



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ  
ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίτλος:**

*''Παραμετροποίηση και σχεδίαση καινοτόμων γυαλιών οράσεως με εφαρμογή των μεθόδων αλγοριθμικού - γενετικού σχεδιασμού και προσθετικής κατασκευής''*

**Όνοματεπώνυμο Φοιτητή: Τρίψιας Απόστολος**

**ΑΜ: 5162021023**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Παρασκευάς Παπανίκος**

**Μέλη Επιτροπής: Ζαχαρόπουλος Νικόλαος  
Κυρατζή Σοφία**

**Σύρος, 2023**

## **Ευχαριστήρια**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την συνδρομή τους σε όλη την διάρκεια της εργασίας τους καθηγητές μου κύριο Μπάιλα Κωνσταντίνο και κύριο Παρασκευά Παπανίκο οι συμβουλές των οποίων υπήρξαν ιδιαίτερες βοηθητικές. Λόγω της υποστήριξης τους κατέστη δυνατή η διεξοδική διερεύνηση του θέματος της εργασίας τόσο πολυπλεύρως καθώς και όσο το δυνατόν πιο τεκμηριωμένα από επιστημονικής σκοπιάς.

*“Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ’ ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.”*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο – ΕΡΕΥΝΑ</b> .....	<b>8</b>
1.1. Ιστορική αναδρομή .....	8
1.2. Εναλλακτικές χρήσεις γυαλιών.....	10
1.3. Περιγραφή προβληματικού χώρου.....	11
1.4. Έρευνα πεδίου.....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b> .....	<b>18</b>
2.1. Τεχνολογία Stereo-lithography (SLA) .....	18
2.2. Τεχνολογία Selective Laser Sintering (SLS) .....	19
2.3. Τεχνολογία Selective Heat Sintering (SHS) .....	20
2.4. Τεχνολογία Laminated Object Manufacturing (LOM) .....	20
2.5. Τεχνολογία Fused Deposition Modeling (FDM) .....	21
2.6. Τεχνολογία Ink Jet Printing.....	21
2.7. Σύγκριση χαρακτηριστικών .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο – ΣΥΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ</b> .....	<b>24</b>
3.1. Ανάλυση τοπολογικής βελτιστοποίησης – Topology optimization .....	24
3.2. Ανάλυση γενετικού αλγόριθμου σχεδίασης – Generative design .....	25
3.3. Εμβάθυνση στην δημιουργία πλέγματος κρυστάλλων - Lattices.....	27
3.4. Σύγκριση μεθόδων και αξιολόγηση τους .....	37
3.5. Προοπτικές της τεχνολογίας του Generative design.....	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο - ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ</b> .....	<b>40</b>
4.1. Θεμελιώδη γεωμετρικά μεγέθη γεωμετρίας σκελετού γυαλιών οράσεως. ....	40
4.2. Μηχανικές προδιαγραφές και προδιαγραφές γεωμετρίας σκελετού.....	43
4.3. Ποιοτικές προδιαγραφές σκελετού που θα κατασκευαστεί με προσθετική κατασκευή...44	
4.4. Διερεύνηση υλικών και αξιολόγησης ιδιοτήτων.....	47
4.5. Συμπεράσματα.....	55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ</b> .....	<b>56</b>
5.1. Δημιουργία πρωτοτύπου .....	56
5.2. Concept 1 .....	59
5.3. Concept 2.....	65

5.4 Concept 3.....	72
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>78</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>79</b>

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τον τρόπο δημιουργίας γυαλιών οράσεως σχεδιασμένα με την τοπολογική μέθοδο, generative design του συστήματος CAE της εταιρίας PTC και του λογισμικού παραμετρικής σχεδίασης CreoParametric. Μελετάτε επίσης ο τρόπος κατασκευής τους με την μέθοδο της προσθετικής κατασκευής και προτείνεται η καταλληλότερη τεχνική της τεχνολογίας αυτής για generative γεωμετρίες. Αρχικά παρατίθεται μια ιστορική αναδρομή στην ιστορία των γυαλιών οράσεως με έμφαση στην κατασκευαστική τους διαδικασία ανά περιόδους. Στην συνέχεια αναγράφονται οι νεότερες τάσεις που αφορούν τον σχεδιασμό και τα υλικά κατασκευής που είναι τα επικρατέστερα. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την προσθετική διαδικασία και τις εφαρμογές της καθώς και τις μεθόδους generative design την topology optimization και την δημιουργία γεωμετριών με την χρήση μικροδομών και πλέγματος κρυστάλλων. Σε αυτό το σημείο παρατίθεται βιβλιογραφία σχετικά τα βασικά μεγέθη που καθορίζουν την γεωμετρία ενός σκελετού γυαλιών οράσεως με τιμές και πίνακες. Σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής ανάλυση των υλικών που είναι ιδανικά για την εφαρμογή της μελέτης με σύγκριση των ιδιοτήτων τους. Το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται στην διαδικασία του προκαταρκτικού σχεδιασμού και την δημιουργία ενός πρωτότυπου σκελετού πάνω στον οποίο έγιναν οι διάφορες δοκιμές. Επ ακολούθως περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία δημιουργίας των 3 concept με εφαρμογές όλων των ανωτέρω. Κλείνοντας παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της εργασίας καθώς και το σύνολο της βιβλιογραφίας με όλες τις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν.

## Σκοπός

Η παρούσα Διπλωματικής εργασία σκοπεύει στο να ανάδειξει την παραμετροποιημένη σχεδίαση γυαλιών οράσεως με εφαρμογή των μεθόδων αλγοριθμικού - γενετικού σχεδιασμού και προσθετικής κατασκευής ως μια ιδιαίτερα αποτελεσματική εναλλακτική έναντι του παραδοσιακού τρόπου κατασκευής, παρουσιάζοντας τα πολλαπλά ανταγωνιστικά οφέλη σε τομείς όπως η αντοχή, η εξοικονόμηση πρώτων υλών και αισθητική.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο – ΕΡΕΥΝΑ

## 1.1 Ιστορική αναδρομή

### 1.1.1 Πρώιμα Γυαλιά Οράσεως

Οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά γυαλί για να μεγεθύνουν μικρά κείμενα, δημιουργώντας μικρούς μεγεθυντικούς φακούς σε σχήμα σφαίρας. Τα πρώτα γυαλιά στην ιστορία εμφανίστηκαν στην Ιταλία κατά τη διάρκεια του 13ου αιώνα. Τα πρωτόγονα αυτά γυαλιά εφαρμόστηκαν σε ξύλινα ή δερμάτινα πλαίσια (ή σε πλαίσια από κέρατα ζώων). Χρησιμοποιήθηκαν αρχικά από μοναχούς, αλλά ύστερα αυξήθηκε η δημοτικότητα τους. Η τεχνολογία τους βελτιώθηκε ιδιαίτερα κατά την περίοδο της Αναγέννησης.

(Πηγή The History of Spectacles" - Συγγραφέας: Pierre Marly )

Οι πίνακες ζωγραφικής εκείνης της εποχής αποτελούν το καλύτερο πειστήριο ύπαρξης αυτών των γυαλιών, καθώς οι πρώτοι πίνακες της Αναγέννησης απεικονίζουν άτομα που τα φορούν.

Αυτά τα γυαλιά κατασκευάζονταν από φυσικό γυαλί, επιτρέποντας τη ρύθμιση του πάχους τους. Για τον λόγο αυτό άρχισαν να γίνονται περισσότερο δημοφιλή σε όλη την Ευρώπη. Παρά ταύτα μόνο οι πλούσιοι της εποχής είχαν πρόσβαση σε αυτά τα προϊόντα. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι τα γυαλιά ήταν σύμβολο πλούτου και υψηλής ευφυΐας. (Πηγή The History of Spectacles" - Συγγραφέας: Pierre Marly )

Η επόμενη ιστορική αναφορά έρχεται κατά τη διάρκεια του 1700, όπου τα γυαλιά φαίνεται να έγιναν “hands free”, αφού τοποθετήθηκαν βραχίονες.

