

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΡΙΑ

ΤΟΥ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΣΕ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΤΣΕΜΠΟΓΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΒΟΛΕΑΣ

THE EVOLUTION AND LIMITS

OF THE CARTESIAN MODEL

IN ADDRESSING CONTEMPORARY CHALLENGES

IN ARCHITECTURE

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΒΟΛΕΑΣ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΤΣΕΜΠΟΓΛΟΥ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ζαβολέα για την πολύτιμη καθοδήγηση, την εμπιστοσύνη και την υπομονή κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας ερευνητικής εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12-16
Θέμα	13-15
Δομή	15
Μεθοδολογία	15-16
ΜΕΡΟΣ 1 ^ο : ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ	17-32
1.1 αναλογική εποχή _ η αξία των σχεδίων	18-24
1.2 ψηφιακή εποχή _ η ψηφιακή κουλτούρα: χρήση συστημάτων CAD και BIM...25-30	
1.3 computational design και τοπολογικά συστήματα ανάλυσης και σχεδίασης... 31-32	
ΜΕΡΟΣ 2 ^ο : ΞΕΠΕΡΝΩΝΤΑΣ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	33-52
2.1 Μορφές παραγόμενες από αναρτημένες αλυσίδες: Antoni Gaudi	34-38
2.2 Δυναμικά φυσικά μοντέλα: Frei Otto	39-41
2.3 Κελύφη στα όρια του υλικού και της δομής: Felix Candela	42-45
2.4 Πρώτες ψηφιακές τοπολογίες: Shoei Yoh	46-51
2.5 Συμπεράσματα/Ανακεφαλαίωση	52
ΜΕΡΟΣ 3 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53-56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57-59
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	60-62

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας ερευνητικής εργασίας αποτελεί η εξέλιξη του καρτεσιανού μοντέλου καθώς και τα όρια αυτού στο πεδίο της αρχιτεκτονικής. Μελετάται κατά ποιόν τρόπο η καρτεσιανή λογική έχει επιδράσει κι έχει επηρεάσει τη φύση της αρχιτεκτονικής και πώς τελικά τα καίρια ζητήματα και οι συνεχείς προκλήσεις που ανακύπτουν στο πεδίο αυτό, αντιμετωπίζονται. Στόχος αποτελεί η σύντομη αναφορά στα σημαντικά στάδια γεωμετρικής περιγραφής της αρχιτεκτονικής μορφής απ' τα οποία διήλθε ο τομέας της αρχιτεκτονικής και συγκεκριμένα ο σχεδιασμός. Τι ακριβώς είναι η καρτεσιανή λογική που υιοθετήθηκε και πως επιτεύχθηκε η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή εποχή; Ποιες είναι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις ημέρες μας. Πώς γεννώνται οι αρχιτεκτονικές ιδέες παίρνοντας την τελική τους μορφή και ποιος ο ρόλος των μέσων που επιστρατεύονται για αυτόν τον σκοπό. Προκειμένου να κατανοήσουμε όλα αυτά μελετάμε παραδείγματα πρωτοπόρων για την εποχή τους αρχιτεκτόνων, όπως είναι ο Antoni Gaudi, ο Frei Otto, ο Felix Candela και ο Shoji Yoh, οι οποίοι ασχολήθηκαν μεταξύ άλλων με δυναμικές μεθόδους εξερεύνησης της μορφής.

Λέξεις κλειδιά: Καρτεσιανό μοντέλο, σχεδιασμός, αναλογική εποχή, ψηφιακή εποχή, παράδειγμα

ABSTRACT

The subject of this research paper is the evolution of the Cartesian model and its limitations in the field of architecture. It examines how Cartesian logic has influenced and affected the nature of architecture and how critical issues and continuous challenges in this field are addressed. The aim is to provide a brief overview of the significant stages of geometric description of architectural form through which the field of architecture, particularly design, has passed. What exactly is the Cartesian logic that was adopted and how was the transition from the analog to the digital age achieved? What are the technologies used today? How are architectural ideas conceived and brought to their final form, and what is the role of the means employed for this purpose? To understand all these aspects, we study examples of architects who were pioneers of their time, such as Antoni Gaudi, Frei Otto, Felix Candela and Shoji Yoh, who among other things, engaged in dynamic methods of form exploration.

Key words: Cartesian model, design, analog era, digital era, example

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θέμα

Η συγγραφή της παρούσας ερευνητικής εργασίας αφορά το καρτεσιανό μοντέλο και αναπτύσσεται σε δύο κύριους άξονες. Ο πρώτος ασχολείται κυρίως με την εξέλιξη αυτού κατά τη διάρκεια των χρόνων από την εποχή της αναλογικής σχεδίασης έως τις ημέρες μας με την επικράτηση της ψηφιακής σχεδίασης και των συστημάτων CAD και BIM. Στον δεύτερο διερευνώνται τα όρια του καρτεσιανού μοντέλου σε σχέση και με την αντιμετώπιση σύγχρονων προκλήσεων για την αρχιτεκτονική τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων αρχιτεκτόνων.

Το καρτεσιανό σύστημα ενυπάρχει στον τρόπο που σχεδιάζουμε, σκεφτόμαστε και υλοποιούμε/ ενεργούμε. Αποτελεί ουσιαστικά κομμάτι της λογικής μας σκέψης. Τα όργανα σχεδίασης (χάρακες, διαβήτες κλπ.) βασίζονται σε αυτό κι επομένως τα σχέδια και κατ' επέκταση τα κτήρια έχουν επινοηθεί αλλά και τελικά σχεδιαστεί έχοντας ως βάση συγκεκριμένες παραμέτρους και άρα περιορισμούς.

Αρχικά έχουμε την αναλογική εποχή, όπου ο σχεδιασμός γίνεται με το χέρι (σκίτσα, γραμμικά σχέδια κλπ.) με τη βοήθεια οργάνων σχεδίασης. Στα μέσα της δεκαετίας του 80 πραγματοποιείται μια επανάσταση θα λέγαμε στον τομέα του σχεδιασμού με την εισαγωγή των πρώτων υπολογιστικών συστημάτων που εφαρμόστηκαν ποτέ στην αρχιτεκτονική. Εισήχθη για πρώτη φορά το σύστημα CAD. Όλα έγιναν ευκολότερα και πιο γρήγορα. Αξίζει βέβαια να σημειωθεί πως και οι γεωμετρίες αυτού του συστήματος βασίστηκαν στις αρχές του καρτεσιανού μοντέλου, απλώς μεταφέρθηκαν σε ψηφιακό περιβάλλον. Αργότερα έχουμε και το BIM, το οποίο δουλεύει με τις δοθείσες από τον άνθρωπο κάθε φορά εντολές και παραμέτρους.

Στις ημέρες μας, γίνεται μια προσπάθεια αλλαγής των κανόνων στον τομέα του σχεδιασμού. Μπορούμε να πούμε ότι έχουμε μια νέα επανάσταση, αυτή της μετά μοντέρνας εποχής, κατά την οποία η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος έχει οδηγήσει σε μια σταδιακή εξέλιξη από τα καρτεσιανά μοντέλα στα τοπολογικά, καθώς και από τα περιγραφικά μοντέλα σε μοντέλα συνδυαστικής ή παραμετρικής διαχείρισης της πληροφορίας. Σκοπός των αρχιτεκτόνων, τώρα είναι να λαμβάνουν υπόψη τους όλο και περισσότερο παραμέτρους που αφορούν το περιβάλλον και την προστασία αυτού μέσω της εφαρμογής βιώσιμων λύσεων, όπως για παράδειγμα στα υλικά, αλλά και με σκοπό την ευημερία και τη μέγιστη άνεση του ανθρώπου (προσανατολισμός, κλίμα,

μορφή κτηρίου). Έτσι και οι μορφές γίνονται πιο ελαστικές, «ασθενείς» ή τοπολογικές, ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στο πλήθος των παραμέτρων.

Έχοντας όλα αυτά στο μυαλό υπήρξε η ανάγκη αλλαγής του τρόπου σκέψης και νοοτροπίας σχεδιασμού. Αυτό όχι για λόγους αισθητικής αλλά για λόγους βιωσιμότητας. Και επειδή ακριβώς οι δυνατότητες των συστημάτων CAD είχαν εξαντληθεί και φτάσει στο μέγιστο σημείο που θα μπορούσαν να φτάσουν λόγω της περιορισμένης ευελιξίας που διαθέτουν, υπήρξε η ανάγκη δημιουργίας νέων συστημάτων που θα υπερβαίνουν τους καρτεσιανούς περιορισμούς και θα επιτρέπουν τη δημιουργία πιο οργανικών/ εύπλαστων/ τοπολογικών μορφών και καλύτερα ανταποκρινόμενων στο πλήθος των παραμέτρων μορφών. Έτσι έχουμε και την εισαγωγή στο πεδίο του σχεδιασμού συστημάτων τοπολογικής ανάλυσης και σχεδίασης, προσέγγισης, τα οποία ξεπερνούν τα όρια του καρτεσιανού μοντέλου και πάνε τον σχεδιασμό παραπέρα. Σήμερα ο σχεδιασμός (με την εισαγωγή του παραμετρικού/ αλγοριθμικού σχεδιασμού) δε βασίζεται στο καρτεσιανό σύστημα, αλλά αυτό που μετράει πλέον είναι η υλικότητα, της οποίας οι ιδιότητες καθώς και οι εκάστοτε εξωγενείς και εσωγενείς παράγοντες/δυνάμεις καθορίζουν τη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.

Στόχος της εργασίας αυτής, λοιπόν, αποτελεί η σύντομη αναφορά στα σημαντικά στάδια γεωμετρικής περιγραφής της αρχιτεκτονικής μορφής απ' τα οποία διήλθε ο τομέας της αρχιτεκτονικής και συγκεκριμένα ο σχεδιασμός. Ποιες πρακτικές εφαρμόζονταν όταν πρώτο ιδρύθηκε το επάγγελμα του αρχιτέκτονα από τον Leon Alberti Battista και πως ανά τους αιώνες μετεξελίχθηκαν τα αναπαραστατικά μέσα έως και τις ημέρες μας με τη στροφή σε περισσότερο τεχνολογικές λύσεις και πρακτικές. Αλλά και ποια είναι η εξέλιξη των εργαλείων που χρησιμοποιούν οι αρχιτέκτονες προκειμένου να εκφράσουν τις ιδέες τους. Θα σταθούμε στο τι ακριβώς είναι η καρτεσιανή λογική που υιοθετήθηκε και καθώς και στο ποια είναι η εξέλιξη του συστήματος αυτού με το πέρασμα από την αναλογική στην ψηφιακή εποχή. Έπειτα, θα αναφερθούμε στις τεχνολογίες της ψηφιακής εποχής BIM και CAD καθώς και στο μοντέλο του τοπολογικού σχεδιασμού. Τέλος θα πούμε για συγκεκριμένες περιπτώσεις αρχιτεκτόνων, οι οποίοι με τις σχεδιαστικές πρακτικές και τη διορατικότητά τους ξεπέρασαν την εποχή τους και αναδείχθηκαν πρωτοπόροι της αρχιτεκτονικής σκέψης, όπως για παράδειγμα ο Frei Otto, ο Shoji Yoh, ο Felix Candela και ο Antoni Gaudi.

Ουσιαστικά το ερώτημα αυτής της ερευνητικής εργασίας έχει να κάνει με το πως γεννώνται οι αρχιτεκτονικές ιδέες και πως τελικά αυτές μορφώνονται/ πλάθονται παίρνοντας την τελική τους μορφή, μέσα από τα μέσα που επιστρατεύονται για το σκοπό αυτό. Τι ρόλο διαδραματίζουν σε αυτό τα σχεδιαστικά εργαλεία από τα πρώιμα στάδια σύλληψης μιας ιδέας έως και τα τελευταία στάδια αποτύπωσης/ δημιουργίας/ πραγματοποίησης αυτής.

Δομή

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αυτής θα ασχοληθούμε με τον ορισμό και την εξέλιξη των σχεδιαστικών μέσων. Θα προσεγγίσουμε τη λογική των εργαλείων, τον τρόπο που αυτά δουλεύουν καθώς και τον τρόπο εξέλιξής τους από τα αρχικά στάδια έως και τα πιο πρόσφατα. Εκτός αυτού θα αναφερθούμε και στην επίδραση των εκάστοτε σχεδιαστικών πρακτικών και συστημάτων στις διαδικασίες παραγωγής ιδεών και μορφοπλασίας καθώς και την επιρροή αυτών στην αρχιτεκτονική σκέψη.

Στο δεύτερο μέρος η ερευνητική εργασία ακολουθεί το έργο συγκεκριμένων αρχιτεκτόνων που αναδείχθηκαν πρωτοπόροι κυρίως για τον τρόπο και τις μεθόδους που εφαρμόζαν για την παραγωγή μορφών αλλά και για τις υλικότητες και τη βαρύτητα που δίνανε σε αυτές.

Στο τρίτο μέρος, πέραν μιας σύντομης ανακεφαλαίωσης, γίνεται και μια προσπάθεια εξαγωγής ορισμένων συμπερασμάτων σχετιζόμενα, κατά κύριο λόγο, με το ρόλο του αρχιτέκτονα στη σύγχρονη εποχή και κατά πόσο αυτός θα πρέπει να επαναπροσδιοριστεί, αλλά και προς τα ποιες κατευθύνσεις.

Μέθοδος

Η μέθοδος που έχει εφαρμοστεί είναι αυτή της βιβλιογραφικής μελέτης και της διαδικτυακής έρευνας. Η βιβλιογραφία σχετίζεται με την εξέλιξη των σχεδιαστικών εργαλείων από τα αναλογικά στα ψηφιακά, όπως για παράδειγμα με το σχέδιο και τα ψηφιακά συστήματα σχεδίασης CAD, BIM και τον παραμετρικό σχεδιασμό καθώς και με τη μελέτη του έργου των αρχιτεκτόνων Antoni Gaudi, Frei Otto, Felix Candela και Shoji Yoh. Απαρτίζεται κυρίως από εκδόσεις βιβλίων στην αγγλική γλώσσα,

ερευνητικών εργασιών και πρακτικά διαλέξεων που χρονολογούνται από το 1972 έως και το 2021, ενώ υλικό αντλήθηκε και από οπτικοακουστικά μέσα αλλά και από διάφορα διαδικτυακά άρθρα και περιοδικά.

Η έρευνα εκμεταλλεύεται την ιστορική πείρα χρησιμοποιώντας παραδείγματα από το παρελθόν έτσι ώστε να φωτίσει τα σημερινά καίρια ζητήματα, και να αναδείξει τη σημασία και την επικαιρότητά τους στις σύγχρονες συνθήκες. Ουσιαστικά εξετάζεται ο αντίκτυπος αλλά και το κατά πώς όλες αυτές οι μέθοδοι εύρεσης μορφής και οι σχεδιαστικές προσεγγίσεις και θεωρίες των συγκεκριμένων αρχιτεκτόνων, επέδρασαν στις σύγχρονες μορφοπλαστικές διαδικασίες. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στις μεταβολές που πιθανόν προέκυψαν σε επίπεδο τόσο εννοιολογικό όσο και λειτουργικό. Έτσι, υπό το πνεύμα αυτό, παρουσιάζονται τα έργα των πρωτοπόρων αρχιτεκτόνων Antoni Gaudi, Frei Otto, Felix Candela και Shoji Yoh.

