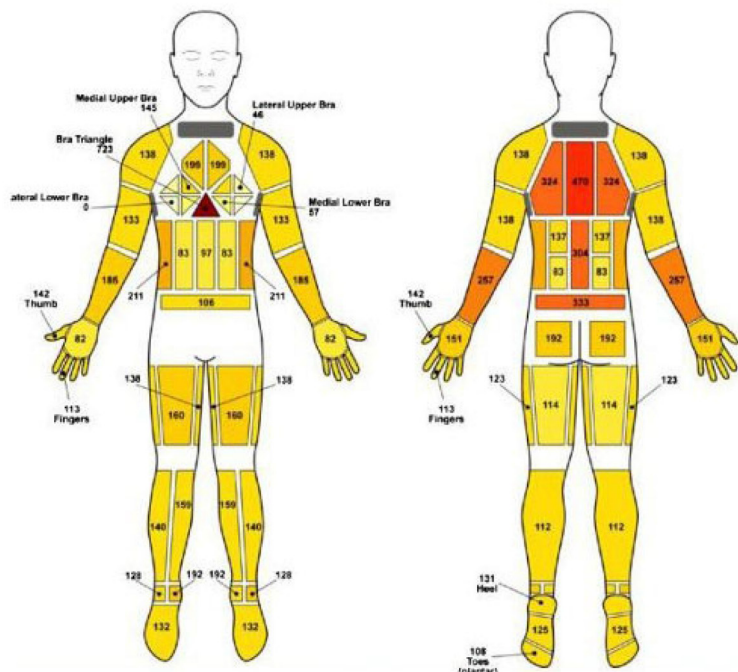
Η διαδικασία σχηματισμού περιλαμβάνει καταγραφή του πόνου κατά περίπτωση και εκχώρηση των αντίστοιχων ιδιοτήτων του υλικού. «Το μοτίβο προέρχεται από τις παραλλαγές μοτίβων του δέρματος των ζώων (λεοπαρδάλες) μόνο που αντί για τις χρωματικές εναλλαγές, εδώ γίνεται εναλλαγή σκληρών και μαλακών υλικών».

Η 3D 'σάρωση' (scanning) του χεριού του ασθενούς, μαζί με τη καταγραφή του πόνου του, χαρτογραφείται σε μια δισδιάστατη απεικόνιση σύμφωνα με την οποία εφαρμόζεται η διανομή σκληρών και μαλακών υλικών.

Από αυτή τη χαρτογράφηση στη συνέχεια παράγεται και προκύπτει μια τρισδιάστατη μορφή και η τρισδιάστατη απεικόνιση καθορίζει τη διάθεση των απαιτούμενων υλικών στην επιφάνεια της περιοχής του καρπού.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο αλγόριθμος διάχυσης του υλικού υπαγορεύει την επιθυμητή κατανομή των ιδιοτήτων των υλικών.

Ιδιαίτερα σε αυτή τη συσκευή, τα δύσκαμτα υλικά περιορίζουν την πλευρική κίνηση στον καρπό, ενώ τα μαλακά υλικά επιτρέπουν την εργονομική υποστήριξη του καρπού και την άνε-



Αντίστοιχα με τις δυο προηγούμενες προσεγγίσεις, εδώ παρατίθεται μια δοκιμή στα πλαίσια ενός σεμιναρίου από την ερευνητική ομάδα DigitalMed, (από τις σπουδάστριες Αθηνά Αγγελοπούλου, Ελένη Κουσουρή)

Στόχος είναι ο σχεδιασμός ενός ρούχου που μπορεί να προσαρμόζεται στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (ιδρώτα) του γυναικείου σώματος.

Στο πρώτο μέρος, γίνεται μια χαρτογράφηση των συνθηκών θερμοκρασίας στα διαφορετικά σημεία του σώματος, και παράγεται ένας αλγόριθμος που σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα της χαρτογράφησης, τρύπες που απελευθερώνουν τον ιδρώτα τοποθετούνται με διαμέτρους που υπακούουν στις τοπικές συνθήκες υγρασίας του γυναικείου σώματος, ενώ το πάχος στην έκταση του ρούχου προσαρμόζεται στις τοπικές συνθήκες θερμοκρασίας του σώματος.



«Οι αράχνες είναι πλάσματα του περιβάλλοντος που παράγουν μετάξι και με το μετάξι τους εξυπηρετούν πολλαπλές λειτουργίες: δημιουργούν τροχιές, συλλαμβάνουν το θείραμα τους, τυλίγουν το θείραμα τους, τυλίγουν τα αυγά τους.

