

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μεταπτυχιακό Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
«αρχιτεκτονικός σχεδιασμός»

διπλωματική εργασία:

**Σχεδιασμός χώρου γραφείων**

σύμφωνα με τις παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

δημήτριος κολέτσιος

Φεβρουάριος 2012

επιβλέπων καθηγητής:  
θεοκλής καναρέλης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μεταπτυχιακό Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
«αρχιτεκτονικός σχεδιασμός»

διπλωματική εργασία:

**Σχεδιασμός χώρου γραφείων**

σύμφωνα με τις παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

δημήτριος κολέτσιος

**Περίληψη**

φεβρουάριος 2012

επιβλέποντες καθηγητές:

θεοκλής καναρέλης

### Εισαγωγή

Ο πολιτισμός μας έχει πλέον στραφεί στην αναζήτηση μιας καινούργιας περιβαλλοντικής ηθικής. Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις μετέβαλαν το αστικό τοπίο σε μια τεράστια μηχανή. Μια μηχανή που καταναλώνει αλόγιστα ενέργεια βασισμένη κυρίως στον ορυκτό πλούτο της γης.

Εκτός από την έξαρση της τεχνολογικής ανάπτυξης γύρω από την βελτίωση των μηχανολογικών εγκαταστάσεων για την αποδοτικότερη συμπεριφορά των μηχανημάτων που εξυπηρετούν το κτίριο σημαντικό ρόλο έχει ο αρχικός σχεδιασμός του. Σημαντικό ρόλο αναλαμβάνει η αρχιτεκτονική πλέον σε κάθε περίπτωση καθώς ο αρχικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συντελεί στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Σκοπός της εργασίας είναι μέσω της χρήσης των σύγχρονων τεχνολογιών μια απάντηση στο μύθο της οικολογικής αρχιτεκτονικής συνδιαλεγόμενης όμως με τα στοιχεία του τόπου στον οποίο τοποθετείται το κτίριο γραφείων.

### Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Υπάρχουν πληθώρα αρχιτεκτονικών παραδειγμάτων που απαντούν στον “μύθο” της οικολογικής ουτοπίας. Σκοπός της εργασίας είναι μέσω της χρήσης των σύγχρονων τεχνολογιών μια έρευνα βελτιστοποίησης και επίλυσης της γεωμετρίας ενός σκιάστρου στην όψη κτιρίου γραφείων.

Συγκεκριμένα επιχειρείται να σχεδιαστεί ένα σύστημα σκίασης στην πρόσοψη του κτιρίου το οποίο να επηρεάζεται από την πορεία του ήλιου στο δεδομένο γεωγραφικό μήκος και πλάτος του κτιρίου. Ερευνάται το πώς η κίνηση του ήλιου μπορεί να συμπεριληφθεί ως παράμετρος στην συνθετική διαδικασία έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες του φυσικού φωτισμού.

Η έρευνα λοιπόν αυτής της διπλωματικής είναι παράλληλα και μια έρευνα πάνω στα εργαλεία της σύνθεσης του χώρου. Θα μπορούσαμε να πούμε πως το κτίριο γραφείων είναι η αφορμή για την διεξαγωγή της έρευνας πάνω στα καινούργια αυτά εργαλεία και την γλώσσα που εκείνα φέρουν. Οι νέες μέθοδοι αναπαράστασης της αρχιτεκτονικής είναι το νέο όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης και πρακτικής. Το κτίριο γραφείο πλέον μελετάται όχι ως ένα αυτόνομο αντικείμενο, τελικό προϊόν, αλλά ως ένα σύμπλεγμα σχέσεων. Η έρευνα γίνεται με τα εργαλεία Grasshopper- Galapagos και Diva τα οποία είναι plug-in του software Rhinoceros. Ουσιαστικά πρόκειται για την επίλυση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης.

### Προσέγγιση του θέματος

Το κτίριο γραφείων στο κέντρο του Βόλου είναι ένα πενταόροφο κτίριο με προσανατολισμό στον άξονα βορρά νότου και εκτεθειμένο στην ανατολική και δυτική πλευρά. Η βόρεια πλευρά προστατεύεται από άλλο πολυώροφο κτίριο ενώ το καλύτερο κομμάτι της θέας βρίσκεται στην νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου, θέα προς το λιμάνι του Βόλου.

Οι συνθετικές αποφάσεις που προσδίδουν ποιοτικά χαρακτηριστικά στο κτίριο είναι να διευκολυνθεί η ροηκότητα της κίνησης των πεζών γύρω από το κτίριο και να σημειωθεί η είσοδος στο κέντρο του Βόλου για τα διερχόμενα οχήματα, το άνοιγμα στην θέα των γραφειακών χώρων και η αξιοποίηση του πεζόδρομου στην ανατολική πλευρά του κτιρίου. Αρχική πρόθεση αποτέλεσε και η προστασία του κτιρίου από την εκτεθειμένη βορειοδυτική πλευρά, καθώς και η σύνολη βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου.

### Παραμετρικός σχεδιασμός

Παραμετρικός σχεδιασμός είναι ο σχεδιασμός που λαμβάνει υπ όψιν του μαθηματικούς παραμέτρους. Η αλγεβρική συσχέτιση στοιχείων επικεντρώθηκε μόνο στον σχεδιασμό κομματιού της όψης – σκιάστρου του κτιρίου καθώς υπάρχουν συνθετικές αποφάσεις σταθερές εξ αρχής που καθοριστικά επηρεάζουν την αρχιτεκτονική πρόταση.

Η λογική αντιμετώπιση του προβλήματος ξεκίνησε από την δημιουργία ενός κανάβου. Ενός ορθογώνιου κανάβου προέκταση της ορθολογικής κατασκευής της κάτοψης του κτιρίου που μετασχηματίζεται σε ένα σύμπλεγμα ρόμβων με σκοπό την απρόσκοπτη όσο τον δυνατόν πρόσβαση στην θέα του λιμανιού, και τον μετριάσμο της έκθεσης στον βορειοδυτικό άνεμο και νοτιοανατολικό ήλιο. Από το definition που δημιουργήθηκε στο grasshopper παράγονται πολλές παραλλαγές της συγκεκριμένης όψης-σκιάστρου. Η μετακίνηση των “number sliders” είναι ικανή να δημιουργήσει μια ποικιλία μορφών και παραλλαγών του ίδιου του αντικειμένου.

Ο σχεδιασμός του σκιάστρου-όψης δεν είναι ο τελικός σχεδιασμός ενός αντικειμένου αλλά ο σχεδιασμός των παραμέτρων από το οποίο προέρχεται ένα τελικό αντικείμενο. Ο καθορισμός των παραμέτρων και όχι της τελικής μορφής θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι η ουσία του παραμετρικού σχεδιασμού, ο οποίος μας δίνει την ευελιξία του διαρκούς επανακαθορισμού του τελικού προϊόντος - αντικειμένου.



## βιοκλιματικός έλεγχος - επίλυση

Η βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου μπορεί να βελτιωθεί με ποικίλους τρόπους και δεν εξαρτάται μόνο από την γεωμετρία των πεταμάτων της όψης. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας εξετάστηκε μόνο η περίπτωση κατά την οποία η βελτίωση της γεωμετρίας του σκιάστρου θα μας έδινε μια πιο επιθυμητή λύση, καθώς στον σχεδιασμό όπως προαναφέρθηκε προηγούνται ή συλλειτουργούν και κάποια αισθητικά κριτήρια. Στα διαγράμματα των θερμικών φορτίων της ετήσιας συνολικά ενέργειας κατά μέσον όρο που πέφτει στο κτίριο γραφείων, μαζί με τον σκιασμό από τα γειτονικά κτίρια, βλέπει κανείς που περίπου το κτίριο θερμαίνεται σε ετήσια βάση περισσότερο. Έτσι λοιπόν προσεγγιστικά θα μπορούσαμε μέσα από την διαγραμματική ανάλυση να εξετάσουμε ένα σύστημα σκίασης που να πυκνώνει την σκίαση του στις πιο επιβαρυνμένες περιοχές και να αραιώνει την σκίαση του σταδιακά προς τις λιγότερο θερμικά επιβαρυνμένες περιοχές.

Η πυκνωση γίνεται με την χρήση ελκυστών (attractors). Έτσι μπορούμε να πυκνώσουμε την σκίαση σε ένα σημείο και να βελτιώσουμε την βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου. Υπάρχει η ευελιξία αν αυτό κρίνεται σκόπιμο πολύ γρήγορα η γεωμετρία να επαναπροσδιοριστεί καλύπτοντας όπως επισημάνθηκε ένα μεγάλο εύρος τιμών. Στήθηκε μια εξίσωση (definition) στο grasshopper και σε συνεργασία με το Dina και το Galapagos έγινε μια επίλυση της γεωμετρίας του σκιάστρου.

Ο επιλυτής (Galapagos) μας έδωσε τις τιμές που βρίσκονται κοντά στον μηδενισμό της συνάρτησης. Φυσικά οι θέσεις των attractors που ικανοποιούν αυτή την συνθήκη υπάρχει πιθανότητα να είναι πάνω από μια. Χρειαζόμαστε λοιπόν και άλλα κριτήρια για να επιλέξουμε το καταλληλότερο μέγεθος του σκιάστρου.

Η θέσπιση των κριτηρίων μέρος του προβλήματος έγινε λαμβάνοντας υπόψη ανταγωνιστικούς παράγοντες μεταξύ τους όπως η αύξηση της θέας και η μείωση των ηλιακών κερδών. Μετά την διαδικασία βελτιστοποίησης η απαίτηση σε θέα αυξήθηκε, μειώθηκε το εμβαδό το πετασμάτων και επιλύθηκε ένα σύνθετο πρόβλημα σε συνάρτηση με όλα τα ανταγωνιστικά μεγέθη.

### Επιλογικά συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός του εργαλείου ήταν ικανός να μας δώσει αποτελέσματα που άλλαξαν λίγο την αρχική υπόθεση αλλά βελτίωσαν μέσα από επανεκτίμηση την βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου.

Το σημαντικό είναι ότι τα εργαλεία αυτά είναι ικανά να συνδέσουν τον ψηφιακό χώρο του υπολογιστή με την υλοποιήσιμη πραγματικότητα κατά κάποιον τρόπο ώστε ο σχεδιαστής πλέον να μπορεί να δημιουργήσει ένα ψηφιακό μοντέλο ελέγξιμο από τον ίδιο και υλοποιήσιμο. Διευρύνεται η δυνατότητα πειραματισμού με περισσότερες σύνθετες μορφές που συνδέονται με νέους τρόπους συνθετικής σκέψης.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν να εξεταστεί το πώς η ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια ενός κτιρίου θα μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία ενός σχεδιασμού. Η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών στην κατασκευή, τεχνολογίας CNC, μπορεί να καταστήσει υλοποιήσιμα τα παραπάνω παραδείγματα.

University of Thessaly

Postgraduate program of Architectural engineering  
«architectural design»

thesis:

office building design

according to the parameters of bioclimatic architecture

dimitrios koletsios

Summary

february 2012

supervisor:

theoklis kanarelis

### Introduction

Our civilization search and demands a new ecological ethic. The technological development has transformed our cities in a big machine. A huge machine which consumes a lot of energy based mainly to the mineral wealth of our planet. Except from the technological improvement of the mechanical installations that are necessary for the building, architecture has to improve the initial design of the building. If we look the consumed energy in absolute numbers we can realize the important role of the initial design. There are a lot of architectural paradigms, answers to the ecological myth.

### the Subject

There are many architectural examples found in the myth of ecological utopia. The aim of the thesis is through the use of modern technologies and optimization study of geometry to solve window shading device in a side office building. It attempts to design a system of shading on the façade which influenced the course of the sun at the given longitude and latitude of the building. Investigated how the movement of the sun can be included as a parameter in the synthesis process in order to meet the conditions of natural lighting.

Mainly this is an optimization problem. The office building now being considered not as a autonomous object, as a final product, but as a complex of relations. The research is done with the grasshopper, Galapagos & Diva which are plug in to the rhinoceros software.

This office building placed to the center of Volos is a five level building oriented to the North-South axis. The building is being protected from surrounding buildings 18-21m high piecewise of a continuous block.

The best view is the view of the port of Volos to the north-west side.

The concept is to develop the circulation of the people and the vehicles, to reclaim the pedestrian behind the building and to give the best part of the view to the employees in relation with the ecological behavior of the whole building.

### Parametric design

The numeric relationship between the elements of the building focused on the design part of the façade. A facade that can works like a sunshade.

The logical approach began with a rectangular grid. That grid is an extension of the rational organization of the building. This grid transformed to a



lozenges complex. With this geometry we can achieve not only the openness of the façade to the view of the port but also we can create a sunshade to the southeast and a windshield to the northwest.

From the definition which created to the grasshopper we can have a lot of variations of the façade. The movement of the number sliders is able to give us a lot of different forms of the same element.

The design of the façade is not focused to a final object but to define the parameters of every "final" object.

The determination of the parameters and not the final design of an object is the main idea of parametric design tools.

### Energy control - optimization problem

The bioclimatic behavior of the building could be improved with a variation of ways and is not only depended from the final geometry of the façade.

Within this thesis examined only the case where the improvement of the geometry of the roller blind will give us a more desirable solution, as in the design as mentioned before function together and some aesthetic criteria.

In diagrams of thermal loads of the annual total energy on average that falls in the office building, along with shading from nearby buildings, we can see the more heated surface on an annual basis. So approximately we could through the diagrammatic analysis to consider a shading system that thickens the shading of the most polluted areas and thin out the shade gradually to the less thermally polluted areas.

Made the jump to linear algebra geometry using attractors can thicken the shade at weak points and improve the behavior of passive solar sunshade. There is flexibility if appropriate geometry very quickly redefined as pointed out by covering a wide range. The density is achieved by using attractors. So we can thicken the shade at one point and improve the behavior of passive solar building. There is flexibility is if appropriate geometry very quickly be re-identified as covering a large range. Set up a definition and grasshopper in cooperation with the Diva and Galapagos components give as the optimum solution of the shade. The solver gave us values close to zero as we minimize the function. Of course the positions of the attractors that satisfy this condition are likely to be more than one. We need other criteria to choose the most appropriate size of the blinds. The establishment of the criteria became part of the problem taking into account competing factors, such as the increase of sight and the reduction of solar gains. After the optimization process in view of increased demand, decreased the area of the screen and solved a complex problem in relation to all sizes competing.

### Conclusion

In conclusion detailed bioclimatic control may be more specialized in other programs and more detailed. The aim of the thesis is to examine how energy incident on the surface of a building could be the start of a design. The use of modern technologies in manufacturing technology, CNC, may make feasible the above examples.

I have searched a tool and a methodology to calculate this model in a custom way. The design of the tool was able to give us some results that changed the original hypothesis but improved the bioclimatic behavior of the building. There are many forms checked and improved.

The important thing is that these tools are able to connect the digital space on the computer with a feasible reality in a way that the designer can now create a digital model of the same controllable and achievable. Expands the possibility of experimenting with more complex forms related with new ways of thinking.

## Περιεχόμενα

α. εισαγωγή.....	3.
β. προσέγγιση της ευρύτερης προβληματικής.....	4.
στόχος της διπλωματικής εργασίας.....	4.
ενότητα 1	
το εργαλείοιδές της γλώσσας.....	5.
προβλήματα βελτιστοποίησης-optimization problems.....	7.
ενότητα 2	
γ. παραμετρικός σχεδιασμός - εισαγωγή.....	9.
δ. το εργαλείο Grasshopper.....	11.
το εργαλείο Galapagos.....	13.
ενότητα 3	
ε. ελκυστές - attractors.....	14.
ενότητα 4	
ζ. προσέγγιση του θέματος.....	16.
η. εισαγωγή στο σχεδιασμό - διαγράμματα.....	17.
σύλληψη αρχικής ιδέας - concept	
θ. ανάπτυξη της λογικής αντιμετώπισης του προβλήματος-definition.....	19.
ι. βιοκλιματικός έλεγχος .....	22.
κ. digital fabrication.....	26.
τεχνολογία CNC- nesting.....	26.
λ. ο αλγόριθμος του βιοκλιματικού ελέγχου.....	27.
ενότητα 5	
μ. επιλογικά συμπεράσματα .....	34.
ν. παρουσίαση - παράρτημα σχεδίων.....	35.
βιβλιογραφία	



## Εισαγωγή

Στην σημερινή εποχή υπάρχει το κοινωνικό αίτημα για βιοκλιματική αρχιτεκτονική, για βιώσιμη ανάπτυξη. Αναπτύσσοντας το πολιτικό μας ένστικτο γύρω από την αρχιτεκτονική σκέψη και πρακτική διαπιστώνουμε την στροφή του πολιτισμού μας σε μια διαφορετική προσέγγιση του κτιριακού αποθέματος. Ο πολιτισμός μας έχει πλέον στραφεί στην αναζήτηση μιας καινούργιας περιβαλλοντικής ηθικής. Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις μετέβαλαν το αστικό τοπίο σε μια τεράστια μηχανή. Μια μηχανή που καταναλώνει αλόγιστα ενέργεια βασισμένη κυρίως στον ορυκτό πλούτο της γης. Τα τελευταία χρόνια η εμπιστοσύνη στα ορυκτά αποθέματα παραγωγής ενέργειας έχει πλέον κλονιστεί και η αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας πλέον απαιτείται για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος.<sup>1</sup> Η ιδέα για την κατασκευή κτιρίων που δεν είναι επιθετικά και ενεργοβόρα προμοδοτείται πλέον από τις νομοθετικές μεταρρυθμίσεις του ελληνικού κράτους καθώς κάθε αναπτυσσόμενου κράτους και επιβάλλεται με την μορφή διάφορων κανονισμών. Η εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ (κανονισμός ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων) είναι το καινούργιο νομοθετικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αυτή την στιγμή κατασκευάζονται τα σύγχρονα κτίρια στο ελλαδικό κράτος και ισχύει από την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου του 2010.

Συγκεκριμένα τα κτίρια γραφείων καταναλώνουν το 70% του ποσοστού ενέργειας που καταναλώνεται συνολικά για φωτισμό, θέρμανση και ψύξη. Είναι ίσως το πιο ενεργοβόρο κτιριακό απόθεμα του πλανήτη. Υποστηριζόμενα αποκλειστικά από αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου του κλίματος στον εσωτερικό χώρο δεν δείχνουν να προσαρμόζονται στις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες και αγνοούν την κατασπατάληση της ενέργειας<sup>2</sup>.

Εκτός από την έξαρση της τεχνολογικής ανάπτυξης γύρω από την βελτίωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για την αποδοτικότερη συμπεριφορά των μηχανημάτων που εξυπηρετούν το κτίριο σημαντικό ρόλο έχει ο αρχικός σχεδιασμός του. Ο αρχικός σχεδιασμός του κελύφους.

Σημαντικό ρόλο αναλαμβάνει η αρχιτεκτονική πλέον σε κάθε περίπτωση καθώς ο αρχικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συντελεί στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτό είναι και το σημείο στο οποίο θα επιχειρήσουμε να εμβαθύνουμε στην παρούσα εργασία. Στο πώς δηλαδή ο αρχικός σχεδιασμός μπορεί να συμπεριλάβει παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Αν κοιτάξουμε την ενέργεια σε απόλυτες τιμές θα δούμε ότι επηρεάζεται καθοριστικά από την αρχική σύλληψη του κτιρίου και τον

---

<sup>1</sup> Βασιλική Καλογιαννίδου - Πάσχου, "Κτίρια γραφείων & περιβαλλοντικός σχεδιασμός", Ίων, 2009

<sup>2</sup>ο.π



προτεινόμενο σχεδιασμό, την επιλογή των υλικών κατασκευής, το μέγεθος των ανοιγμάτων, τον σκίασμό, τον προσανατολισμό κτλ. Θα μπορούσαμε να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας λοιπόν όχι μόνο βελτιώνοντας τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου ή την ποιότητα των θερμομονωτικών υλικών αλλά επεμβαίνοντας στον αρχικό σχεδιασμό του κελύφους.

### Προσέγγιση της ευρύτερης προβληματικής – στόχος της διπλωματικής εργασίας.

Υπάρχουν πληθώρα αρχιτεκτονικών παραδειγμάτων που απαντούν στον “μύθο” της οικολογικής ουτοπίας. Σκοπός της εργασίας είναι μέσω της χρήσης των σύγχρονων τεχνολογιών μια έρευνα βελτιστοποίησης και επίλυσης της γεωμετρίας ενός σκιάστρου στην όψη κτιρίου γραφείων.

Συγκεκριμένα επιχειρείται να σχεδιαστεί ένα σύστημα σκίασης στην πρόσοψη του κτιρίου το οποίο να επηρεάζεται από την πορεία του ήλιου στο δεδομένο γεωγραφικό μήκος και πλάτος του κτιρίου. Ερευνάται το πώς η κίνηση του ήλιου μπορεί να συμπεριληφθεί ως παράμετρος στην συνθετική διαδικασία έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες του φυσικού φωτισμού.

Η έρευνα λοιπόν αυτής της διπλωματικής είναι παράλληλα και μια έρευνα πάνω στα εργαλεία της σύνθεσης του χώρου. Θα μπορούσαμε να πούμε πως το κτίριο γραφείων είναι η αφορμή για την διεξαγωγή της έρευνας πάνω στα καινούργια αυτά εργαλεία και την γλώσσα που εκείνα φέρουν. Οι νέες μέθοδοι αναπαράστασης της αρχιτεκτονικής είναι το νέο όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης και πρακτικής. Πρόκειται για μια αλλαγή παραδείγματος και πλέον αλλάζει το συντακτικό της αρχιτεκτονικής μας σκέψης<sup>3</sup>. Το κτίριο γραφείο πλέον μελετάται όχι ως ένα αυτόνομο αντικείμενο, τελικό προϊόν, αλλά ως ένα σύμπλεγμα σχέσεων.