1.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΠΟΧΗ _ Η ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Το σχέδιο είναι μια εικόνα που συμπυκνώνει μια ολόκληρη διαδικασία και συντήκει μια διακριτή διάρκεια σε μια εικόνα. Ένα σκίτσο είναι στην πραγματικότητα μια προσωρινή εικόνα, ένα κομμάτι κινηματογραφικής δράσης που καταγράφεται με εικαστική μορφή.¹

Το καρτεσιανό σύστημα, γνωστό και ως καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων είναι μια μαθηματική και γεωμετρική δομή, βασισμένη σε Ευκλείδειες γεωμετρικές αναφορές (Εικόνες 1 και 2), η οποία αναπτύχθηκε από τον Γάλλο φιλόσοφο René Descartes (1596–1650) τον 17^ο αιώνα (1637). Το έργο του θεωρήθηκε επαναστατικό καθώς συνέδεσε την άλγεβρα με την γεωμετρία.² Πρόκειται για ένα μοντέλο x- y- και z αξόνων, το οποίο παρέχει τρόπους μέσω αριθμητικών συντεταγμένων για την αναγνώριση σημείων. Βρίσκει εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς, ενώ διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στο πεδίο της αρχιτεκτονικής. Η σχετική ευελιξία και η ακρίβεια που παρέχει, το καθιστούν κατάλληλο εργαλείο ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο σε τομείς που αφορούν τον σχεδιασμό, τη χωρική οργάνωση καθώς και την κατασκευή³.

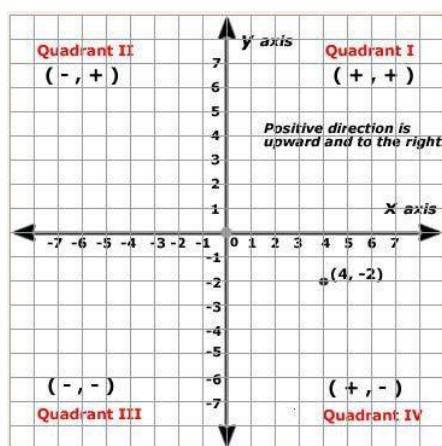
Ειδικά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τομείς που αφορούν την κατασκευή η καρτεσιανή γεωμετρία συνιστά σημείο αναφοράς. Με τη μετάβαση από το αναλογικό περιβάλλον εργασίας στο ψηφιακό, οι έως τότε χρησιμοποιούμενες μέθοδοι γεωμετρικής ανάλυσης κωδικοποιήθηκαν, μεταφέρθηκαν και προσαρμόστηκαν σε καλά οργανωμένα ψηφιοποιημένα συστήματα. Με τη συνέργεια αναλογικού και ψηφιακού που παρατηρείται στις ημέρες μας, τα όποια εμπόδια και οι όποιοι περιορισμοί που ετίθεντο από τη φύση και μόνο της καρτεσιανής γεωμετρίας κι ενυπήρχαν στο καρτεσιανό σύστημα ξεπερνιούνταν μέσω της χρήσης τοπολογικών συστημάτων τα οποία γενικά διαθέτουν περισσότερη ευελιξία, καθώς ανταποκρίνονται πιο άμεσα σε μεταβολές σχέσεων και τιμών παραμέτρων. Τα συστήματα αυτά

¹ Juhani Pallasmaa, 2021, « Δώδεκα δοκίμια για τον Άνθρωπο, την Τέχνη και την Αρχιτεκτονική 1980-2018», Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σελ. 308, παρ. 1

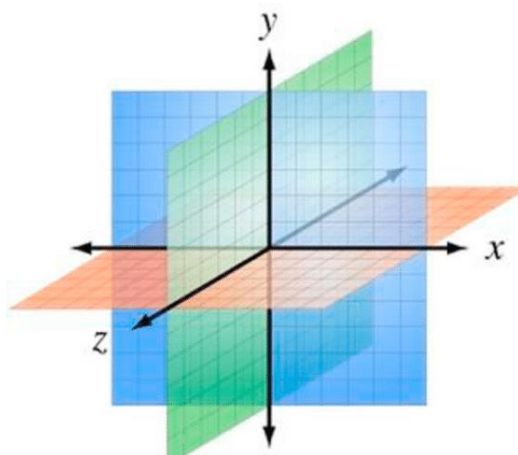
² “Cartesian coordinate system in real-life”, διαθέσιμο στο: <https://medium.com/learning-and-systems-thinking/cartesian-coordinate-system-in-real-life-1354e794e70e>, (πρόσβαση: 2 Μαρτίου 2024)

³ Guggenheim, “Rationalism and the Cartesian Grid”, διαθέσιμο στο: <https://www.guggenheim.org/teaching-materials/countryside-the-future/rationalism-and-the-cartesian-grid>, (πρόσβαση: 2 Μαρτίου 2024)

ουσιαστικά αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τη μετεξέλιξη των καθαρά αναλογικών μορφών σχεδίασης. Έτσι οι υβριδικές αυτές μορφές εργασίας προτρέπουν να συζητηθεί η εφαρμοσιμότητα της καρτεσιανής γεωμετρίας και να επισημανθούν νέες κατευθύνσεις για την προώθηση των εργαλείων που χρησιμοποιούνται στην κύρια παραγωγή (προσφέρουν νέες δυνατότητες όσο αφορά τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν). Έτσι, μέσω της συνέργειας του αναλογικού και του ψηφιακού περιβάλλοντος προάγεται η μετά – ψηφιακή κουλτούρα στο πεδίο του σχεδιασμού.⁴



Εικόνα 1: Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων



Εικόνα 2: Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων

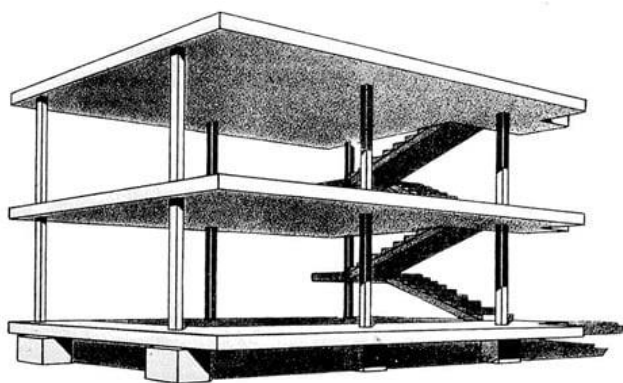
Η καρτεσιανή γεωμετρία έχει χρησιμοποιηθεί σαν αναφορά για την αναπαράσταση αρχιτεκτονικών στοιχείων. Ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, την περίοδο του μοντερνισμού οι ανάγκες της βιομηχανίας κατασκευής για απλοποίηση και επίλυση διάφορων σχεδιαστικών ζητημάτων οδήγησε στην πλήρη υιοθέτηση της καρτεσιανής γεωμετρίας.⁵ Η καρτεσιανή λογική επηρέασε τον Μοντερνισμό, με αρχιτέκτονες όπως ο Le Corbusier να ενσωματώνουν την ορθολογική σκέψη και τα καθαρά γεωμετρικά σχήματα στον σχεδιασμό τους (Εικόνες 3 και 4). Η τάση για λειτουργικότητα και η τυποποίηση, χαρακτηριστικά που συναντάμε και στον μοντερνισμό, είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις καρτεσιανές αρχές. Έτσι, σε αυτό το πλαίσιο τα καθαρά ογκομετρικά πρίσματα υιοθετήθηκαν ως το κύριο αρχιτεκτονικό λεξιλόγιο (Εικόνα 5). Η καρτεσιανή γεωμετρία χρησιμοποιήθηκε για να αποτυπώσει το λογικό ύφος, ευθυγραμμιζόμενη με τον κύριο σκοπό της μοντέρνας αρχιτεκτονικής,

⁴ Zavoleas, Y., 2019, "Rethinking BIM: Non-Cartesian Geometry through Hybrid Production Workflows," in *Structures and Architecture: Bridging the Gap and Crossing Borders*, Cruz, P.J.S. (Ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, London, σελ. 681, παρ. 1

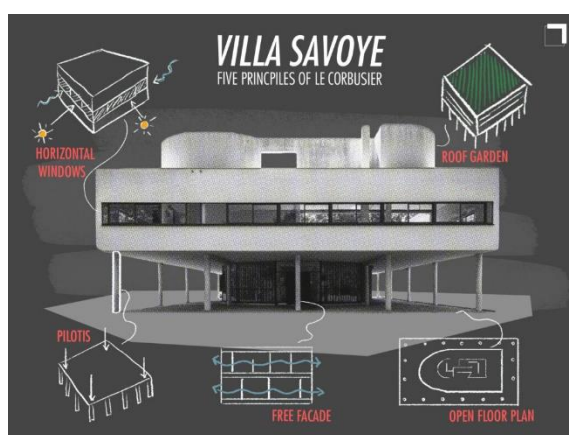
⁵ Zavoleas, Yannis, 2016, "Rethinking Architectural Vocabulary. Comprehensive Design Resolution via Integrated BIM Platforms", σελ. 1, παρ. 2

που ήταν να παρουσιάσει το αρχιτεκτονικό έργο και την κατοικία ως ένα σύνολο επαναλαμβανόμενων, γεωμετρικά τυποποιημένων στοιχείων, δημιουργώντας καλύτερες «μηχανές για τη ζωή». ⁶

Οι φραγμοί που έθετε το καρτεσιανό σύστημα τόσο ως προς τις πιθανές τυπολογίες-λύσεις όσο και ως προς το περιορισμένο κοινό που πολλές φορές απευθυνόταν, παρά την γενικότερη αξιοπιστία του, οδήγησαν σιγά σιγά στην ανάγκη δημιουργίας νέων συστημάτων που θα αποκλίνουν από τα αυστηρά γεωμετρικά πλαίσια και θα επιτρέπουν την προσαρμογή σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον για την ενσωμάτωση των εκάστοτε μεταβολών. Η τοπολογική γεωμετρία, λοιπόν, δίνει τη δυνατότητα να λειτουργήσουμε βασιζόμενοι σε δυναμικές μεθόδους εύρεσης της μορφής. Με αυτό εννοούμε ότι στον σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψιν έννοιες όπως ο χώρος, ο χρόνος και οι αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων μεταξύ τους. Οι δυναμικές σχέσεις, δηλαδή, διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο. ⁷



Εικόνα 3: Le Corbusier; Perspective view of the Dom-ino system, 1914



Εικόνα 4: Le Corbusier; 5 Points of Architecture in Villa Savoye, 1926

⁶ Zavoleas, Yannis, 2016, “Rethinking Architectural Vocabulary. Comprehensive Design Resolution via Integrated BIM Platforms”, σελ. 2 ,παρ. 3

⁷Ο. π., σελ. 6 , παρ. 1

«Το ψηφιακό έχει ενσωματωθεί σε κάθε φάση από τις πρώιμες εισόδους δεδομένων έως την περαιτέρω επεξεργασία ως δυναμικά στοιχεία μέσω της προσομοίωσης, του τοπολογικού προσδιορισμού και του συνόλου των δεδομένων ηλεκτρονικά/στο σύννεφο και στη συνέχεια μετατράπηκε σε μορφή και χώρο και τελικά επιλύθηκε σε κάθε πτυχή και λεπτομέρεια κατά την προετοιμασία για παραγωγή, κατασκευή και επαναξιολόγηση. Το ψηφιακό προτείνει μια πολυδύναμη πλατφόρμα για τη συνεχή ενημέρωση του σχεδιασμού με ενημερωμένα σύνολα δεδομένων και της οποίας ο αντίκτυπος στο προτεινόμενο σχήμα είναι άμεσος, ανοιχτός, διαφανής και πλήρως προσβάσιμος.»⁸



Εικόνα 5: Αεροφωτογραφία της Νέας Υόρκης όπου φαίνονται οι πρισματικοί όγκοι. Eric Drost

Ποια είναι όμως η σχέση αρχιτεκτονικής και σχεδίου; Η αρχιτεκτονική και το σχέδιο αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα πεδία εδώ και πάρα πολλούς αιώνες. Το σχέδιο είναι μέσο επικοινωνίας και έκφρασης των αρχιτεκτόνων ενώ πρόσθετα αποτελεί το κατ' εξοχήν ενδιάμεσο στη διαδικασία δημιουργίας κι ελέγχου ενός έργου. Αποτελεί ουσιαστικά το πρώτο βήμα στη διαδικασία δημιουργίας ενός έργου. Για παράδειγμα, μέσω ενός σκίτσου ή σκαριφήματος, ο αρχιτέκτονας μπορεί γρήγορα να παράγει ιδέες και να τις αποτυπώνει στο χαρτί. Κατανοεί βαθύτερα τις χωρικές σχέσεις και τις αναλογίες ενώ παράλληλα αποκτά σαφέστερη γνώση και εικόνα της τρισδιάστατης φύσης του κτηρίου και του περιβάλλοντός του (Εικόνα 6). «Τα σχέδια,

⁸ Zavoleas, Yannis, 2020, “In the Architect’s Mind: Drawing (,) Architecture’s Future” in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 169, παρ. 1

με την λειτουργική τους ευελιξία και τη δυνατότητά τους να αποτυπώνουν πληροφορίες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική κάθε είδους, μπορούν να καθοδηγήσουν τη διαδικασία σχεδίασης από τα αρχικά στάδια έως τα πιο προχωρημένα, κάνοντάς την πιο εκλεπτυσμένη, εστιασμένη και λεπτομερή». ⁹

Πέραν της σπουδαιότητας βέβαια των σχεδίων που γίνονται με το χέρι στην έκφραση του ατόμου και στην εύρεση χωρικών σχέσεων, όπως αναφέραμε παραπάνω, είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι επειδή ακριβώς «η σωματική κίνηση και η εγκεφαλική δραστηριότητα είναι λειτουργικά αλληλεξαρτώμενες» ¹⁰, το σχέδιο φέρει τις ιδιότητες του ίδιου του ατόμου – «δημιουργού». Η ιδιαιτερότητα, δηλαδή, των σκίτσων και των σχεδίων που γίνονται με το χέρι είναι τόσο μεγάλη και ξεχωριστή αφού αντικατοπτρίζει τη μοναδικότητα του κάθε ανθρώπου (Εικόνα 7). «Στην πραγματικότητα, η ταυτότητά μας αποτυπώνεται σχεδόν τόσο στα χέρια όσο και στο πρόσωπό μας. Αμέτρητα έργα τέχνης μαρτυρούν τον προσωπικό χαρακτήρα και τη μοναδικότητα των χεριών μας» ¹¹.