### 1.1.2 Σημαντικές βελτιώσεις

Μετά την καινοτομία με τους βραχίονες, οι καινοτομίες συνέχισαν επιταχυνόμενα. Ο Μπέντζαμιν Φράνκλιν εφηύρε τον **διεστιακό φακό**, ο οποίος παρείχε σε ένα άτομο καλή κοντινή αλλά και μακρινή όραση, χρησιμοποιώντας ένα ζευγάρι γυαλιών οράσεως αντί για δύο. Αρχικά για να το πετύχει αυτό έκοψε τους δύο φακούς στη μέση και τους τοποθέτησε μαζί σε ένα πλαίσιο.

Μία άλλη εφεύρεση της εποχής ήταν τα αναδιπλούμενα γυαλιά. Οι άνθρωποι εκείνης της εποχής μπορούσαν να τα αποθηκεύουν στην τσέπη τους και να τα βγάζουν μόνο όταν ήθελαν να δουν κάτι σημαντικό. (gloptics) Στις αρχές του 19ου αιώνα, τα γυαλιά ήταν ακόμα χειροποίητα και δεν ήταν διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Όμως η βιομηχανική επανάσταση πλησίαζε και η μαζική παραγωγή θα τα καθιστούσε προσιτά σε εργαζόμενους άνδρες και γυναίκες ώστε να επιτύχουν την κατάλληλη διόρθωση της όρασης τους.

Την ίδια περίοδο κατασκευάστηκαν και οι πρώτοι αστιγματικοί φακοί.

### 1.1.3 Νέες καινοτομίες

Με την τεχνολογία των φακών και τις συνταγές να γίνονται όλο και πιο προσιτές κατά τη διάρκεια του 1800, το 1900 αναδείχθηκε η τάση να γίνουν τα γυαλιά οράσεως πιο μοντέρνα και κομψά. Υπήρχε προσφορά σε γυαλιά με διαφορετικά σχήματα, υλικά και χρώματα για όσους ήθελαν τα γυαλιά τους να ταιριάζουν με το σχήμα του προσώπου ή το χρώμα των ματιών.

Έπειτα τα υλικά άλλαξαν, λόγω της παραγωγής ισχυρών πλαστικών. Δεν χρειαζόταν πλέον όλα τα γυαλιά να κατασκευάζονται από ξύλο ή μέταλλο. Ούτως ή άλλως το πλαστικό μπορεί να διαμορφωθεί σε πολλά σχήματα και μεγέθη. ("The History of Eyeglasses" - Συγγραφέας: Paolo Lancellotti)

Τον 20ο αιώνα υπήρξε η άνοδος των γυαλιών ηλίου, με πολλούς κατασκευαστές να πειραματίζονται με χρωματιστούς φακούς. Παρά ταύτα μόνο μετά το 1929 άρχισαν να παράγονται μαζικά γυαλιά για την ουσιαστική προστασία από τον ήλιο.

**1.1.4 Υλικά κατασκευής και δημοφιλή σχήματα σκελετού** Οι πρώτοι σκελετοί κατασκευάζονταν από ξύλο, κέρατο ή κόκαλο. Στο διάστημα 16ου με 18ου αιώνα, εμφανίστηκαν παράλληλα για πολύ μικρό διάστημα και δερμάτινοι σκελετοί. Ελάχιστοι έχουν διασωθεί σήμερα, και είναι εξαιρετικά περιζήτητοι. Οι πρώτοι σκελετοί ήταν κατασκευασμένοι να υποδέχονται αρχικά στρογγυλούς φακούς, έπειτα οβάλ και τελικά οι ορθογώνιοι φακοί έγιναν δημοφιλείς στα μέσα του 1830. Κάποια από τα υλικά κατασκευής ήταν ο μπρούντζος, καβούκι θαλάσσιας χελώνας Hawksbill, δόντια φάλαινας (Baleen), ασάλι, ασήμι και χρυσός. Οι θήκες των γυαλιών επίσης φτιάχνονταν με ιδιαίτερη επιμέλεια. Η παλιότερη θήκη γυαλιών στον κόσμο, που σώζεται μέχρι σήμερα βρέθηκε το 1982 στο Freiburg της Γερμανίας, και χρονολογείται πιθανώς στον 14ο αιώνα. Οι άνθρωποι δεν έδειχναν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για οποιουδήποτε είδους γυαλί μέχρι που το 1752, κατά την περίοδο Rococo (1720 – 1770), ο James Ayscough πειραματίστηκε με έγχρωμους φακούς, όχι επειδή τον απασχολούσε η προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά γιατί πίστευε πως τα μπλε ή τα πράσινα κρύσταλλα θα μπορούσαν να διορθώσουν ή να βελτιώσουν τα κοινά προβλήματα όρασης. Αλλά, λόγω των πρωτοποριακών (αν και λανθασμένων) μελετών, τα γυαλιά με κίτρινα χρώματα χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανακούφιση των συμπτωμάτων της σύφιλης τον 19ο και τον 20ό αιώνα, καθώς ένα από τα συμπτώματα της νόσου ήταν η ευαισθησία στο φως. Κατά το 18ο και 19ο αιώνα τα διορθωτικά γυαλιά παράλληλα γνώριζαν πολλές αλλαγές ως προς το σχήμα του σκελετού και της γέφυρας καθώς και στα υλικά κατασκευής. Η φόρμα ήταν στρογγυλή, οβάλ, οκτάγωνη ή τετράγωνη. Οι σκελετοί φτιάχνονταν από κόκαλο, κέλυφος χελώνας (tortoise shell), ασήμι, χρυσό, ή μπρούτζο. Τότε ήταν που βρέθηκαν και σκελετοί με έγχρωμους φακούς οι οποίοι θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως τα πρώτα γυαλιά ηλίου.

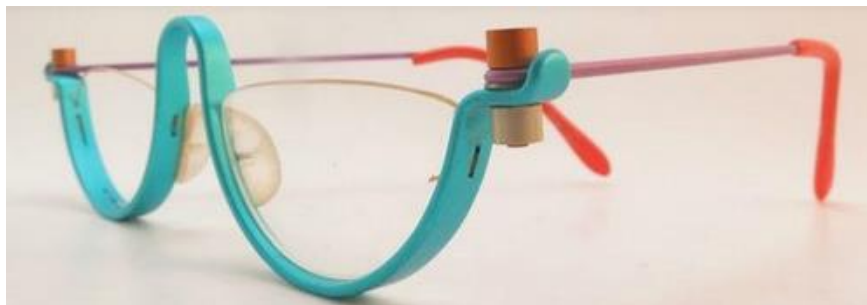


## 1.2 Εναλλακτικές χρήσεις γυαλιών

Στην εποχή μας παρατηρείται το φαινόμενο αρκετοί άνθρωποι να επιλέγουν την χρήση γυαλιών ακόμα και αν δεν έχουν κάποια οφθαλμολογική αδυναμία αλλά για διαφορετικούς σκοπούς. Πιο συγκεκριμένα είναι σύνηθες πολλοί άνθρωποι να θέλουν να κεντρίσουν το ενδιαφέρον των υπολοίπων με την αισθητική και την αντισυμβατικότητα ίσως, των οπτικών που διαθέτουν και τα οποία διαχωρίζονται ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά από τα μαζικής παραγωγής μοντέλα. Για παράδειγμα παρακάτω απεικονίζονται ορισμένα σχέδια που μπορεί να ειπωθεί ότι διαφέρουν σε αισθητική από μια κλασικότερη γεωμετρία.