Απώτερος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να ερευνηθεί το πώς ο υπολογιστής μπορεί να επέμβει στην συνθετική διαδικασία του κτιρίου. Το πώς ο υπολογιστής ως εργαλείο δύναται να χρησιμοποιηθεί ξεπερνώντας την μέχρι τώρα περιγραφική αντίληψη του σχεδιασμού από την διαδικασία σχεδιασμού στο χέρι και από software του εμπορίου που μένουν σε αυτή την κατεύθυνση. Γίνεται λοιπόν μια προσπάθεια εμβάθυνσης στα εργαλεία μοντελοποίησης του κτιρίου αρχικά, του παραμετρικού σχεδιασμού και μετέπειτα στην λογική της κατασκευής γενετικών αλγορίθμων.

---

<sup>3</sup> Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, Συλ. έκδοση, “Η αναπαράσταση ως όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης”, επιμ. Βάσω Τροβά, Κώστας Μανωλίδης, Γιώργος Παπακωνσταντίνου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Τμήμα Αρχιτεκτόνων, futura, 2006,σελ. 100

Η έρευνα γίνεται με τα εργαλεία Grasshopper- Galapagos και Diva τα οποία είναι plug-in του software Rhinoceros. Γίνεται λοιπόν ταυτόχρονα και μία έρευνα πάνω στην καινούργια γλώσσα που κομίζει η χρήση αυτών των προγραμμάτων, των καινούργιων αυτών εργαλείων τα οποία δεν λειτουργούν περιγραφικά ως προς το κτίριο αλλά επεμβαίνουν στην συνθετική διαδικασία. Η αρχιτεκτονική συναντά την βιομηχανία της κατασκευής κτιρίων μέσα από το περιβάλλον πλέον του υπολογιστή. Η ευκολία του υπολογιστή να κάνει πολύ γρήγορα αριθμητικές πράξεις μας δίνει την δυνατότητα να τον αξιοποιήσουμε στην συνθετική διαδικασία.

Πρέπει να διευκρινιστεί πως ο υπολογιστής δεν μπορεί να επέμβει ολοκληρωτικά στην διαδικασία της σύνθεσης αλλά μας επιτρέπει να κάνουμε πολύ γρήγορα υπολογιστικές πράξεις με πολλές μεταβλητές που θα ήταν αδύνατο να γίνουν με αναλογικό τρόπο. Το αισθητικό κριτήριο επιλογής θα μπορούσαμε να πούμε πως προηγείται ή συνυπάρχει σε κάθε ενδιάμεσο στάδιο. Ωστόσο ο υπολογιστής ως ένα νέο όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης μας αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο μελετάμε πλέον ένα κτίριο. Βλέποντας έτσι λοιπόν το εργαλείο του υπολογιστή αλλάζει η γλώσσα με την οποία προσεγγίζουμε την αρχιτεκτονική.

### Το εργαλειοειδές της γλώσσας

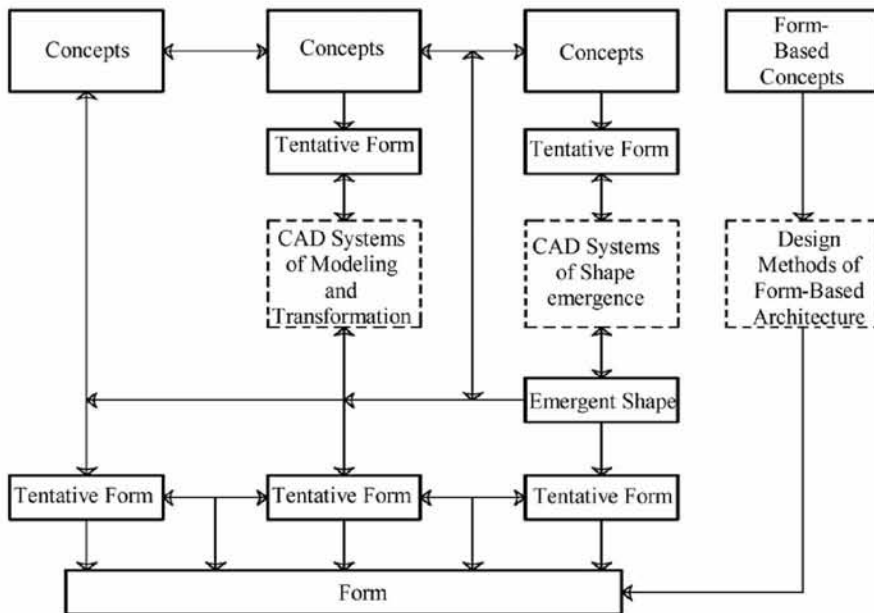
Κάθε εργαλείο εσωκλείει την δυνατότητα παραγωγής έργου. Έχει επινοηθεί “για να” με κάποιο σκοπό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί “για να” για κάποιο σκοπό. Κάθε καινούργιο εργαλείο εμπλουτίζει τις δυνατότητες της αρχιτεκτονικής σκέψης η οποία θα μπορούσαμε να πούμε ότι περιορίζεται από τα εργαλεία που έχει στην διάθεσή της σε κάθε εποχή. Το κάθε ένα εργαλείο περικλείει, φέρει μία συγκεκριμένη γλώσσα. Δηλαδή το κάθε εργαλείο βάζει ταυτόχρονα και κάποια όρια στην γλώσσα της αρχιτεκτονικής.

Στην αρχιτεκτονική σκέψη. Από την άλλη η γλώσσα και η σκέψη, η επιστημονική έρευνα σε πεδία άλλων επιστημών, καθώς και οι ανακαλύψεις της φυσικής και της βιολογίας εμπλουτίζουν την εργαλειοθήκη μας και την πρακτική της αρχιτεκτονικής σκέψης ενώ ταυτόχρονα υποδεικνύουν την ανάγκη για την κατασκευή καινούργιων εργαλείων. Θα μπορούσε αυτή η σκέψη να επεκταθεί με πληθώρα παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή μας ή σε όλο το πέρασμα της αρχιτεκτονικής σκέψης καθ όλη την διάρκεια των εποχών.

Η αρχιτεκτονική είναι μια τέχνη που καθορίζεται από τις δυνατότητες της τεχνολογίας. Στην εφαρμοσμένη τέχνη της αρχιτεκτονικής υπάρχει λοιπόν το δίπολο γλώσσας και τεχνολογίας, αρχιτεκτονικής σκέψης και εργαλείων που αλληλεπιδρούν καθοριστικά αλλά όχι ολοκληρωτικά. Άλλοτε ανταγωνιστικά και άλλοτε συναινετικά στην παραγωγή ενός έργου. Το αρχιτεκτονικό έργο

κινείται ανάμεσα στο εργαλείοιδές της γλώσσας και το γλωσσοειδές της τεχνολογίας.

Στην αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στην σύλληψη μιας ιδέας και στο τελικό προϊόν παρεμβαίνει το εργαλείο που χρησιμοποιούμε, το μέσο αναπαράστασης της αρχικής πρόθεσης, το οποίο μας ανοίγει καινούργιους τρόπους να σκεφτούμε και επηρεάζει καθοριστικά τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού.(βλ. εικόνα1) “Ωστόσο, η μοντελοποίηση και μετατροπή (transformation) στο ψηφιακό περιβάλλον ανοίγει νέες δυνατότητες όχι μόνο για την παραγωγή μορφών, αλλά και για την αρχική σύλληψη.”<sup>4</sup> Σκοπός δεν είναι να πλατειάσουμε περισσότερο σε αυτό το θέμα, το οποίο θα μπορούσε να είναι μια ξεχωριστή έρευνα, απλά επιχειρείται να δειχθεί η εξάρτηση του μέσου από την σύλληψη της ιδέας και του τελικού προϊόντος εφόσον αποτελεί πυρήνα του παρόντος θέματος. Η διπλωματική εργασία όπως προαναφέρθηκε έχει ως δεύτερη προτεραιότητα την εμπάθунση σε ένα καινούργιο, για τον φοιτητή, εργαλείο – software και στις δυνατότητες που αυτό προσφέρει στην διαδικασία παραγωγής αρχιτεκτονικού έργου.



Εικόνα 1: αμφίδρομη σχέση αρχικής σύλληψης –εργαλείων - τελικής μορφής<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Wael Abdelhameed ,“How Does the Digital Environment Change What Architects Do in the Initial Phases of the Design Process?”, eCAADe 29, 2011,σελ537

<sup>5</sup>ο.π, σελ536

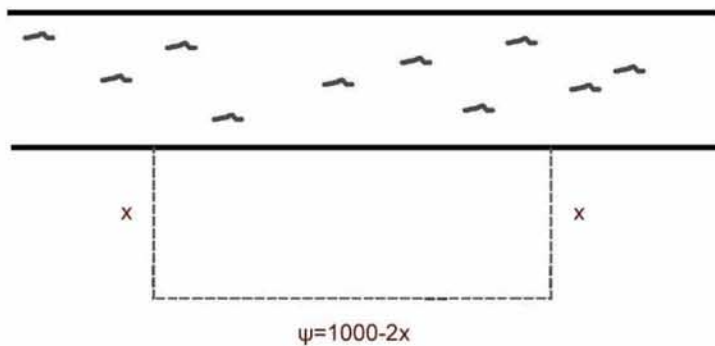


## Προβλήματα βελτιστοποίησης- optimization problems

Η μαθηματική λογική και ο υπολογιστής επεμβαίνουν καθοριστικά στον σχεδιασμό ενός προϊόντος χωρίς να εξετάζουμε το προϊόν με αισθητικά κριτήρια. Για την βαθύτερη κατανόηση του παραπάνω συλλογισμού παραθέτω ένα παράδειγμα ενός μαθηματικού με το ψευδώνυμο PatrickJMT<sup>6</sup> :

Έχουμε έναν αγρότη ο οποίος θέλει να φτιάξει ένα περίβολο δίπλα σε ένα ποταμό για τα ζώα του. Τα χρήματα που διαθέτει φτάνουν για να κατασκευαστεί 1000 μέτρα περίβολος.

Αν υποθέσουμε ένα ορθογωνικό σχήμα περιβόλου ως το πιο πρακτικό ποιό θα ήταν το ορθογώνιο εκείνο με το μέγιστο εμβαδό ώστε να φιλοξενηθούν περισσότερα ζώα;



Εικόνα 2

Η λύση του προβλήματος είναι ως εξής:

Έστω ότι  $x$  είναι οι ίσες πλευρές του ορθογώνιου και  $\psi$  η άλλη άγνωστη πλευρά. (βλ. εικόνα2)

(Η μια πλευρά είναι η όχθη του ποταμού και δεν χρειάζεται να περιφραχθεί.)

Με δεδομένο ότι η περίμετρος είναι ίση με 1000μ τότε έχουμε:

$$2x + \psi = 1000 \text{ άρα } \psi = 1000 - 2x$$

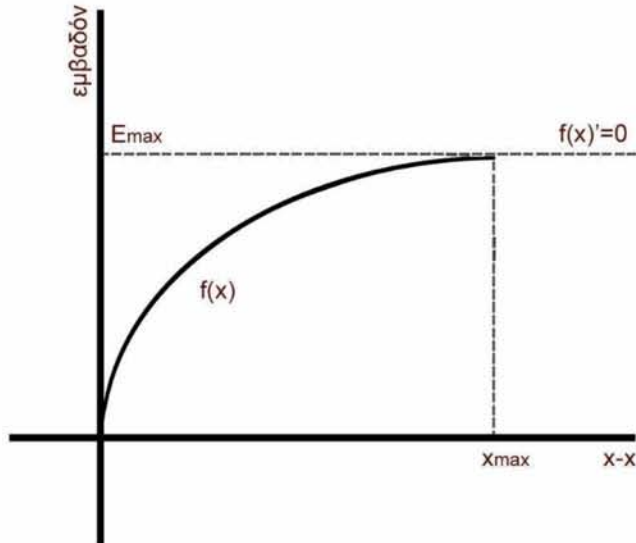
Αν  $E$  το εμβαδό του ορθογώνιου τότε:

$$E = x \cdot (1000 - 2x) \text{ άρα } E = 1000x - 2x^2$$

<sup>6</sup> "Just math tutorials" URL: <http://PatrickJMT.com> τελ. επίσκεψη 17/01/2012



Επιδιώκουμε να βρούμε την μέγιστη τιμή αυτής της δευτεροβάθμιας εξίσωσης. Η γραφική της παράσταση είναι ένα κομμάτι παραβολής όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 3 η γραφική παράσταση της συνάρτησης

Βρίσκοντας λοιπόν το σημείο στο οποίο η παράγωγος της συνάρτησης ισούται με μηδέν βρίσκουμε το μέγιστο  $x$  για το οποίο επαληθεύεται η συνάρτηση άρα και το μέγιστο εμβαδό του ορθογωνίου.(βλ. εικόνα3)

Έχουμε:

$$E' = 0 \text{ άρα}$$

$$(1000x - 2x^2)' = 0 \text{ άρα}$$

$$1000 - 4x = 0 \text{ άρα}$$

$$4x = 1000$$

$$x = 1000/4$$

$$x = 250$$

με δεδομένο  $x = 250$  το  $\psi = 500$  άρα

$$E = 250 * 500 = \underline{125.000 \text{ TM}}$$

Αυτή είναι η βέλτιστη λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα βελτιστοποίησης. Σε αυτό το απλό παράδειγμα βλέπουμε πως η μαθηματική λογική επεμβαίνει στον σχεδιασμό του προϊόντος χωρίς να εξετάσουμε το φράχτη με αισθητικά κριτήρια. Δεν μας ενδιαφέρει προς το παρόν τι χρώμα θα είναι ο φράκτης και δεν μελετήθηκε ακόμα το πως ακριβώς θα είναι κατασκευασμένος. Παρόλα

αυτά έχουμε μια διαγραμματική απάντηση για το πώς θα οριοθετηθεί στο οικόπεδο με γνώμονα το μέγιστο λειτουργικό όφελος του χρήστη.

Το πρόβλημα είχε μόνο δυο αγνώστους και μπορεί πολύ εύκολα να λυθεί σε μια κόλλα χαρτί όμως πολλές φορές καλούμαστε να συμπεριλάβουμε περισσότερους αγνώστους σε πιο δυσεπίλυτα προβλήματα και γι αυτό καταξιώνεται ως πολύτιμο εργαλείο ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και οι γενετικοί αλγόριθμοι. “Η ιδέα των γενετικών αλγορίθμων αναπτύχθηκε από το 1950 στο πεδίο της Τεχνητής νοημοσύνης(Artificial Intelligence)για να αντιμετωπιστούν προβλήματα που περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων. Είναι βασισμένη στην θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου και μίμησης της διαδικασίας ταιριάσματος και φυσικής επιλογής μέσα από την επανασύνδεση των παραμέτρων και την εφαρμογή μιας συνάρτησης εκτίμησης(“fitness”). Η συνδυασμένη χρήση των διαγραμματικών σχημάτων και των γενετικών αλγορίθμων, έχει προταθεί από τον Gero από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Σε αυτήν την τεχνική η σειρά εφαρμογής των κανόνων θεωρείται ως μία από τις παραμέτρους που μπορεί να αλλάξει και το ανασυστημένο να οδηγήσει σε βελτιστοποιημένα σχέδια.”<sup>7</sup>

Υπάρχουν ποικίλα παραδείγματα από την βιομηχανία της κατασκευής και το βιομηχανικό σχέδιο ή την ναυπηγική και την αεροναυπηγική που αναζητείται η βέλτιστη λύση ανάμεσα σε πολλές παραμέτρους και φυσικά στόχος είναι η μείωση της πρώτης ύλης και η πλήρη εκμετάλλευση των μηχανικών ιδιοτήτων του κάθε υλικού ή η εξοικονόμηση χώρου και βάρους κατά την συσκευασία και πολλά άλλα παραδείγματα που θα πρέπει να μας κάνουν περισσότερο σκεπτικούς στον τρόπο που διαχειριζόμαστε την οργάνωση και τον σχεδιασμό ενός έργου.

### Παραμετρικός σχεδιασμός – εισαγωγή

Ο σχεδιασμός με την χρήση μαθηματικών δεν είναι καινούργια υπόθεση. Τα μαθηματικά χρησιμοποιούνται από τα αρχαία χρόνια στην αρχιτεκτονική. Ωστόσο η επανάσταση των υπολογιστών έχει αλλάξει τα δεδομένα και έχει επηρεάσει την αρχιτεκτονική σημαντικά. Τα εργαλεία του παραμετρικού σχεδιασμού προσφέρουν πλέον την ευκολία στον υπολογισμό σύνθετων πράξεων που θα ήταν δύσκολο να επιλυθούν με αναλογικούς τρόπους.

Πρέπει να διαστείλουμε βέβαια τον όρο “παραμετρικός” από αισθητικά κριτήρια. Παραμετρικός σχεδιασμός είναι ο σχεδιασμός που λαμβάνει υπ όψιν του μόνο μαθηματικούς παραμέτρους. Οι παράμετροι στον παραμετρικό σχεδιασμό είναι μαθηματικές σχέσεις, ποσά, που θα μπορούσαμε να πούμε ότι εκφράζονται τελικά με κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον η ευελιξία

---

<sup>7</sup> Gabriela Celani, José N. Beirão, José P. Duarte, Carlos Vaz, “Optimizing the “characteristic structure”.” ,eCAADe 29,2011,σελ 491.

των υπολογιστικών μηχανών έχει επιτρέψει την επίλυση πολύπλοκων και περισσότερο σύνθετων μορφών. Σκοπός είναι η βελτιστοποίηση της μορφής των κτιρίων, η εκμετάλλευση των μηχανικών ιδιοτήτων της ύλης στο έπακρο.

Η γεωμετρία της αρχιτεκτονικής αλλάζει για να εξυπηρετήσει πιο σύνθετους προβληματισμούς. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική σκέψη αντιστοιχίζεται με μια σύνθετη γεωμετρία. Γεωμετρία περιγραφής του μακρόκοσμου του σύμπαντος καθώς και του μικρόκοσμου των μικροοργανισμών.

Οι ανακαλύψεις της φυσικής και της βιολογίας έχουν επηρεάσει την σύγχρονη αρχιτεκτονική σκέψη καθοριστικά τις τελευταίες δεκαετίες. Η σύγχρονη γλώσσα της αρχιτεκτονικής είναι συμφιλωμένη με έννοιες όπως γενετικός κώδικας (genetic code) ή μορφοκλασματική μορφή(fractals) που συναντούμε στην βιολογία καθώς και όρους όπως ελκυστής (attractor) που συναντάμε στην περιγραφή του μακρόκοσμου. Αποδεχόμαστε την ευκλείδεια γεωμετρία θεωρώντας την ως τη πιο βασική και εφαρμόσιμη όμως υπάρχουν και άλλες απόλυτες γεωμετρίες. Παράδειγμα μιας άλλης γεωμετρίας είναι ο τετραδιάστατος κατά τα άλλα ευκλείδειος χώρος.<sup>8</sup>

Η μελέτη της γεωμετρίας γίνεται πλέον με συστήματα αναφοράς και με βάση την έννοια του διανύσματος. Με αυτόν τον τρόπο πολλές γεωμετρικές σχέσεις μπορούν να αλγεβροποιηθούν, δηλαδή να γίνουν αριθμητικές σχέσεις και να μελετηθούν αλγεβρικά να γίνουν γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων. Αυτή η μελέτη της γεωμετρίας είναι ξεχωριστός κλάδος των μαθηματικών και ονομάζεται αναλυτική γεωμετρία. Η αναλυτική γεωμετρία είναι χρήσιμη σε κλάδους επιστημών, όπως η Άλγεβρα και η Φυσική<sup>9</sup>.

Υπάρχει στο συγκεκριμένο κτίριο μια συσχέτιση με αυτόν τον τρόπο σκέψης, με αυτή την γλώσσα που θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω.

---

<sup>8</sup> Wikipedia" URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/attractors/> τελ. επίσκεψη 17/01/2012

<sup>9</sup> ο.π



## Το εργαλείο grasshopper

Το grasshopper είναι ένα διαφορετικό εργαλείο σχεδιασμού. Πρόκειται για ένα plug in του software Rhinoceros. Το εργαλείο αυτό αντιμετωπίζει τον σχεδιασμό με μία διαφορετική λογική σε μία διαφορετική κατεύθυνση που αποκαλούμε παραμετρικό σχεδιασμό. (parametric design, associative design). Δηλαδή προτεραιότητα στον σχεδιασμό δεν είναι ο καθορισμός του τελικού σχήματος αλλά ο καθορισμός των παραμέτρων που παράγουν μια ποικιλία διαφορετικών σχημάτων.