«Το χέρι εκπροσωπείται με τόσο μεγάλη ευρύτητα στον εγκέφαλο, τα νευρολογικά και βιομηχανικά στοιχεία του χεριού είναι τόσο επιρρεπή στην αυθόρμητη αλληλεπίδραση και αναδιοργάνωση και τα κίνητρα και οι προσπάθειες που κάνουν το άτομο να χρησιμοποιεί το χέρι είναι τόσο βαθιά ριζωμένα, ώστε να πρέπει να δεχτούμε ότι καλούμαστε να εξιχνιάσουμε μια βασική επιταγή της ανθρώπινης ζωής». ¹² Ο σχεδιασμός με το χέρι παρότι μπορεί να φαίνεται, εκ πρώτης όψεως, χρονοβόρος με επιπτώσεις, τελικά, στην ολοκλήρωση των σχεδιαστικών διαδικασιών βοηθάει στην εξάσκηση απόκτησης καλλιτεχνικής τελειότητας και νοήματος, ικανότητα που μόνο ο άνθρωπος διαθέτει. ¹³

Μπορεί να πιστεύουμε ότι τα χέρια μας απλά ασχολούνται με τον υλικό κόσμο, όμως κάποιοι θεωρητικοί υποστηρίζουν ότι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το χέρι ακόμα και στην εμφάνιση της συμβολικής σκέψης και της γλώσσας. Μάλιστα κάθε άποψη που αγνοεί την σωματική ιδιοσυστασία του ίδιου του ανθρώπου αλλά και τον ρόλο του σώματος στην ταυτότητα, την ζωή και τη σκέψη του είναι εξίσου ατελέσφορη. Γι' αυτό, λοιπόν, τονίζεται η σπουδαιότητα του σχεδίου στο πεδίο της

⁹ Ζαβολέας, σελ. ,παρ

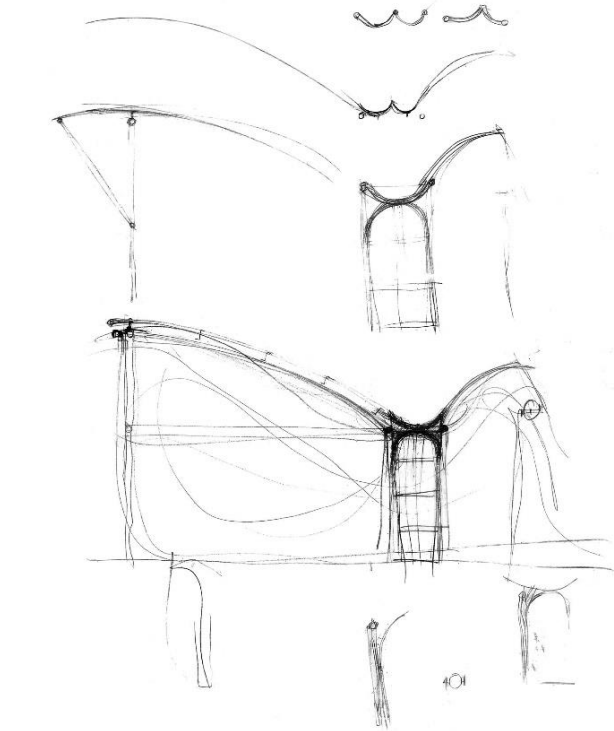
¹⁰ Juhani Pallasmaa, 2021, « Δώδεκα δοκίμια για τον Άνθρωπο, την Τέχνη και την Αρχιτεκτονική 1980-2018», Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σελ. 304, παρ. 1

¹¹ Ο. π., σελ. 301, παρ. 1

¹² Ο. π., σελ. 304, παρ. 1

¹³ Zavoleas Yannis, 2020, “Digital – Free Architecture” in Computational Design from Promise to Practice, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 19, παρ. 2

αρχιτεκτονικής έκφρασης. «Το σχέδιο με το διπλό του χαρακτήρα παρουσιάζει την έκφραση και την τεχνική ικανότητα, αποτελώντας ένα είδους τέχνης που οι αρχιτέκτονες πρέπει να μελετήσουν ως το κύριο σύμβολο της επαγγελματικής τους δραστηριότητας». ¹⁴

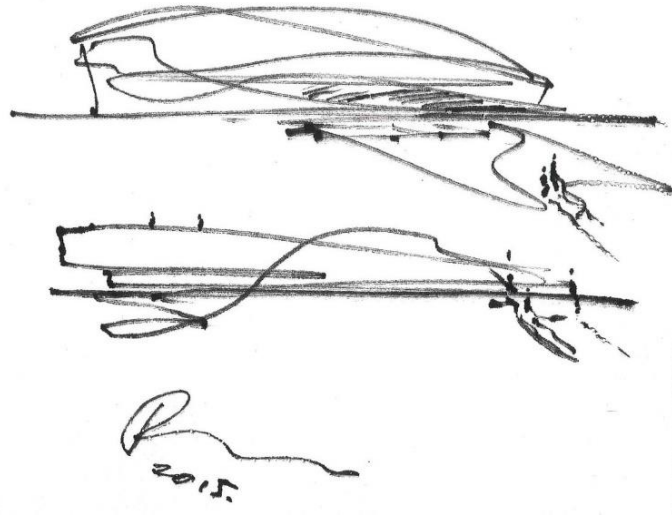


Εικόνα 6: Εύρεση μορφής μέσω του σκίτσου, Magny House, Glenn Murcutt



Εικόνα 7: Massimiliano Fuksas. Zenith music hall, 2003. Οι δυναμικές χειρονομίες του σκίτσου επιτρέπουν στον θεατή να αισθανθεί την κίνηση του σχεδιαστή

¹⁴ Juhani Pallasmaa, 2021, « Δώδεκα δοκίμια για τον Άνθρωπο, την Τέχνη και την Αρχιτεκτονική 1980-2018», Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σελ. ,παρ.



*Εικόνα 8: Εύρεση μορφής μέσω του σκίτσου,
Robert Van Berkel,*

1.2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ _ ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΟΥΛΤΟΥΡΑ – ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD ΚΑΙ BIM

Σε πρώτο επίπεδο, στην ιστορία της αρχιτεκτονικής, αφηρημένες ιδέες και σκέψεις άρχισαν να αποτυπώνονται έστω και σε συμβολικό επίπεδο και να παίρνουν μορφή μέσω μαθηματικών μοντέλων, ενώ σε δεύτερο επίπεδο ανακαλύφθηκε ένας νέος κόσμος, αυτός των αναπαραστάσεων.¹⁵

Η εισαγωγή των υπολογιστών στο πεδίο του σχεδιασμού κατά τα μέσα της δεκαετίας του '80 ήλθε να εκπληρώσει τις προσδοκίες και τους στόχους των αρχιτεκτόνων αλλά και να αποτελέσει απάντηση σε πιθανά προβλήματα που θα προέκυπταν στο νέο διαμορφούμενο ψηφιακό περιβάλλον εργασίας. Η δημιουργία των συστημάτων CAD (Computer – Aided Drafting) αποτέλεσε απάντηση στην επιτακτική ανάγκη ύπαρξης ενός συστήματος που θα είναι σε θέση να επικοινωνεί κατά κάποιο τρόπο με τον σχεδιαστή, μέσω της εισαγωγής πληροφοριών από μεριάς του τελευταίου και διαχείρισης και τελικά εξαγωγής συμπερασμάτων από πλευράς του υπολογιστή. Ουσιαστικά αναπτύχθηκε ως ένα βοηθητικό εργαλείο για τον σχεδιαστή καθ' όλη τη διαδικασία του σχεδιασμού, ξεκινώντας από τον σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση, τον φωτορεαλισμό και τελικά την παρουσίαση.¹⁶

Η μετάβαση από τα συστήματα CAD στα BIM (Building Information Modeling) προέκυψε ως αποτέλεσμα της αποτελεσματικής και επιτυχημένης διαχείρισης μεγάλου όγκου πληροφοριών. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης πληροφορίας και γεωμετρίας μαζί δημιούργησε την τεχνολογία BIM. «Πολλά συστήματα CAD επομένως μετατράπηκαν από γεωμετρικά συστήματα σε συστήματα δεδομένων BIM, όπου η πληροφορία όχι μόνο αποθηκεύεται αλλά και ενημερώνεται μέσω διαδικτυακών πρωτοκόλλων επικοινωνίας». ¹⁷ Οι υπολογιστές διέθεταν τη δυνατότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Η φύση της προσομοίωσης και αυτών των συστημάτων γενικότερα είναι ότι μιμούνται τη δυναμική συμπεριφορά πραγματικών συστημάτων και μάλιστα δύσκολα τη διακρίνει κανείς από την πραγματικότητα. Με άλλα λόγια οι αρχιτεκτονικές προσομοιώσεις συμπεριφέρονται

¹⁵ Terzidis K., 2015, «Permutation design: Buildings, texts and contexts », London, Routledge, σελ. 2, παρ. 1

¹⁶ Ο. π. σελ. 6, παρ. 2, 3

¹⁷ Ο. π. σελ. 6, παρ. 3

όπως ακριβώς ένα κτήριο και τα αποτελέσματα που δίνουν όταν αυτά δοκιμάζονται είναι ακριβώς αυτά ενός κτηρίου.¹⁸

Η τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) πρωτοεμφανίστηκε το 2004 και η αφορμή χρήσης του ήταν μια έρευνα που είχε δημοσιευθεί από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST), σύμφωνα με την οποία η δυσκολία μεταφοράς πληροφορίας κόστιζε πολλά δισεκατομμύρια σε διάστημα ενός μόνο χρόνου στους ιδιοκτήτες κτηρίων. Όμως τι ακριβώς είναι το BIM και ποια είναι η σχέση του με το πεδίο της αρχιτεκτονικής και του σχεδιασμού; Το BIM είναι μια ψηφιακή τεχνολογία, η οποία «μιμείται» την απόδοση ενός κτηρίου ή καλύτερα τις αρχές με βάση τις οποίες έχει σχεδιαστεί, όπως για παράδειγμα τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το λειτουργικό πρόγραμμα του κτηρίου, τον προϋπολογισμό κατασκευής του ακόμα και τις νομικές και οικοδομικές απαιτήσεις – περιορισμούς που το διακατέχουν, με σκοπό τον έλεγχο της απόδοσης του κτηρίου αλλά και την ανάπτυξη του έργου σύμφωνα με τα δοθέντα κριτήρια (Εικόνες 9 και 10).¹⁹ Ο έλεγχος απόδοσης δεν περιορίζεται μόνο από μεριάς των αρχιτεκτόνων αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί από πολλές οπτικές γωνίες που εμπλέκονται στη διαδικασία δημιουργίας ενός έργου, ξεκινώντας από αυτή του ιδιοκτήτη, του σχεδιαστή, των χρηστών καθώς και του κοινού.²⁰

Με άλλα λόγια το BIM συνιστά τεχνολογία μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται για να παράγει και να αναλύει κτηριακά μοντέλα με βασικό σκοπό του να αποτελεί η διευκόλυνση των επιχειρηματικών διαδικασιών στον τομέα των κατασκευών μέσω της οργάνωσης του όγκου της πληροφορίας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτηρίου. Σημαντικό όμως είναι να αναφέρουμε ότι τα μοντέλα κτηρίων που παράγει το BIM λειτουργούν ως ψηφιακές βάσεις δεδομένων που εμπεριέχουν πληροφορίες σχετικές με το εκάστοτε κτήριο, οι οποίες όχι μόνο αποθηκεύονται αλλά και τίθενται υπό επεξεργασία από τον υπολογιστή.²¹ Τα μοντέλα κτηρίων ουσιαστικά αποτελούνται από επιμέρους στοιχεία που εμπεριέχουν δεδομένα σχετιζόμενα με τη γεωμετρία και τη μορφή. Μάλιστα αυτά τα δεδομένα φέρουν τιμές και ιδιότητες που έχουν καθοριστεί από τον χρήστη του προγράμματος που ονομάζονται παράμετροι.

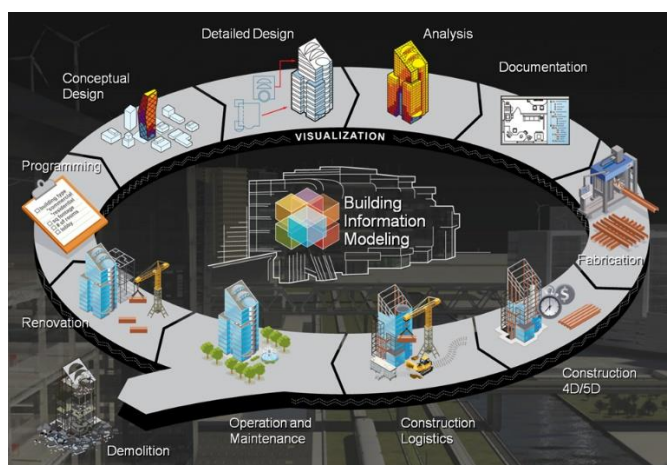
¹⁸ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 10 ,παρ.2

¹⁹ Ο. π., σελ. 103 ,παρ. 1, 2

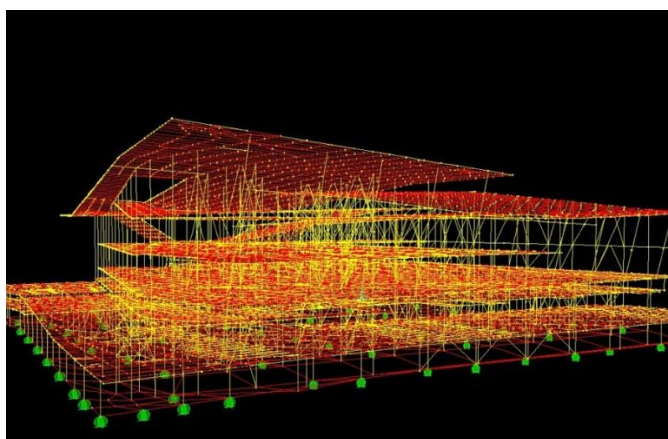
²⁰ Ο. π. σελ. 104 ,παρ. 1

²¹ Ο. π., σελ. 107 ,παρ. 1

Έτσι και τα επιμέρους στοιχεία από τα οποία αποτελείται το μοντέλο ονομάζονται παραμετρικά καθώς και το ίδιο το κτηριακό μοντέλο.²² Το γεγονός ότι ουσιαστικά τα παραγόμενα από το BIM μοντέλα κτηρίων στηρίζονται σε παραμετρικά αντικείμενα βοηθάει τόσο στον έλεγχο της άπειρης πληροφορίας που μπορεί να απαιτείται για ένα μόνο αντικείμενο, για τον υπολογισμό πληροφοριών που μπορεί να μας ενδιαφέρουν, όσο και για την αποφυγή λαθών αλλά και πλεονάζουσας/περιττής δουλειάς.²³ Η BIM, με στόχο την πλήρη ενημέρωση όλων των σταδίων παραγωγής, χρησιμοποιεί τεχνολογία από την αρχή για τον καθορισμό των εξαρτημάτων κι έτσι οι δοκοί, τα υποστρώματα, οι στέγες, οι πλάκες και οι τοίχοι ορίζονται ως καρτεσιανά πρίσματα. Η καρτεσιανή δηλαδή γεωμετρία έχει ενσωματωθεί με διαδικασίες διαχείρισης και λήψης αποφάσεων.²⁴



Εικόνα 9: Επεξηγηματικό διάγραμμα τεχνολογίας BIM



Εικόνα 10: Μοντέλο κτηρίου τεχνολογίας BIM

²² David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 108 ,παρ. 1

²³ Ο. π. σελ. 110 ,παρ. 1

²⁴ Zavoleas,Y., 2019, “Rethinking BIM: Non-Cartesian Geometry through Hybrid Production Workflows,” in *Structures and Architecture: Bridging the Gap and Crossing Borders*, Cruz,P.J.S. (Ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, London, σελ. , παρ.