Εικόνα 1 Πηγή από [all3dp.com](http://all3dp.com)



Εικόνα 2 Πηγή από [materialise.com](http://materialise.com)



Εικόνα 3 Πηγή από [all3dp.com](http://all3dp.com)



Εικόνα 4 Πηγή από [eurooptica..com](http://eurooptica.com)



Εικόνα 5 Πηγή από [all3dp.com](http://all3dp.com)

### 1.3 Περιγραφή προβληματικού χώρου - χώρου προς βελτίωση

Η κατασκευή ενός σκελετού γυαλιών οράσεως με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής μπορεί να αντιμετωπίσει διάφορες δυσκολίες. Ορισμένες από αυτές περιλαμβάνουν:

**1.3.1 Ποικιλία και εξατομίκευση σκελετού:** Η επιλογή του κατάλληλου σκελετού για τις ανάγκες κάθε χρήστη μπορεί αποτελεί μια πρόκληση. Πρέπει να ληφθούν υπόψιν διάφοροι παράγοντες, όπως η μορφολογία του προσώπου, ο τύπος των φακών που θα χρησιμοποιηθούν και οι απαιτήσεις του. Ωστόσο λόγω του γεγονότος ότι τα γυαλιά οράσεως είναι προϊόντα μαζικής παραγωγής και απευθύνονται ή καλύτερα πρέπει να προορίζονται ουσιαστικά για όλους ακολουθούν κατά κανόνα μια κοινή γραμμή όσον αφορά χαρακτηριστικά γεωμετρίας βάρους και αισθητικής παρεκκλίνοντας όσον το δυνατόν λιγότερο από αυτά.

Σχήματα σκελετών ,υλικά ,χρώματα και υφές που ξεφεύγουν τελείως από αυτόν τον άγραφο κανόνα ομοιογένειας χαρακτηρίζονται ως premium κατηγορίας και είτε έχουν μεγάλη σπανιότητα με την παραγωγή ελάχιστων τεμαχίων και είναι επομένως δυσεύρετα είτε συνοδεύονται από ιδιαίτερος υψηλή τιμή, ή και τα δυο.

**1.3.2 Αρτιότητα κατασκευής.** Εξαιτίας του ότι η πλειοψηφία των γυαλιών οράσεως που υπάρχουν αυτήν την στιγμή στο εμπόριο αποτελούνται από αποσπώμενα και διακριτά μέρη που είναι οι βραχίονες η γέφυρα και ο ναός, η συναρμογή μεταξύ αυτών των επιμέρους κομματιών επιτυγχάνεται με βίδες η αντίστοιχης φύσεως εξαρτήματα. Τα συγκεκριμένα με την χρήση και την πάροδο του χρόνου είναι σύνηθες να χαλαρώνουν η ακόμα και να αποσπώνται τελείως από το σκελετό οδηγώντας στην κακή εφαρμογή του στο πρόσωπο.



Εικόνα 6 <https://www.perfect-eyeglasses-guide.com/eyeglasses-parts.html>



Εικόνα 7 Πηγή από the eyewear forum

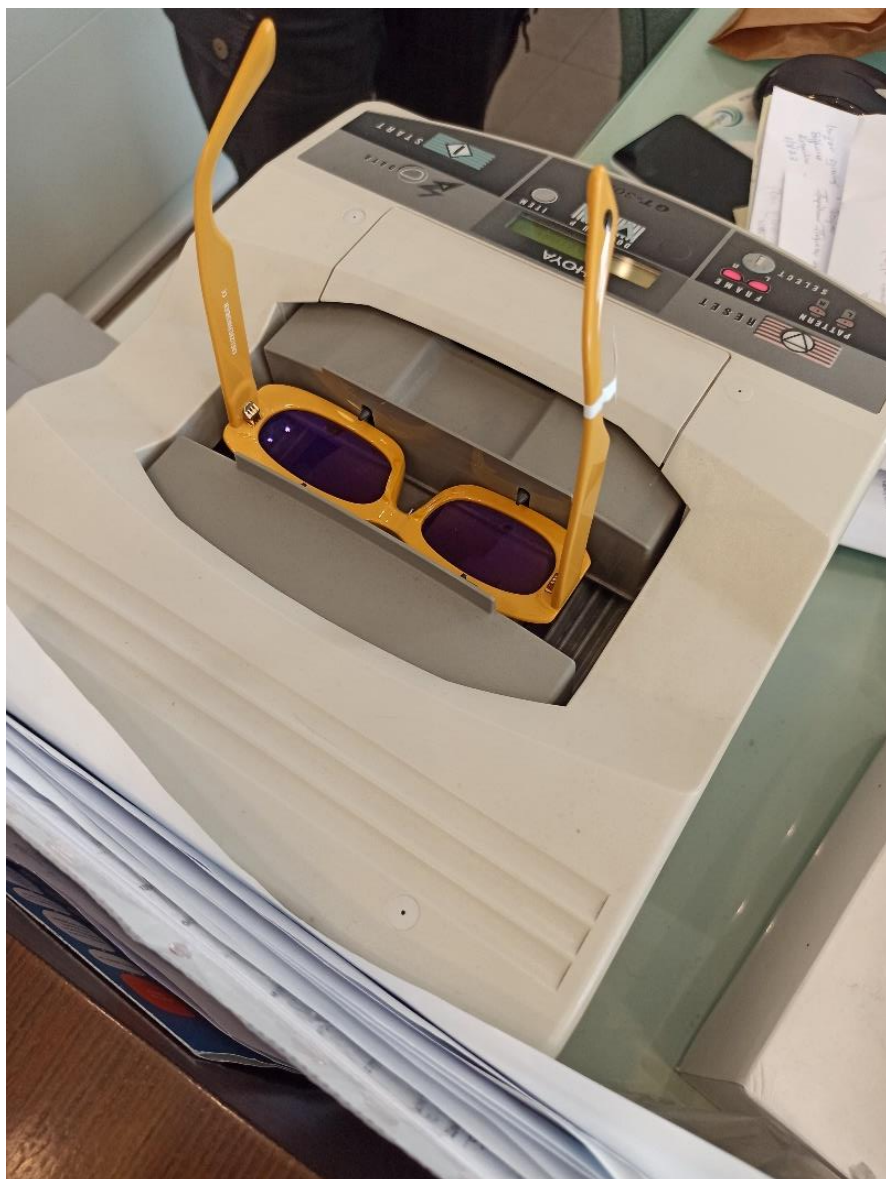
## 1.4 Έρευνα πεδίου

Κατά το στάδιο της έρευνας επισκέφθηκα το κατάστημα οπτικών της κυρίας Γκαινά Γεωργίας <https://www.opticagaina.gr/> στον Άγιο Στέφανο και είχα την ευκαιρία να συζητήσω και να εξετάσω ορισμένες παραμέτρους που αφορούν τους σκελετούς γυαλιών οράσεως από κοντά. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες φωτογραφίες από το κατάστημα.



Εικόνα 8 Φωτογραφία συσκευής θέρμανσης από το κατάστημα οπτικών *optikagaina.com*

Συσκευή θέρμανσης βραχιόνων σκελετού με σκοπό την μείωση ή αύξηση της εσωτερικής απόστασης τους με στόχο την καλύτερη εφαρμογή του σκελετού στο πρόσωπο του χρήστη. Σε αυτό το σημείο έγινε ιδιαίτερη αναφορά στις ιδιότητες του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του σκελετού. Πιο συγκεκριμένα το υλικό του σκελετού πρέπει να είναι ‘‘εύπλαστο’’ όταν θερμανθεί υπό συγκεκριμένη θερμοκρασία ώστε η γεωμετρία του να μπορεί να πάρει αυτές τις μικρές διακυμάνσεις ‘‘καλιμπράρισμα’’ και όταν επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος να είναι πάλι στιβαρό.