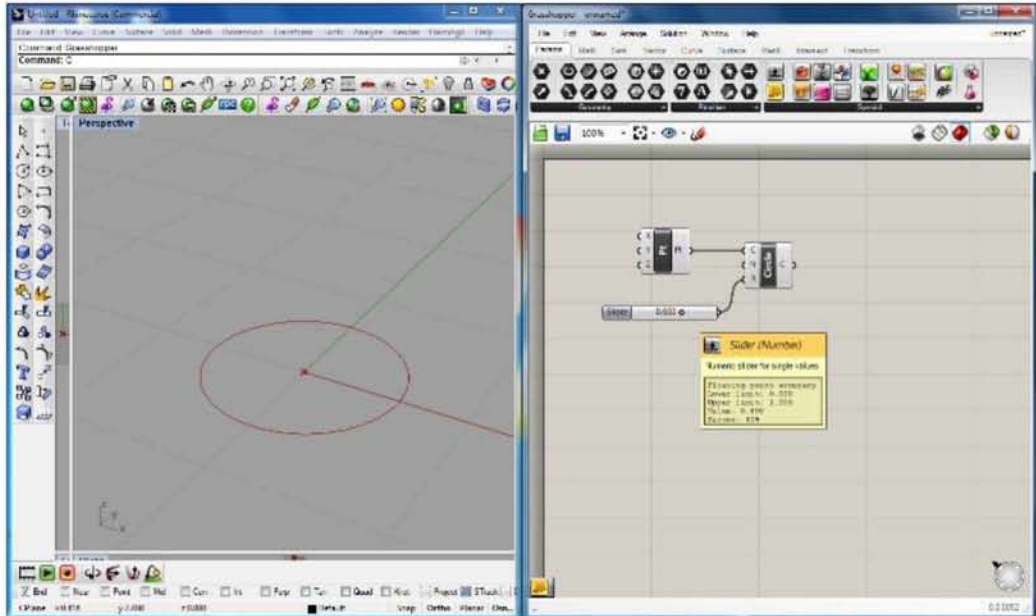
“Για τους σχεδιαστές που ασχολούνται με την έρευνα νέων σχημάτων και την χρήση γενετικών αλγορίθμων, το grasshopper είναι ένα plug-in το οποίο είναι ενσωματωμένο με τα 3-D εργαλεία μοντελοποίησης του Rhinoceros. Σε αντίθεση με το RhinoScript, το grasshopper δεν απαιτεί γνώσεις προγραμματισμού ή scripting, αλλά εξακολουθεί να επιτρέπει στους σχεδιαστές την κατασκευή γεννητριών, μητρών, γενετικών κωδικών, που παράγουν διαφορετικές μορφές από κάτι πολύ απλό μέχρι ποιο σύνθετες μορφές με περισσότερες απαιτήσεις.”<sup>10</sup>

Για να γίνει περισσότερο κατανοητό το εργαλείο παραθέτω ένα πολύ απλό παράδειγμα σχηματισμού ενός κύκλου. Στον σχεδιασμό στο χέρι παραδείγματος χάριν και στα software που δεν απομακρύνονται από αυτή την λογική πρέπει για να σχεδιάσουμε ένα κύκλο να καθορισθεί εξ αρχής το κέντρο του και η ακτίνα του. Σχεδιάζεται λοιπόν εξ αρχής η τελική μορφή του κύκλου. Η μετάβαση από τον αναλογικό τρόπο σκέψης στον παραμετρικό σχεδιασμό γίνεται όταν δούμε τον κύκλο όχι σαν μια τελική μορφή αλλά ως ένα συνδυασμό παραμέτρων που αποτελούν τον κύκλο. Οι παράμετροι αυτοί είναι το κέντρο και η ακτίνα στο συγκεκριμένο παράδειγμα. Ο προσδιορισμός των παραμέτρων έχει σημασία και όχι η τελική μορφή του κύκλου και αυτή είναι η ειδοποιός διαφορά.

---

<sup>10</sup> “grasshopper3d” URL: <http://www.grasshopper3d.com/> τελ. επίσκεψη 17/01/2012





Εικόνα 4 [www.grasshopper3d.com](http://www.grasshopper3d.com)

Ορίζουμε ένα σημείο από τις τρεις συντεταγμένες του στο καρτεσιανό επίπεδο  $x,y,z$  και το ορίζουμε ως κέντρο του κύκλου. Έπειτα με number sliders- μεταβλητές ορίζουμε το εύρος τιμών, το πεδίο τιμών που μπορεί να έχει η ακτίνα του κύκλου. Στο παράδειγμά μας η ακτίνα του μπορεί να μεταβάλλεται από το μηδέν στην μονάδα. Έτσι πλέον δεν σχεδιάσαμε ένα κύκλο αλλά τον γενετικό κώδικα του κύκλου που μας δίνει μια ποικιλία κύκλων με ακτίνα από το μηδέν στο ένα. Μετακινώντας της μεταβλητές μπορούμε να έχουμε πολύ εύκολα όποιον κύκλο θέλουμε και αυτό μας δίνει μια ταχύτητα στον σχεδιασμό αλλά και μια δυνατότητα συμπερίληψης περισσότερων μεταβλητών σε πολύ πιο σύνθετες μορφές που θα ήταν αδύνατο να προσδιοριστούν με τον συμβατικό τρόπο σχεδιασμού. Αυτός ο τρόπος σχεδιασμού απελευθερώνει τους σχεδιαστές και ταυτόχρονα είναι μια πρόκληση να μελετηθούν πολύπλοκες μορφές με δυνατότητα συμπερίληψης πολλών διαφορετικών παραμέτρων. Ανοίγει ένα πεδίο έρευνας πάνω στις ιδιότητες των υλικών και τον συνδυασμό με την μορφή που προτείνεται στο φυσικό χώρο καθώς και την μελέτη της μορφής και της αλληλεπίδρασης της με τον φυσικό χώρο, εκφράζοντας με νέες μορφές μια περισσότερο προχωρημένη ορθολογική σκέψη και κτίρια υψηλών πλέον επιδόσεων. Ανοίγει ένα πεδίο έρευνας που καλεί την αρχιτεκτονική σκέψη να προεκτείνει τα όρια της.

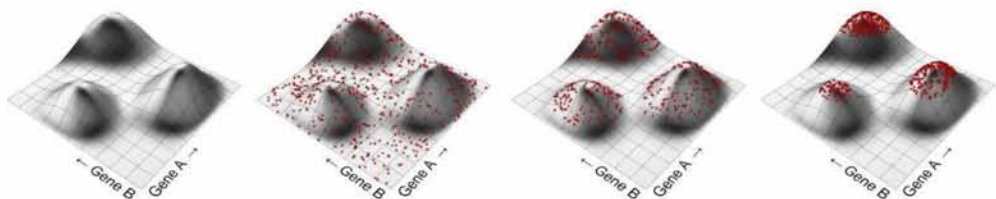
## Το εργαλείο Galaragos

Μια πληθώρα εργαλείων υπολογιστικών και σχεδιαστικών έχουν αναπτυχθεί γύρω από αυτή την προβληματική και αναπτύσσονται διαρκώς. Η μηχανή του υπολογιστή μας δίνει την δυνατότητα να επεξεργαζόμαστε σε μεγαλύτερο βάθος την προτεινόμενη λύση και να διορθώνουμε εξ αρχής τα τρωτά της σημεία, να τα τροποποιούμε και να επαναπροσδιορίζουμε την τελική μας λύση. Μια διαδικασία είναι λοιπόν να μοντελοποιήσουμε το κτίριο στον υπολογιστή και με πολλές δοκιμές και τροποποιήσεις να φτάσουμε στο προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Το πρόβλημα γίνεται περισσότερο πολύπλοκο όταν έχουμε πολύπλοκες γεωμετρικές (καμπύλες επιφάνειες) και σύνθετες μεταβλητές που μπορεί να είναι και ανταγωνιστικές μεταξύ τους.

Το εργαλείο Galaragos βρίσκεται στο μενού του grasshopper και είναι αναπόσπαστο μέρος του. Ωστόσο το ξεχωρίζουμε στην έρευνα καθώς μας δίνει μια εντελώς διαφορετική προοπτική με την οποία θα μπορούσαμε να εξετάσουμε το θέμα.

Το εργαλείο Galaragos είναι ένας εξελικτικός επιλυτής αυτών των σύνθετων προβλημάτων. Ενυπάρχει σε αυτό το εργαλείο η δυνατότητα να στηθεί το σύνθετο πρόβλημα ως μια εξίσωση με πολλές μεταβλητές και να βρεθεί μια λύση που να καλύπτει τις εκάστοτε ανάγκες του κάθε σχεδιαστή. Η καταλληλότητα (fitness) είναι μια σχετική έννοια λοιπόν και καθορίζεται κάθε φορά από τον ιδιαίτερο τρόπο που εισάγονται οι μεταβλητές (genes) και οργανώνεται η πορεία προς την λύση του προβλήματος.

Η γλώσσα του Galaragos έχει δανειστεί την ορολογία της από την Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης των ειδών. Είναι ένα εργαλείο που με ένα απλό τρόπο μπορεί να μεταβάλει μόνο του τους number sliders του grasshopper και με μια υπολογιστική διαδικασία να επιλέγει τελικά τις καταλληλότερες λύσεις που ταιριάζουν στο προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Εξαρτάται φυσικά από τον τρόπο που στήνεται το definition αν η λύση θα είναι μία και μοναδική ή θα μιλάμε για ζεύγος λύσεων ή και περισσότερες.



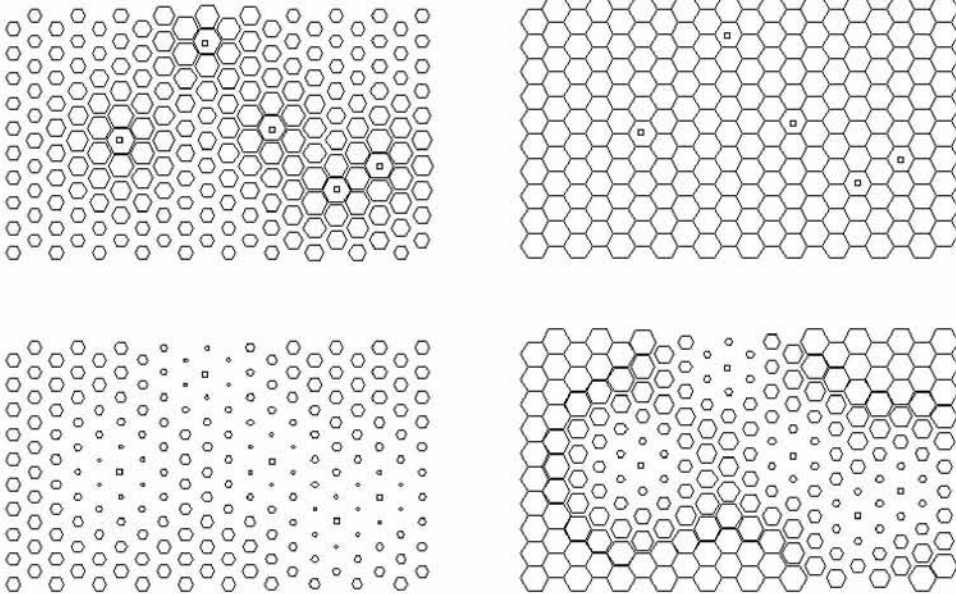
Εικόνα 5 διάγραμμα επίλυσης<sup>11</sup>

<sup>11</sup> David Rutten, "Evolutionary Principles applied to Problem Solving", URL: <http://ieatbugsforbreakfast.wordpress.com/17-1-2012>

## Attractors - ελκυστές

Σε αυτή την ενότητα γίνεται μια μικρή αναφορά στην γεωμετρία των (ελκυστών) attractors ώστε να γίνει ευκολότερα κατανοητός ο τρόπος που οργανώθηκε το θέμα. Θα αναφερθεί εκτενέστερα παρακάτω το πώς επηρεάστηκε ο τρόπος σχεδιασμού του συστήματος σκίασης από την ιδέα του ανομοιογενούς ως προς ένα ελκυστή χώρο, και πως οι διαφορετικές πυκνότητες του χώρου αξιοποιήθηκαν στο θέμα.

Με τον όρο ελκυστής-attractor περιγράφεται από την φυσική μια συνθήκη η οποία επηρεάζει το πώς εξελίσσεται ένα δυναμικό σύστημα. Γεωμετρικά ένας ελκυστής μπορεί να εκφραστεί ως ένα σημείο, μία καμπύλη, ένα επίπεδο ή οποιοδήποτε στερεό.<sup>12</sup>



Εικόνα 6 σημειακοί ελκυστές<sup>13</sup>

Ένα από τα επιτεύγματα της θεωρίας του χάους ήταν η περιγραφή των ελκυστών των χαοτικών δυναμικών συστημάτων. Ένα δυναμικό σύστημα περιγράφεται από μία ή περισσότερες διαφορικές εξισώσεις.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> "Wikipedia" URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/attractor/> (τελ. επίσκεψη 6/2/2012)

<sup>13</sup> "kokkugia" URL: <http://kokkugia.com/> τελ.επίσκεψη 17/01/2012

<sup>14</sup> "Wikipedia" URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/attractor/> (τελ. επίσκεψη 6/2/2012)

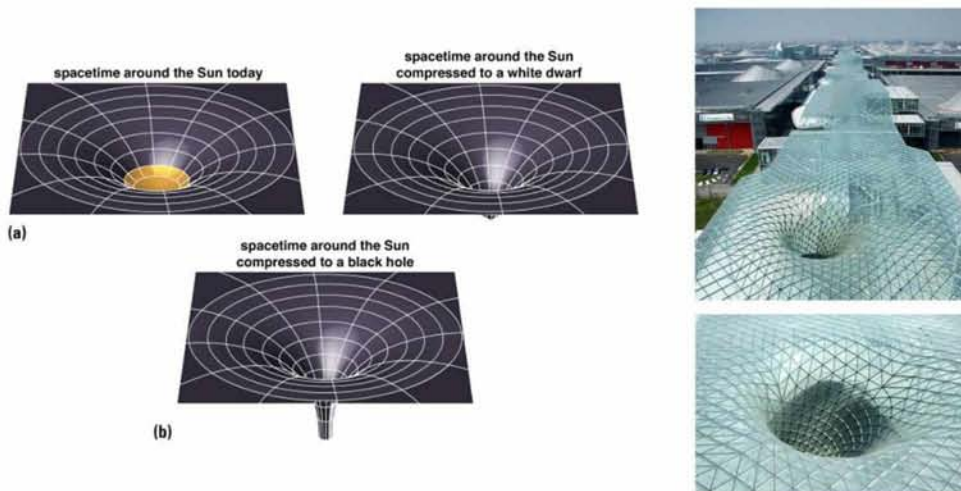


Στο παραπάνω παράδειγμα φαίνεται διαγραμματικά η χρήση ελκυστών σε μια κυψελοειδή επιφάνεια εξαγώνων. (βλ.εικόνα6)

Φαίνεται πως ο στατικός χώρος πάνω δεξιά μεταβάλλεται σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Τα σημεία λειτουργούν ως ελκυστές και με διαφοροποίηση του ελκυσμού (attraction) διαμορφώνουν τον χώρο του κάθε επιπέδου σε ένα δυναμικό χώρο. Τα συστήματα που παρουσιάζουν μαθηματικό χάος είναι ντετερμινιστικά και επομένως εύτακτα υπό μια έννοια. Έτσι η απόσταση από το σημείο του ελκυστή επηρεάζει ομοιόμορφα τον χώρο που τον πλαισιώνει.

Η τεχνική χρήση του όρου "χάος" διαφωνεί με την καθομιλουμένη, στην οποία το χάος υποδηλώνει την παντελή έλλειψη τάξης.<sup>15</sup> Το ερώτημα είναι αν θα μπορούσε η αρχιτεκτονική να χρησιμοποιήσει την σοφία της σύγχρονης φυσικής και να εργαλειοποιήσει την γλώσσα της. Να μετατρέψει την γλώσσα της και να την αξιοποιήσει ως ένα καινούργιο εργαλείο σχεδιασμού.

Η παράθεση ενός διαγράμματος φυσικής και μιας κατασκευής του Fuskas μας δείχνει ένα από τους τρόπους που οι δυο διακριτές επιστήμες συνδιαλέγονται. (βλ.εικόνα7)



Εικόνα 7 παράθεση διαγράμματος φυσικής και κατασκευής του Fuskas<sup>16</sup>

<sup>15</sup> "Wikipedia" URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/attractor/> (τελ. επίσκεψη 6/2/2012)

<sup>16</sup> Η πρώτη εικόνα είναι από το blog *Cosmic Perspective* Chapters S3 & 17 lecture15 URL:<http://cse.ssl.berkeley.edu/bmendez/ay10/2002/notes/lec15.html> τελ. επισκ. 1/2/2012 Και η δεύτερη από την σελίδα του περιοδικού *Design & dautore* στο facebook, URL: <http://www.facebook.com/designdautore/> / τελ. επισκ. 1/2/2012



## Προσέγγιση του θέματος- κτίριο γραφείων

Το κτίριο γραφείων σχεδιάστηκε στην περιοχή του κέντρου της πόλης του Βόλου, στην αρχή της οδού Ιάσονος, στην θέση που βρίσκεται σήμερα το κτίριο της euro bank.(βλ. εικόνα8) Περιβάλλεται από ψηλά κτίρια γραφείων ύψους περίπου 18 - 21 μ από τις τρεις πλευρές ενώ από την όψη που βρίσκεται προς το δημαρχείο χαρίζεται στο οικόπεδο μια εξαιρετική θέα προς το πάρκο και το λιμάνι του Βόλου. Το συγκεκριμένο οικόπεδο βρίσκεται στην άκρη του πυκνού πολεοδομικού ιστού του κέντρου της πόλης. Είναι η αρχή της εισόδου στην οδό Ιάσονος και το τέλος της λεωφόρου Λαμπράκη. Είναι οικόπεδο συνεχούς οικοδομικού τετραγώνου και συνορεύει με πεζόδρομο πλάτους 2 μέτρων στην ανατολική πλευρά του ενώ στην νότια πλευρά έχει μέτωπο 17 μ στην οδό Ιάσονος.

Συντεταγμένες lat: 38.9° lng:22.8°, time zone (+2.0hrs)



Εικόνα 8 - χάρτης της περιοχής

Το κτίριο γραφείων στο κέντρο του Βόλου είναι ένα πενταόροφο κτίριο με προσανατολισμό στον άξονα βορρά νότου και εκτεθειμένες την ανατολική, νότια και δυτική πλευρά. Η βόρεια πλευρά προστατεύεται από άλλο πολυώροφο κτίριο ενώ το καλύτερο κομμάτι της θέας βρίσκεται στην νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου, θέα προς το λιμάνι του Βόλου. Στην ανατολική του πλευρά βρίσκεται πεζόδρομος πλάτους 2μ.

Συνθετικές αποφάσεις προκαθορίζουν τα γεωμετρικά μεγέθη του κτιρίου. Το κτίριο επιλέγεται να γίνει ψηλό όσο και τα γειτονικά του κτίρια ώστε να αξιοποιηθεί όσο το δυνατό ο χώρος και να απαντηθεί το σύγχρονο αίτημα για ψηλά κτίρια και πυκνή δόμηση. Παρόλα αυτά δημιουργείται στο κτίριο αίθριο στην ανατολική πλευρά του το οποίο αξιοποιείται από τον μικρό πεζόδρομο. Το αίθριο παρεμβαίνει ανάμεσα και διαχωρίζει τον βασικό χώρο της λειτουργίας των γραφείων από τους χώρους συνάθροισης των εργαζομένων και τους βοηθητικούς χώρους. Η κίνηση γίνεται γύρω από το αίθριο το οποίο χαρίζει μια διπλή όψη στο κτίριο ώστε να αποφευχθούν οι σκοτεινοί του χώροι και λειτουργεί και ως αυλή, καπνιστήριο, μπαλκόνι για τους εργαζομένους. Ο διαχωρισμός του χώρου γραφείων και του χώρου συνάθροισης των εργαζομένων γίνεται προσεγγίζοντας το χωρικό μοντέλο που έχει υποδείξει ο Ζενέτος για χώρους έρευνας και επιστημονικής εργασίας.<sup>17</sup> Οι εργαζόμενοι πλησίον των παραθύρων κοιτώντας την πόλη παίρνουν την γνώση από την πόλη και στο κέντρο γίνεται η συνάθροιση, ο διάλογος και το μοίρασμα της γνώσης στην υπόλοιπη κοινότητα. Έπειτα γίνεται η σύνδεση του κέντρου αυτού με τα υπόλοιπα κέντρα με την βοήθεια των σύγχρονων μέσων επικοινωνίας και του διαδικτύου. “Υπάρχει έτσι ατομικότητα και συλλογικότητα ταυτόχρονα.”<sup>18</sup>

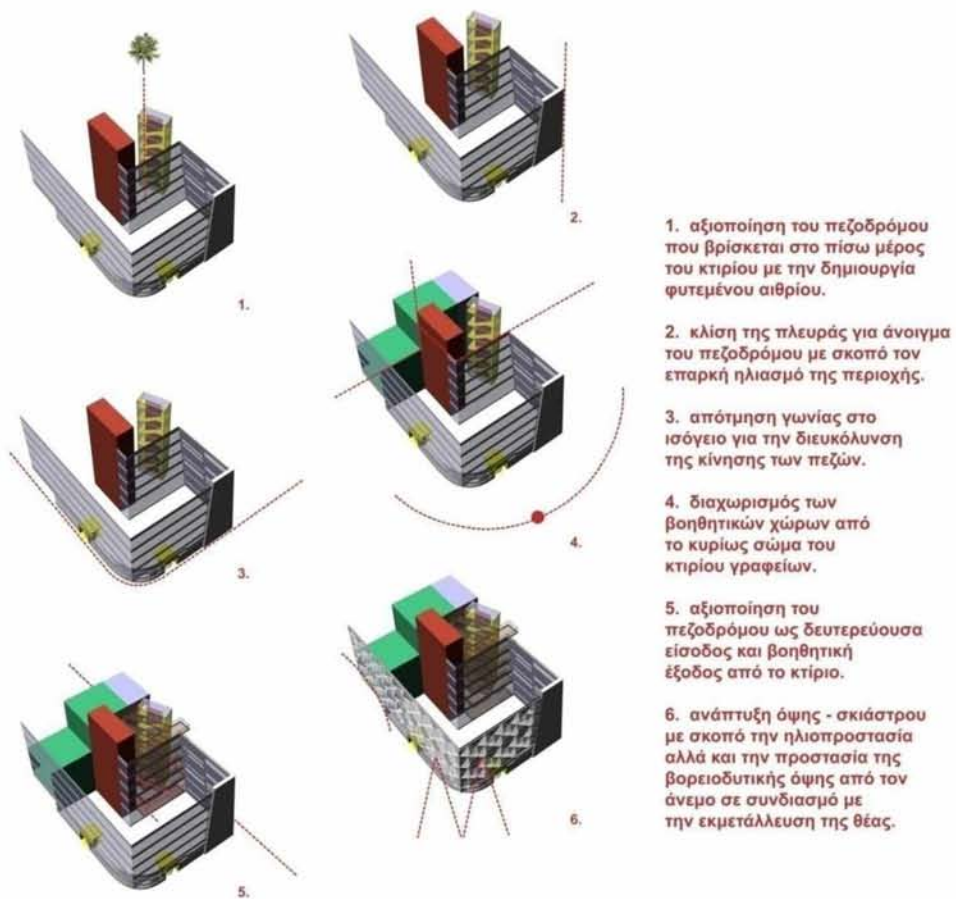
Επιπλέον συνθετικές αποφάσεις που προσδίδουν ποιοτικά χαρακτηριστικά στο κτίριο είναι να διευκολυνθεί η ροηκότητα της κίνησης των πεζών γύρω από το κτίριο και να σημειωθεί η είσοδος στο κέντρο του Βόλου για τα διερχόμενα οχήματα. Αυτό επιτυγχάνεται με την απότμηση της γωνίας του ισογείου. Η κυκλοφορία των οχημάτων διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο και στην αρχική οργάνωση του χώρου στάθμευσης. Θα μπορούσαμε να πούμε πως ήταν καθοριστικής σημασίας η αρχική πρόβλεψη χώρων στάθμευσης οι οποίοι αξιοποιούν πλήρως το υπόγειο τμήμα του οικοπέδου και έτσι εξαντλούν την χρήση του υπογείου σε χώρους στάθμευσης και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Η πλήρης εκμετάλλευση του υπογείου χώρου εξοικονομεί χώρο καθώς προβλέπεται εξ αρχής μια οικονομία στον σχεδιασμό και δεν δημιουργείται η ανάγκη για περισσότερες στάθμες στον υπόγειο χώρο.