Σε τέτοιου είδους συστήματα προκειμένου να επιτευχθεί η ροή των δεδομένων είναι απαραίτητη η συμμετοχή πολλών ανθρώπων διαφορετικών ειδικοτήτων, οι οποίοι θα μοιράζονται τις πληροφορίες και θα εμπλουτίζουν τη βάση δεδομένων του μοντέλου, κάτι που μέχρι στιγμής φαίνεται να αποτελεί τη μοναδική δυσκολία στην εφαρμογή του BIM, από την άποψη του ότι όλη αυτή η ποικιλία των μορφών που η πληροφορία παίρνει από όλες τις ομάδες εργασίας δυσκολεύει και καθυστερεί τη διαδικασία.²⁵ Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η διατήρηση της δημιουργικής φύσης του επαγγέλματός τους με ταυτόχρονη την αποτελεσματική προσαρμογή στην συνεργατική φύση της δουλειάς τους συνιστά μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι αρχιτέκτονες όσο αφορά την τεχνολογία BIM.²⁶ Θα πρέπει να σημειωθεί πως «η δύναμη του BIM έγκειται στην ικανότητά του να εκτελεί υπολογισμούς πάνω σε κτηριακά δεδομένα όλων των ειδών. Ο σκοπός του είναι η αυτοματοποίηση ολόκληρης της κτηριακής βιομηχανίας»²⁷

Στον τομέα του σχεδιασμού τα υπολογιστικά εργαλεία έχουν διευκολύνει σε πολύ μεγάλο βαθμό τόσο στην ολοκλήρωση των σχεδίων όσο και στη διερεύνηση μοτίβων και σχημάτων. Βέβαια πολλοί είναι εκείνοι που υποστηρίζουν πως αποτελούν «...αποδεικτικά στοιχεία και οδηγούς θεμελιωδών αλλαγών στη φύση της αρχιτεκτονικής», κάτι που όντως αποτελεί πραγματικότητα.²⁸ «Μπορεί να συμφωνηθεί ότι ανεξαρτήτως του πόσο δημιουργικός μπορεί κάποιος να είναι, η χρήση οποιουδήποτε προγράμματος μοντελοποίησης CAD θα μειώσει σημαντικά τις πιθανές λύσεις, εκφράσεις και παρουσιάσεις που μπορεί κάποιος να έχει και επομένως να επιφέρει εργαλειακό μανιερισμό».²⁹

Για πολλούς ο υπολογιστής δεν αποτελεί απλά και μόνο ένα εργαλείο, αλλά αντιπροσωπεύει μια σύνθετη διανοητική δυνατότητα/ολότητα που μπορεί να προσομοιώσει την ανθρώπινη σκέψη, παράγοντας αποτελέσματα που μπορεί να είναι κάτω, παρόμοια ή ακόμα και άνω των δυνατοτήτων του ανθρώπινου νου.³⁰ Οι αρχιτέκτονες προκειμένου να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του επαγγέλματος αλλά

²⁵ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 111, παρ. 2

²⁶ Ο. π., σελ. 123, παρ. 3

²⁷ Ο. π. σελ. 118, παρ. 2

²⁸ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 2, παρ. 1

²⁹ Terzidis K., 2015, «Permutation design: Buildings, texts and contexts », London, Routledge, σελ. 20, παρ. 2

³⁰ Ο. π., σελ. 93, παρ. 2

και προκειμένου να επωφεληθούν στον μέγιστο βαθμό από τα πλεονεκτήματα και τις νέες δυνατότητες που προσφέρουν τόσο το BIM όσο και ο παραμετρικός σχεδιασμός οφείλουν να κατακτήσουν τα νέα εργαλεία και να μάθουν να τα χειρίζονται στον βαθμό που κατέχουν τα σχεδιαστικά εργαλεία. Βέβαια η αλήθεια είναι ότι πάντα θα υπάρχει ο περιορισμός που το ίδιο το σχεδιαστικό πρόγραμμα θέτει καθώς κανένα λογισμικό δεν μπορεί απόλυτα να υλοποιήσει όλες τις ιδέες του σχεδιαστή.³¹ Η δημιουργικότητα ενός σχεδιαστή, συχνά, περιορίζεται από τα ίδια τα προγράμματα που υποτίθεται χρησιμοποιούνται για να ελευθερώσουν τη φαντασία του. Υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός ιδεών που ένα μυαλό μπορεί να φανταστεί ή να παραγάγει χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή CAD.³²

Κι εδώ είναι που μπαίνει στο πλάνο και ο προγραμματισμός και έτσι αναδεικνύεται η επιτακτική ανάγκη, πλέον, εμφάνισης της γενιάς του κώδικα που θα επιτρέπει στους σχεδιαστές και στους αρχιτέκτονες να διαμορφώνουν οι ίδιοι τα εργαλεία σχεδίασης σύμφωνα με τις δικές τους επιθυμίες και επιδιώξεις.³³ Διαφορετικά εγείρεται το ερώτημα αν με τα υπάρχοντα προγράμματα οι σχεδιαστές δημιουργούν και σχεδιάζουν ελεύθερα απαλλαγμένοι από τους περιορισμούς – κανόνες που τα ίδια τα προγράμματα διαθέτουν και σύμφωνα με τα οποία είναι δομημένα ή απλά αναδιατάσσουν υπάρχουσες πληροφορίες που έχουν καθοριστεί από τον προγραμματιστή. Και αν τελικά ισχύει το δεύτερο θα ήταν ενδιαφέρον να αναρωτηθούμε αν αυτή η κριτική αναδιάταξη της πληροφορίας από μεριάς του σχεδιαστή μπορεί να θεωρηθεί ως δημιουργική διαδικασία.

Ακόμα ένα θέμα που αναδεικνύεται είναι αυτό της πολυπλοκότητας των χρησιμοποιούμενων συστημάτων. Η έννοια της πολυπλοκότητας είναι μια έννοια που αφορά άμεσα τον τομέα του σχεδιασμού. Κι αυτό γιατί η πολυπλοκότητα υπάρχει στα σχεδιαστικά συστήματα που χρησιμοποιούμε. «Πολυπλοκότητα είναι όρος που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει το μήκος/ την έκταση της περιγραφής ενός συστήματος ή την ποσότητα του χρόνου που απαιτείται για να δημιουργηθεί ένα σύστημα».

³¹ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 124, παρ. 2

³² Terzidis K., 2015, «Permutation design: Buildings, texts and contexts », London, Routledge, σελ. 156, παρ. 5

³³ Ο. π. σελ. 157, παρ. 2

Η πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει τα συστήματα CAD και BIM τις περισσότερες φορές προκαλεί και τους ίδιους τους σχεδιαστές – δημιουργούς των συστημάτων αυτών στο να τα κατανοήσουν πλήρως. Στο πεδίο του σχεδιασμού η έννοια της πολυπλοκότητας σχετίζεται με συστήματα τεχνητά, συνθετικά και ανθρωπογενή, παρόλο που η έννοια αυτή συνιστά χαρακτηριστικό γνώρισμα πολλών διεργασιών της φύσης. «Τέτοια συστήματα παρόλο που είναι ανθρώπινες δημιουργίες, αποτελούνται από μέρη και σχέσεις, κατανεμημένα κατά τέτοιους περίπλοκους τρόπους που συχνά υπερβαίνουν τη δυνατότητα του ίδιου του σχεδιαστή να τα κατανοήσει σε βάθος, ακόμα κι αν το άτομο αυτό είναι ο ίδιος τους ο δημιουργός». Ο άνθρωπος όπως γίνεται αντιληπτό έχει καταφέρει να υπερβεί την ίδια του την νοημοσύνη/νοητικές ικανότητες. Μέσω της χρήσης υπολογιστικών συστημάτων, περίπλοκων αλγορίθμων μαζικών υπολογισμών, οι σχεδιαστές είναι ικανοί να επεκτείνουν τη σκέψη τους σε έναν κόσμο πολυπλοκότητας άγνωστο/αχαρτογράφητο και απίστευτο.³⁴

³⁴ Gleiniger A., Vrachliotis G., 2008, «Complexity: Design strategy and world view », Germany, Birkhäuser, σελ. 75, παρ. 1

1.3 COMPUTATIONAL DESIGN ΚΑΙ ΤΟΠΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Στον παραμετρικό σχεδιασμό, οι μορφές και τα σχήματα καθώς και οι πιθανοί συνδυασμοί αυτών, προκύπτουν από τον συνδυασμό της υπολογιστικής και συνδυαστικής δύναμης του υπολογιστή.³⁵ Με τον όρο «computationalism» υποδηλώνεται πως η νοημοσύνη και ειδικότερα η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα όχι μόνο των ανθρώπων αλλά και των υπολογιστών, «...μπορεί να θεωρηθεί ως μια γενικευμένη διαδικασία, να κωδικοποιηθεί υπό τη μορφή κανόνων και μετά να ξανά εφαρμοστεί σε ένα άλλο μέσο...».³⁶ Ποιος όμως είναι ο τρόπος λειτουργίας του αλγοριθμικού σχεδιασμού; Η μέθοδος μέσω ορισμένων υπολογιστικών διαδικασιών, ακολουθώντας δηλαδή μια σειρά αλγορίθμων και έχοντας ως αφετηρία ορισμένες παραμέτρους οδηγεί στην παραγωγή μορφής (Εικόνες 11 και 12). Ουσιαστικά στον παραμετρικό σχεδιασμό η μορφοπλαστική διαδικασία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αντίστροφη (bottom-up) γιατί από αφηρημένες σχέσεις προκύπτει η μορφή, ενώ αντίθετα στον αναλογικό σχεδιασμό ο σχεδιαστής ξεκινάει έχοντας στο νου του πρώτα μια μορφή που θα ήθελε να ακολουθήσει (top down).³⁷

Ο παραμετρικός σχεδιασμός παρουσιάζει κάποιες διαφορές σε σχέση με το BIM. Ο παραμετρικός σχεδιασμός σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή της μορφής σε αντίθεση με το BIM, το οποίο εστιάζει στο κομμάτι της λειτουργίας και απόδοσης του κτηρίου και όχι στη μορφή αυτού. Στον παραμετρικό σχεδιασμό δεν έχουμε απλά την οργάνωση, αποθήκευση και διαχείριση μεγάλης ποικιλίας δεδομένων, όπως συμβαίνει με το BIM αλλά αντίθετα η σχεδιαστική διαδικασία περιλαμβάνει την παραγωγή νέας πληροφορίας και αποτελεσμάτων, βασισμένα σε εισαγόμενα δεδομένα από τον χρήστη κάθε φορά. Με άλλα λόγια ο παραμετρικός σχεδιασμός διατηρεί έναν σαφώς μορφοπλαστικό χαρακτήρα και χαρακτηρίζεται από μια δημιουργικότητα αφού

³⁵ Terzidis K., 2015, «Permutation design: Buildings, texts and contexts », London, Routledge, σελ. 3, παρ. 2

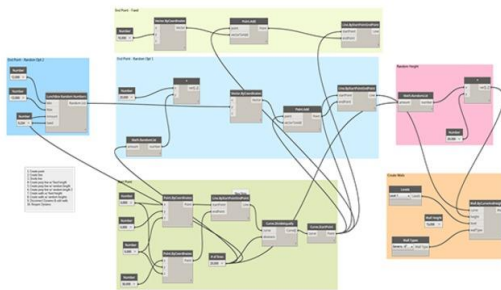
³⁶ Ο. π. σελ. 8, παρ. 1

³⁷ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 141, παρ. 2

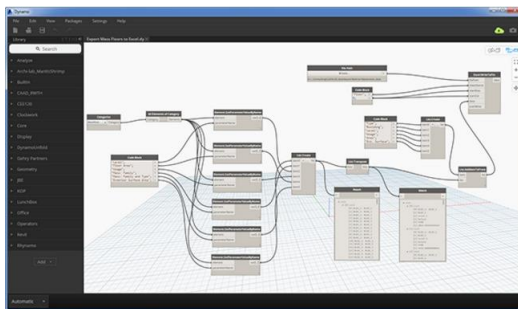
κεντρικός σκοπός του αποτελεί η παραγωγή και ανάλυση της μορφής.³⁸ Εισάγεται ένας νέος τύπος γεωμετρίας, μια τέταρτη διάσταση, στο πεδίο της αρχιτεκτονικής, η εικονική διάσταση (virtual).

Οι αλγόριθμοι στην αρχιτεκτονική χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λογικών μοτίβων και εκτός αυτού μπορούν να γίνουν τόποι απεύθυνσης συνθετοτήτων που υπερβαίνουν την ανθρώπινη ικανότητα για εξήγηση και πρόβλεψη. Το ανθρώπινο μυαλό / η ανθρώπινη λογική διαφέρει σε πολλά σημεία από αυτή των υπολογιστών. Γνωρίσματα και ποιότητες που μπορεί να αποτελούν πλεονεκτήματα για τους ανθρώπους είναι συχνά ανεπιθύμητα ή ακόμα καλύτερα περνάνε αδιάφορα στον κόσμο των υπολογιστών. «Αυτό που θεωρείται ευφυές στον έναν κόσμο μπορεί να θεωρείται χαζό στον άλλον». Ακόμα και η διαδικασία του σχεδιασμού διαφέρει.³⁹

Οι υπολογιστές εδώ και τέσσερις δεκαετίες όπου και έγινε η εισαγωγή τους, αποτελούν τα πλέον κυρίαρχα εργαλεία στον χώρο της αρχιτεκτονικής πρακτικής. Παρά όμως την συνεχή χρήση τους δεν έχουν απόλυτα καταγραφεί στις συνειδήσεις των χρηστών του κλάδου ως κάτι οικείο, αντίθετα αντιμετωπίζονται ως κάτι ξένο και ιδιαίτερα όταν τίθενται ζητήματα έκφρασης και ταλέντου.⁴⁰



Εικόνα 11: Αλγοριθμικός σχεδιασμός



Εικόνα 12: Ψηφιακό περιβάλλον αλγοριθμικού σχεδιασμού

³⁸ David Ross Scheer, 2014, «The death of drawing: Architecture in the age of simulation», London, Routledge, σελ. 131, παρ. 1

³⁹ Gleiniger A., Vrachliotis G., 2008, «Complexity: Design strategy and world view », Germany, Birkhäuser, σελ. 81 - 82, παρ. 3, 1

⁴⁰ Zavoleas Yannis, 2020, “Digital – Free Architecture” in Computational Design from Promise to Practice, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 16, παρ. 1

Μορφές παραγόμενες από αναρτημένες αλυσίδες: Antoni Gaudi

Ο Antoni Gaudi, ένας καταξιωμένος Καταλανός αρχιτέκτονας γνωστός για το ξεχωριστό και υψηλά πρωτότυπο στυλ του, χρησιμοποίησε διάφορες καινοτόμες τεχνικές και μεθόδους στα αρχιτεκτονικά του σχέδια. Μία από τις σημαντικές προσεγγίσεις του ήταν η χρήση μοντέλων αλυσίδων, γνωστών επίσης ως αναρτώμενα μοντέλα συρμάτων, για τη δημιουργία πολύπλοκων δομικών μορφών για τα κτίριά του.