*Εικόνα 9 Φωτογραφία συσκευής χαρτογράφησης από το κατάστημα οπτικών optikagaina.com*

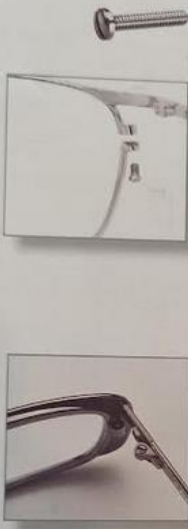
Συσκευή για την μέτρηση- ανίχνευση της εσωτερικής γεωμετρίας του σκελετού στις 2 σπές που θα τοποθετηθούν οι φακοί. Στην συνέχεια η γεωμετρία που μετρήθηκε στέλνεται με μορφή συντεταγμένων στον εξωτερικό συνεργάτη ούτως ώστε να γίνει η κοπή τους στο laser. Πρακτικά μέσω αυτής της διαδικασίας δίνετε η δυνατότητα στον σχεδιαστή του σκελετού να επιλέξει δίχως δέσμευση το σχήμα που θα έχουν οι φακοί και ο σκελετός εφόσον οποιοδήποτε σχήμα μπορεί να μεταφραστεί μέσω αυτής της συσκευής ανίχνευσης και να προκύψει ο τελικός φακός. Κάτι τέτοιο προφανώς προάγει την δημιουργικότητας κατά την διαδικασία σχεδιασμού.



Στις δυο φωτογραφίες που ακολουθούν απεικονίζονται οι κύριες κατηγορίες σπειρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την συναρμογή του σκελετού με τους βραχίονες μέσα από το εγχειρίδιο που χρησιμοποιείται κατά την δημιουργία νέων παραγγελιών για τους πελάτες του καταστήματος. Οι διαστάσεις

σύμφωνα με τον υπεύθυνο του καταστήματος που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι σπειρώματα διαμέτρου 1-1.5mm


**Βίδες**



**Ø 1.4 mm ΟΛΟ ΣΠΕΙΡΩΜΑ**



Κωδικός	Υλικό			Τεμάκια
0012200	Ατσάλι	3.8 mm	1.8 mm	80
0011900	Ατσάλι	4.2 mm	2.5 mm	80
0011800	Ατσάλι	4.6 mm	1.8 mm	80
0011500	Ατσάλι	5.0 mm	2.5 mm	80
0011000	Αίρασα	6.3 mm	1.8 mm	80
0010900	Ατσάλι	7.0 mm	1.8 mm	80
0010901	Αίρασα	7.0 mm	1.8 mm	80
0010600	Ατσάλι	7.0 mm	2.5 mm	80
0010601	Αίρασα	7.0 mm	2.5 mm	80
0010800	Ατσάλι	8.0 mm	2.5 mm	80
<b>NEW</b> 0014700	Ατσάλι	13 mm	1.8 mm	80

**ΒΙΔΕΣ Ø 1.4 mm / ΜΕ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ (TEFLON)**



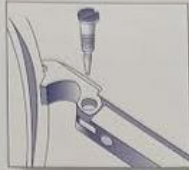
Κωδικός	Υλικό			Τεμάκια
0012200T	Ατσάλι	4.0 mm	1.8 mm	80
0011700T	Ατσάλι	4.3 mm	2.5 mm	80
0011800T	Ατσάλι	4.6 mm	1.8 mm	80
0011500T	Ατσάλι	5.0 mm	2.5 mm	80

**V** 243

Εικόνα 10 εγχειρίδιο σπειρωμάτων σελίδα 1 αναφορά κατάστημα οπτικών Γκαινά

# Βίδες

## ΒΙΔΕΣ ΓΙΑ FLEX ΜΕ ΜΥΤΗ ΟΔΗΓΟ



Ø 1.4 mm

	Κωδικός	Χρώμα	Υλικό			Τεμάχια
	0013700 ✓	Ασημί	Ατσάλι	3.8 mm	2.0 mm	80
<b>NEW</b>	0013700BL	Μολυβί	Ατσάλι	3.8 mm	2.0 mm	80
<b>NEW</b>	0013700G	Χρυσό	Ατσάλι	3.8 mm	2.0 mm	80
	0013800	Ασημί	Ατσάλι	4.1 mm	2.0 mm	80
<b>NEW</b>	0014800	Ασημί	Ατσάλι	6.0 mm	2.0 mm	80

Ø 1.3 mm

<b>NEW</b>	0013713 ✓	Ασημί	Ατσάλι	3.8 mm	2.0 mm	80
------------	-----------	-------	--------	--------	--------	----

Ø 1.2 mm

	0013712 ✓	Ασημί	Ατσάλι	3.8 mm	2.0 mm	80
--	-----------	-------	--------	--------	--------	----

Ø 1.0 mm

	0013710	Ασημί	Ατσάλι	2.5 mm	1.4 mm	80
--	---------	-------	--------	--------	--------	----

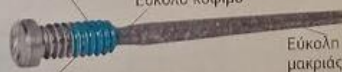
ΒΙΔΕΣ 4 ΣΕ 1 **NEW**

Εγσωματωμένη κόλλα για ισχυρό βίδωμα

Εύκολο κόψιμο

Σπειρώμα που δημιουργεί βόλτες

Εύκολη τοποθέτηση λόγω μακρικής μύτης. Ιδανική για μεγάλες σαρνιέρες



Ø 1.4 mm

	Κωδικός	Χρώμα	Υλικό			Τεμάχια
	0816004 ✓	Ασημί	Ατσάλι	4.8 mm	1.8 mm	50
	0816013	Ασημί	Ατσάλι	5.5 mm	2.0 mm	50



241

Εικόνα 11 εγχειρίδιο σπειρωμάτων σελίδα 2 αναφορά κατάστημα οπτικών Γκαινά

Επίσης στο κατάστημα την στιγμή της έρευνας υπήρχε διαθέσιμος ένας σκελετός που είχε κατασκευαστεί με την μέθοδο της προσθετικής κατασκευής οπότε για λόγους πληρότητας επισυνάφθηκε και η εικόνα



*Εικόνα 12 Φωτογραφία σκελετού γυαλιών από το κατάστημα οπτικών [ortikagaina.com](http://ortikagaina.com)*

Μοντέλο που έχει κατασκευαστεί με την μέθοδο ταχείας προτυποποίησης και ήταν διαθέσιμο για πώληση την στιγμή της έρευνας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο – Ανάλυση μεθόδων προσθετικής κατασκευής

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εισαγωγή για τις μεθόδους προσθετικής κατασκευής και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα τους έναντι των κλασικών κατασκευαστικών μεθόδων. Το 3D printing είναι μια διαδικασία κατασκευής αντικειμένων, στην οποία ένας υπολογιστής ολοκληρώνει τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, με εναπόθεση υλικού στρώμα πάνω σε στρώμα. Το 3D printing εμπεριέχει συνήθως και την διαδικασία δημιουργίας του ψηφιακού μοντέλου του αντικειμένου, μέσω χρήσης ειδικού λογισμικού (CAD).("Introduction to Plastics Engineering" από Albertus W. Catsman και Alfred Rudin)

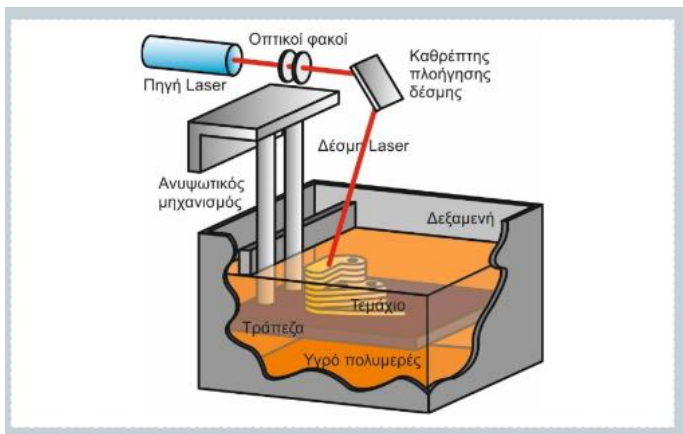
Το 3D printing χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες, ανάλογα με το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του αντικειμένου. Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε διάφορους τομείς, μερικά από αυτά είναι:

1. **Προσαρμοστικότητα:** Η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει τη δημιουργία προσαρμοσμένων και μοναδικών σχεδίων που μπορούν να είναι πολύπλοκα αλλά παράλληλα κατασκευάσιμα και να προσαρμόζονται στις ακριβείς ανάγκες ενός πελάτη ή ενός συγκεκριμένου έργου.
  2. **Αποδοτικότητα:** Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης μειώνει την ανάγκη για πολλά ενδιάμεσα βήματα και εξοικονομεί χρόνο και κόστος στην παραγωγή καθώς και στις πρώτες ύλες αφού ουσιαστικά χρησιμοποιείται μόνο όση ποσότητα υλικού είναι αναγκαία και αποφεύγονται οι ‘‘φύρες’’
  3. **Ανακυκλώσιμο:** Μεγάλο πλήθος υλικών που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ανακυκλώσιμα, επιτρέποντας στους χρήστες να μειώσουν το απόβλητο και να επιτύχουν περισσότερη βιωσιμότητα στην παραγωγή.
  4. **Ακρίβεια:** Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να δημιουργήσει ακριβείς και λεπτομερείς γεωμετρίες αντικειμένων χαρακτηριστικό που είναι άκρως απαραίτητο σε εφαρμογές όπου ακόμα και λίγα χιλιοστά μπορεί να οδηγήσουν σε κακή συναρμογή όπως π.χ. ο τομέας κατασκευής μικρών ηλεκτρονικών συσκευών. π.χ. κινητά τηλέφωνα smartwatches κ.λπ.
- ❖ Η προσθετική κατασκευή χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς, όπως η κατασκευή πρωτοτύπων για περαιτέρω ελέγχους και δοκιμές, η παραγωγή αντικειμένων για βιομηχανική χρήση, η ιατρική, η αεροναυτική, η αυτοκινητοβιομηχανία. ("The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications" από Ben Redwood, Filemon)

Οι πιο κοινές μέθοδοι προσθετικής κατασκευής που χρησιμοποιούνται είναι σήμερα:

### 2.1 Τεχνολογία Stereo-lithography (SLA)

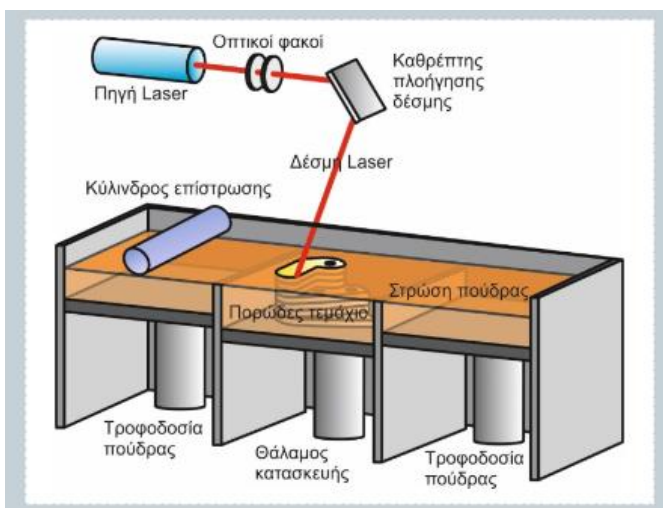
Τα συστήματα SLA χρησιμοποιούν πολυμερές υγρό (ρετσίνι) που θερμαίνεται από μια ακτίνα laser ώστε να αυξηθεί η επιφανειακή τάση των επιστρώσεων και να ενωθούν. Πριν λιώσει το πολυμερές, ολόκληρο το υπόστρωμα θερμαίνεται ακριβώς πάνω από το σημείο τήξεως του υλικού για να ελαχιστοποιήσει την παραμόρφωση που θα προκληθεί από την θέρμανση και για να διευκολύνει την τήξη του επόμενου στρώματος.



Εικόνα 13 Πηγή από materialise.com

## 2.2 Τεχνολογία Selective Laser Sintering (SLS)

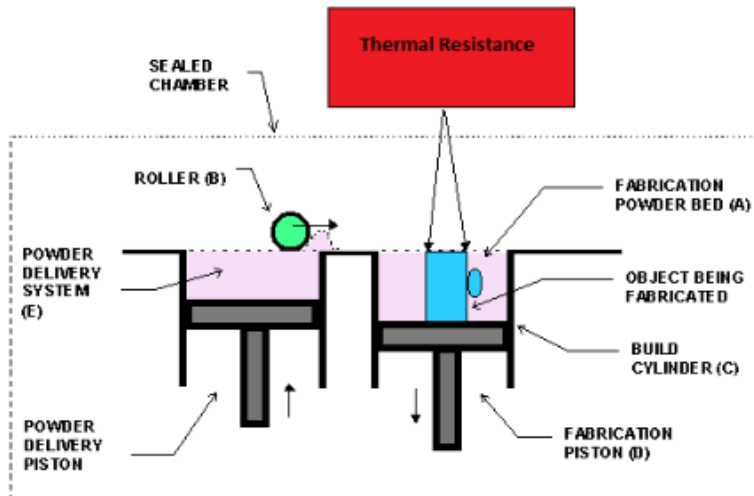
Τα συστήματα SLS χρησιμοποιούν κόκκους υλικού σε κατάσταση πούδρας που θερμαίνεται από μια ακτίνα laser ώστε να αυξηθεί η επιφανειακή τάση των επιστρώσεων και να ενωθούν. κάτ. αντιστοιχία με την μέθοδο SLA. Επίσης όπως φαίνεται και στην φωτογραφία υπάρχουν 2 θάλαμοι τροφοδοσίας πούδρας που όσο προχωρά η διαδικασία εκτύπωσης αναπληρώνουν τον θάλαμο κατασκευής με υλικό.



Εικόνα 14 Πηγή από αναφορά materialise.com

## 2.3 Τεχνολογία Selective Heat Sintering (SHS)

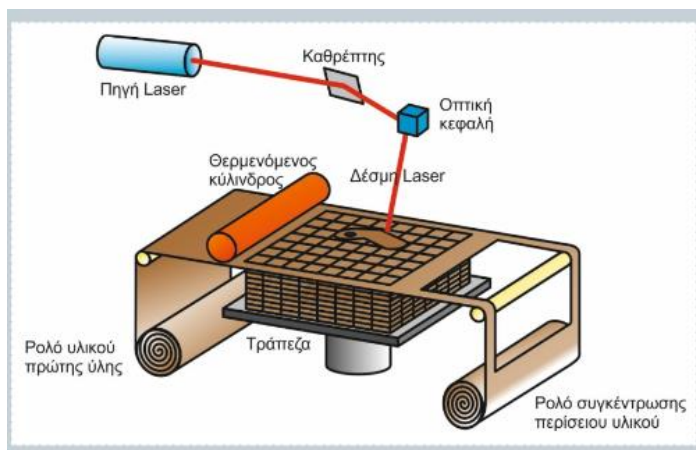
Ένας εκτυπωτής SHS χρησιμοποιεί μια εκτυπωτική κεφαλή που θερμαίνεται και την κατευθύνει πάνω από μια σκόνη ή προς ένα πηκτό υλικό. Η θερμότητα προκαλεί την πήξη του υλικού και τη σύγκληση των σωματιδίων του, δημιουργώντας έτσι το τελικό αντικείμενο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται σταδιακά για να ολοκληρωθεί η εκτύπωση.



Εικόνα 14 Πηγή από materialise.com

## 2.4 Τεχνολογία Laminated Object Manufacturing (LOM)

Τα προφίλ των τομών κόβονται σε ειδικά επιστρωμένο χαρτί χρησιμοποιώντας ένα laser. Το χαρτί περιλαμβάνει μια πλαστική επίστρωση στην κάτω πλευρά η οποία θερμαίνεται στους κυλίνδρους και λιώνει δημιουργώντας ένα κολλώδες υπόστρωμα με το οποίο ενώνεται το κάθε στρώμα. Η διαδικασία παράγει σημαντικό όγκο καπνού και απαιτεί ένα σύστημα φιλτραρίσματος και εξαερισμού. Η τελική ακρίβεια δεν είναι τόσο καλή όσο με άλλες μεθόδους όμως τα αντικείμενα έχουν μια ξύλινη υφή και όψη και μπορούν να αξιοποιηθούν αντιστοίχως.