---

<sup>17</sup> Ελένη Καλαφάτη, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, “Τάκης Χ. Ζενέτος Ψηφιακά Οράματα και Αρχιτεκτονική”, εκδ. libro,2006, σελ.109

<sup>18</sup> ο.π

## βιοκλιματικός σχεδιασμός χώρου γραφείων



Η οικονομία αυτή στον σχεδιασμό είναι ίσως δευτερεύον στοιχείο αλλά αποσκοπεί στην πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του οικοπέδου και αποσκοπεί στην εξοικονόμηση υλικού (πρώτης ύλης) και ενέργειας.

Επίσης συνθετική απόφαση αποτέλεσε η αξιοποίηση της θέας, το άνοιγμα στην θέα του γραφειακού χώρου όπως προαναφέρθηκε, στην επιβαρυμένη από τον ήλιο νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου και η βιοκλιματική συμπεριφορά του. Παράγοντες ανταγωνιστικοί μεταξύ τους. Όσο ανοίγεται το κτίριο στην νοτιοδυτική πλευρά του και επομένως στην θέα τόσο επιβαρύνεται ενεργειακά. Σε αυτή την κατεύθυνση έχει αξία να μελετηθεί το πόσο άραγε θα ήταν ωφέλιμο για το κτίριο να ανοιχθεί στην θέα χωρίς να ζημιώνεται ενεργειακά. Εκεί εστιάζεται και η έρευνα της διπλωματικής εργασίας.



## Ανάπτυξη της λογικής αντιμετώπισης του προβλήματος

Η αλγεβρική συσχέτιση στοιχείων επικεντρώθηκε μόνο στον σχεδιασμό κομματιού της όψης – σκιάστρου του κτιρίου, καθώς υπάρχουν συνθετικές αποφάσεις, που εξ αρχής επηρεάζουν την αρχιτεκτονική πρόταση. Η βασική γεωμετρία του κτιρίου θα λέγαμε ότι παραμένει “λεία”<sup>19</sup> και ο όγκος του κτιρίου είναι προκαθορισμένος από το οικόπεδο. Τον όρο “λείες” γεωμετρίες χρησιμοποιεί ο καθ. Δ. Παπαλεξόπουλος για να περιγράψει τις μορφές που είναι περιγράψιμες από την απλή ευκλείδεια γεωμετρία σε αντιδιαστολή με πιο σύνθετες μορφές που η απλή ευκλείδεια γεωμετρία δεν επαρκεί για να τις περιγράψει και χρειάζεται η αλγεβρική αναγωγή της.

Στο συγκεκριμένο θέμα ο παραμετρικός σχεδιασμός χρησιμοποιήθηκε τοπικά στην σχεδίαση του σκιάστρου της όψης του κτιρίου γραφείων. Όψη που αποτελεί όριο του κτιρίου και σκίαστρο συγχρόνως. Η σύγχρονη τεχνολογία δεν επηρεάζει ολοκληρωτικά τον σχεδιασμό του κτιρίου καθώς σημασία δίδεται στις συνθετικές προτεραιότητες του κτιρίου.

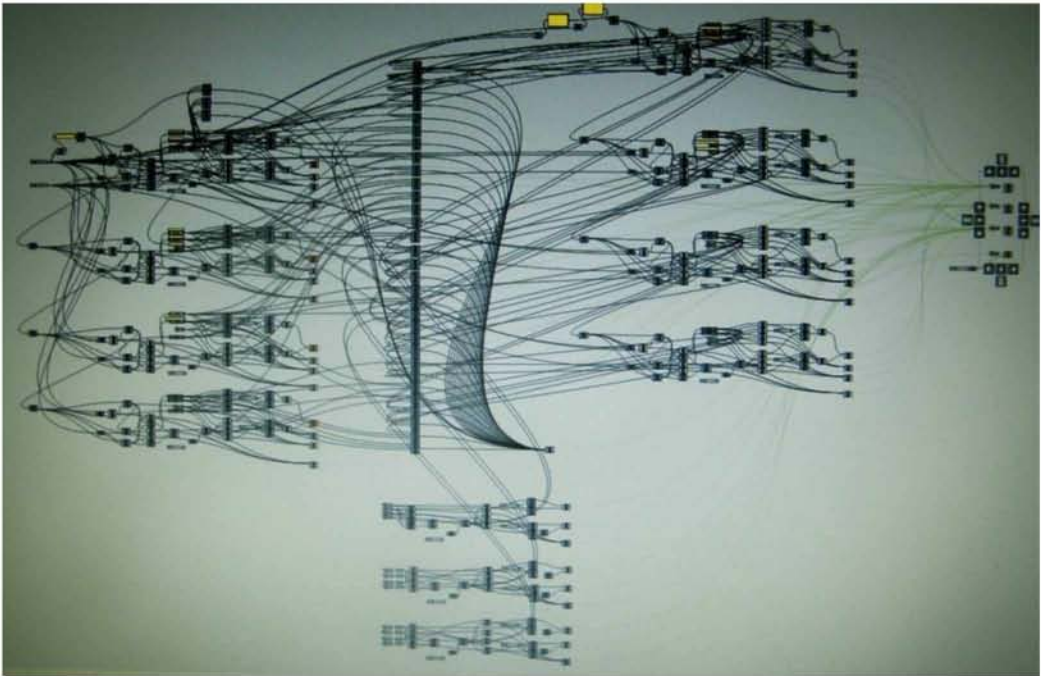
Έτσι λοιπόν δημιουργείται ένα κέλυφος ξεχωριστό στην όψη του κτιρίου το οποίο θα είναι ικανό να προστατέψει το κτίριο από την έκθεση του ήλιου και να το προσαρμόσει στις αρχικές απαιτήσεις του σχεδιασμού και την απαίτηση για θέα.

Η λογική αντιμετώπιση του προβλήματος ξεκίνησε από την δημιουργία ενός κανάβου. Ενός ορθογώνιου κανάβου προέκταση της κάτοψης του κτιρίου που μετασχηματίζεται σε ένα σύμπλεγμα ρόμβων. Η ρομβοειδής διάσπαση του κανάβου είναι μια αισθητική επιλογή ενός μοτίβου (pattern) που εξυπηρετεί ταυτόχρονα τις αρχές οργάνωσης της σύνθεσης. Το μοτίβο αυτό δημιουργήθηκε με σκοπό την απρόσκοπτη όσο τον δυνατόν πρόσβαση στην θέα του λιμανιού, και τον μετριασμό της έκθεσης στον βορειοδυτικό άνεμο και νοτιοανατολικό ήλιο. Η δημιουργία ενός μοτίβου από ρόμβους οι οποίοι αποτελούνται κατά το ήμισυ από ένα κλειστό τμήμα και ένα τμήμα από περσίδες. Το κλειστό τμήμα αποτελείται από μια ημιδιαφανή επιφάνεια ικανή να μην αποκλείσει εντελώς την θέα και να δημιουργήσει ένα απότομο κοντράστ στην όψη του κτιρίου κυρίως από την εσωτερική πλευρά.

Με αυτό τον τρόπο η νοτιοδυτική πλευρά προστατεύεται με κάθετες περσίδες που είναι οι πλέον αποδοτικές στο δεδομένο προσανατολισμό και θα δούμε παρακάτω πως γίνεται μια προσπάθεια βελτιστοποίησης του συγκεκριμένου σχεδιαστικού προβλήματος με σκοπό την αποτελεσματικότερη συμπεριφορά του.

<sup>19</sup> Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, Συλ. έκδοση, “Η αναπαράσταση ως όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης”, επιμ. Βάσω Τροβά, Κώστας Μανωλίδης, Γιώργος Παπακωνσταντίνου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Τμήμα Αρχιτεκτόνων, futura, 2006,σελ. 100





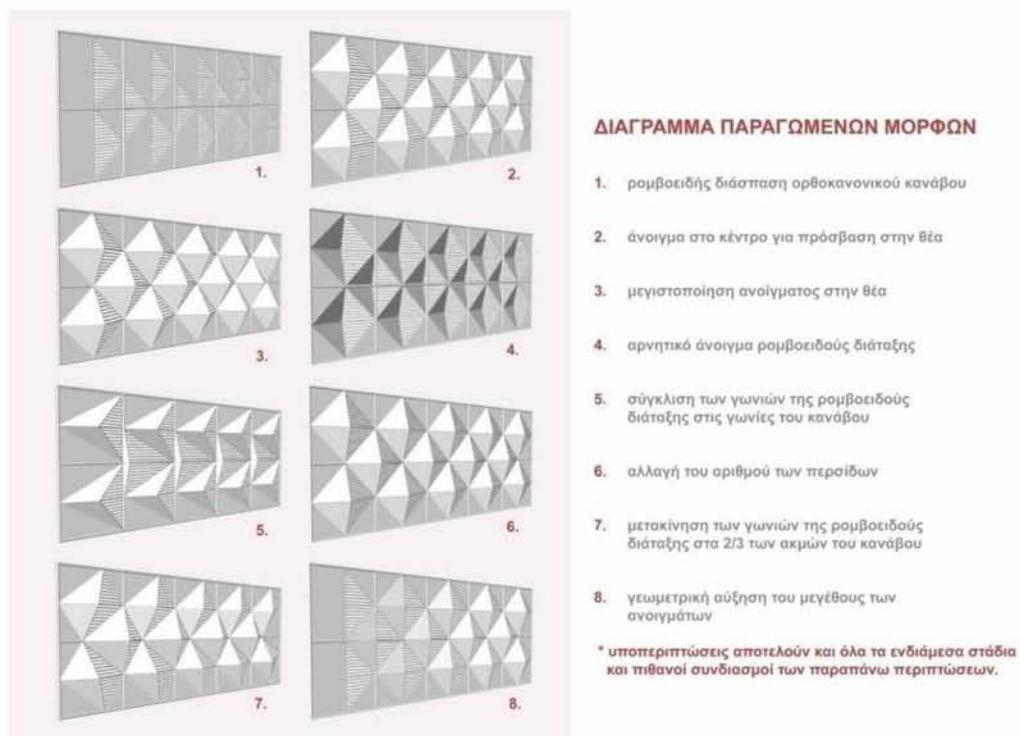
Εικόνα 9 – ο σχεδιασμός του σκιάστρου στο Grasshopper - definition

Με το εργαλείο grasshopper δημιουργήθηκε λοιπόν μια μήτρα παραγωγής μορφών, ένα definition και κατά συνέπεια μια ποικιλία όψεων που αποτελούν ενδεχόμενες λύσεις για το συγκεκριμένο σκιάστρο-όψη. Συντάσσεται ο κώδικας που θα προσφέρει την ποικιλία όψεων οι οποίες θα μπορούσαμε να τις κατατάξουμε σε υποκατηγορίες σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα. (βλ.εικόνα10)

Από το definition που δημιουργήθηκε στο grasshopper παράγονται πολλές παραλλαγές της συγκεκριμένης όψης-σκιάστρου. Η μετακίνηση των “number sliders” είναι ικανή να δημιουργήσει μια ποικιλία μορφών και παραλλαγών του ίδιου του αντικειμένου. Αντικείμενα της ίδιας γεννήτριας μήτρας. Τα κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού των διάφορων λύσεων είναι μια διαλεκτική στην οποία εν δυνάμει θα μπορούσαν να συμμετέχουν οι πιθανοί χρήστες και οι υπόλοιποι μηχανικοί (στατική μελέτη- βιοκλιματική συμπεριφορά) που χρειάζονται για την εκπλήρωση μιας μελέτης αλλά και η ίδια η οικονομία του έργου που θα αναλυθεί παρακάτω.

Ο σχεδιασμός του σκιάστρου-όψης δεν είναι λοιπόν ο τελικός σχεδιασμός ενός αντικειμένου αλλά ο καθορισμός των παραμέτρων από το οποίο προέρχεται ένα τελικό αντικείμενο. Ο καθορισμός των παραμέτρων και όχι της τελικής μορφής θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι η πεμπτουσία του

παραμετρικού σχεδιασμού, ο οποίος μας δίνει την ευελιξία του διαρκούς επανακαθορισμού του τελικού προϊόντος - αντικειμένου.



Εικόνα 10 – διάγραμμα

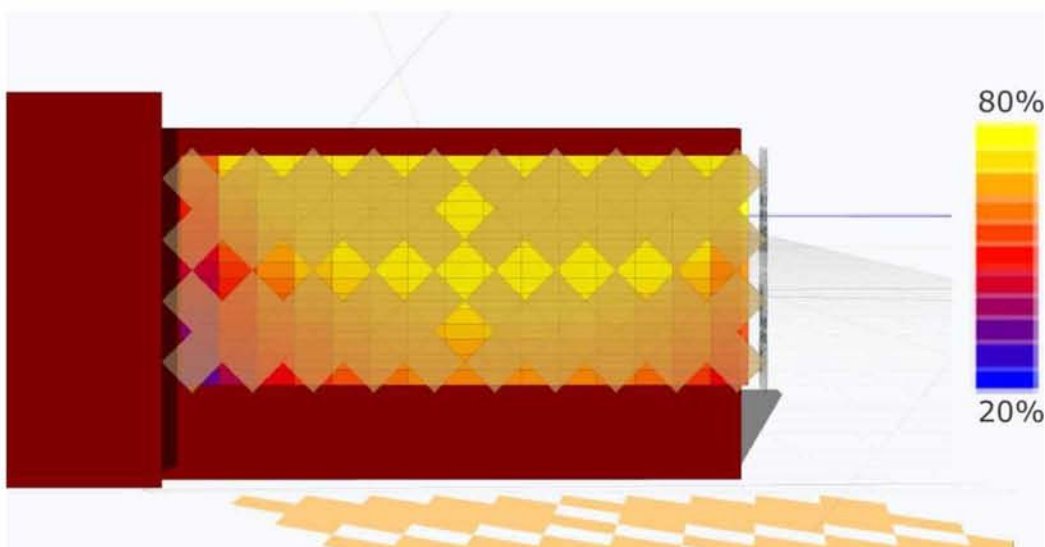
Η έρευνα δεν περιορίζεται στην μορφολογία της όψεως ούτε το μόνο κριτήριο είναι η μεγιστοποίηση της θέας από τον γραφειακό χώρο. Ένας ακόμη συντελεστής που προστίθεται είναι η βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου.

Η επαρκής ηλιοπροστασία του κτιρίου και η κάλυψη των δυνατοτήτων για επαρκή φυσικό φωτισμό είναι μια ακόμη παράμετρος στον σχεδιασμό. Ανταγωνιστικοί παράμετροι οι οποίοι συγκρούονται ως μεγέθη. Είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί λοιπόν εξ αρχής μια λύση. Η χρυσή τομή ανάμεσα στις δύο φαινομενικά αντικρουόμενες παραμέτρους, δηλαδή της αύξησης των ανοιγμάτων για την μεγιστοποίηση της θέας και της μείωσης των ανοιγμάτων για την επαρκή ηλιοπροστασία του κτιρίου θα μπορούσαμε να πούμε ότι θα προκρίνει τον καθορισμό της τελικής λύσης του προκείμενου προβλήματος. Ακολουθεί μία πιο εμπειριστατωμένη έρευνα πάνω στο μοτίβο (pattern) που επιλέχθηκε να εξυπηρετήσει την λειτουργία του κτιρίου καθώς πρέπει να βρεθεί μια λύση πάνω σε ανταγωνιστικές αριθμητικά παραμέτρους.

## βιοκλιματικός έλεγχος

Η τελική μορφή του μεγέθους των ανοιγμάτων θα είναι τόση όση όταν επιτυγχάνονται τα κατάλληλα επίπεδα φωτισμού στο κτίριο και η ελάχιστη κατανάλωση σε φορτία θέρμανσης και ψύξης καθώς και να επιτευχθεί και η προσδοκώμενη εξ αρχής πρόσβαση στην θέα. Δεν πρόκειται φυσικά για μια ντετερμινιστική (εύτακτη) αντιμετώπιση του προβλήματος. Πρόκειται για μία λύση με μία προσεγγιστική ακρίβεια. Ωστόσο θα μπορούσε να δουλέψει υπό περιπτώσεις. Η αναζήτηση μιας λύσης περισσότερο εμπειριστατωμένης θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

Η βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου μπορεί να βελτιωθεί με ποικίλους τρόπους και δεν εξαρτάται μόνο από την γεωμετρία των πετασμάτων της όψης.

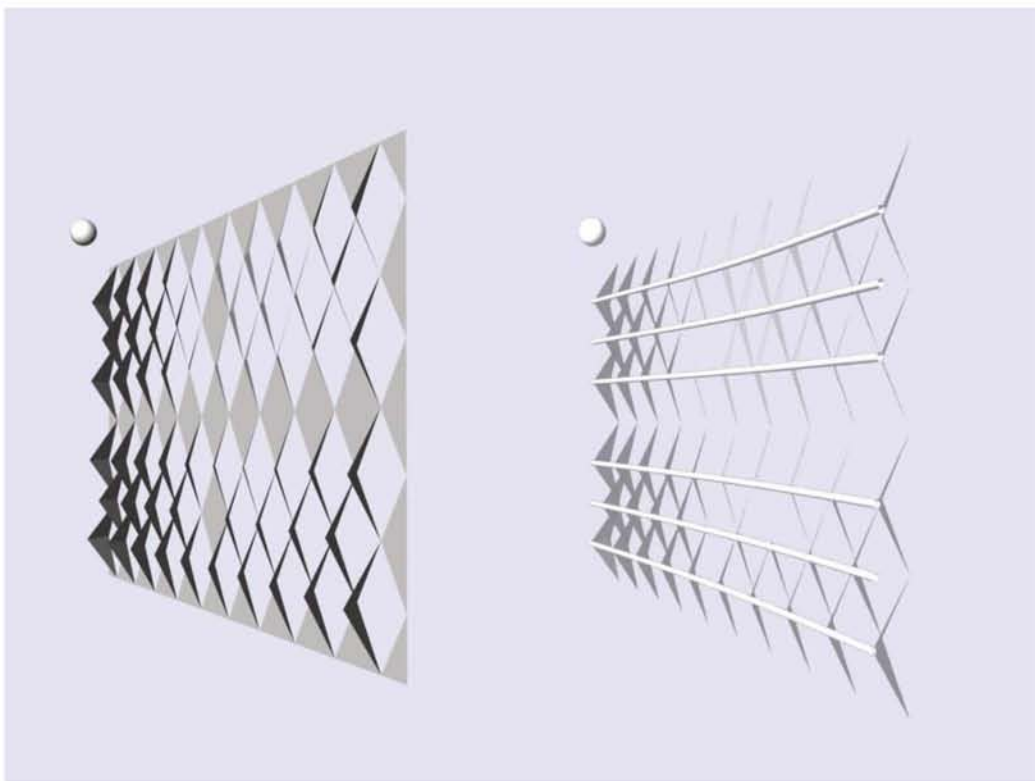


Εικόνα 11 διάγραμμα θερμικών φορτίων στην ΒΔ όψη-ecotect

Όπως παραδείγματος χάριν βελτιώνοντας τα υαλοστάσια του κτιρίου, τις επιφάνειες ανάκλασης στο εσωτερικό του, ελέγχοντας τον τεχνητό φωτισμό κτλ. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας εξετάστηκε μόνο η περίπτωση κατά την οποία η βελτίωση της γεωμετρίας του σκιάστρου θα μας έδινε μια πιο επιθυμητή λύση, καθώς στον σχεδιασμό όπως προαναφέρθηκε προηγούνται ή συλλειτουργούν και κάποια αισθητικά κριτήρια. Όσο για τα υπόλοιπα δόθηκαν για τον υπολογισμό κάποιες τυπικές τιμές.