Ο Gaudi είχε βαθιά έμπνευση από τη φύση και συχνά μελέτα οργανικές μορφές και τις δομικές τους αρχές. Πίστευε ότι οι φυσικές μορφές περιείχαν ουσιώδη μαθήματα για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Για να μεταφράσει αυτές τις αρχές στα κτίριά του, ο Gaudi χρησιμοποίησε τη χρήση καταρράκτη και αναρτώμενων μοντέλων αλυσίδας.

Προτιμούσε τη δημιουργία φυσικών μοντέλων από το σχέδιο, ιδιαίτερα τα μοντέλα που κατασκευάζονταν από αλυσίδες κρεμασμένες από το ταβάνι ή κορδόνια με μικρά βάρη προσαρτημένα. Μέσω πειραματισμών με τέτοια μοντέλα, ανακάλυψε έναν τρόπο να χρησιμοποιήσει τις παραδοσιακές καταλανικές τεχνικές τοιχοποιίας με νέους, πιο σύνθετους τρόπους. Μια αλυσίδα που κρέμεται απλά από τα δύο άκρα της δημιουργεί μια κατακορυφή καμπύλη που διανέμει φυσικά το στατικό φορτίο — σε αυτή την περίπτωση την ένταση — ομοιόμορφα μεταξύ των συνδέσμων της αλυσίδας. Όταν αυτό το σχήμα αναποδογυριστεί και τα υλικά γίνουν τούβλο ή πέτρα, τότε το στατικό φορτίο — τώρα θλιπτικό — κατανέμεται ομοίως ομοιόμορφα, με αποτέλεσμα μια βέλτιστα αποδοτική καμάρα. Αυτό ήταν γνωστό για αιώνες. Αυτό που έκανε ο Γκαουντί ήταν να εφαρμόσει αυτή την αναλογία έντασης-συμπίεσης σε αλυσίδες που κρέμονται από άλλες αλυσίδες (ή καμάρες τοποθετημένες πάνω σε άλλες καμάρες) ασύμμετρα, επιτρέποντάς του να σχεδιάσει μια πολύ πιο ρευστή αρχιτεκτονική.⁴¹

Ένας καταρράκτης είναι η καμπύλη που ένα ιδανικό μοντελοποιημένο αναρτημένο αλυσίδα ή καλώδιο υιοθετεί υπό το βάρος του όταν υποστηρίζεται μόνο στις άκρες του. Ο Gaudi μελέτησε τον καταρράκτη και εφάρμοσε τις αρχές του στα σχέδιά του για να δημιουργήσει δομές που ήταν ταυτόχρονα αισθητικά ελκυστικές και δομικά ασφαλείς. Χρησιμοποιώντας αναρτώμενα μοντέλα αλυσίδας, μπορούσε να

⁴¹ Rafael Gomez-Moriana, 2012, “Gaudi’s hanging chain models: parametric design avant la lettre?”, διαθέσιμο στο: <https://criticalista.com/2012/08/16/gaudis-hanging-chain-models-parametric-design-avant-la-lettre/>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)

οπτικοποιήσει και να πειραματιστεί με τις μορφές που θα προέκυπταν από τις δυνάμεις της βαρύτητας που δρουν σε αυτές τις αλυσίδες.⁴²

Τα μοντέλα αλυσίδας επέτρεψαν στον Gaudí να κατανοήσει πώς διάφορες δυνάμεις αλληλοεπιδρούσαν μέσα σε μια δομή, βοηθώντας τον να σχεδιάσει κτίρια που θα μπορούσαν να αντέξουν φορτία διατηρώντας παράλληλα ρευστές και οργανικές μορφές. Αυτή η προσέγγιση ήταν ιδιαίτερα εμφανής στο αριστούργημά του, η Sagrada Família στη Βαρκελώνη, όπου χρησιμοποίησε καταρράκτες και πολύπλοκα δομικά συστήματα που είχαν εμπνευστεί από τη φύση. Τα μοντέλα αλυσίδας του Gaudí δεν ήταν μόνο λειτουργικά αλλά και χρησίμευσαν ως καλλιτεχνικά και έννοιας εργαλεία.⁴³

Κατασκεύαζε τα μοντέλα των κτιρίων του ανάποδα και, χρησιμοποιώντας καθρέφτες στο πάτωμα, οπτικοποιούσε τα σχέδιά του σε όρθια θέση. Επίσης, τραβούσε φωτογραφίες αυτών των "συρματένιων" μοντέλων και τις "γεμίζε" με χρώμα για να δημιουργήσει "στερεά μοντέλα", για να το πούμε έτσι. Το ενδιαφέρον είναι ότι, στη διαδικασία αυτή, ο Γκαουντί ουσιαστικά εφηύρε έναν είδος "παραμετρικού" σχεδιασμού πολύ πριν από την εφεύρεση του υπολογιστή (πόσο μάλλον την ανάπτυξη λογισμικών όπως το Maya ή το πρόσθετο Grasshopper για το Rhino). Ένα χαρακτηριστικό του λεγόμενου παραμετρικού σχεδιαστικού λογισμικού είναι ότι ενημερώνει ένα πλήρες τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο ενός κτιρίου κάθε φορά που αλλάζουν οι παράμετροι, επιτρέποντας τη μελέτη και σύγκριση εναλλακτικών λύσεων για την αναζήτηση ενός βέλτιστα αποδοτικού σχεδιασμού (αν και για πολλούς αρχιτέκτονες που χρησιμοποιούν αυτό το λογισμικό, φαίνεται ότι η πιο σημαντική παράμετρος είναι η αισθητική μορφή). Οι κρεμασμένες αλυσίδες του Γκαουντί κάνουν ακριβώς αυτό: αν ένα άκρο της αλυσίδας μετακινηθεί για να μεγαλώσει ή να μειώσει, για παράδειγμα, το σχέδιο του δαπέδου σε μία γωνία, τότε το σχήμα ολόκληρου του μοντέλου αλυσίδων αλλάζει και σταθεροποιείται σε μια νέα βέλτιστη γεωμετρία κατακορυφής καμπύλης. Φυσικά,

⁴² Rafael Gomez-Moriana, 2012, "Gaudí's hanging chain models: parametric design avant la lettre?", διαθέσιμο στο: <https://criticalista.com/2012/08/16/gaudis-hanging-chain-models-parametric-design-avant-la-lettre/>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)

⁴³ Rainer Zerbst, 2002, "Gaudí 1852 – 1926: Antoni Gaudí i Cornet – A Life Devoted to Architecture", Köln, Taschen, σελ. 16, παρ. 1

το παραμετρικό λογισμικό σχεδιασμού κάνει πολύ περισσότερα, αλλά στην εννοιολογική τους ρίζα και τα δύο αυτά εργαλεία μοντελοποίησης — το ένα φυσικό και το άλλο ψηφιακό — είναι ανάλογα.⁴⁴

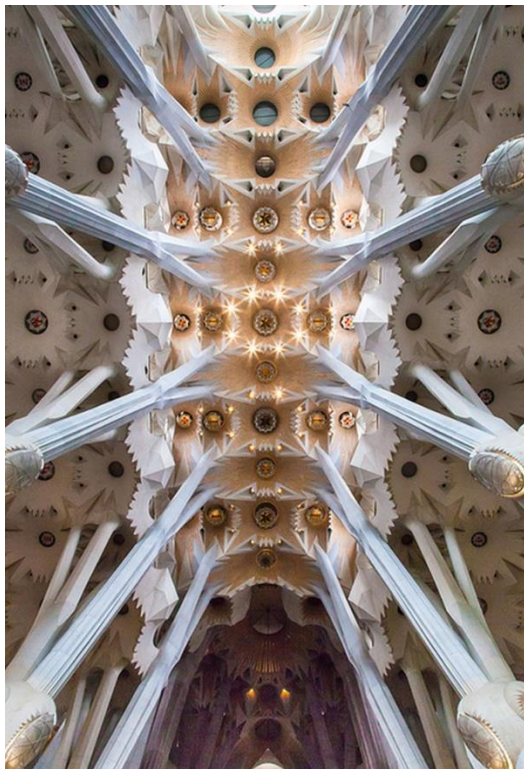


Εικόνα 13: Antoni Gaudí

⁴⁴ Rafael Gomez-Moriana, 2012, “Gaudí’s hanging chain models: parametric design avant la lettre?”, διαθέσιμο στο: <https://criticalista.com/2012/08/16/gaudis-hanging-chain-models-parametric-design-avant-la-lettre/>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)



Εικόνα 14 : Antoni Gaudi, Sagrada Familia



Εικόνα 15 : Antoni Gaudi, Sagrada Familia, εσωτερικό



Εικόνα 16 : Antoni Gaudi, Hanging model

Δυναμικά φυσικά μοντέλα: Frei Otto

Ο Frei Otto (31 Μαΐου 1925 - 9 Μαρτίου 2015) ήταν Γερμανός αρχιτέκτονας και μηχανικός που έγινε γνωστός ως πρωτοπόρος στον σχεδιασμό εφελκυσόμενων κατασκευών. Συνέβαλε σημαντικά στον τομέα της αρχιτεκτονικής και της μηχανικής, ιδιαίτερα στον σχεδιασμό μεγάλων οροφών και άλλων καινοτόμων κατασκευών. Γεννήθηκε στο Ζίγκμαρ, της Γερμανίας. Το ενδιαφέρον του για την αρχιτεκτονική και τη μηχανική αναπτύχθηκε κατά τη νεότητά του, ενώ σπούδασε στο Πολυτεχνείο του Βερολίνου και το Πολυτεχνείο της Στουτγάρδης.⁴⁵

Ο Frei Otto είναι γνωστός για την πρωτοποριακή του προσέγγιση στις μοντέρνες και ελαφριές κατασκευές για διάφορες χρήσεις. Οικονομικές και οικολογικές αξίες ήταν σημαντικοί παράγοντες που τον έκαναν να επικεντρωθεί σε αυτό το είδος κατασκευών. Από τη δεκαετία του '50 και μετά, ασχολήθηκε εντατικά με την ανάπτυξη πολύπλοκων μοντέλων προκειμένου να εξερευνήσει και να βελτιώσει τις δυνατότητες και την αισθητική τους. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του έργου του Otto ήταν η συνεχής χρήση φυσικών μοντέλων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούσε να δοκιμάζει την αντοχή και τη συμπεριφορά των κατασκευών του σε διάφορες συνθήκες πριν από την πραγματική τους εφαρμογή. Η συνδυασμένη χρήση της θεωρίας και της πράξης του έδωσε τη δυνατότητα να δημιουργήσει καινοτόμες και αποδοτικές λύσεις στον τομέα των κατασκευών και του σχεδιασμού.⁴⁶

Το 1958, ο Otto ίδρυσε το Ίδρυμα για την Ανάπτυξη των Ελαφριών Κατασκευών (Institute for Development of Lightweight Construction). Αυτό το ίδρυμα ήταν ένα από τα πρώτα που ειδικεύτηκαν αποκλειστικά στις ελαφριές κατασκευές και λειτουργούσε ως ένα μικρό ιδιωτικό στούντιο στο Zehlendorf του Βερολίνου. Αυτή η κίνηση αντικατοπτρίζει τη συνεχή αφοσίωσή του στην καινοτομία και στην ανάπτυξη νέων τεχνικών και υλικών για την κατασκευή ελαφριών και ανθεκτικών κατασκευών.

⁴⁵ Glaeser Ludwig, 1972, «*The work of Frei Otto*», New York, The Museum of Modern Art, σελ. 7, παρ. 4

⁴⁶ Φιοράκης Κ, Γιαννούδης Σ, 2016, «Η Συμβολή του Frei Otto στην Εύρεση (της) Μορφής και στη Σύγχρονη Μορφογένεση», Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, σελ. 18, παρ. 2

Μέσω αυτού του ιδρύματος, είχε την ευκαιρία να συνεργαστεί με άλλους ειδικούς και να προωθήσει την έρευνα και την ανάπτυξη σε αυτό τον τομέα.⁴⁷

Ο Frei Otto ήταν πρωτοπόρος στη χρήση ελαφρών κατασκευών. Εξέτασε τη χρήση υλικών όπως το ύφασμα και οι καλωδιώσεις για να δημιουργήσει αποδοτικά και αισθητικά ευχάριστα σχέδια, ενώ γνωστός είναι και για τα σχέδια εφελκόμενων κατασκευών μεγάλης κλίμακας. Σημαντικά παραδείγματα περιλαμβάνουν το Δυτικογερμανικό Περίπτερο στην Expo 67 στο Μόντρεαλ του Καναδά, και το Multihalle στο Μάνχαϊμ στη Γερμανία.

Τα θέματα με τα οποία ασχολείται ο Frei Otto σχετίζονται κυρίως με τα βασικά των κατασκευών. Επιχειρεί και επιδιώκει να πετύχει περισσότερα με όσο το δυνατόν λιγότερα, τόσο ως προς τα υλικά όσο και ως προς την προσπάθεια και τον κόπο. Η σύγχρονη τεχνολογία είναι αυτή που ενδιαφέρει τον Frei Otto με κύριο όραμά του, από την αρχή, να αποτελούν οι ανθεκτικές και ελαφριές κατασκευές, οι οποίες όμως θα συνδυάζουν νέα υλικά όπως λεπτές μεμβράνες συνθετικών υφασμάτων ή και λεπτά ατσάλινα καλώδια μεγάλης αντοχής. Πέραν αυτού διέκρινε τη δυνατότητα των διατεταμένων με πεπιεσμένο αέρα μεμβρανών που θεωρούνται ιδανικές κατασκευές για συνθήκες εκτός γης.⁴⁸ Ανέπτυξε νέες ιδέες εστιάζοντας σε μία από τις κύριες υφιστάμενες δυνάμεις που συναντάμε σε όλα τα είδη κατασκευών, την εφελκυστική αντοχή (tensile stress). Μετά από χρόνια πειραματισμού και αναλύσεων κατάφερε να αναπτύξει τη θεωρία των ελάχιστων επιφανειών (theory of minimal surfaces).