Κατά κάποιο τρόπο η αράχνη είναι ένα είδος τρισδιάστατου εκτυπωτή υλικών μόνο που αντί να εκτυπώνει πλαστικό 'εκτυπώνει' με το μετάξι.' Έτσι, ο ιστός αράχνης είναι μια μορφή αρχιτεκτονικής, αλλά ταυτόχρονα είναι και μια μορφή κατασκευής (fabrication), και είναι αδύνατον να διαχωρίσει η μορφή, από τη διαδικασία με την οποία παράγεται. Η φύση δεν διαχωρίζει μεταξύ του ρόλου του αρχιτέκτονα, του μηχανικού και του κατασκευαστή.»

Neri Oxman

Είναι σαφές, ότι από τη στιγμή που μπορούμε να παράξουμε εργαλεία που αναπτύσσουν τα υλικά, αντί να αφαιρούν υλικό, τότε μπορούμε να ελέγξουμε πολλά στοιχεία σε αυτή τη διαδικασία της ανάπτυξης, να ελέγξουμε τη σύνθεση των υλικών αλλά και να ενσωματώσουμε λειτουργίες και πληροφορίες σε αυτά τα στρώματα.

Παρουσιάζει υψηλά επίπεδα λειτουργικής ολοκλήρωσης με, επιτρέπει την αντιστοίχιση μεταξύ διανομής/συγκρότησης του υλικού και των συνεχών διαδρομών απόσβεσης φορτίου, και ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του προγραμματισμού των υλικών, είναι η ενσωμάτωση της έννοιας την εναλλαγή των διαφοροποιημένων ιδιοτήτων: διαβαθμίσεις δομικών και υλικών χαρακτηριστικών προκύπτουν με την αυξομείωση του πάχους, της διαφάνειας, του πορώδους και της θερμικής απορρόφησης σύμφωνα με τη λειτουργία τους ή την επιθυμητή κατάσταση σταθερότητας (δομή). Τέλος, επιτρέπει στο σχεδιαστή να εξετάσει το ενδεχόμενο της προσαρμοστικότητας των κατασκευών του, στο περιβάλλον και στις συνθήκες της κάθε περίπτωσης.

Μπορούμε λοιπόν πλέον, να ερμηνεύσουμε εκ νέου τη 3D εκτύπωση αλλά και τα νέα βιομηχανικά εργαλεία με τρόπο που να διατυπώνουν μια πραγματικά νέα σχεδιαστική γλώσσα που ενημερώνεται από τον κόσμο της βιολογίας και τον τρόπο που αναπτύσσονται τα φυσικά συστήματα.

Και παρόμοια με την εφεύρεση της τυπογραφίας, από τον πατέρα της μηχανικής εκτύπωσης Γουτεμβέργιο, που επέτρεψε τον εκδημοκρατισμό της γνώσης και της πληροφορίας, ίσως σήμερα να διανύουμε μια νέου τύπου επανάσταση, έναν εκδημοκρατισμό της κατασκευής, όπου μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης, όλοι μπορούν να κατασκευάσουν.

Ο τρόπος διαχείρισης αυτών των εργαλείων είναι που θα καθορίσει το μέλλον της κατασκευής του σχεδιασμού αντικειμένων, κτιρίων, του κόσμου.

Αναφορές προηγούμενου κεφαλαίου

1. Bob Sheil, "Manufacturing the Bespoke: Making and Prototyping Architecture", AD Reader, March 2012
2. Oxman, N. (2011). Variable Property Rapid Prototyping. Journal of Virtual and Physical Prototyping
3. Oxman, N. and J. L. Rosenberg. (2007). Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators. International Journal of Architectural Computing
4. Oxman, N. (2012). Programming Matter. Architectural Design, Special Issue: Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design. Volume 82, Issue 2, pages 88-95, March/April. Guest edited by Achim Menges
- 5,6,7. Bob Sheil, "Manufacturing the Bespoke: Making and Prototyping Architecture", AD Reader, March 2012

05

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Η μεταφορά των επιδόσεων των υλικών στην υπολογιστική σφαίρα είναι μια προσέγγιση γεμάτη προκλήσεις.

Σε πρώτη φάση προσπαθεί να εντοπίσει την άμεση σχέση μεταξύ της ψηφιακής και φυσικής ύλης, και, δεύτερον, επιδιώκει να ερμηνεύσει εξαιρετικά πολύπλοκα, δυναμικά και ζωντανά συστήματα ως πρότυπα για την παραγωγή μορφής.