Στα διαγράμματα των θερμικών φορτίων, δηλαδή της ετήσιας συνολικά ενέργειας κατά μέσον όρο που πέφτει στο κτίριο γραφείων, μαζί με τον σκiasμό από τα γειτονικά κτίρια βλέπει κανείς που περίπου το κτίριο θερμαίνεται σε ετήσια βάση περισσότερο (βλ.εικόνα 11). Το κτίριο συμβολίζεται στο διάγραμμα με ένα ιδεατό στερεό μην συμπεριλαμβανομένης της σκίας από το σύστημα ηλιοπροστασίας. Έτσι λοιπόν προσεγγιστικά θα μπορούσαμε μέσα από την διαγραμματική ανάλυση να εξετάσουμε ένα σύστημα σκίας που να πυκνώνει την σκίαση του στις πιο επιβαρυνμένες περιοχές και να αραιώνει την σκίαση του σταδιακά προς τις λιγότερο θερμικά επιβαρυνμένες περιοχές.

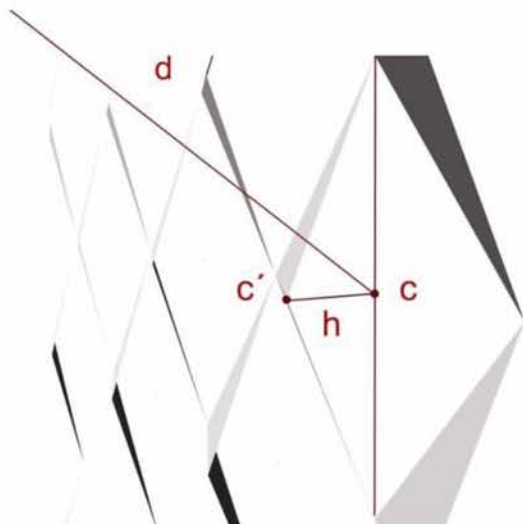


Εικόνα 12 attractor

Σε αυτή την περίπτωση γίνεται το άλμα στην γεωμετρία των ελκυστών που προαναφέραμε. Έτσι λοιπόν με την χρήση attractors μπορούμε να πυκνώσουμε την σκίαση σε ένα σημείο και να βελτιώσουμε την βιοκλιματική συμπεριφορά του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο η γεωμετρία του συστήματος σκίας θα μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Υπάρχει η ευελιξία αν αυτό κρίνεται σκόπιμο πολύ γρήγορα η γεωμετρία να επαναπροσδιοριστεί καλύπτοντας όπως



επισημάνθηκε ένα μεγάλο εύρος τιμών. Στην εικόνα 13 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο καθορίστηκαν οι δυο ελκυστές, ένας για κάθε κομμάτι όψης.



Εικόνα 13 τρόπος καθορισμού των ελκυστών

$$h=d/x$$

h: απόσταση  $c'-c$

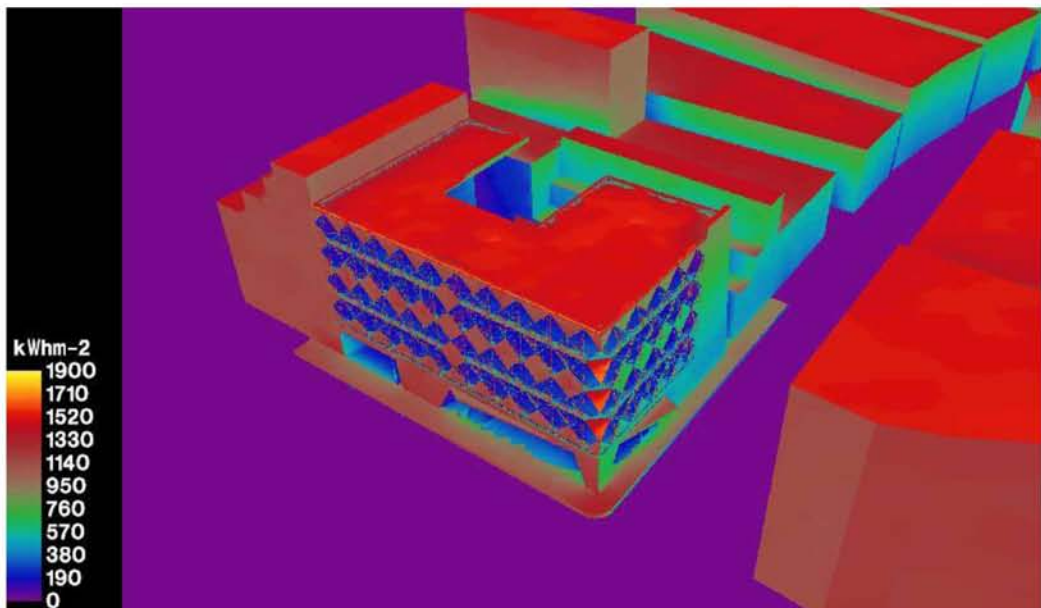
d: απόσταση ελκυστή από σημείο c

x: number slider (μεταβλητή)

το x είναι μια μεταβλητή που προσδιορίζει τον βαθμό επιρροής (attraction) του σημείου έλξης (attractor).

Οι ελκυστές μας δίνουν ακριβώς την δυνατότητα να πυκνώσουμε ένα σημείο της όψης και να μην μετακινείται όλη η όψη ομοιόμορφα. Όπως δεν κινείται ομοιόμορφα η ενέργεια πάνω στο κτίριο με την ίδια λογική το κτίριο πρέπει να προσαρμόσει την γεωμετρία του και να προσαρμοστεί στο δεδομένο περιβάλλον. Αυτή είναι η ουσία της οικολογικής σκέψης για την δημιουργία κτιρίων που ως ζωντανοί οργανισμοί προσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες του τόπου. Τρόπος να ελεγχθεί η ορθότητα της αρχικής υπόθεσης είναι οι αλληπάλληλες δοκιμές διαφορετικών μοντέλων σε εξειδικευμένα προγράμματα βιοκλιματικού σχεδιασμού μέχρι να επιτευχθεί η προσδοκώμενη γεωμετρία ή η ανάπτυξη ενός γενετικού αλγορίθμου που θα μας δώσει τις βελτιστοποιημένες λύσεις.

Συμπερασματικά αναλυτικός βιοκλιματικός έλεγχος μπορεί να γίνει σε πιο εξειδικευμένα προγράμματα και περισσότερο αναλυτικά. Περισσότερο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να εξεταστεί το πώς η ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια ενός κτιρίου θα μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία σχεδιασμού. Ο τρόπος με τον οποίο η ενέργεια του ήλιου φαίνεται να κυλά πάνω στο κτίριο γίνεται στοιχείο της όψης του κτιρίου με την εισαγωγή ελκυστών. Η επιλογή αυτή ανάμεσα στις υπόλοιπες λύσεις του διαγράμματος παραγόμενων μορφών γίνεται με γνώμονα την εξοικονόμηση πρώτης ύλης. Εφόσον τα πάνελ δεν χρειάζεται να καλύψουν τις ίδιες απαιτήσεις σε σκιασμό άρα δεν χρειάζεται να έχουν όλα το ίδιο μήκος. Η οικονομία που γίνεται σε πρώτη ύλη είναι σημαντική και όσο μεγαλύτερο είναι ένα κτίριο τόσο πιο κατανοητό θα μπορούσε να γίνει το παραπάνω επιχείρημα. Η εύρεση της πιο δόκιμης λύσης είναι μια διαδικασία που θα προσεγγίσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 14 Diva – radiation map

## Digital fabrication

Το παραπάνω παράδειγμα θα ήταν πολύ δύσκολο να υλοποιηθεί χωρίς την τεχνολογία CNC (computer numeric control).

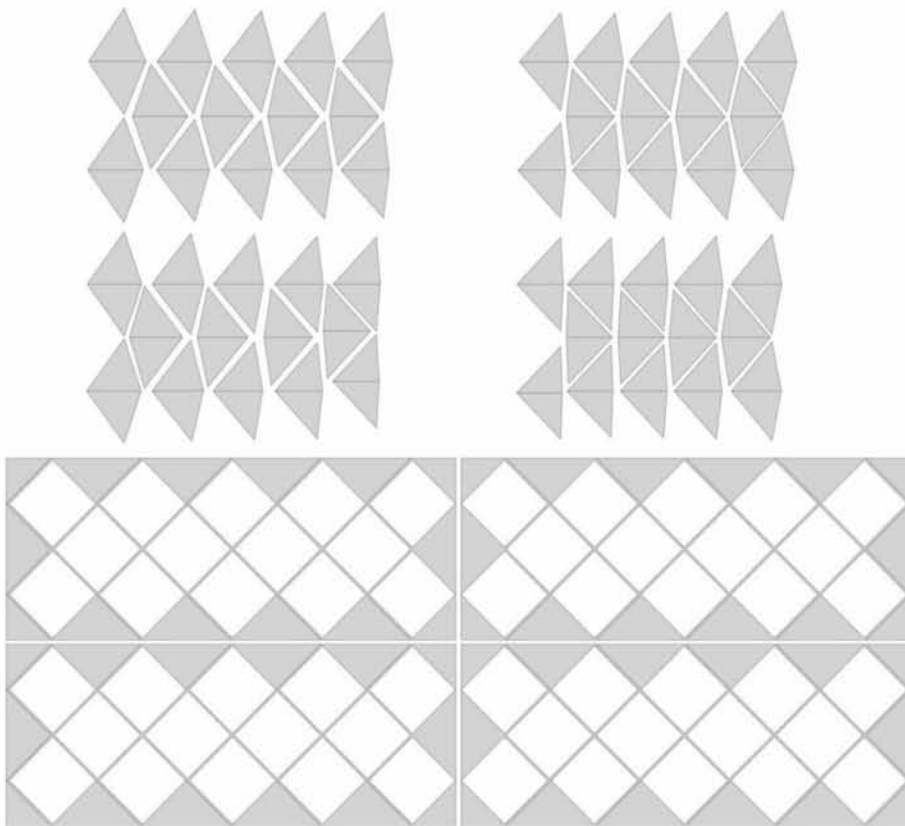
Η εισαγωγή του χαμηλότερου κόστους μηχανές CNC άλλαξε ριζικά τη βιομηχανία. Η καμπύλες είναι τόσο εύκολο να κοπούν σαν ευθείες γραμμές, συγκρότημα τα με 3-D δομές είναι σχετικά εύκολο να παραχθούν. Επίσης μειώθηκε ο αριθμός των βημάτων της κατεργασίας που απαιτείται και ελαχιστοποιείται η ανθρώπινη επέμβαση δραματικά. Με την αύξηση της αυτοματοποίησης και των διαδικασιών παραγωγής και κατεργασίας των μηχανών CNC έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις στη συνεκτικότητα και την ποιότητα των κτιρίων. Η CNC αυτοματοποίηση μείωσε τη συχνότητα των λαθών και την επέμβαση των μαστόρων, των τεχνιτών στην κατασκευή της δομής. Ο αυτοματισμός επίσης των μηχανημάτων αυτών επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στον τρόπο που τα τμήματα αυτά υλοποιούνται και δραστική μείωση του χρόνου που απαιτείται κατά τη διαδικασία παραγωγής.

Η χρήση λοιπόν των σύγχρονων τεχνολογιών στην κατασκευή, τεχνολογίας CNC, μπορεί να καταστήσει υλοποιήσιμα τα παραπάνω παραδείγματα.<sup>20</sup> Η από την αρχή τυποποίηση της όψης σε ένα κομμάτι το οποίο επαναλαμβάνεται δημιουργώντας ένα κানাβο βοηθά στην κατασκευή της. Επίσης η γεωμετρία των τριγώνων βοηθά στην εξοικονόμηση υλικού οργανωμένη σε ένα πολύ καλό "nesting". Nesting ονομάζεται η διαδικασία οργάνωσης της κοπής σε laser-cutter. Έτσι κατά την κοπή του υλικού θα ελαχιστοποιηθεί το υλικό που θα περισσέψει και θα πεταχτεί – ανακυκλωθεί. Το καλό "nesting" είναι υποχρέωση του σχεδιαστή και οφείλει να κάνει κατ οικονομία τον σχεδιασμό. Η λογική του σχεδιασμού οφείλει να είναι έτσι ώστε να μειώνει την ποσότητα της ύλης που μένει αναξιοποίητη και να μειώνει επίσης την καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την διαδικασία της παραγωγής (χρόνος κοπής<sup>21</sup>). Άρα το καλό "nesting" συμπεριλαμβάνεται ως ένα κομμάτι το οποίο δεν μπορεί να μείνει ασχεδιάστο στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

<sup>20</sup> Wikipedia" URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Numeric\\_control/](http://en.wikipedia.org/wiki/Numeric_control/) (τελ. επίσκεψη 6/2/2012)

<sup>21</sup> Ο χρόνος κοπής σε laser-cutter στην αγορά είναι συνυφασμένος και με το κόστος της κοπής. Άρα όσο μικρότερο είναι το εμβαδό των πάνελ τόσο λιγότερος ο χρόνος κοπής. Όσο λιγότερος ο χρόνος κοπής τόσο μικρότερο και το κόστος της σύνολης κατασκευής. Με αυτό τον τρόπο συνδέεται αναλογικά το εμβαδό με το κόστος κατασκευής, επιχείρημα που θα χρησιμοποιηθεί στην πορεία της έρευνας.





**Εικόνα 15 nesting- digital fabrication**

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται διαγραμματικά η βορειοδυτική όψη του κτιρίου. (βλ.εικόνα15)

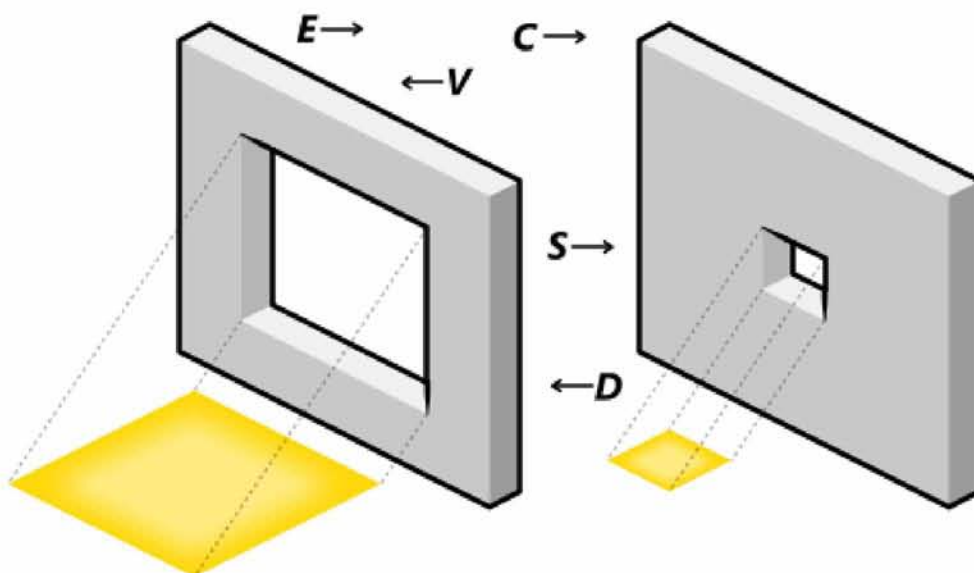
Η τυποποίηση της όψης σε τέσσερα ίδια κομμάτια διευκολύνει την ταχύτητα υλοποίησης του σκιάστρου της όψης με προκατασκευασμένο μεταλλικό σκελετό και η πύκνωση των διαφορετικών τριγωνισμών των πάνελ που θα κοπούν με την τεχνολογία CNC καθώς είναι όλα διαφορετικά μεταξύ τους. Η ομαδοποίηση είναι ενδεικτική και εκτός κλίμακας καθώς θα εξαρτηθεί και από το φύλλο στο οποίο θα κοπεί το κάθε στοιχείο. Πολλές φορές οι σχεδιαστές αλλάζουν τον σχεδιασμό του κτιρίου τους ως την τελευταία στιγμή για να αξιοποιήσουν το υλικό το οποίο διατίθεται εκείνη την στιγμή στην εκάστοτε αγορά που θα προμηθεύσει τον κατασκευαστή του κτιρίου.

Με αυτό τον τρόπο γίνεται μια προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και πρώτης ύλης. Στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να συνηγορηθεί και η οικονομία που γίνεται στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα παραγωγής.



## Ο αλγόριθμος του βιοκλιματικού ελέγχου

Ο David Rutten γράφει στα παραδείγματα *Blog posts on 'I Eat Bugs for Breakfast'* του Galaragos ένα παράδειγμα σύμφωνα με το οποίο θα μπορούσε να στηθεί μια μορφή του εξελικτικού αυτού επιλυτή. Μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να διευκολύνει την πορεία της διπλωματικής εργασίας και να φτάσουμε να προσεγγίσουμε το τελικό αποτέλεσμα με μια μεγαλύτερη ακρίβεια, παρακάμπτοντας το σκόπελο των πολλών αλληπάλληλων δοκιμών. Στο παράδειγμα του λοιπόν του David Rutten διακρίνονται οι μεταβλητές D (daylight), V (view) , S (sunlight), E (solar energy), C (cost)



Εικόνα 16 παράδειγμα με αυξομείωση ανοίγματος<sup>22</sup>

Στήνεται λοιπόν μια λογική ιεράρχηση σύμφωνα με τα κριτήρια ότι:  
 Όσο μεγαλύτερα επίπεδα φυσικού φωτισμού τόσο το καλύτερο.  
 Όσο μεγαλύτερη θέα τόσο το καλύτερο.  
 Όσο μικρότερα επίπεδα άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας τόσο το καλύτερο.  
 Όσο μικρότερα θερμικά φορτία τόσο το καλύτερο.  
 Όσο μικρότερο το κόστος κατασκευής τόσο το καλύτερο.  
 Άρα η εξίσωση είναι της μορφής:  
 $+D(\text{daylight}) + V(\text{view}) - S(\text{sunlight}) - E(\text{solar energy}) - C(\text{cost})$

<sup>22</sup> David Rutten, "Evolutionary Principles applied to Problem Solving", URL: <http://ieatbugsforbreakfast.wordpress.com/> 17-1-2012

Σε αυτά τα λογικά κριτήρια βασίστηκε η έρευνα της διπλωματικής εργασίας προσπαθώντας να τα βελτιώσει, διατηρώντας την ίδια λογική κατεύθυνση, αλλά με διαφορετική μεθοδολογία. Το μόνο κριτήριο που προστέθηκε είναι η ομοιομορφία του παράγοντα φυσικού φωτισμού πράγμα που θα αναλύσουμε παρακάτω.

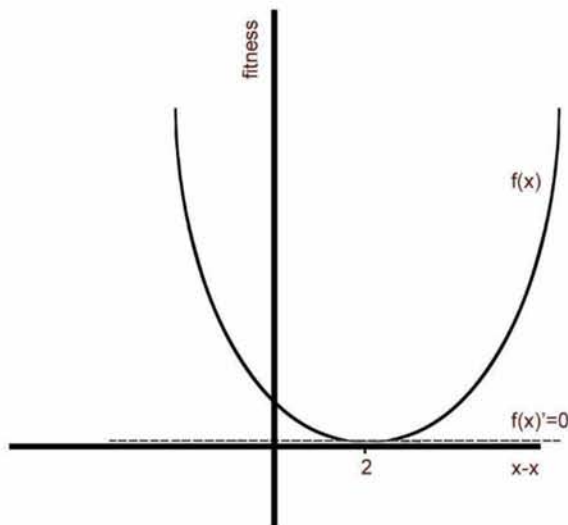
Στήθηκε ένα definition στο grasshopper που με την βοήθεια του Dina έγινε η εξαγωγή αποτελεσμάτων. Στήθηκε μια εξίσωση λοιπόν που βασικά κάνει βελτιστοποίηση του παράγοντα φυσικού φωτισμού.