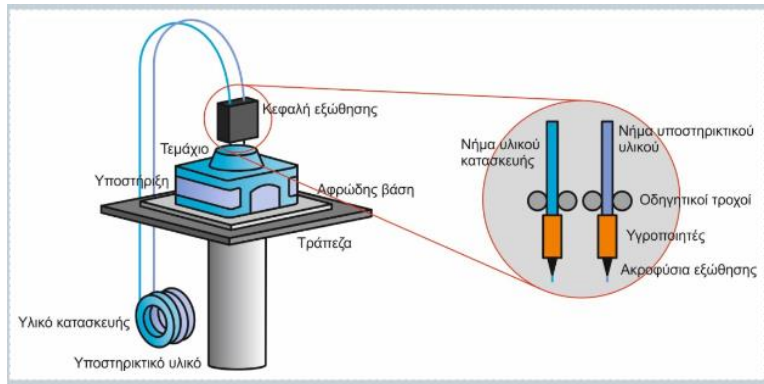


Εικόνα 15 Πηγή από materialise.com

## 2.5 Τεχνολογία Fused Deposition Modeling (FDM)

Τα σύγχρονα συστήματα FDM περιλαμβάνουν δύο στόμια, ένα για το υλικό του χτισίματος και ένα για το υλικό υποστήριξης. Το δεύτερο είναι φτηνό και απομακρύνεται από το πρωτότυπο χωρίς να καταστρέφει την επιφάνειά του. Είναι επίσης δυνατό να κατασκευασθούν και οριζόντια υποστηρίγματα για να μειώσουν

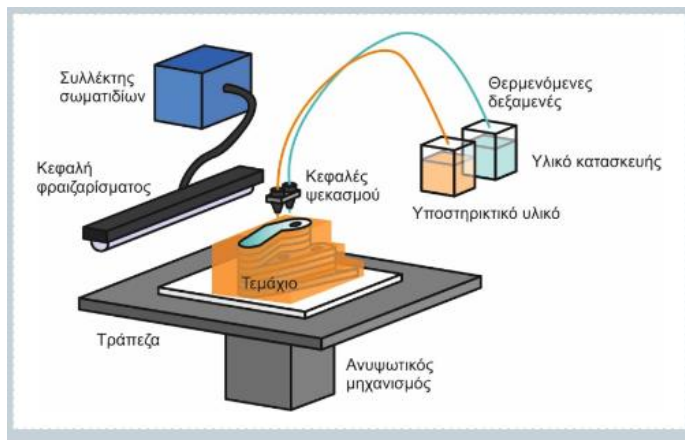
την χρήση υλικού και τον χρόνο κατασκευής. Η μέθοδος είναι σχετικά απλή αλλά περιορίζεται από τη χρήση θερμοπλαστικών υλικών.



Εικόνα 17 Πηγή από materialise.com

## 2.6 Τεχνολογία Ink Jet printing

Η συγκεκριμένη τεχνολογία ονομάζονταν στο παρελθόν και “Ballistic Particle Manufacturing”. Βασίζεται στη χρήση δύο ακροφυσίων για το υλικό χτίσιματος και υποστήριξης αντίστοιχα. Χρησιμοποιούνται πλαστικά υλικά και κερί τα οποία διατηρούνται σε υγρή μορφή σε ειδικές δεξαμενές. Οι κεφαλές των ακροφυσίων εναποθέτουν μικρές σταγόνες των υλικών στο αντικείμενο οι οποίες παγώνουν και στερεοποιούνται. Οι κεφαλές ελέγχονται ηλεκτρονικά και εναποθέτουν υλικό μόνο στα σημεία που είναι απαραίτητα. Όταν ολοκληρωθεί το χτίσιμο ενός στρώματος τότε περνάει μια κεφαλή κοπής οποία καθαρίζει κατάλοιπα και δίνει στα στρώματα ομοιόμορφο πάχος. Μετά την ολοκλήρωση του αντικειμένου το κερί λιώνει και αφαιρείται εύκολα.



Εικόνα 16 Πηγή από materialise.com

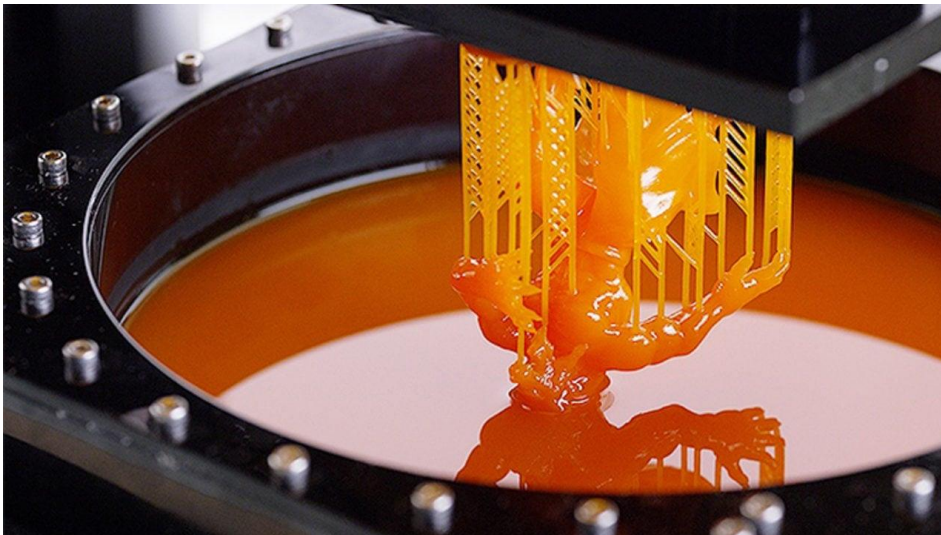
**Οι επικρατέστερες μέθοδοι προσθετικής κατασκευής είναι η SLA και η FDM λόγω ορισμένων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους.**

Τόσο η τεχνολογία SLA (Stereo Lithography Apparatus) όσο και η FDM (Fused Deposition Modeling) είναι δύο δημοφιλείς μέθοδοι εκτύπωσης 3D. Και οι δύο μέθοδοι έχουν τα πλεονεκτήματά τους, αλλά και διάφορες εφαρμογές και πεδία χρήσης όπου κάθε μια από αυτές ξεχωρίζει.

## 2.7 Σύγκριση Χαρακτηριστικών

### 2.7.1 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας SLA:

1. **Υψηλή ανάλυση:** Η τεχνολογία SLA προσφέρει υψηλή ανάλυση εκτύπωσης, που επιτρέπει τη δημιουργία αντικειμένων με ανώτατη λεπτομέρεια.
2. **Ακρίβεια:** Η δυνατότητα της τεχνολογίας SLA να παράγει ακριβή αντικείμενα την καθιστά κατάλληλη για εφαρμογές που απαιτούν πολύ μικρό εύρος ανοχών, όπως πρωτότυπα και αντικείμενα μικρής κλίμακας.
3. **Ευκολία χρήσης:** Η τεχνολογία SLA είναι σχετικά εύκολη στη χρήση, με απλό σύστημα εκτύπωσης και λίγες απαιτήσεις σε σχέση με την προετοιμασία του μοντέλου.