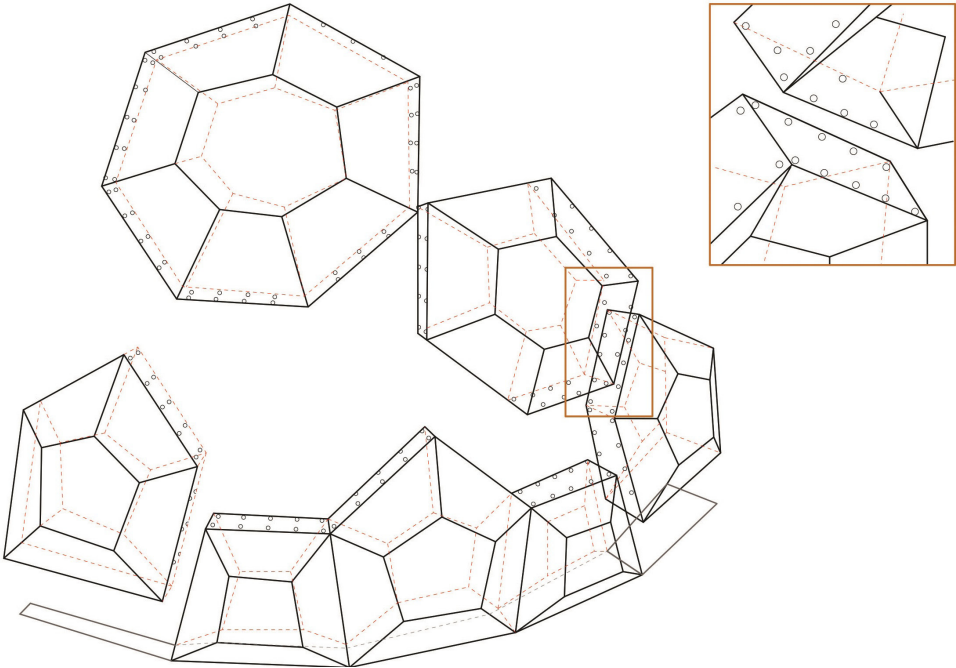
Είναι σημαντικό ωστόσο, να σημειωθεί ότι η υπολογιστική μορφογένεση, δεν αποτελεί κάποιου είδους συνταγή σχεδιασμού, η οποία μετά την καθιέρωσή της θα μπορεί να εξαγει οποιοδήποτε σύστημα (από έναν βασικό κώδικα ως ένα πλήρες υλικό σύστημα) εισάγοντας απλώς τα κατάλληλα δεδομένα (inputs). Αντιθέτως, πέρα από το κοινό τεχνολογικό και μεθοδολογικό πλαίσιο που εξηγήθηκε παραπάνω, κάθε υλικό σύστημα απαιτεί την ανάπτυξη ειδικών τεχνικών και αρχών που αντιστοιχούν με την συγκεκριμένη σύνθεση, τα χαρακτηριστικά του συστήματος και τα αποδοτικά του κριτήρια.

Έτσι, τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν, έχουν ως στόχο να κάνουν μια επισκόπηση των διαφόρων υλικών συστημάτων και των συναφών υπολογιστικών μεθόδων που διέπονται από πολύ διαφορετικές συνθετικές αρχές.

Μια άλλη πτυχή που χαρακτηρίζει τα παραδείγματα είναι η προσέγγιση του παραδείγματος της φύσης, και η επανεξέταση των καθιερωμένων διαδικασιών σχεδιασμού για την προώθηση μιας εναλλακτικής σχεδιαστικής προσέγγισης.

Πρόκειται για μια προσέγγιση, η οποία θα επιτρέπει στους αρχιτέκτονες να εκμεταλλεύονται τους πόρους του υπολογιστικού σχεδιασμού για την κατασκευή, πέρα από τη δημιουργία εξωτερικών σχημάτων που στη συνέχεια εξορθολογίζονται για την οικοδομησιμότητα και τις λειτουργίες που πρέπει να υπηρετούν.

Αντίθετα, προωθεί την εξέλιξη των αποδοτικών ικανοτήτων (performance capacities) και των χωρικών ποιοτήτων των υλικών συστημάτων που κατασκευάζονται.



Αυτό τονίζει τη σημασία του αρχιτέκτονα/ σχεδιαστή σε ένα εναλλακτικό ρόλο, έναν ρόλο ιδιαίτερης σημασίας, που ενεργοποιεί και επηρεάζει, μία διαδικασία σχεδιασμού η οποία απαιτεί καινούριες δεξιότητες και ευαισθησίες.