Η λογική της εξίσωσης είναι ως εξής:

Συνδέουμε τον επιλυτή με τους attractors και παίρνουμε μετρήσεις σε κάθε σημείο που αυτοί κινούνται. Σε κάθε αλλαγή της θέσης των attractors η τιμή του παράγοντα φυσικού φωτισμού διαφοροποιείται. Η μέση τιμή που επιδιώκουμε να προσεγγίσουμε είναι το 2. Επιλέγουμε ένα κানাβο σημείων στο εσωτερικό του κτιρίου (nodes) στο επίπεδο ανάγνωσης +0.85μ από το πάτωμα από τα οποία παίρνουμε με την βοήθεια της μηχανής του radiance μετρήσεις. Το άθροισμα όλων των επιμέρους μετρήσεων διαιρούμενο με το πλήθος των σημείων μας δίνει τον μέσο παράγοντα του φυσικού φωτισμού. Ακολουθεί ο τρόπος καθορισμού της επίλυσης του προβλήματος. (Fitness)

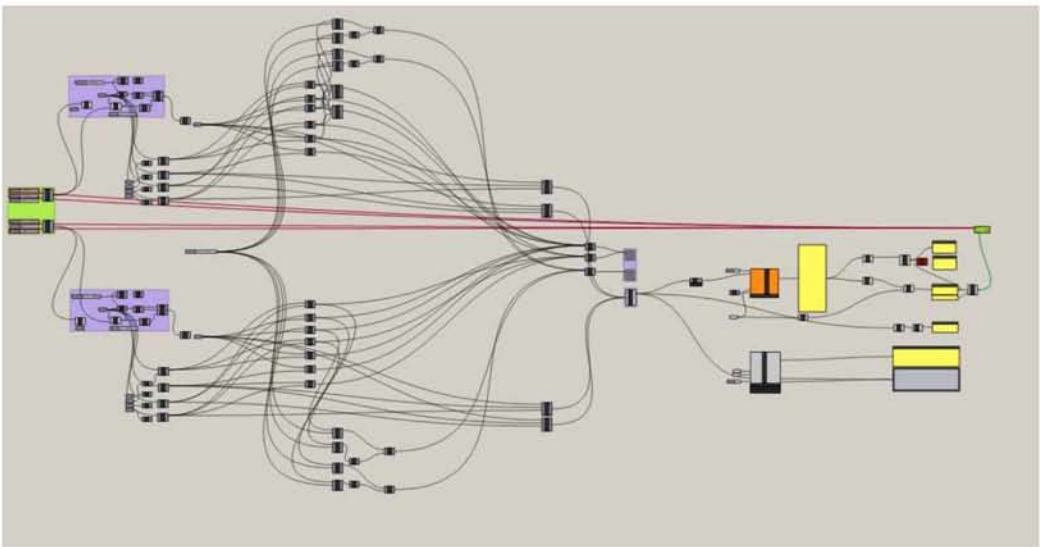
Εδώ σχηματίζεται μια εξίσωση δευτεροβάθμια της μορφής  $f(x)=(x-y)^2$

Όπου  $y=2$  που είναι η επιθυμητή τιμή του μέσου παράγοντα φυσικού φωτισμού. Η γραφική παράσταση της εξίσωσης είναι μια παραβολή από την οποία εξαγάγουμε το συμπέρασμα ότι η τιμή στην οποία μηδενίζεται απόλυτα η συνάρτηση είναι το  $x=2$ . (βλ.εικόνα17)



Εικόνα 17 γραφική παράσταση της συνάρτησης  $(x-y)^2$

Ο επιλυτής θα μας δώσει τις τιμές που βρίσκονται κοντά στον μηδενισμό της συνάρτησης. Φυσικά οι θέσεις των attractors που ικανοποιούν αυτή την συνθήκη υπάρχει πιθανότητα να είναι πάνω από μια. Αναπτύσσοντας μια μεθοδολογία προς αυτή την κατεύθυνση χρειαζόμαστε και άλλα κριτήρια για να επιλέξουμε το καταλληλότερο μέγεθος του σκιάστρου. Ένα ακόμα σημαντικό κριτήριο είναι η ομοιογένεια του μέσου παράγοντα φυσικού φωτισμού. Αυτό μας το δίνει το κλάσμα της χαμηλότερης τιμής προς την μέση. Έτσι λοιπόν έχουμε ακόμα ένα κριτήριο για να αποκλείσουμε πιθανές λύσεις. Ανάμεσα στις εναπομείνουσες λύσεις μπορεί να συνεχιστεί η έρευνα ελέγχοντας τα θερμικά και ψυκτικά φορτία. Επίσης η αύξηση του κόστους είναι εύκολο να μετρηθεί καθώς πρόκειται μόνο για μια απλή εμβαδομέτρηση των πάνελ. Η εξοικονόμηση υλικού με μικρές διαφοροποιήσεις του definition φτάνει κατόπιν μετρήσεων ως και 25%. Όσο μεγαλύτερο είναι το σύνολο του εμβαδού των πάνελ τόσο πιο ενεργοβόρα θα είναι η κατασκευή και τόσο περισσότερο επιβαρύνεται το περιβάλλον.



**Εικόνα 18 grasshopper definition**

Το εύρος της θέας έγινε μετρήσιμο με μια επιφάνεια παράλληλη προς την επιθυμητή θέα πάνω στην οποία έγινε προβολή των ανοιγμάτων. Το κλάσμα της επιφάνειας με τις προβολές των ανοιγμάτων είναι το ποσοστό της ωφέλιμης θέας. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιθυμητή θέα θεωρούμε ότι είναι τόσο το καλύτερο για την ποιότητα του γραφειακού χώρου.

Ξεκινώντας την έρευνα από την διατήρηση του μέσου παράγοντα φυσικού φωτισμού κοντά στο 2 σκοπός είναι να μελετηθεί το σκίαστρο έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του σε

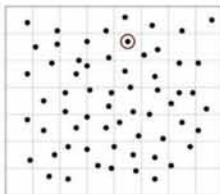


ικανοποιητικό επίπεδο και να μειωθεί η σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα φωτισμού.

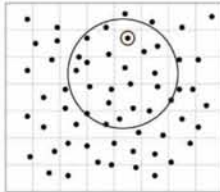
Προχωρώντας με μια ιεράρχηση των αναγκών από την πρωτεύουσα σε πιο δευτερεύουσες μπορούμε να καταλήξουμε σταδιακά στην μια και μοναδική λύση απομακρύνοντας τις άλλες.

Η λογική ιεράρχηση των αναγκών στήνεται λοιπόν ως εξής:

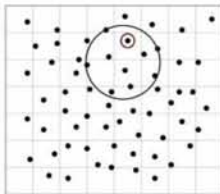
Εξελικτικός τρόπος επιλογής των επιθυμητών λύσεων μέσα από τον πληθυσμό των πιθανών λύσεων.



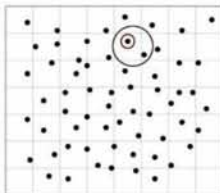
πληθυσμός επιλεγμένων λύσεων που τείνουν να έχουν μέσο παράγοντα φυσικού φωτισμού κοντά στην τιμή 2.



πληθυσμός επιλεγμένων λύσεων που τείνουν να έχουν ομοιογενή παράγοντα φυσικού φωτισμού κοντά στην τιμή 1/3.



πληθυσμός επιλεγμένων λύσεων που τείνουν να έχουν χαμηλά επίπεδα θερμικών και ψυκτικών φορτίων.



πληθυσμός επιλεγμένων λύσεων που τείνουν να έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής (σε χρήση πρώτης ύλης) και μεγιστοποίηση της θέας.

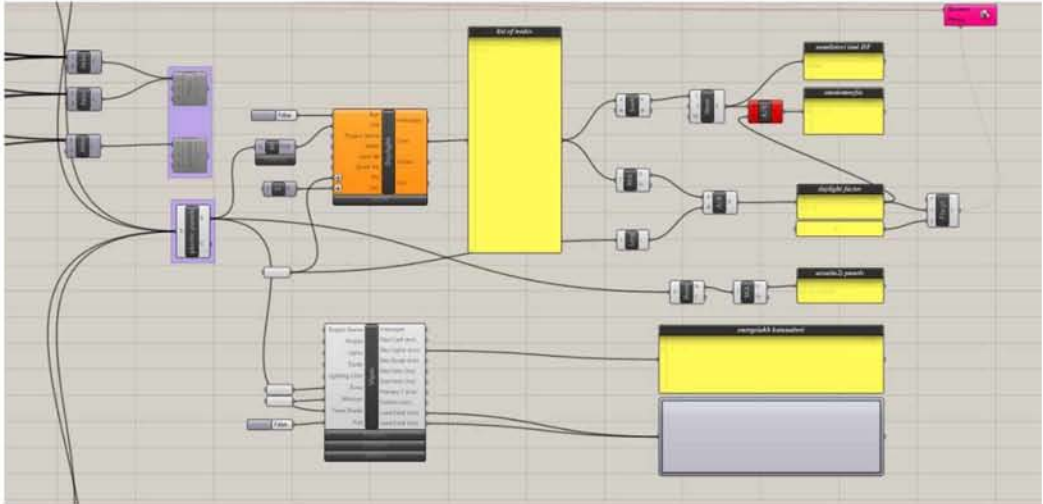
### Εικόνα 19 ιεράρχηση προτεραιοτήτων-τρόπος επιλογής

Σημαντικό είναι πως γίνονται μετρήσιμα από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού και φυσικά ότι όλα μπορούν να συνεκτιμηθούν και να επαναπροσδιοριστούν από τον ερευνητή. Η εικόνα του definition περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα όπου τα στοιχεία (components) του

## βιοκλιματικός σχεδιασμός χώρου γραφείων

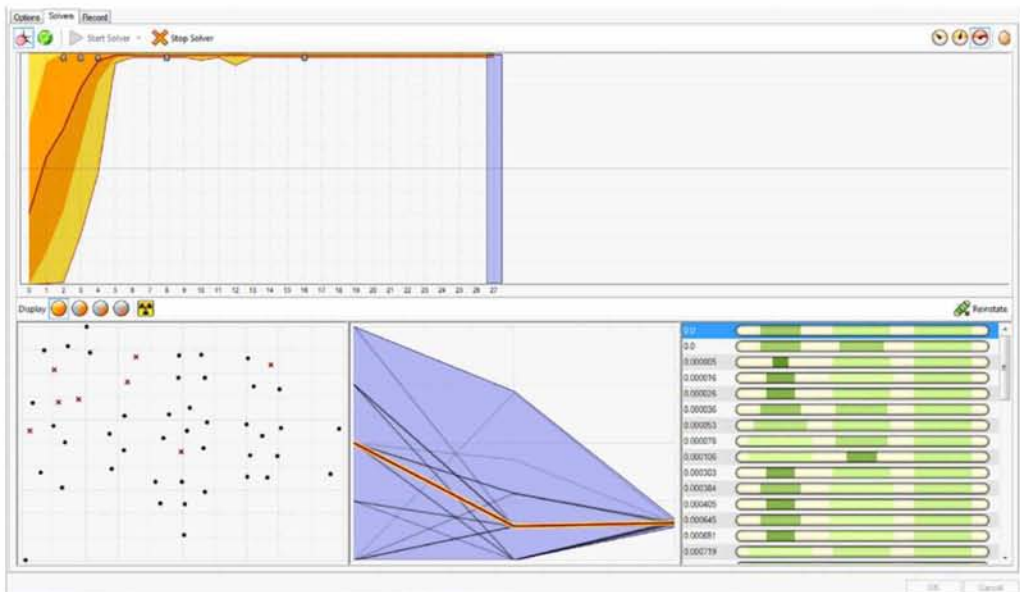
Diva for Grasshopper συνδέθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξαγονται συμπεράσματα για όλες τις παραπάνω κατηγορίες.

Υπολογίζεται με τον τρόπο που περιγράψαμε το daylight factor, η ομοιομορφία, τα ηλιακά κέρδη, το εμβαδό των πάνελ και το μέγεθος της επιθυμητής θέας.

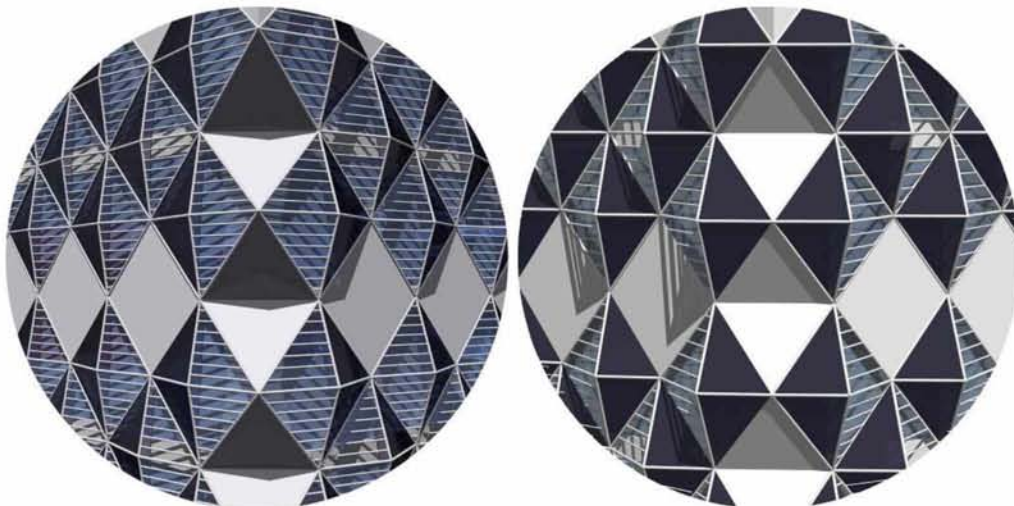


Εικόνα 20 Diva+Galapagos components (definition)

Είναι χαρακτηριστικό της μελέτης ο τρόπος με τον οποίο άλλαξε η γεωμετρία του σκιαστρού μετά από τα πρώτα συμπεράσματα.

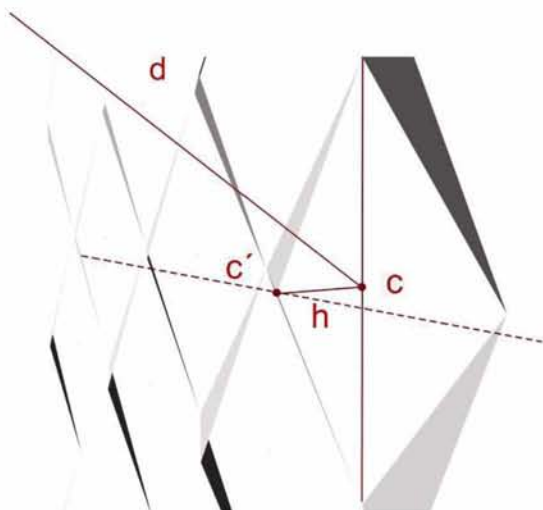


Εικόνα 21 Galapagos editor



Εικόνα 22 πριν-μετά την αλλαγή του definition

Το πρώτο πράγμα που εξετάστηκε ήταν η αρχική γεωμετρία. Τα αποτελέσματα όμως έδιναν μεγάλες τιμές σε φορτία ψύξης από την υπερθέρμανση του κτιρίου. Η έρευνα συνεχίστηκε βελτιστοποιώντας κι άλλες παραλλαγές του σκιάστρου. Επιλέχθηκε η ίδια γεωμετρία με παραλλαγή την ελευθερία κίνησης του μεσαίου σημείου. Σημαντικό είναι μια μικρή αλλαγή στο definition που επιτρέπει μια ελαφριά μετατόπιση του κέντρου<sup>23</sup>. (βλ.εικόνα23)

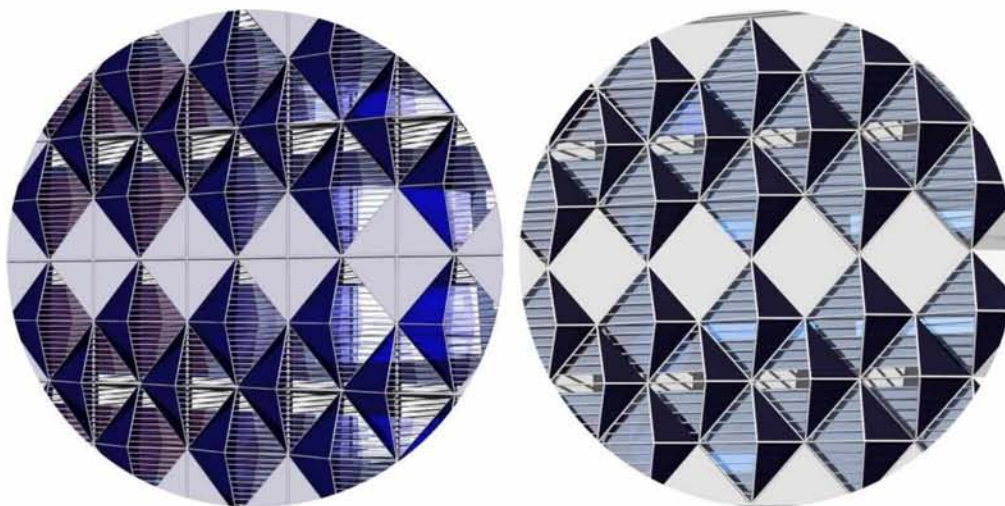


Εικόνα 23 αλλαγή του definition.

<sup>23</sup> Αναφορά στην εξίσωση του διαγράμματος της εικόνας 13



Το σύνολο των σημείων  $c'$  μετατοπίζεται πάνω στην ευθεία παράλληλη της διερχομένης από το σύνολο των σημείων  $c$ .



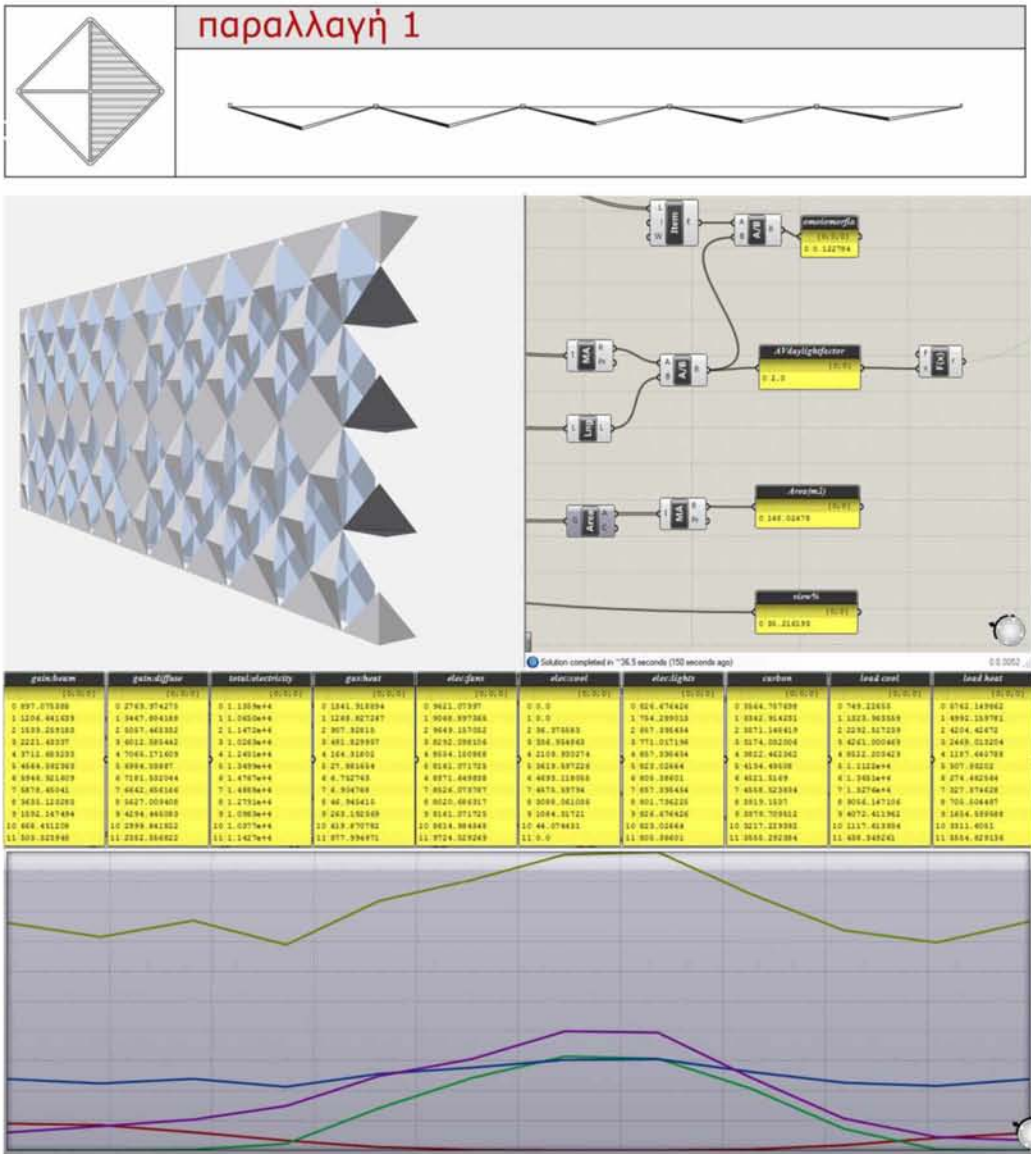
Εικόνα 24 πριν-μετά την αλλαγή του definition

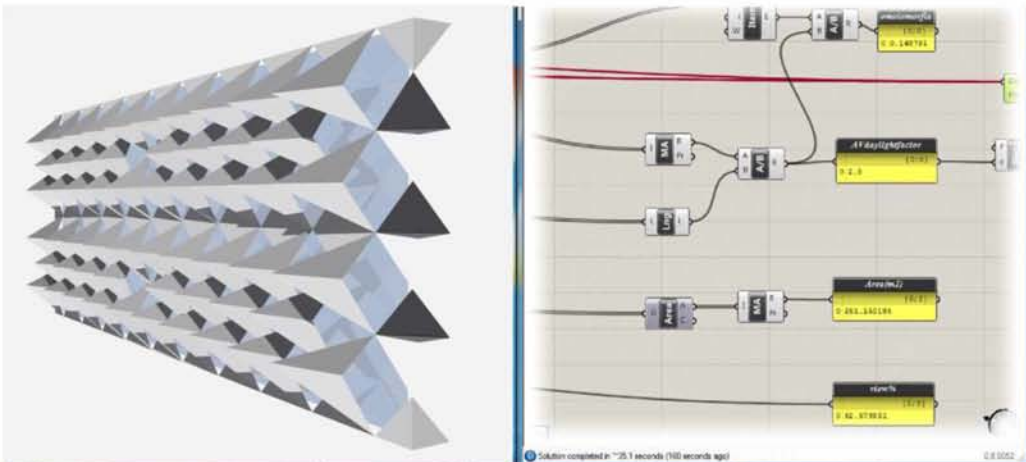
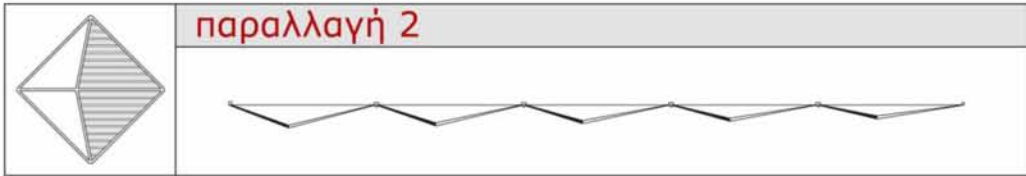
Αυτή η μετατόπιση δεν επηρεάζει την βιοκλιματική συμπεριφορά τόσο αλλά είναι πολύ σημαντική στην εξοικονόμηση πρώτης ύλης. Αυτή είναι και η τελική γεωμετρία (συνθετική απόφαση) η οποία βελτιστοποιήθηκε με τον επιλυτή. Είναι σημαντική η μείωση του μεγέθους των πάνελ από την δεύτερη στην τρίτη παραλλαγή πράγμα που εκτιμάται ως οικολογικά συνειδητοποιημένη χρήση της πρώτης ύλης. Η οικονομία στο υλικό κατόπιν μετρήσεων φτάνει το 25% σε σχέση με τις προηγούμενες λύσεις και αυξάνεται ταυτόχρονα και η θέα του χώρου προς τα έξω.