«Η εποχή μας απαιτεί ελαφρύτερα, πιο ενεργειακά, πιο ευκίνητα και πιο προσαρμόσιμα, εν ολίγης, πιο φυσικά κτίρια, λαμβάνοντας πάντα υπόψιν τις απαιτήσεις για σιγουριά», έχει αναφέρει. Η παρόρμηση αυτή τον οδήγησε στην ανάπτυξη και βελτίωση περισσότερων ελαφριών κατασκευών, στην κατασκευή των σκηνών, κελυφών, σκιάστρων και φουσκωτών μεμβρανών. (σελ 26)

Κεντρικό θέμα σε όλο το ερευνητικό έργο του Otto είναι πάντα η εύρεση μορφής.(σελ 28) Τα αντικείμενα που ενδιέφεραν περισσότερο τον Otto ήταν εκείνα στα οποία η μορφή τους φανέρωναν ξεκάθαρα τις μορφογενετικές διεργασίες που τα δημιούργησαν.(σελ 30)

⁴⁷ Ο. π., σελ.19, παρ. 1

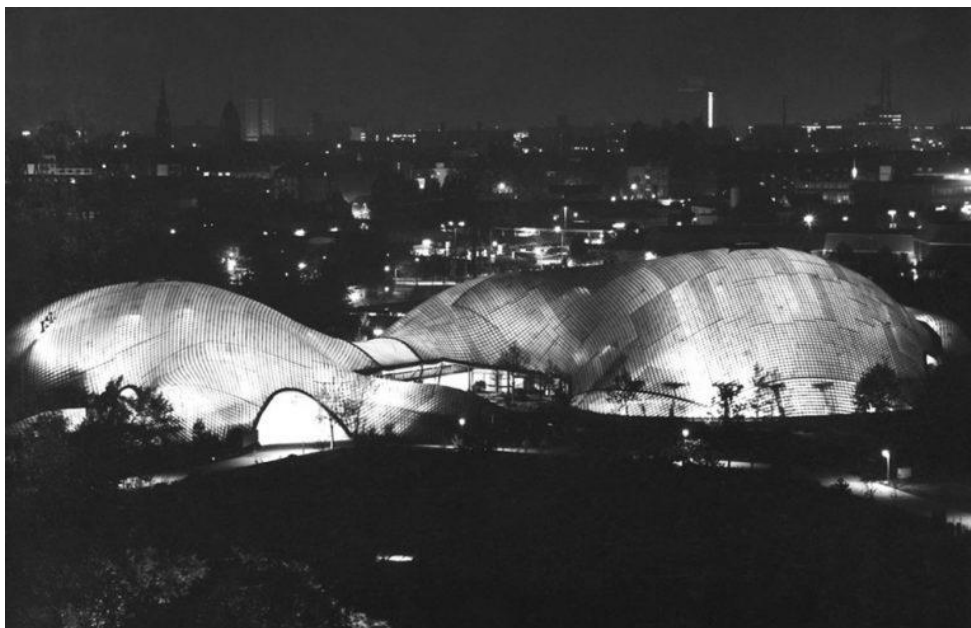
⁴⁸ Glaeser Ludwig, 1972, «The work of Frei Otto», New York, The Museum of Modern Art, σελ. 7, παρ. 1



Εικόνα 17: Frei-Otto



Εικόνα 18: "Frei-Otto-The-1967-International-and-Universal-Exposition"



Εικόνα 19: Frei-Otto-und-Carlfried-Mutschler_Multihalle_Mannheim-1970-1975_06_Foto-Atelier-Frei-Otto-Warmbronn

Κελύφη στα όρια του υλικού και της δομής: Felix Candela

Ο Felix Candela (1910-1997) ήταν ένας διάσημος Ισπανό-Μεξικανός αρχιτέκτονας και μηχανικός δομικών έργων γνωστός για τα καινοτόμα σχέδιά του, στα οποία ενσωμάτωνε ενισχυμένα κελύφη από σκυρόδεμα. Γεννήθηκε στη Μαδρίτη, Ισπανία και αργότερα έγινε πολίτης του Μεξικού. Το έργο του Felix Candela χαρακτηρίζεται από τη χρήση εντυπωσιακών γεωμετρικών μορφών, την ένταξη λεπτών κελυφωτών δομών αλλά και για την αποτελεσματική χρήση υλικών.

Παρατηρείται πως η χρήση υπερβολικών και παραβολοειδών σχημάτων στο έργο του Felix Candela είναι συχνή, καθώς με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή τόσο η μεγιστοποίηση της αντοχής και της σταθερότητας των κατασκευών όσο και η μείωση του χρησιμοποιούμενου ποσοστού σκυροδέματος. Σε κάποια από τα πιο διάσημα έργα του συγκαταλέγονται το Παρατηρητήριο Κοσμικών Ακτίνων στο Πανεπιστημιακό κέντρο UNAM στη Μεξικό Σίτι, η Εκκλησία Lomas de Cuernavaca στο Μεξικό και το αθλητικό κέντρο στη Μεξικό Σίτι.⁴⁹

Το έργο του Felix Candela δεν ξεχωρίζει μόνο από αισθητικής άποψης αλλά διακρίνεται και για τη σκέψη και την ευφυΐα σε επίπεδο δομικού συστήματος αλλά και αποδοτικότητας. Επιπρόσθετα κατάφερε να αναδείξει τις δυνατότητες του απλού σκυροδέματος μέσω της δημιουργίας ελαφρών αλλά ανθεκτικών κατασκευών. Εξερευνώντας αυτό το όριο, ο Candela προσπαθούσε να μετατρέψει την απλή αρχιτεκτονική σε δομική τέχνη. Τίποτα δεν γινόταν για καθαρά αισθητικό αποτέλεσμα· η επιλογή της μορφής ήταν άρρηκτα συνδεδεμένη με τον δομικό της σκοπό. Για να το επιτύχει αυτό, ο Candela χρησιμοποίησε τη γεωμετρική μορφή του υπερβολικού παραβολοειδούς. Αν και το όνομά του υποδηλώνει μαθηματική πολυπλοκότητα, το σχήμα της σέλας (saddle shape) έχει στην πραγματικότητα το δομικό πλεονέκτημα της αντοχής μέσω διπλής καμπυλότητας και το οικονομικό πλεονέκτημα της κατασκευής μέσω ευθύγραμμων μορφών. Ο Candela, με εκπαίδευση αρχιτέκτονα και τεχνική κατανόηση μηχανικού, θεωρούσε τον εαυτό του πρωτίστως κατασκευαστή. Οι παραγγελίες του αφορούσαν την κατασκευή. Μία κατασκευή που δεν ήταν στερεά, ικανή και οικονομική δεν μπορούσε να θεωρηθεί επιτυχημένη από τον Candela.

⁴⁹ Architectuul, χωρίς συγγραφέα, διαθέσιμο στο: <https://architectuul.com/architect/felix-candela>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)

Ο Candela εργάστηκε πολύ σκληρά κατά τη διάρκεια της ζωής του για να αποδείξει την πραγματική φύση και το δυναμικό του οπλισμένου σκυροδέματος στη δομική μηχανική. Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι εξαιρετικά αποδοτικό σε σχήμα θόλου ή κελύφους. Αυτό το σχήμα εξαλείφει τις εφελκυστικές δυνάμεις στο σκυρόδεμα. Επίσης, επιδίωκε να λύσει προβλήματα με τον απλούστερο δυνατό τρόπο. Όσον αφορά το σχεδιασμό κελυφών, τείνει να βασίζεται στις γεωμετρικές ιδιότητες του κελύφους για ανάλυση, αντί για πολύπλοκες μαθηματικές μεθόδους. Γύρω στο 1950, όταν η εταιρεία του Candela άρχισε να σχεδιάζει ελασματικές κατασκευές, ξεκίνησε να ερευνά επιστημονικά περιοδικά και άρθρα μηχανικής για όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες μπορούσε να βρει. Από αυτό, άρχισε να αμφισβητεί τη συμπεριφορά του οπλισμένου σκυροδέματος με τις ελαστικές υποθέσεις και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι είναι εντελώς ασυμβίβαστες μεταξύ τους. (Faber 1963) Ο Candela έχει πει παραπάνω από μία φορές ότι η ανάλυση μιας κατασκευής είναι ένα είδος «χόμπι» γι' αυτόν.⁵⁰

Κατά τη διάρκεια της καριέρας του, ο Felix Candela έλαβε πολλά βραβεία και τιμές για την προσφορά του στην αρχιτεκτονική και τη μηχανική. Το έργο του συνεχίζει να εμπνέει αρχιτέκτονες και μηχανικούς σε όλο τον κόσμο και η κληρονομιά του παραμένει επιδραστική στους τομείς της αρχιτεκτονικής, της δομικής μηχανικής και της κατασκευής.

⁵⁰ Architectuul, χωρίς συγγραφέα, διαθέσιμο στο: <https://architectuul.com/architect/felix-candela>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)



Εικόνα 20: Felix Candela



Εικόνα 21: Felix Candela, Cosmic Rays Pavilion, 1951



Εικόνα 22: Felix Candela, Chapel Lomas De Cuernavaca, 1960



Εικόνα 23: Felix Candela, Palacio De Los Deportes Mexico, 1960

Πρώτες ψηφιακές τοπολογίες: Shoie Yoh

Ακόμα ένας πρωτοπόρος αρχιτέκτονας με τον οποίον θα ασχοληθούμε είναι ο Shoie Yoh. Μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα και θα ασχοληθούμε με τον συγκεκριμένο καθώς είναι από τους πρώτους που εισάγουν υπολογιστικές μεθόδους στην τοπολογική διαχείριση της μορφής.

Πριν όμως αναφερθούμε ειδικά στο έργο του και τις μεθόδους που εφάρμοσε, καλό θα ήταν να πούμε κάποια πράγματα για τη ζωή και το έργο του γενικότερα. Ο Shoie Yoh ήταν αυτοδίδακτος αρχιτέκτονας. Αρχικά σπούδασε οικονομικά στο Πανεπιστήμιο Keio Gijuku, από όπου και αποφοίτησε το 1962, ενώ αργότερα αποφάσισε να σπουδάσει καλές και εφαρμοσμένες τέχνες στις ΗΠΑ, στο Πανεπιστήμιο Wittenberg. Το 1970 ανοίγει το δικό του αρχιτεκτονικό γραφείο Yoh Design Office, όπου και ασχολείται με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τον βιομηχανικό σχεδιασμό και τη διακόσμηση.⁵¹ Ο Shoie Yoh, γεννημένος το 1940 στο Κουμαμότο της Ιαπωνίας, συνιστά έναν από τους πιο καταξιωμένους πρωτοπόρους αρχιτέκτονες. Γενικότερα το σύνολο του έργου του παρά το γεγονός ότι είναι καινοτόμο και πρωτοποριακό, όπως για παράδειγμα η ενασχόλησή του με τις μεγάλες ξύλινες κατασκευές και τον παραμετρικό/ υπολογιστικό σχεδιασμό, μέχρι πρόσφατα η αναγνώριση στην Ιαπωνία αλλά και στη διεθνή κοινότητα ήταν περιορισμένη.⁵² Βέβαια φαίνεται πως το σύνολο του έργου του αρχιτέκτονα που επιδίωξε να δημιουργήσει σχέδια που εκφράζουν το «φως ως φυσικό φαινόμενο» αρχίζει σιγά σιγά και χαίρει αναγνώρισης.⁵³

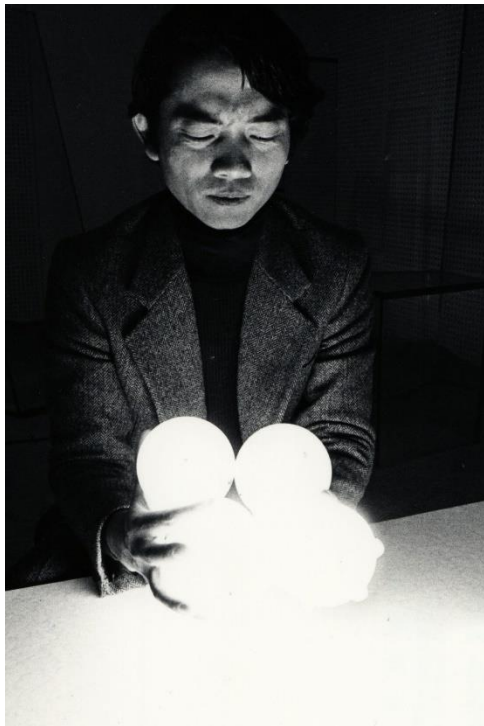
Ο Shoie Yoh επιλέγει να εντάσσει στο σχεδιαστικό του πρόγραμμα και να δουλεύει με μια πληθώρα υλικών και υφών όπως είναι για παράδειγμα το ξύλο, το μέταλλο, το τσιμέντο και το γυαλί ενώ μεγάλη είναι και η ποικιλία δομικών τύπων που εντάσσει, όπως τα κελύφη και οι κρεμαστές κατασκευές. Αυτό αποτελεί ένα είδος πρόκλησης για τον σχεδιαστή, πως θα καταφέρει όλα αυτά τα διαφορετικά υλικά να τα φέρει σε μια

⁵¹ Shoie Yoh, 1997, «Shoie Yoh: In response to natural phenomena», Milano, L' Arca Edizioni, σελ. 141 παρ. 1

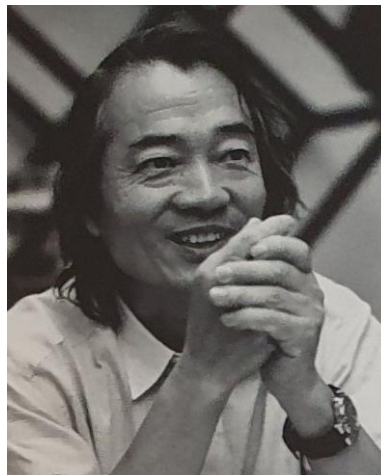
⁵² Shoie Yoh Archive, διαθέσιμο στο: <https://shoieyoh.com/about.html> (πρόσβαση: 15 Μάρτιου 2024)

⁵³ Masaaki Iwamoto, 21 Μαρτίου 2024, "Shoie Yoh: A Journey of Light—Introduction", Series, WINDOW RESEARCH INSTITUTE, διαθέσιμο στο: <https://madoken.jp/en/series/23104/>, (πρόσβαση: 10 Μαΐου 2024)

σχέση που τον ίδιο θα τον ικανοποιεί.⁵⁴ Στα έργα του Shōei Yōh, η φύση διαδραματίζει κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης των δομών και της μορφολογίας των αρχιτεκτονημάτων. Όπως κι ο ίδιος έχει πει για τη δουλειά του ότι αυτή αποτελεί «αρχιτεκτονική για την ευχαρίστηση της φύσης». Στο έργο του διερευνά και αναζητά τη σχέση της φύσης, της τεχνολογίας και του ανθρώπου. Έτσι και η παρουσία αντιθέσεων στα έργα του, κυρίως ως προς τη χρήση συγκεκριμένων υλικών και υφών, όπως για παράδειγμα η συνύπαρξη φυσικών υλικών όπως είναι το ξύλο, η πέτρα και τα φυτά με τεχνητά υλικά, όπως το μέταλλο, έχει ως στόχο πιθανώς να θέσει τον παρατηρητή σε μια διαδικασία σκέψης για τη σχέση φύσης και τεχνολογίας.⁵⁵ Το φως διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στα έργα του, όπως είπαμε. Με αφορμή την εικόνα που ο ίδιος είχε βλέποντας το φως να διαπερνά το Πάνθεον, άρχισε να ερμηνεύει ποιητικά τις φυσικές ιδιότητές του. Ουσιαστικά επιχείρησε να δώσει υλικότητα στο φως καθώς το αντιλαμβάνονταν ως φυσική ουσία.⁵⁶



Εικόνα 25: “Shōei Yōh holding the Wireless Lamp” 1977



Εικόνα 24: Shōei Yōh

⁵⁴Shōei Yōh, 1997, «Shōei Yōh: In response to natural phenomena», Milano, L’ Arca Edizioni, σελ. 10 παρ. 7

⁵⁵Shōei Yōh, 1997, «Shōei Yōh: In response to natural phenomena», Milano, L’ Arca Edizioni, σελ. παρ.