Εικόνα 17 Πηγή από [3dprintingtec.com](http://3dprintingtec.com)

### 2.7.2 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας FDM:

1. **Χαμηλό κόστος:** Οι εκτυπωτές FDM είναι συνήθως πιο οικονομικοί σε σύγκριση με τους εκτυπωτές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία SLA. Αυτό τους καθιστά προσιτούς για ερασιτέχνες, μικρές επιχειρήσεις και εκπαιδευτικούς σκοπούς.
2. **Υλικά:** Οι εκτυπωτές FDM μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια μεγάλη ποικιλία υλικών, όπως θερμοπλαστικά PLA, ABS και TPU. Αυτό επιτρέπει την παραγωγή αντικειμένων με διάφορες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.
3. **Σχετική ταχύτητα:** Οι εκτυπωτές FDM μπορούν να παράγουν αντικείμενα με σχετικά μεγάλη ταχύτητα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους εκτύπωσης. Αυτό τους καθιστά κατάλληλους για παραγωγικές εφαρμογές και γρήγορη πρωτότυπη ανάπτυξη.



*Εικόνα 18 Πηγή από 3dprinting tec.com*

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο – Σύγχρονες Τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση των τεχνολογικών μεθόδων της τοπολογικής βελτιστοποίησης (topology optimization) και του γενετικού αλγόριθμου σχεδίασης (generative design).

### **3.1 Ανάλυση τοπολογικής βελτιστοποίησης – Topology optimization**

Η τοπολογική βελτιστοποίηση (topology optimization) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται σε 3D CAD μοντέλα για να βρεθεί η βέλτιστη δομή ενός σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένες περιοριστικές συνθήκες και κριτήρια βελτιστοποίησης. Στόχος είναι να επιτευχθεί η βέλτιστη ανακατανομή υλικού στον σχεδιασμό, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση και να μειωθεί το βάρος ή άλλα χαρακτηριστικά. (Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. "Topology optimization: theory, methods, and applications." Springer Science & Business Media, 2004. Rozvany, George I. N.)

Κατά την εφαρμογή της τοπολογικής βελτιστοποίησης, το 3D CAD μοντέλο υπόκειται σε μια σειρά αλγορίθμων που αλλάζουν την αρχική δομή του μοντέλου για να επιτύχουν τον βέλτιστο σχεδιασμό. Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη, αφαίρεση ή αναδιατάξεις υλικού σε συγκεκριμένες περιοχές του μοντέλου. Επίσης οι αλγόριθμοι τοπολογικής βελτιστοποίησης λαμβάνουν υπόψη τους μηχανικούς περιορισμούς και τα κριτήρια απόδοσης που καθορίζονται για τον συγκεκριμένο σχεδιασμό, όπως η αντοχή, η ελαστικότητα, η σταθερότητα κ.λπ. ("Generative Design: Form-finding Techniques in Architecture" από Asterios Agkathidis.)

Η τοπολογική βελτιστοποίηση επιτρέπει στους μηχανικούς να εξερευνήσουν εναλλακτικές δομές και σχεδιασμούς που μπορεί να μην είχαν σκεφτεί αρχικά. Αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτιστοποίηση σχεδίων σε πολλούς τομείς, όπως η αεροναυπηγική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ρομποτική και η αρχιτεκτονική.

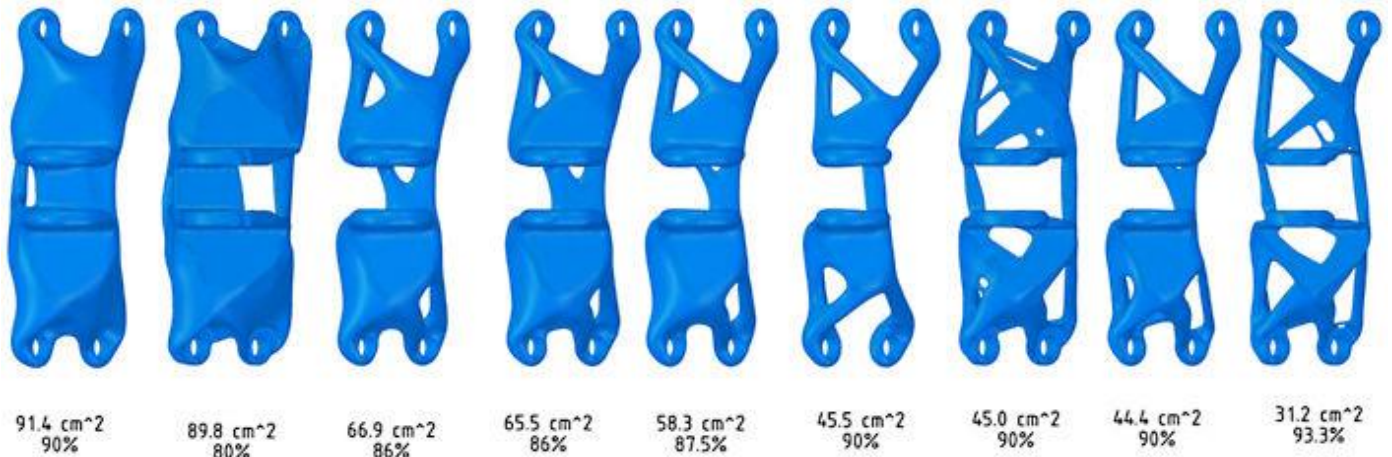


Εικόνα 19 Πηγή από gendesign.pdf

### 3.2 Ανάλυση γενετικού αλγορίθμου σχεδίασης - Generative Design

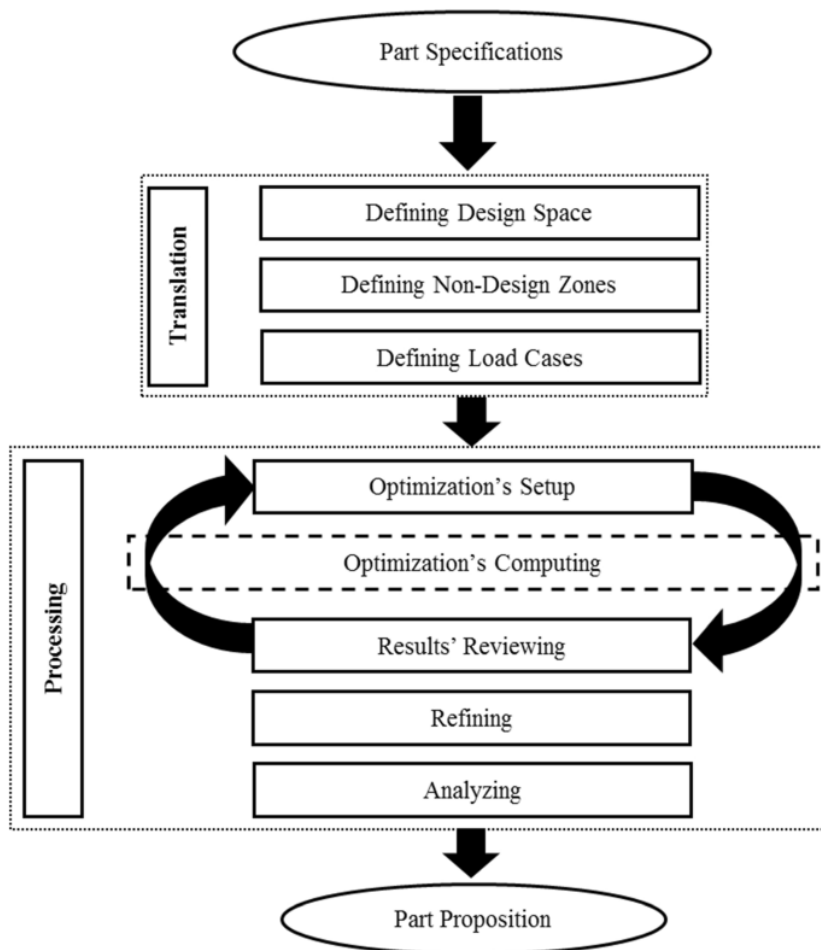
Στη σχεδίαση, ο γενετικός αλγόριθμος χρησιμοποιείται για την εύρεση της βέλτιστης λύσης σε προβλήματα βελτιστοποίησης, όπου η αναζήτηση μιας τέτοιας λύσης μπορεί να είναι πολύπλοκη ή αδύνατη να γίνει με τις κλασικές μεθόδους.