Μια άλλη γεωμετρία ήταν η απάντηση και φάνηκε πως ο σκιασμός που προέκυπτε μείωνε σημαντικά τα φορτία ψύξης. Έπειτα αυτό που άλλαξε ήταν η θέση των πάνελ. Ενώ στην αρχή είχαν τοποθετηθεί με διαφορετικό τρόπο τώρα η θέση τους αντιστράφηκε για να περιοριστούν τα ηλιακά κέρδη και η άμεση ακτινοβολία. (βλ.εικόνα21) Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα η υπόθεση επαληθεύτηκε και το σκίαστρο βελτιστοποιήθηκε τελικά προς αυτή την κατεύθυνση.

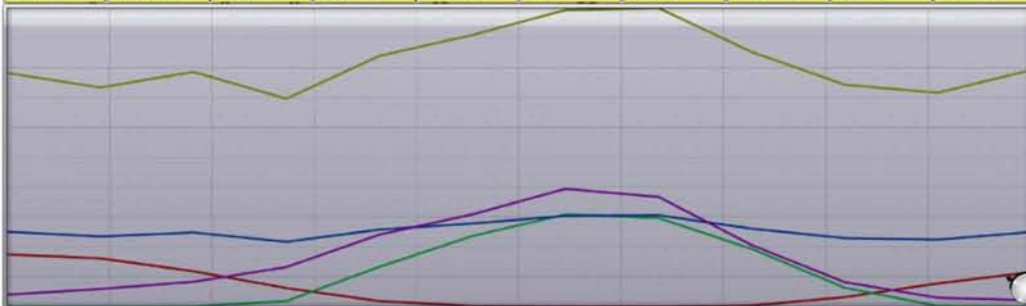
# βιοκλιματικός σχεδιασμός χώρου γραφείων

Παρατίθενται οι πίνακες των αποτελεσμάτων:



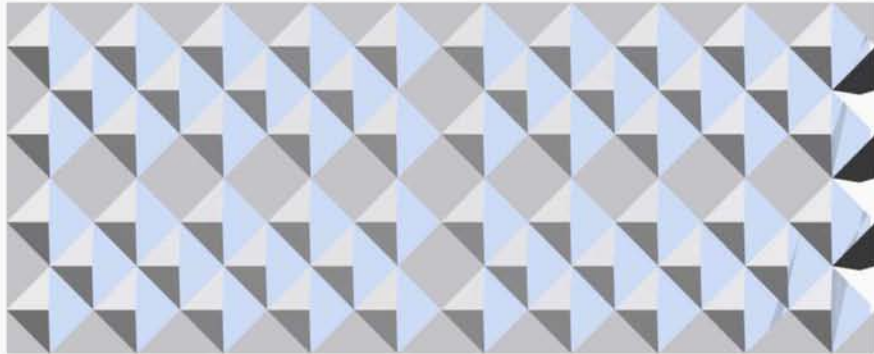


grid北面	grid北面	total intensity	grid北面	starlight	starlight	starlight	starlight	carbon	load roof	load base
[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]	[x,y,z]
0 404.726031	0 1800.324232	0 3037.354762	0 2020.364741	0 7339.338713	0 0 0	0 626.476424	0 2039.111113	0 224.127032	0 1004.401216	
1 483.130731	1 2397.324339	1 3475.716234	1 2471.764023	1 4092.630324	1 0 0	1 714.289513	1 2716.702297	1 432.368006	1 3232.424216	
2 363.430383	2 3132.319779	2 3069.877624	2 1849.393054	2 7521.862363	2 12.033048	2 697.339434	2 2849.027713	2 3102.107054	2 4453.393214	
3 1532.304044	3 4212.891318	3 3042.351127	3 719.747427	3 6193.374119	3 218.119411	3 771.037136	3 2938.302292	3 2474.134708	3 2294.861197	
4 2793.314464	4 4347.424627	4 3701.302383	4 214.123381	4 4371.362383	4 1342.479322	4 637.339434	4 2994.164231	4 1931.434022	4 1216.302269	
5 3752.403207	5 4810.402310	5 1.302344	5 29.123439	5 6013.434432	5 2797.394307	5 121.224664	5 3219.222789	5 3619.222789	5 319.129412	
6 4562.369793	6 4814.224222	6 1.147344	6 4.727368	6 6206.303961	6 1871.061247	6 601.336451	6 1813.184393	6 1.047494	6 120.812442	
7 4248.182171	7 4448.643018	7 1.134344	7 7.330397	7 4334.338355	7 3428.302304	7 897.339434	7 1016.364412	7 3634.147715	7 342.146746	
8 3262.193274	8 3804.301222	8 3648.179364	8 41.423622	8 1927.393647	8 2233.029628	8 631.736223	8 3018.140904	8 4274.122236	8 409.813199	
9 740.183179	9 2344.181213	9 1039.182134	9 389.732124	9 6113.123103	9 732.740197	9 624.476424	9 1832.307134	9 2338.140904	9 1711.424714	
10 347.403337	10 2104.370939	10 3070.404270	10 899.470223	10 6827.408424	10 29.342791	10 623.02604	10 1895.021143	10 430.049308	10 3477.803207	
11 244.449466	11 1427.142448	11 3133.444710	11 1333.333113	11 7433.324497	11 0 0	11 898.06601	11 2889.003103	11 110.113197	11 5639.898333	

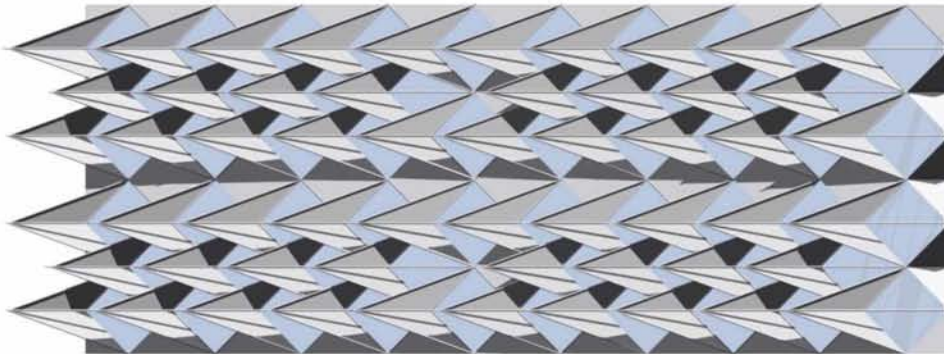




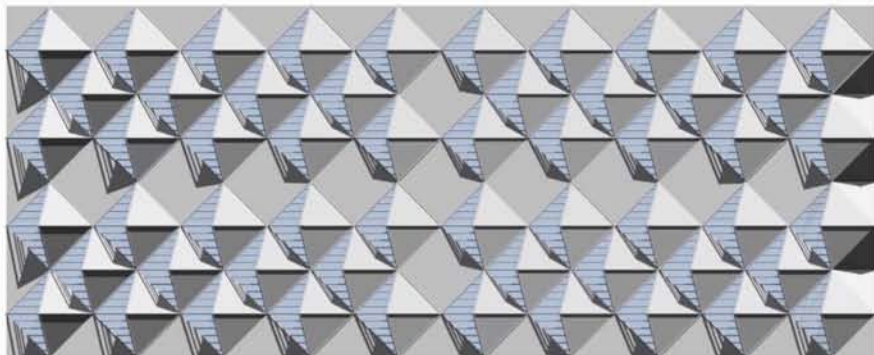




παραλλαγή 1



παραλλαγή 2



παραλλαγή 3

## Επιλογικά συμπεράσματα

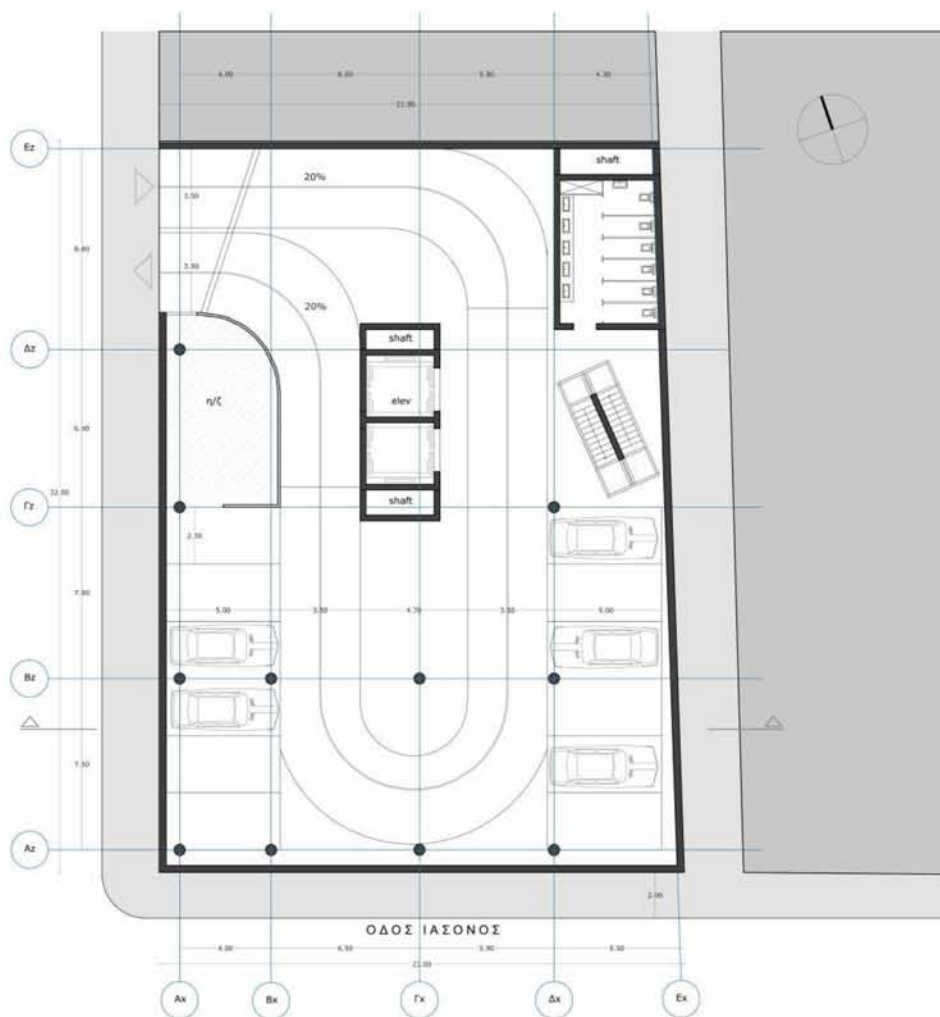
Η έρευνα της διπλωματικής εργασίας είχε ως σκοπό την εμβάθυνση στα καινούργια εργαλεία του παραμετρικού σχεδιασμού και της καινούργιας γλώσσας την οποία αυτά κομίζουν στην αρχιτεκτονική σκέψη. Η συνθετική διαδικασία ως τελικός σχεδιασμός δεν έχει τόση αξία όσο η μελέτη των διαγραμμάτων και της λογικής πίσω από την οποία συντάχθηκε η παρούσα μελέτη. Παραθέτω το παράρτημα των σχεδίων ενδεικτικά σε αυτό το τεύχος ωστόσο το βάρος είναι στην περιγραφή των εξισώσεων (definition) που έχουν στηθεί στο grasshopper και που αναπτύσσουν την λογική της κατασκευής της όψεως- σκιάστρου και που είναι αδύνατον να μεταφερθούν σε έντυπη μορφή. Παραθέτω στο τέλος websites με σχετικά tutorials τα οποία θα μπορούσαν να βοηθήσουν όποιον ενδιαφέρεται να ασχοληθεί και να εμβαθύνει σε αυτή την τεχνολογία.

Το σημαντικό είναι ότι τα εργαλεία αυτά είναι ικανά να συνδέσουν τον ψηφιακό χώρο του υπολογιστή με την υλοποιήσιμη πραγματικότητα κατά κάποιον τρόπο ώστε ο σχεδιαστής πλέον να μπορεί να δημιουργήσει ένα ψηφιακό μοντέλο ελέγξιμο από τον ίδιο και υλοποιήσιμο. Διευρύνεται η δυνατότητα πειραματισμού με περισσότερες σύνθετες μορφές που συνδέονται με νέους τρόπους συνθετικής σκέψης. Είναι ένα πεδίο έρευνας και αντικείμενο σπουδών σε όλα τα κορυφαία πανεπιστήμια της καθ ημάς εσπερίας.

Η ικανότητα αυτών των εργαλείων να παράγουν ένα πλήθος αντικειμένων με δυνατότητα επιλογής και το χαρακτηριστικό ότι μπορούν να διαχειρίζονται αριθμητικές εξισώσεις που προσομοιάζουν την βαρύτητα ή την μεταφορά της ενέργειας καθώς και το ότι διαθέτουν την ικανότητα για τοπολογική οργάνωση· δηλαδή της εξάρτησης των μερών και του συνεχούς επανακαθορισμού τους χωρίς να χρειάζεται ο επανασχεδιασμός του αντικειμένου είναι τα στοιχεία που τα διακρίνουν. Αποτελούν ένα τρόπο εξέτασης των σχέσεων που δημιουργούνται κατά την διάρκεια του σχεδιασμού με τις ιδιότητες της ύλης και ανοίγουν ένα πεδίο έρευνας που σκοπό έχει να φτάσει την αρχιτεκτονική στα όρια της και να προσδιορίσουν εκ νέου ένα άλλο είδος ορθολογισμού. Είναι εργαλεία που μορφοποιούνται διαρκώς και εξελίσσονται προς αυτή την κατεύθυνση.