⁵⁶ Masaaki Iwamoto, 21 Μαρτίου 2024, “Shōei Yōh: A Journey of Light—Introduction”, Series, WINDOW RESEARCH INSTITUTE, διαθέσιμο στο: <https://madoken.jp/en/series/23104/>, (πρόσβαση: 10 Μαΐου 2024)

Το ξεχωριστό έργο και οι καινοτομίες του Shoei Yoh προέκυψαν στην πόλη Ογκούνι της Κιουσού, στην Ιαπωνία, η οποία είναι διάσημη για την καλλιέργεια και τα δάση της καστανιάς. Μέσα από στενή συνεργασία με τοπικούς πολιτικούς και τη βιομηχανία, ο Yoh ανταποκρίθηκε στην ανάγκη για οικονομικές και λειτουργικές μεθόδους κατασκευής που ήταν ριζικές για την εποχή του και προηγήθηκαν των μεγάλης κλίμακας κατασκευών μεγάλου εύρους και του υπολογιστικού σχεδιασμού κατά περισσότερο από δύο δεκαετίες. Ο τοπικός πολιτιστικός πλούτος της Ογκούνι αποτελούσε εύφορο έδαφος για την καινοτομία του σχεδιασμού του Yoh και αυτό φαίνεται από έργα με ξύλο που περιλαμβάνουν: 1) το Music Atelier 2) το Oguni Dome. Μέσω των συνεργασιών, ο Yoh ανέπτυξε τεχνικές λύσεις για την υλοποίηση μεγάλων τρισδιάστατων ξύλινων δομικών δικτύων χρησιμοποιώντας νέες συνδέσεις και άλλες καινοτομίες όπως στο Oguni Dome. Αυτές οι νέες μορφές και τεχνολογίες έγιναν δυνατές μέσω της πρωτοποριακής χρήσης υπολογιστικού προγραμματισμού.⁵⁷

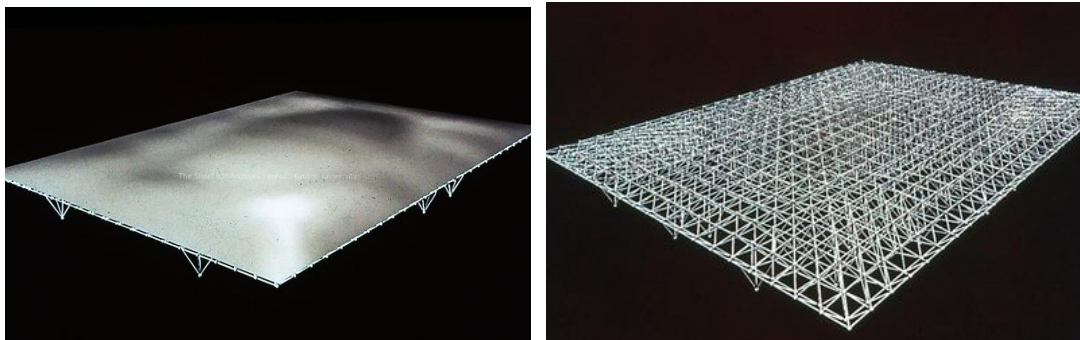
«Τα έργα του περιλαμβάνουν το Ingot (1977), το πρώτο κτήριο στην Ιαπωνία που χρησιμοποίησε τετραπλή διαρρυθμισμένη γυαλιστερή δομή, και το Kinoshita Clinic (1979), ένα κτίριο με τολμηρά σχήματα και πάνελ από ενισχυμένο με ίνες πολυμερές υλικό (FRP), τα οποία συνδυάζουν νέες τεχνολογίες με ποιητικό χώρο. Τα συνεχή έργα του με θέμα το φως, όπως το House of Light Lattice (1981), έχουν λάβει μεγάλη αναγνώριση τόσο στην Ιαπωνία όσο και στο εξωτερικό. Το 1984, άρχισε την εργασία του σε έργα στην πόλη Ογκούνι, Κουμαμότο. Η σειρά των τρισδιάστατων ξύλινων δομικών δικτύων του, που αναπτύχθηκαν μέσω του Music Atelier (1986), του U Station (1986) και του Oguni Dome (1988), έγιναν ένα ορόσημο στη μοντερνοποίηση της ξύλινης αρχιτεκτονικής στην Ιαπωνία. Στη δεκαετία του 1990, εξέλιξε την αρχιτεκτονική ως φυσικό φαινόμενο, παράγοντας έργα όπως το Galaxy Toyama (1992) και το Naiju Community Center (1994). Αυτά τα έργα, τα οποία ενσωμάτωσαν την υπολογιστική ανάλυση στη διαδικασία σχεδιασμού, θεωρούνται πρωτοπόρα έργα στον ψηφιακό σχεδιασμό».⁵⁸

Ο Shoei Yoh ασχολήθηκε με τις υπολογιστικές μεθόδους για την τοπολογική διαχείριση της μορφής. Το έργο του παρουσιάζει μι σταδιακή εξέλιξη από τον απλουστευτικό Καρτεσιανισμό προς τις περισσότερο σύνθετες και τοπολογικές

⁵⁷ Shoei Yoh Archive, διαθέσιμο στο: <https://shoeyoh.com/about.html> (πρόσβαση: 15 Μαρτίου 2024)

⁵⁸ Shoei Yoh Archive, διαθέσιμο στο: <https://shoeyoh.com/about.html> (πρόσβαση: 15 Μαρτίου 2024)

μεθόδους σχεδιασμού.⁵⁹ «Οι καμπυλόγραμμες φιγούρες των κατασκευών οροφής του Shoei Yoh είναι κάθε άλλο παρά διακοσμητικές, ενώ αντιστέκονται και στο να υποβαθμιστούν σε απλές γεωμετρικές φιγούρες». Οι δομές οροφής είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να προσαρμόζονται ανάλογα και με τα εκάστοτε δοθέντα δεδομένα/ ενδεχόμενα, είναι δηλαδή τοπολογικά κατασκευασμένες ακολουθώντας τη λογική της καμπυλότητας και ευπλαστότητας των μορφών. Οι μετρικές απαιτήσεις των κατασκευών δεν υπολογίζονται και προσεγγίζονται κατά προσέγγιση αλλά καθορίζονται με ακρίβεια και αυστηρώς γεωμετρικά.⁶⁰ Τα έργα του, σύμφωνα με τον Greg Lynn, εντάσσονται σε μια νέα εποχή, αυτή της συμβίωσης (age of symbiosis) και της συμπερίληψης των αξιών της ζωής (life principles). Η εποχή της συμβίωσης (age of symbiosis) επιδιώκει στο να γεφυρώνει όλες τις δυαδικές αντιθέσεις και τις ετερογένειες με τελικό σκοπό να συνιστά η δημιουργία σχέσεων, όπως είναι πχ η παγκοσμιοποίηση και ο τοπικισμός, η ατομικότητα και το ομαδικό πνεύμα και η φύση με την τεχνολογία. «Η αρχιτεκτονική των αρχών της ζωής δημιουργεί σύνθετες, ελεύθερες μορφές, αντανakλώντας τον θόρυβο, το πολιτιστικό πλαίσιο της τοποθεσίας.»⁶¹ Ο Shoei Yoh προκειμένου να παραγάγει μορφές πειραματίζεται συνδυάζοντας υπάρχοντα γεωμετρικά συστήματα ή και δομικούς τύπους έτσι ώστε να προκύψουν περισσότερο περίπλοκες κι ελεύθερες μορφές. Για παράδειγμα, σε ηλεκτρονικές μήτρες/ καλούπια ενσωματώνει στοιχεία φυσικής τυχαιότητας προκειμένου να πειράξει κελύφη και πλέγματα.⁶²



Εικόνα 26 : Galaxy Toyama, 1992

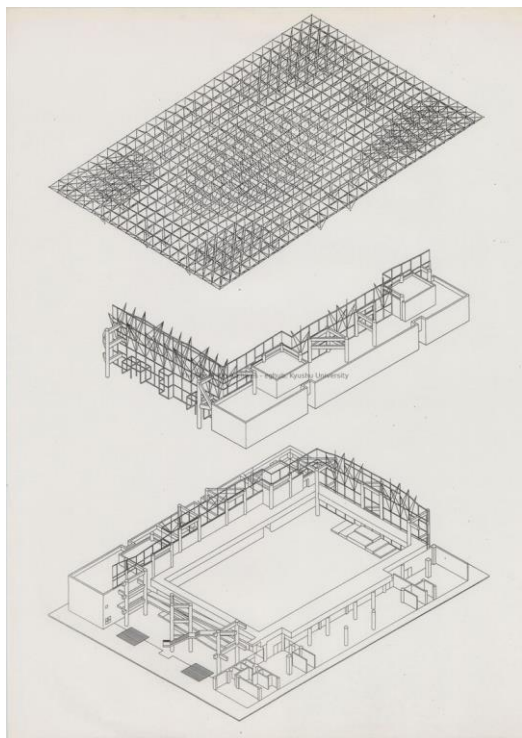
⁵⁹ Shoei Yoh, 1997, «Shoei Yoh: In response to natural phenomena», Milano, L' Arca Edizioni, σελ. 13

⁶⁰ Greg Lynn, Architectural Design, March – April 1993, “Folding in Architecture”, Vol 63, No 3/4, σελ. 10-11

⁶¹ Shoei Yoh, 1997, «Shoei Yoh: In response to natural phenomena», Milano, L' Arca Edizioni, σελ. 10

⁶² Shoei Yoh, 1997, «Shoei Yoh: In response to natural phenomena», Milano, L' Arca Edizioni, σελ. 10

ΞΕΠΕΡΝΩΝΤΑΣ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ



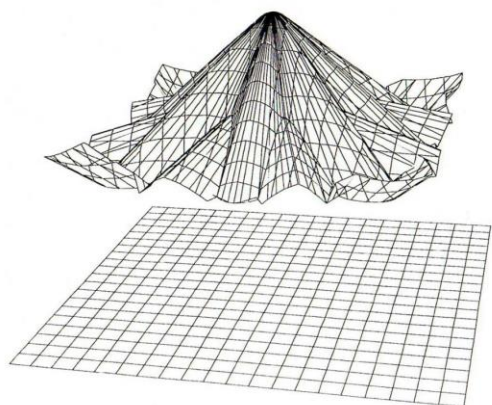
Εικόνα 27: Axonometric, Galaxy Toyama, 1992



Εικόνα 28: Galaxy Toyama, 1992



Εικόνα 29: Galaxy Toyama, 1992



Εικόνα 30 :Naiju Community, 1994



Εικόνα 31 :Naiju Community, 1994



Εικόνα 32:Naiju Community, 1994



Εικόνα 33 :Naiju Community, 1994

Όπως αναφέραμε στόχος της ερευνητικής εργασίας αποτελεί η καταγραφή της εξέλιξης του καρτεσιανού μοντέλου καθώς και τα όρια αυτού στο πεδίο της αρχιτεκτονικής. Αναφερθήκαμε στα σημαντικά στάδια γεωμετρικής περιγραφής από τα οποία διήλθε το πεδίο του σχεδιασμού. Ξεκινώντας από τα αναλογικά συστήματα σχεδιασμού και τη βάση της σχεδιαστικής διαδικασίας που αποτέλεσε η καρτεσιανή λογική φτάνουμε στην εμφάνιση και σταδιακή υιοθέτηση τελικά των ψηφιακών τεχνολογιών σχεδιασμού, στις ημέρες μας. Αναφερθήκαμε στις αλλαγές στη φύση της αρχιτεκτονικής, του ρόλου του αρχιτέκτονα και στο πως τελικά οι όποιες προκλήσεις ανακύπτουν, αντιμετωπίζονται.

Σε πρώτο επίπεδο αναφερθήκαμε στις καρτεσιανές αρχές στις οποίες βασίστηκε ο σχεδιασμός, τα αρχιτεκτονικά εργαλεία καθώς και στην αξία των σχεδίων στην αρχιτεκτονική έκφραση. Η σπουδαιότητα του σχεδίου έγκειται στο γεγονός πως μέσω αυτού οι αρχιτέκτονες εκφράζονται και επικοινωνούν τις σχεδιαστικές προθέσεις τους. Είναι το κατ' εξοχήν εργαλείο των αρχιτεκτόνων. Πέραν αυτού συνιστά το πρώτο βήμα σε όλη τη διαδικασία παραγωγής ενός έργου κι επίσης είναι αυτό που μπορεί να ελέγξει και καθοδηγήσει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση το τελικό αποτέλεσμα. Διευκολύνει στην κατανόηση των χωρικών σχέσεων και των αναλογιών ενώ εκτός αυτού προσφέρει σαφή εικόνα όσο αφορά την τρισδιάστατη φύση του κτηρίου και του περιβάλλοντός του.

Σε δεύτερο επίπεδο αναφερθήκαμε στη μετάβαση από τα αναλογικά συστήματα σχεδιασμού στα ψηφιακά. Οι ψηφιακές τεχνολογίες, η εισαγωγή των οποίων, στο πεδίο της αρχιτεκτονικής πραγματοποιήθηκε κατά τα μέσα της δεκαετίας του 80, βοήθησαν στην εκπλήρωση τόσο των προσδοκιών των αρχιτεκτόνων όσο και των στόχων τους πάνω σε σχεδιαστικά ζητήματα αλλά και ως απάντηση σε όλες τις προκλήσεις και τις δυσκολίες του σχεδιασμού. Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή και υιοθέτηση στη διαδικασία σχεδιασμού των συστημάτων CAD (Computer – Aided Drafting). Ουσιαστικά επρόκειτο, κατά κάποιον τρόπο, για μεταφορά του αναλογικού τρόπου εργασίας αλλά σε ψηφιακό περιβάλλον. Αποτέλεσε σημαντικό βοηθητικό εργαλείο για όλα τα στάδια του σχεδιασμού, ξεκινώντας από τον σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση, τον φωτορεαλισμό και φτάνοντας τελικά την παρουσίαση. Στη συνέχεια έχουμε τη μετάβαση από τα συστήματα CAD στα BIM (Building Information Modeling). Ο σχεδιασμός προχωράει αρκετά βήματα παραπέρα, καθώς πλέον είναι δυνατή η προσομοίωση της συμπεριφοράς και απόδοσης του κτηρίου σε πραγματικό χρόνο. Το

BIM, δηλαδή, αποθηκεύει πληροφορίες σχετικές με το κτήριο και τις επεξεργάζεται. Λαμβάνει υπόψιν του όλες τις αρχές με βάση τις οποίες έχει σχεδιαστεί, όπως για παράδειγμα τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το λειτουργικό πρόγραμμα του κτηρίου, τον προϋπολογισμό κατασκευής του ακόμα και τις νομικές και οικοδομικές απαιτήσεις. Στο ίδιο επίπεδο κινείται και ο αλγοριθμικός σχεδιασμός (computational design). Λειτουργεί δηλαδή, με βάση δοθέντα στοιχεία και παραμέτρους από τον χρήστη, κάθε φορά, τα οποία στη συνέχεια, τίθενται υπό επεξεργασία από τον υπολογιστή. Στον αλγοριθμικό σχεδιασμό μέσω συγκεκριμένων υπολογιστικών διαδικασιών και ακολουθώντας μια σειρά παραμέτρων οδηγούμαστε στην παραγωγή μορφής. Η κεντρική διαφορά του παραμετρικού σχεδιασμού με τα συστήματα BIM είναι ότι ο πρώτος σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή της μορφής σε αντίθεση με το BIM, το οποίο εστιάζει στο κομμάτι της λειτουργίας και απόδοσης του κτηρίου και όχι στη μορφή αυτού. Το ζήτημα ουσιαστικά είναι το πώς τα παραμετρικά συστήματα θα αποκτήσουν περισσότερη ευελιξία ώστε να μεταφέρεται η πολυπλοκότητα της πληροφορίας σε μορφές ικανές να τη διαχειριστούν. Δηλαδή, ανακύπτει η ανάγκη τα BIM συστήματα να ορίζουν τη γεωμετρία τοπολογικά, παρά καρτεσιανά.