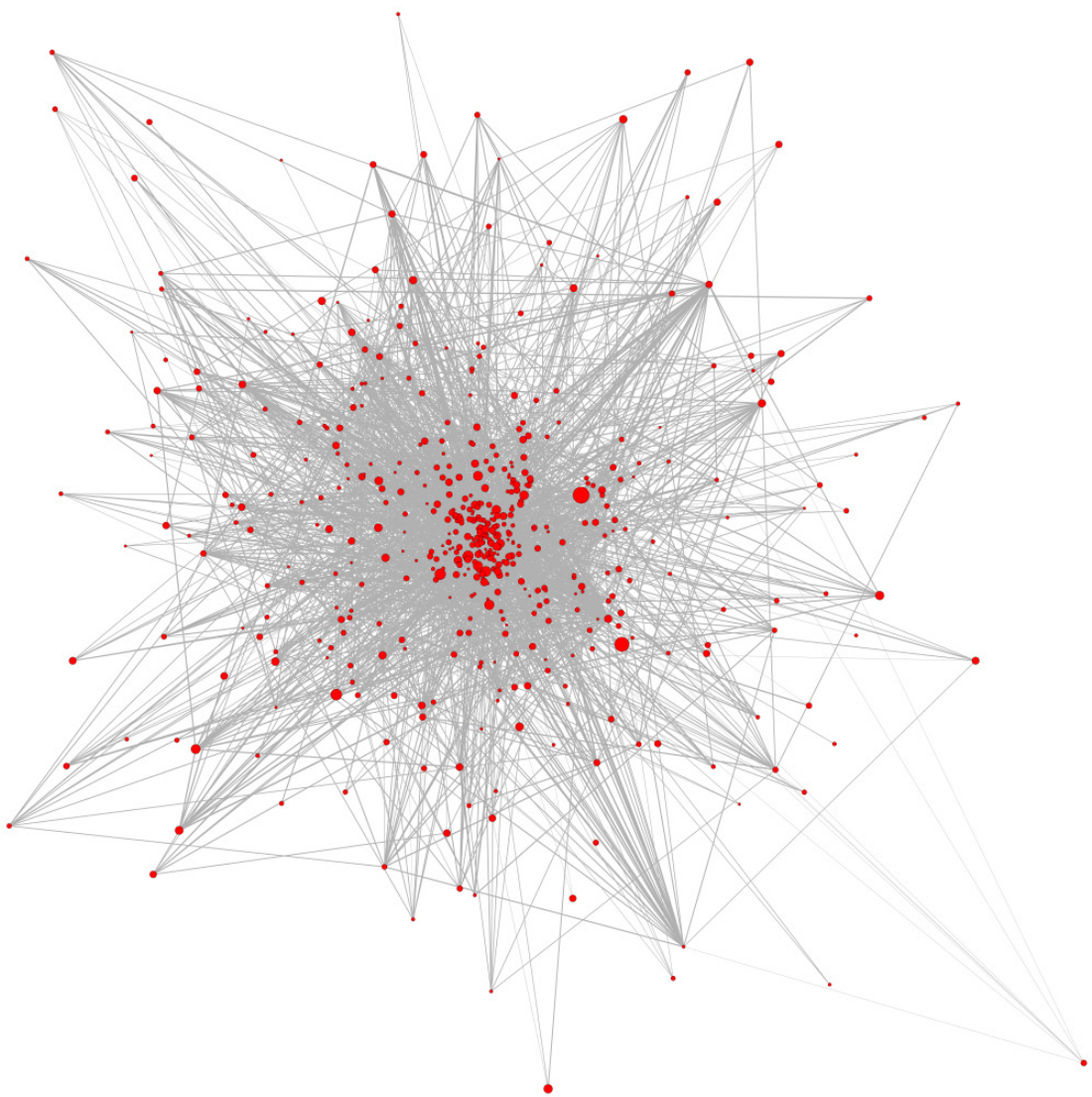
Παράλληλα, ο υπολογιστικός σχεδιασμός και η «αλγοριθμική υλικότητα» επιτρέπουν την ανάδειξη της μορφογενετικής δυνατότητας των υλικών και ανοίγουν ένα κατά μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητο πεδίο δυνατοτήτων για τον τρόπο που σχεδιάζεται και παράγεται το δομημένο περιβάλλον στον 21ο αιώνα.