## Σχεδιαστική περιγραφή - κατόψεις



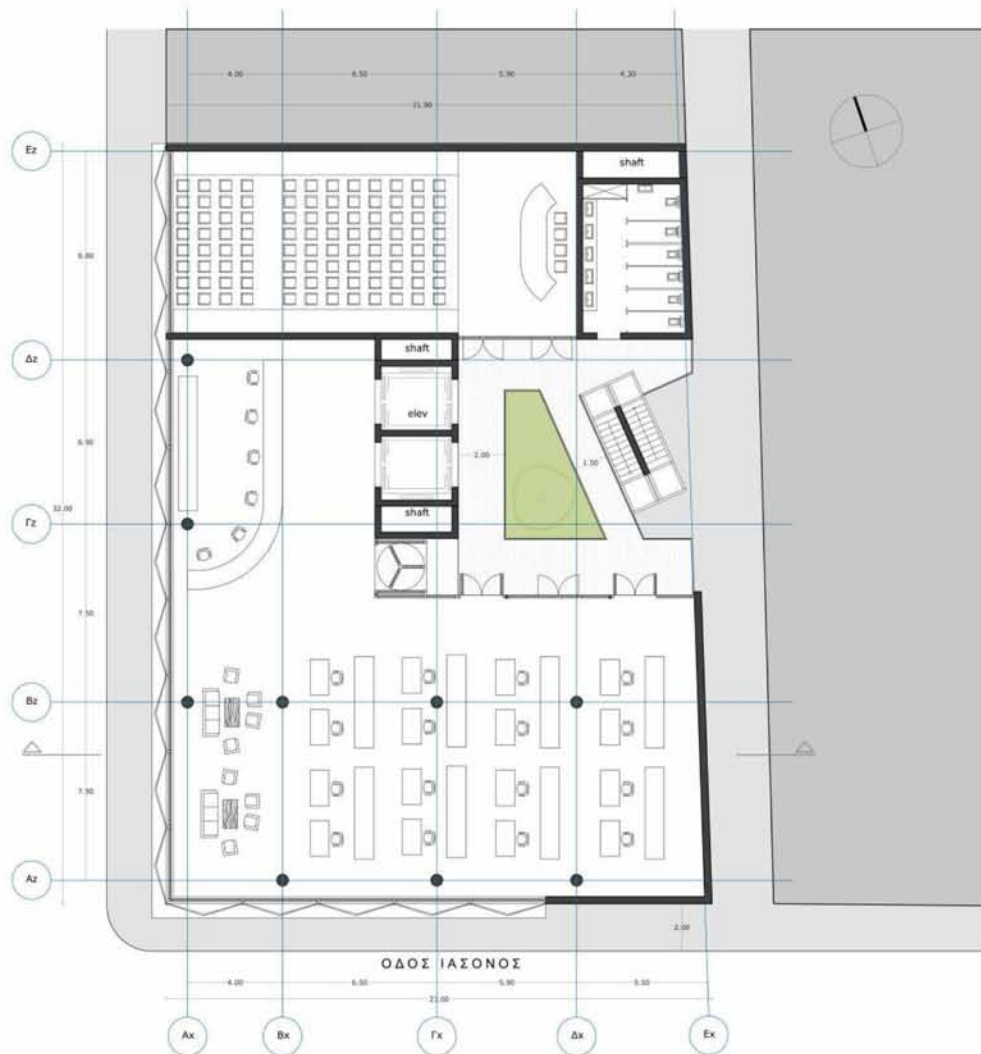
Εικόνα 25 κατόψη υπογείου

Σχεδιαστική περιγραφή - κατόψεις



Εικόνα 26 κάτοψη ισογείου

Σχεδιαστική περιγραφή - κατόψεις



Εικόνα 27 κάτοψη α ορόφου

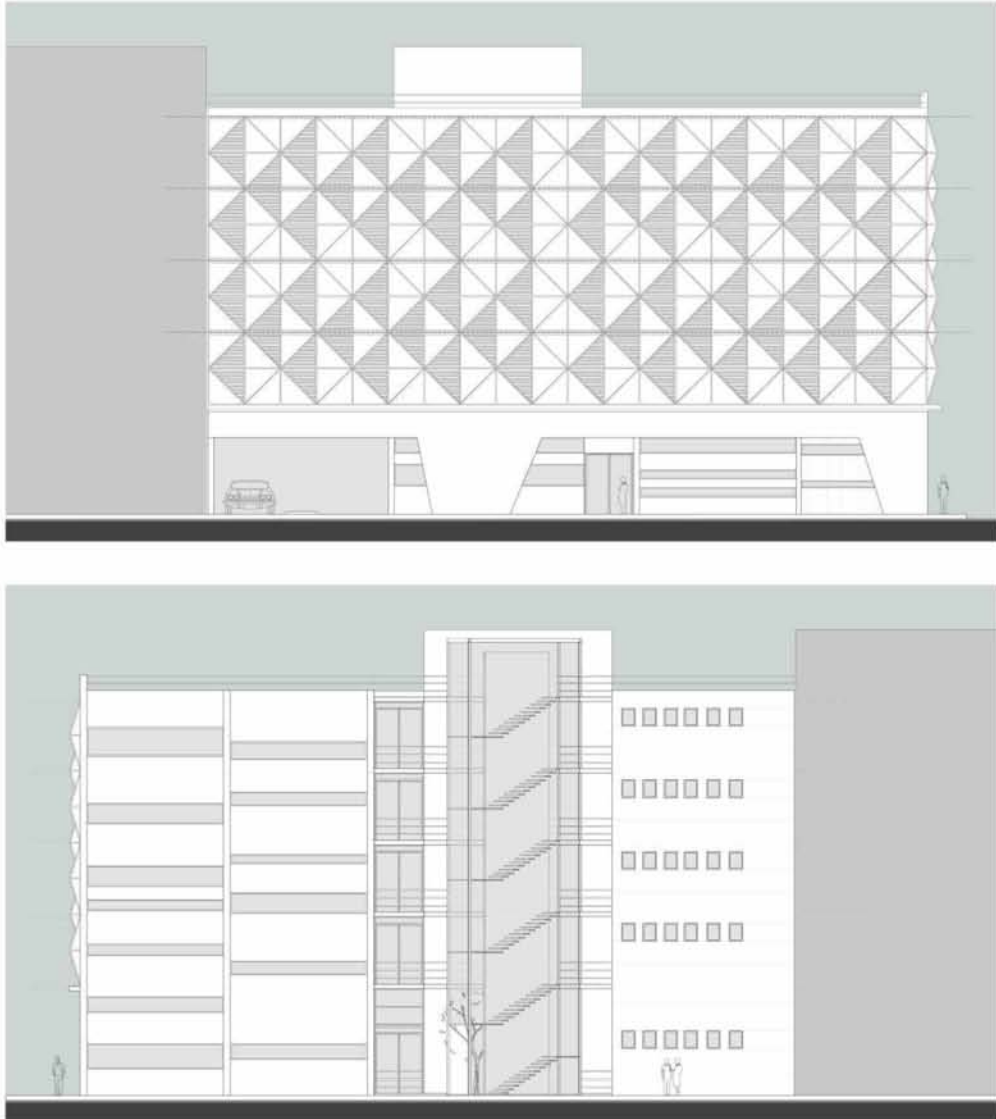


Σχεδιαστική περιγραφή - κατόψεις



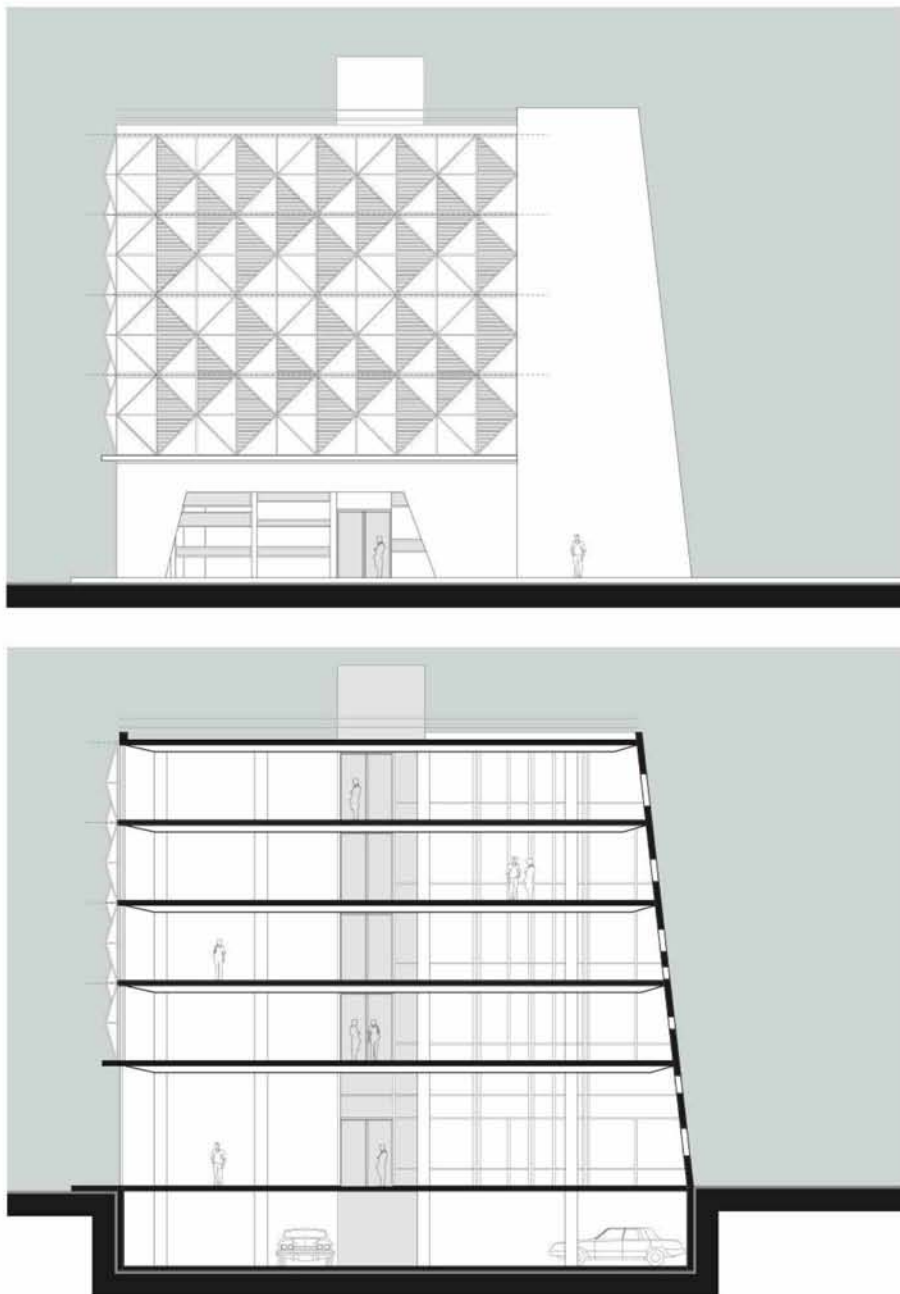
Εικόνα 28 κάτοψη τυπ. ορόφου

Σχεδιαστική περιγραφή - όψεις



Εικόνα 29 δυτική και ανατολική όψη

Σχεδιαστική περιγραφή – όψη & τομή



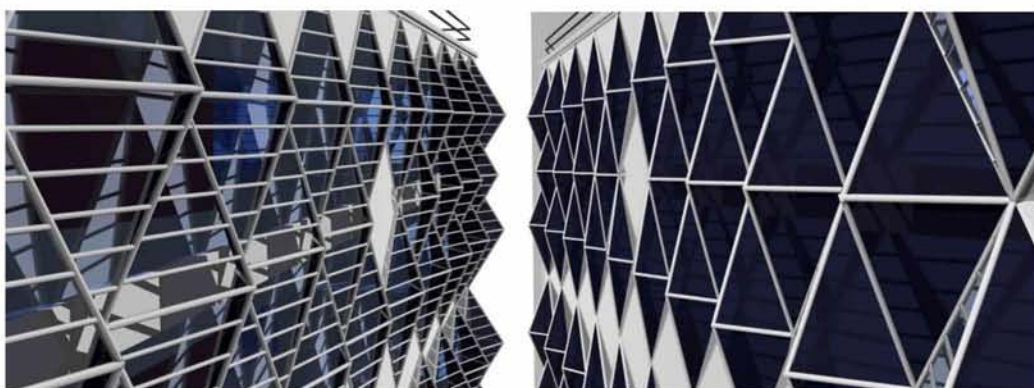
Εικόνα 30 νότια όψη και τομή α-α



Σχεδιαστική περιγραφή – τρισδιάστατη απεικόνιση

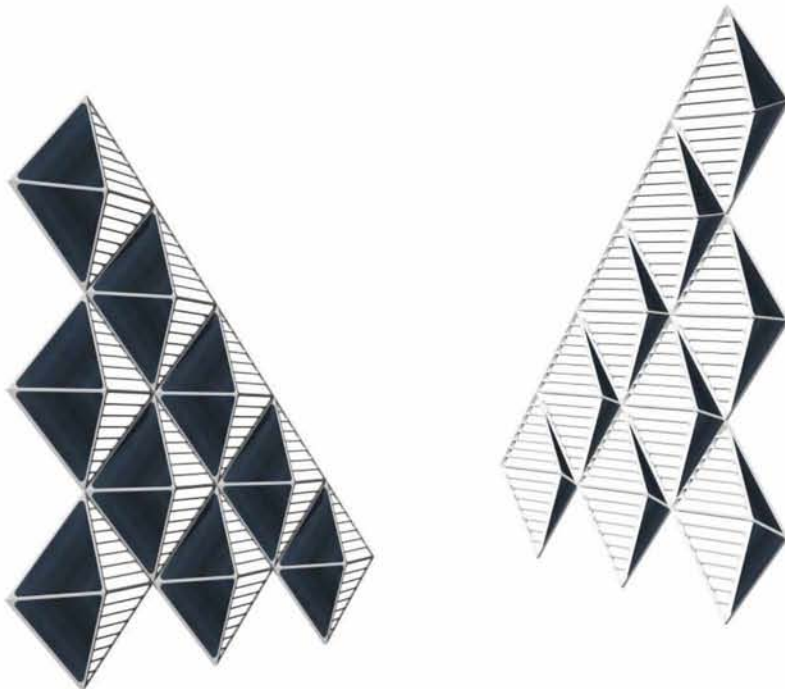


Εικόνα 31 προοπτικό σχέδιο

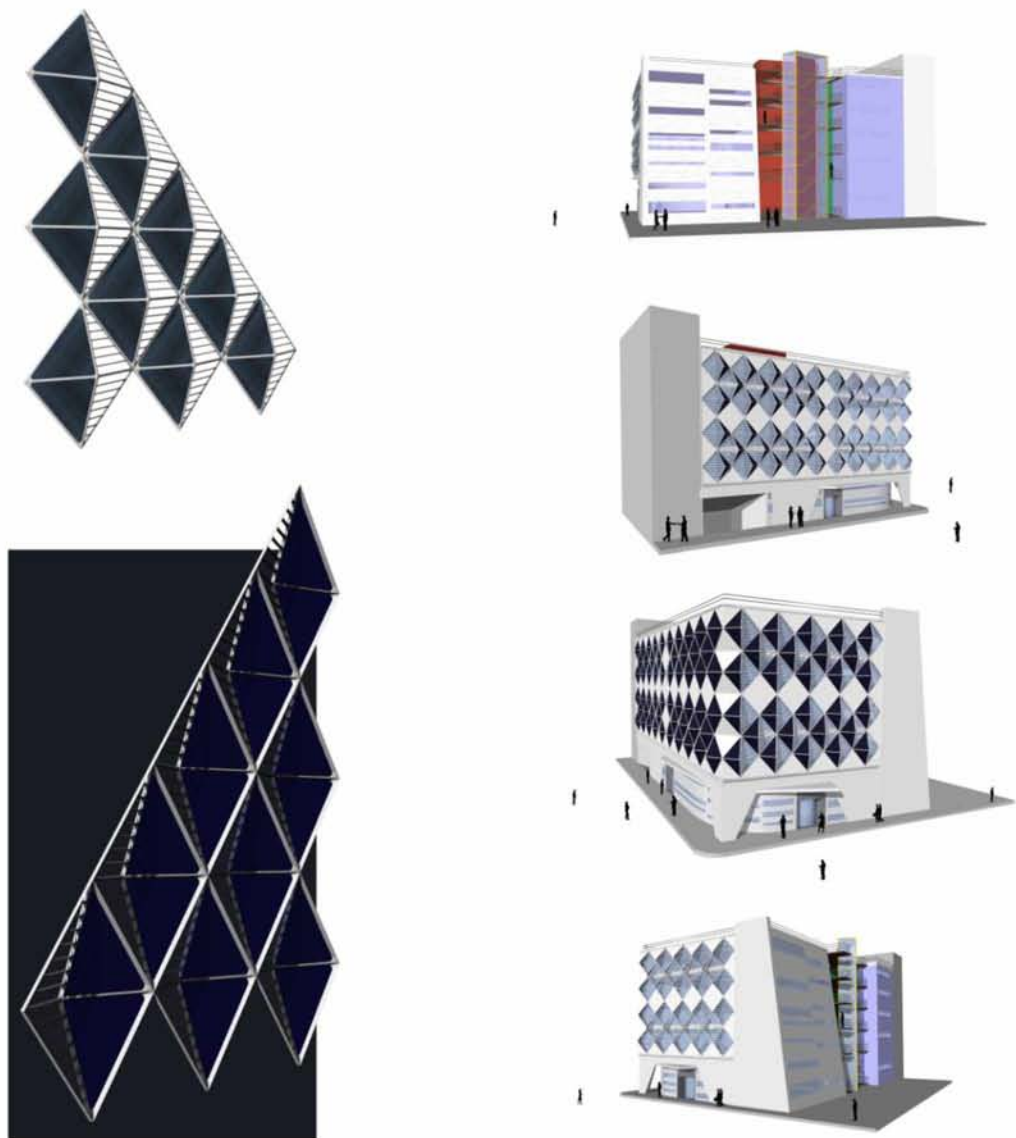


Εικόνα 32 λεπτομέρεια σκιάστρου

Σχεδιαστική περιγραφή – τρισδιάστατη απεικόνιση

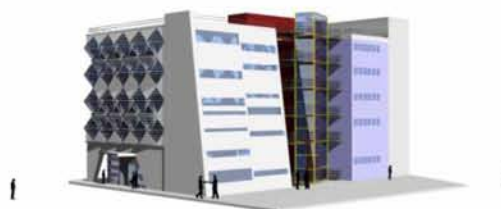
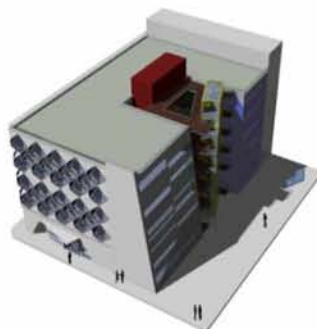


Σχεδιαστική περιγραφή – τρισδιάστατη απεικόνιση

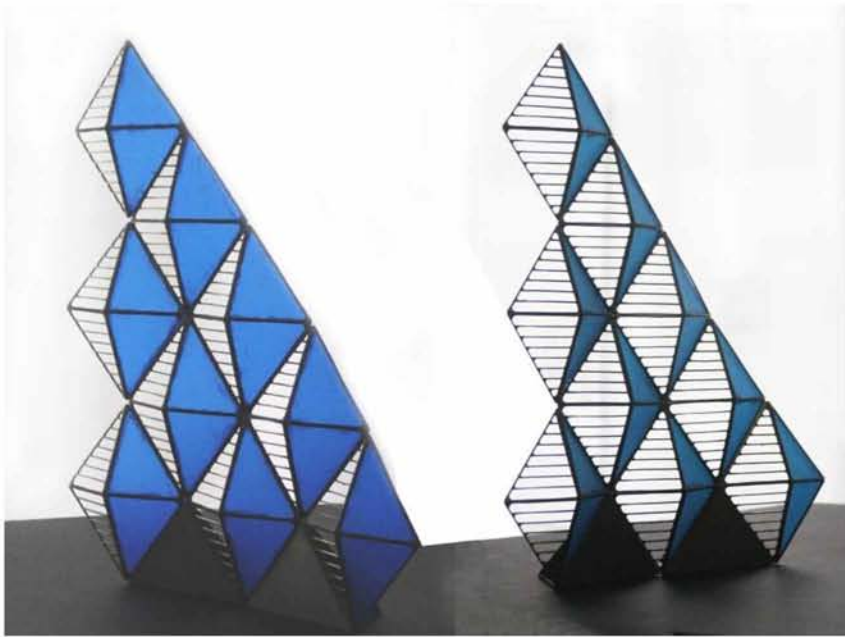




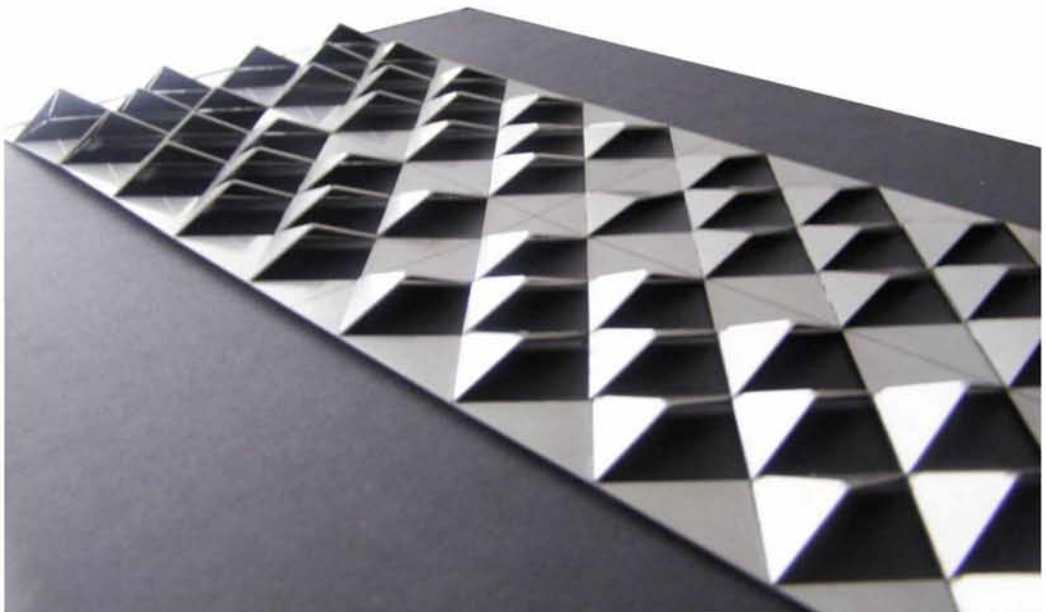
Σχεδιαστική περιγραφή – τρισδιάστατη απεικόνιση



Σχεδιαστική περιγραφή – μακέτες



Εικόνα 33 τμήμα της όψης



Εικόνα 34 όψη με γεωμετρία ελκυστή

## Βιβλιογραφία:

Jane Burry & Mark Burry, "The new mathematics of architecture", Thames & Hudson, 2010

The Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin, "Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική (το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά Κτίρια)", μτφ. Ε.Τσίγκας, Μαλλιάρης παιδεία, 1996

Antti Ahlava, "Architecture in consumer society", The university of Art and design Helsinki, 2002

Rajaa Issa, "Essential Mathematics for computational desing", Robert mcNeel & Associates, www.grasshopper3d.com, pdf doc.

J.L. Mc Cauley, "Chaos, Dynamics and Fractals, an algorithmic approach to deterministic chaos", Cambridge university press, 1993

Zubin Khabazi, "Generative algorithms using grasshopper", 2010 www.grasshopper3d.com, pdf doc.

D'Arcy W.Thompson, "Ανάπτυξη και μορφή στο φυσικό κόσμο", μτφ. Αμαλία Κώνστα, πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π, 1999

Wael Abdelhameed , "How Does the Digital Environment Change What Architects Do in the Initial Phases of the Design Process?", eCAADe 29, 2011

Gabriela Celani, José N. Beirão, José P. Duarte, Carlos Vaz, "Optimizing the characteristic structure." ,eCAADe 29,2011

Βασιλική Καλογιαννίδου - Πάσχου, "Κτίρια γραφείων & περιβαλλοντικός σχεδιασμός", Ίων, 2009

Ελένη Καλαφάτη, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, "Τάκης Χ. Ζενέτος Ψηφιακά Οράματα και Αρχιτεκτονική", libro, 2006

Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, "Ψηφιακός Τοπικισμός", libro, 2008

Συλλογική έκδοση, "Η αναπαράσταση ως όχημα της αρχιτεκτονικής σκέψης", επιμ. Βάσω Τροβά, Κώστας Μανωλίδης, Γιώργος Παπακωνσταντίνου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Τμήμα Αρχιτεκτόνων, futura, 2006

Συλλογική έκδοση, "{+αθρ(0)ίσεις / syn\_athr(0)isis}", επιμ. Γιώτα Αθληνίδου, Σοφία Βυζοβίτη, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας-Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας-εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2008

### Websites:

"grasshopper3d" URL: <http://www.grasshopper3d.com/> (τελ.επ.17/01/2012)

"RhinoCheros3d" URL:<http://www.rhino3d.com/> (τελ.επ. 17/01/2012)

"digital toolbox" URL: <http://digitaltoolbox.info/> (τελ.επ. 17/01/2012)

"digitAG" URL:<http://andreamagraziano.blogspot.com/> (τελ.επ. 17/01/2012)

"Designedbyenergy" URL: <http://www.designedbyenergy.com/>  
(τελ.επ. 17/01/2012)

"Diva for Rhino" URL:<http://www.diva-for-rhino.com/usersforum.html/>  
(τελ.επ. 17/01/2012)

"eCAADe" URL:<http://www.ecaade.org/index.html/> (τελ.επ.17/01/2012)

"Just math tutorials" URL: <http://PatrickJMT.com/> (τελ. επίσκεψη 17/01/2012)

"Wikipedia" URL:<http://en.wikipedia.org/wiki/attractor/> (τελ. επ. 6/02/2012)

"Wikipedia" URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Numeric\\_control/](http://en.wikipedia.org/wiki/Numeric_control/) (τελ. επίσκεψη 6/2/2012)

"Wikipedia" URL:[http://el.wikipedia.org/wiki/αναλυτική\\_γεωμετρία/](http://el.wikipedia.org/wiki/αναλυτική_γεωμετρία/) (τελ. επ. 6/02/2012)

"MITOPENCOURSEWARE" URL:<http://ocw.mit.edu/courses/architecture/>  
(τελ.επ. 17/01/2012)

"Masimiliano Fuksas Architetto"URL: <http://www.fuksas.it/> (τελ. επ. 1/2/2012)

"Cosmic Perspective Chapters S3 & 17, lecture 15"  
URL:<http://cse.ssl.berkeley.edu/bmendez/ay10/2002/notes/lec15.html/>  
(τελ.επ. 1/2/2012)