Σε τρίτο επίπεδο αναφερθήκαμε σε παραδείγματα πρωτοπόρων για την εποχή τους αρχιτεκτόνων, όπως είναι ο Antoni Gaudi, ο Frei Otto, ο Felix Candela και ο Shoji Yoh, οι οποίοι ασχολήθηκαν μεταξύ άλλων με δυναμικές μεθόδους εξερεύνησης της μορφής. Επιχείρησαν δηλαδή να

Έχοντας στο μυαλό μας όλα τα παραπάνω, αυτό που έχουμε να σημειώσουμε είναι αρχικά πως το σχέδιο συνιστά ή τουλάχιστον είναι σημαντικό να αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο και αναπόσπαστο κομμάτι της σχεδιαστικής διαδικασίας ακόμα και στις ημέρες μας, όπου πλέον τα στάδια αρχιτεκτονικής δημιουργίας πραγματοποιούνται ψηφιακά. Αυτό γιατί το σχέδιο με το χέρι συνιστά πυλώνα της έκφρασης του ατόμου για την εύρεση μορφών που θα ικανοποιούν το ίδιο το άτομο αλλά και γιατί σε αυτό αποτυπώνονται ιδιαίτερες και μοναδικές ποιότητες της ιδιοσυγκρασίας του. Γι' αυτό και η χρήση ψηφιακών συστημάτων έχει επικριθεί «...καθώς η δημιουργικότητα φαίνεται να πηγάζει κατευθείαν από το ασυνείδητο, δύσκολα βρίσκει το αντίστοιχο στις ψηφιακές προσεγγίσεις.»⁶³

⁶³ Zavoleas, Yannis, 2020, "In the Architect's Mind: Drawing (.) Architecture's Future" in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 161, παρ. 2

Αυτό που είναι πρωτεύουσας σημασίας σε κάθε περίπτωση, είναι οι αρχιτέκτονες να εντάσσουν στη διαδικασία σχεδιασμού όλους τους τρόπους είτε αναλογικοί είτε ψηφιακοί που θα τους βοηθήσουν στην έκφραση και αποτύπωση ιδεών. «Η πληθώρα των επιλογών που υπάρχουν παρέχουν μια νέα παλέτα στους αρχιτέκτονες. Η πρόκληση έγκειται στην βελτιστοποίηση της ικανότητας επιλογής κάθε φορά του κατάλληλου εργαλείου και τεχνικής για κάθε εργασία, ανά περίπτωση.»⁶⁴ Σε αυτό το σημείο καλό θα ήταν να σημειωθεί πως και η συνεχής καχυποψία και επίκριση απέναντι στα ψηφιακά εργαλεία πολλές φορές είναι αβάσιμη. Όλα τα εργαλεία συνεισφέρουν το καθένα με τον τρόπο του στη σχεδιαστική διαδικασία. Ανάλογα και με το στάδιο και τη φάση του σχεδιασμού γίνεται αντίστοιχα και η επιλογή του κατάλληλου μέσου έκφρασης. «Τα ψηφιακά εργαλεία έχουν συχνά επικριθεί σε τέτοιο βαθμό αναφορικά με τις περιορισμένες δυνατότητές τους για παραγωγή καλών - άρτιων σχεδίων, που μπορεί κανείς να ξεχάσει ότι κακά σχέδια και αδιάφορα κτήρια κατασκευάστηκαν πολύ πριν από τη χρήση των υπολογιστών, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια των «χρυσών ετών» κατασκευής στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ, τις δεκαετίες του 1950 και 1960.»⁶⁵

⁶⁴ Zavoleas Yannis, 2020, “Digital – Free Architecture” in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 22, παρ. 2

⁶⁵ Zavoleas, Yannis, 2020, “In the Architect’s Mind: Drawing (,) Architecture’s Future” in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, σελ. 170, παρ. 2

Βιβλιογραφία/ Πηγές

Βιβλία

- Allen Stan, 2009, “*Practice: Architecture, Technique and Representation*”, Λονδίνο, Routledge
- David Ross Scheer, 2014, “*The death of drawing: Architecture in the age of simulation*”, London, Routledge
- Glaeser Ludwig, 1972, “*The work of Frei Otto*”, New York, The Museum of Modern Art
- Gleiniger A., Vrachliotis G., 2008, “*Complexity: Design strategy and world view*”, Germany, Birkhäuser
- Juhani Pallasmaa, 2021, «*Δώδεκα δοκίμια για τον Άνθρωπο, την Τέχνη και την Αρχιτεκτονική 1980-2018*», Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Shoeni Yoh, 1997, “*Shoeni Yoh: In response to natural phenomena*”, Milano, L’Arca Edizioni
- Terzidis K., 2015, “*Permutation design: Buildings, texts and contexts*”, London and New York, Routledge
- Rainer Zerbst, 2002, “*Gaudi 1852 – 1926: Antoni Gaudi i Cornet – A Life Devoted to Architecture*”, Köln, Taschen
- Χωρίς συγγραφέα, 1998, “*Gaudi*”, Barcelona, Escudo de Oro

Πτυχιακές Εργασίες

- Φιοράκης Κ, Γιαννούδης Σ, 2016, «*Η Συμβολή του Frei Otto στην Εύρεση (της Μορφής και στη Σύγχρονη Μορφογένεση)*», Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Papers, άρθρα, περιοδικά, πρακτικά διαλέξεων

- Architecture, 1989, «*Incorporating architectural technology*», διαθέσιμο στο: <https://usmodernist.org/AJ/A-1990-09.pdf> (πρόσβαση: 10 Μαρτίου 2024)
- Fernandez, J.E, 1998, «*Felix Candela and the making of new world modernism, Association of Collegiate Schools of Architecture*», διαθέσιμο στο:

- <https://www.acsa-arch.org/chapter/felix-candela-and-the-making-of-new-world-modernism/> (πρόσβαση: 10 Μαρτίου 2024)
- Katie Watkins, 2020, «Spotlight: Felix Candela», διαθέσιμο στο: <https://www.archdaily.com/591415/spotlight-felix-candela>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)
 - Χωρίς συγγραφέα, 2022, «Felix Candela: The Latest Architecture and News», διαθέσιμο στο: <https://www.archdaily.com/tag/felix-candela>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)
 - Architectuul, χωρίς συγγραφέα, διαθέσιμο στο: <https://architectuul.com/architect/felix-candela>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)
 - Gaudí’s hanging chain models: parametric design avant la lettre?
 - Rafael Gomez-Moriana, 2012, “Gaudí’s hanging chain models: parametric design avant la lettre?”, διαθέσιμο στο: <https://criticalista.com/2012/08/16/gaudis-hanging-chain-models-parametric-design-avant-la-lettre/>, (πρόσβαση: 20 Μαρτίου 2024)
 - Masaaki Iwamoto, 21 Μαρτίου 2024, “*Shoei Yoh: A Journey of Light—Introduction*”, Series, WINDOW RESEARCH INSTITUTE, διαθέσιμο στο: <https://madoken.jp/en/series/23104/>, (πρόσβαση: 10 Μαΐου 2024)
 - Ostrowska-Wawryniuk, K., Strzała, M. & Słyk, J. Form Follows Parameter: Algorithmic-Thinking-Oriented Course for Early-stage Architectural Education. *Nexus Netw J* **24**, 503–522 (2022), <https://doi.org/10.1007/s00004-022-00603-1>
 - Shoei Yoh Archive, διαθέσιμο στο: <https://shoeyoh.com/about.html> (πρόσβαση: 15 Μάρτιου 2024)
 - Zavoleas, Yannis & Taylor, Mark, 2019, “From Cartesian to Topological Geometry: Challenging Flatness in Architecture”, *Nexus Network Journal*, Vol. 21, (pp. 5-18), <https://doi.org/10.1007/s00004-018-0414-8>
 - Zavoleas, Yannis, 2016, “Rethinking Architectural Vocabulary. Comprehensive Design Resolution via Integrated BIM Platforms”, J. Zuo, L. Daniel, V. Soebarto (eds.), Fifty years later: Revisiting the role of architectural science in design and practice: 50th International Conference of the Architectural Science Association

2016, pp. 1–10. ©2016, The Architectural Science Association and The University of Adelaide

- Zavoleas, Yannis, 2020, “Digital-Free Architecture?” in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, (pp.16 - 23)
- Zavoleas, Yannis, 2020, “In the Architect’s Mind: Drawing (,) Architecture’s Future” in *Computational Design from Promise to Practice*, Avedition GmbH, Stuttgart, (pp.158-173)
- Zavoleas, Y., 2019, “Rethinking BIM: Non-Cartesian Geometry through Hybrid Production Workflows,” in *Structures and Architecture: Bridging the Gap and Crossing Borders*, Cruz, P.J.S. (Ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, London, (pp.681-688)
- Guggenheim, “Rationalism and the Cartesian Grid”, διαθέσιμο στο: <https://www.guggenheim.org/teaching-materials/countryside-the-future/rationalism-and-the-cartesian-grid>, (πρόσβαση: 2 Μαρτίου 2024)
- “Cartesian coordinate system in real-life”, διαθέσιμο στο: <https://medium.com/learning-and-systems-thinking/cartesian-coordinate-system-in-real-life-1354e794e70e>, (πρόσβαση: 2 Μαρτίου 2024)
- Greg Lynn, *Architectural Design*, March – April 1993, “Folding in Architecture”, Vol 63, No 3/4, (pp. 8 – 15)

Βίντεο

- Frei Otto Film, (2020, April 23), “*FREI OTTO: SPANNING THE FUTURE*” [Video], διαθέσιμο στο YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=P5hKnOyg43k>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, https://www.researchgate.net/figure/Cartesian-coordinate-system_fig1_342223124, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 2: Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, <https://medium.com/learning-and-systems-thinking/cartesian-coordinate-system-in-real-life-1354e794e70e>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 3: Le Corbusier, *Perspective view of the Dom-ino system, 1914*, <https://www.dezeen.com/2014/03/20/opinion-justin-mcguirk-le-corbusier-symbol-for-era-obsessed-with-customisation/>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 4: Le Corbusier, *5 Points of Architecture in Villa Savoye, 1926*, <https://www.wheristhenorth.com/article/le-corbusier---5-points-of-architecture-and-projects>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 5: Αεροφωτογραφία της Νέας Υόρκης όπου φαίνονται οι πρισματικοί όγκοι, Eric Drost, <https://www.flickr.com/photos/edrost88/6279775284/in/photostream/>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 6: Εύρεση μορφής μέσω του σκίτσου, Magny House, Glenn Murcutt, <https://www.ozetecture.org/magney-house-bingie-point>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 7: Massimiliano Fuksas, Zenith music hall, 2003, <https://www.archdaily.com/639533/17-napkin-sketches-by-famous-architects> (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 8: Robert van Berkel, 2015, Εύρεση μορφής μέσω του σκίτσου, https://www.archdaily.com/802337/the-importance-of-human-scale-when-sketching?ad_medium=gallery, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 9: Επεξηγηματικό διάγραμμα τεχνολογίας BIM, <https://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim?print=1&tmpl=component>, (πρόσβαση στις 8 Μαΐου 2024)

Εικόνα 10: Μοντέλο κτηρίου τεχνολογίας BIM, <https://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim?print=1&tmpl=component>, (πρόσβαση στις 8 Μαΐου 2024)

Εικόνα 11: Αλγοριθμικός σχεδιασμός, <https://www.archdaily.com/785602/5-ways-computational-design-will-change-the-way-you-work>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 12: Ψηφιακό περιβάλλον αλγοριθμικού σχεδιασμού, <https://www.archdaily.com/785602/5-ways-computational-design-will-change-the-way-you-work>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 13: Antoni Gaudi, <https://casavicens.org/casa-vicens/antoni-gaudi/>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 14: Sagrada Familia, <https://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 15: Sagrada Familia εσωτερικό, <https://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 16: Antoni Gaudi, Hanging model, <https://www.flickr.com/photos/jrparkes/421941216>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 17: Frei-Otto, <https://www.sl-rasch.com/en/blog/memories-of-the-time-together-with-frei-otto/>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 18: Frei-Otto-und-Carlfried-Mutschler_Multihalle_Mannheim-1970-1975_06_Foto-Atelier-Frei-Otto-Warmbronn, <https://mannheim-multihalle.de/en/architecture/>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 19: Frei-Otto-The-1967-International-and-Universal-Exposition”, <https://www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod>

Εικόνα 20: Felix Candela, <https://www.archdaily.com/591415/spotlight-felix-candela>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 21: Felix Candela, Cosmic Rays Pavilion, 1951, <https://www.archdaily.com/158000/ad-classics-cosmic-rays-pavilion-felix-candela> (πρόσβαση στις 20 Μαΐου 2024)

Εικόνα 22: Felix Candela, Palacio De Los Deportes Mexico, 1960, <https://architectuul.com/architecture/palacio-de-los-deportes-mexico>, (πρόσβαση στις 20 Μαΐου 2024)

Εικόνα 23: Shoji Yoh, φωτογραφία, <https://archx.de.com/arquitectos/yoh-shoji/>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 24: “Shoji Yoh holding the Wireless Lamp” 1977, φωτογραφία, Shoji Yoh Archive, Kyushu University, Ιαπωνία, <https://madoken.jp/en/series/23104/>, (πρόσβαση στις 5 Μαΐου 2024)

Εικόνα 25: Galaxy Toyama, 1992, Shoji Yoh Archive, <https://www.shojiyoh.com/digitised-projects.html>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

Εικόνα 26: <https://hiddenarchitecture.net/naiju-community-center-and-nursery/>, (πρόσβαση στις 10 Μαΐου 2024)