Η δυνατότητα της περιγραφής της αρχιτεκτονικής πριν χτιστεί, και η ανάδραση/ ανατροφοδότηση από τη φυσική κατασκευή στο ψηφιακό μοντέλο, ενημερώνοντας τη ψηφιακή διαδικασία με ερωτήματα όπως, πως μεταφράζεται η κατασκευή μέσα στο χρόνο, το χώρο, τα υλικά, τις διαδικασίες κατασκευής, συναρμολόγησης και χρήσης, δίνει τη δυνατότητα για τη κατανόηση της διαφοράς μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας φυσικής δοκιμής. (prototype)

Προκειμένου οι έρευνες αυτές να προχωρήσουν περισσότερο και να θεωρηθούν ως ουσιαστικές εναλλακτικές λύσεις για τη διαμόρφωση του δομημένου περιβάλλοντος, απαιτείται αυτή η κριτική και η ανάδραση του δομημένου αποτελέσματος.

Πόσο διαφορετική είναι η φυσική δοκιμή (prototype) από το ψηφιακό μοντέλο; Συμπεριφέρεται όπως αναμενόταν; Η διαδικασία της κατασκευής παρουσιάζει ένα αποτέλεσμα που μας λέει περισσότερα για την έρευνα, από ένα πλήρως ψηφιακό μοντέλο;

Αν αυτά τα ερωτήματα δεν αντιμετωπιστούν, τότε υπάρχει ο κίνδυνος αυτές οι διερευνήσεις να παραμείνουν σε μια πειραματική πραγματικότητα, μια πραγματικότητα σε στάδιο beta*, που μπορεί να αναδεικνύει συγκεκριμένες προκλήσεις στην ψηφιακή επεξεργασία ή στο χειρισμό υλικών που υπάρχουν, όμως ίσως να αδυνατεί να αντιμετωπίσει τις έρευνες αυτές σε μία ευρύτερη αρχιτεκτονική σφαίρα, απαντώντας σε ερωτήματα όπως ο σκοπός, η διάρκεια, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η προσαρμοστικότητα.



Σε κάθε περίπτωση, όντας στο επίκεντρο αλλαγών και των πολλαπλών δυνατοτήτων που προσφέρονται από τον κόσμο του προγραμματισμού για την αρχιτεκτονική, είναι πάντοτε αναγκαίο να έχουμε υπόψιν ότι η αρχιτεκτονική δεν είναι κατασκευασμένη από διανύσματα, σημεία, καμπύλες και αλγορίθμους, αλλά από στοιχεία που έχουν τη τάση να λειτουργούν απρόβλεπτα, σε ένα πεδίο που χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη πολυπλοκότητα από την εξωτερική του μορφή.□

BIBΛIA

- Michael Hensel, Achim Menges, Michael Weinstock ,“Emergent Technologies And Design: Towards a biological paradigm for architecture”, Routledge 2010
- Achim Menges ,“Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design”, AD (Architectural Design) 2011
- Mark Garcia, “The Patterns of Architecture”, AD (Architectural Design) 2009
- Michael Hensel, Achim Menges, “Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design” (Architectural Design)
- S Vogel, “Comparative Biomechanics: Life’s Physical World”, Princeton University Press, (Princeton, NJ), 2003
- Michael Hensel, Achim Menges, Michael Weinstock ,“Emergence: Morphogenetic Design Strategies”, AD (Architectural Design), 2004
- Bob Sheil, “Manufacturing the Bespoke: Making and Prototyping Architecture”, AD Reader, March 2012
- Winfried Nerdinger, Frei Otto: Complete Works, Lightweight Construction, Natural Design, Architekturmuseum der Technischen Universität München, BIRKHAUSER
- Χρήστος Χονδρός, Στρατηγικές Μορφοποίησης: Ανάδυση, Προγραμματισμός, Συλλογικότητα, Μεταπτυχιακό ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία Οκτ 2010

ΑΡΘΡΑ

- Sean Ahlquist Stuttgart University, "Behavior-based Computational Design Methodologies, integrative processes for force defined material structures", Acadia 2011 _proceedings
- Peter Booth, "Digital materiality: emergent computational fabrication" ANZASCA 2009, University of Tasmania
- Georg Ladurner, Markus Gabler, Achim Menges, Jan Knippers University of Stuttgart, "Interactive Form-Finding for Biomimetic Fibre Structures: Development of a computational design tool and physical fabrication technique based on the biological structure of the lichen" Modes of Production -Volume 2-eCAADe 30
- Oxman, N. (2011). Variable Property Rapid Prototyping. Journal of Virtual and Physical Prototyping
- Oxman, N. and J. L. Rosenberg. (2007). Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators. International Journal of Architectural Computing
- Oxman, N. (2012). Programming Matter. Architectural Design, Special Issue: Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design. Volume 82, Issue 2, pages 88-95, March/April. Guest edited by Achim Menges

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<http://smartgeometry.org/>

<http://web.media.mit.edu/~neri/site/>

materialecology.blogspot.com/

<http://www.achimmenges.net/>

www.freiotto.com/

<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/59192>