Ο αλγόριθμος αυτός λειτουργεί με τη χρήση ενός πληθυσμού από λύσεις, ο οποίος εξελίσσεται στον χρόνο. Αρχικά, ο πληθυσμός δημιουργείται τυχαία και αποτελείται από μια σειρά από λύσεις. Στη συνέχεια, οι λύσεις στον πληθυσμό αξιολογούνται ως προς την απόδοσή τους στο πρόβλημα βελτιστοποίησης. Στη συνέχεια, οι λύσεις επιλέγονται για την αναπαραγωγή, όπως στη φύση οι πληθυσμοί επιλέγουν τα άτομα που έχουν τα καλύτερα γονίδια για να αναπαραχθούν. Η αναπαραγωγή τους συνίσταται στη δημιουργία νέων λύσεων με το συνδυασμό αποτελεσμάτων. ("Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing" από Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, και Claudius Lazzaroni.)





**Διάγραμμα ροής βασικών βημάτων κατά την δημιουργία generative γεωμετρίας**



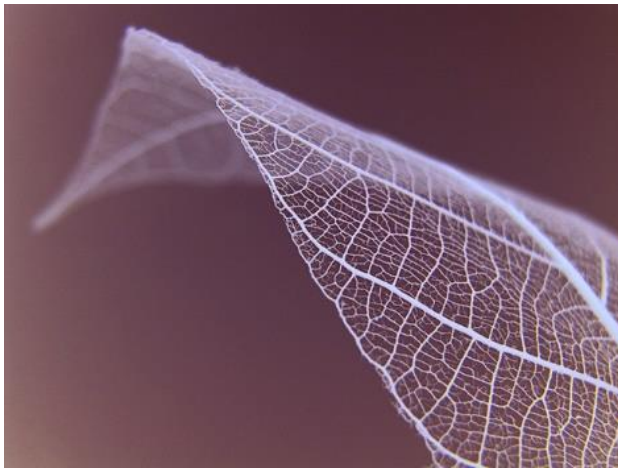
*Εικόνα 20 Πηγή από [flowchart.org/generative design](http://flowchart.org/generative-design)*



### 3.3 Εμβάθυνση στην δημιουργία πλέγματος κρυστάλλων – Lattices

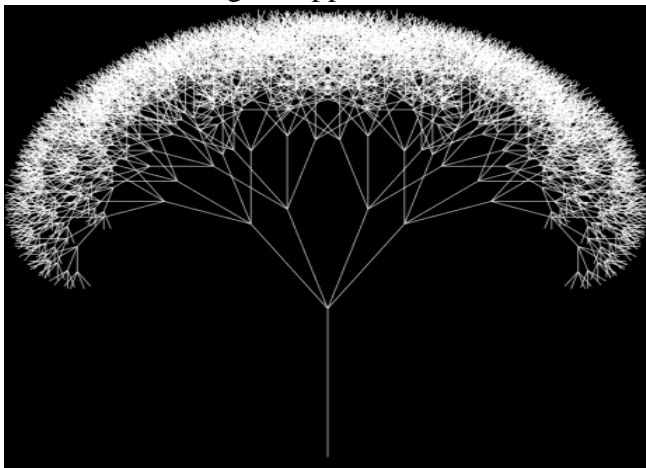
Η δομή των οργανισμών αναπτύσσεται με έναν συγκεκριμένο σκοπό που είναι άμεσα συνδεδεμένος με την επιβίωση τους.

Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται η δομή ενός φύλλου όπου οι ίνες είναι κατανομημένες με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να καλύπτουν ισομερώς όλο το εμβαδόν του με απώτερο σκοπό να μπορούν όλα τα απαραίτητα συστατικά να φτάσουν σε όλα τα σημεία του. Επίσης οι κεντρικές "αρτηρίες" έχουν μεγαλύτερο πάχος από τα παρακλάδια που είναι λεπτότερα ούτως ώστε να μετριάζεται έτσι όσο το δυνατόν το βάρος του, να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εμβαδόν και ομοιομορφία του σκελετού του που είναι απαραίτητο για την πρόσληψη των ακτινών του ήλιου (Introduction to Crystallography" by Donald E. Sands)



Εικόνα 21 Πηγή από [naturedesing.org](http://naturedesing.org)

Στην επόμενη εικόνα εάν προσεγγίσουμε πιο μακροσκοπικά το πεδίο φαίνεται ότι τα κλαδιά του δέντρου καταλαμβάνουν μια διάταξη κυκλωτική και υπερυψωμένη ως προς τον κορμό με στόχο να μπορούν να προσλαμβάνουν όσο το δυνατόν περισσότερο φως μεγιστοποιώντας το εμβαδόν τους. ("Designing with nature: The ecological approach to biomimetic architecture." Energy Procedia Benyus, )



Εικόνα 22 Πηγή από [naturedesing.org](http://naturedesing.org)

Αντίστοιχα με τα ανωτέρω παραδείγματα τα ανθρώπινα οστά αναπτύσσονται με αντίστοιχο τρόπο και όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες η δομή τους εσωτερικά δεν είναι συμπαγής αλλά ακολουθεί και αυτή ορισμένα μοτίβα. Αυτά τα μοτίβα είναι με τέτοιο τρόπο προσανατολισμένα με στόχο η τελική γεωμετρία που προκύπτει να εξασφαλίζει την αντοχή τους σε κατάγματα, την γρήγορη επούλωση τους και την όσο το δυνατόν καλύτερη αναλογία αντοχής/βάρους. (Janine M. Biomimicry: Innovation inspired by nature. Harper Collins, 2009.)

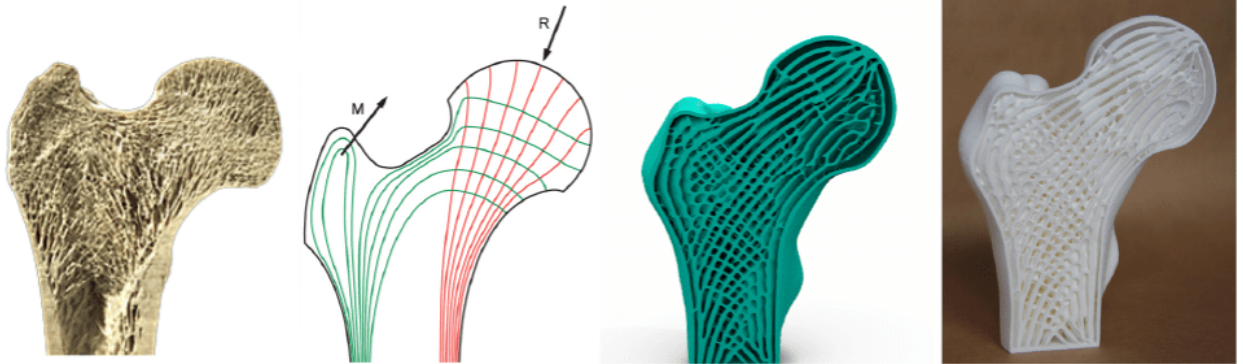


Fig. 1: From left to right: Cross-section of a human femur showing cortical structures on the shell and trabecular structure in the interior [4] (Image courtesy of Paul Crompton). Illustration of principal stress directions under major mechanical loads (©[2009] IEEE. Reprinted, with permission, from [5]). Cross-section of the optimized porous infill in a 3D bone model. The 3D printed bone model.

Εικόνα 23α Πηγή από [natureinspired.org](http://natureinspired.org)

Παρακάτω επισυνάπτονται εικόνες από ορισμένα βιομηχανικά προϊόντα τα οποία ακολουθούν στην γεωμετρία τους δομή κρυστάλλων ή μικροδομή ανάλογα με τον στόχο βελτιστοποίησής τους



Εικόνα 28 και 29 από [Laticedesign.com](http://Laticedesign.com)

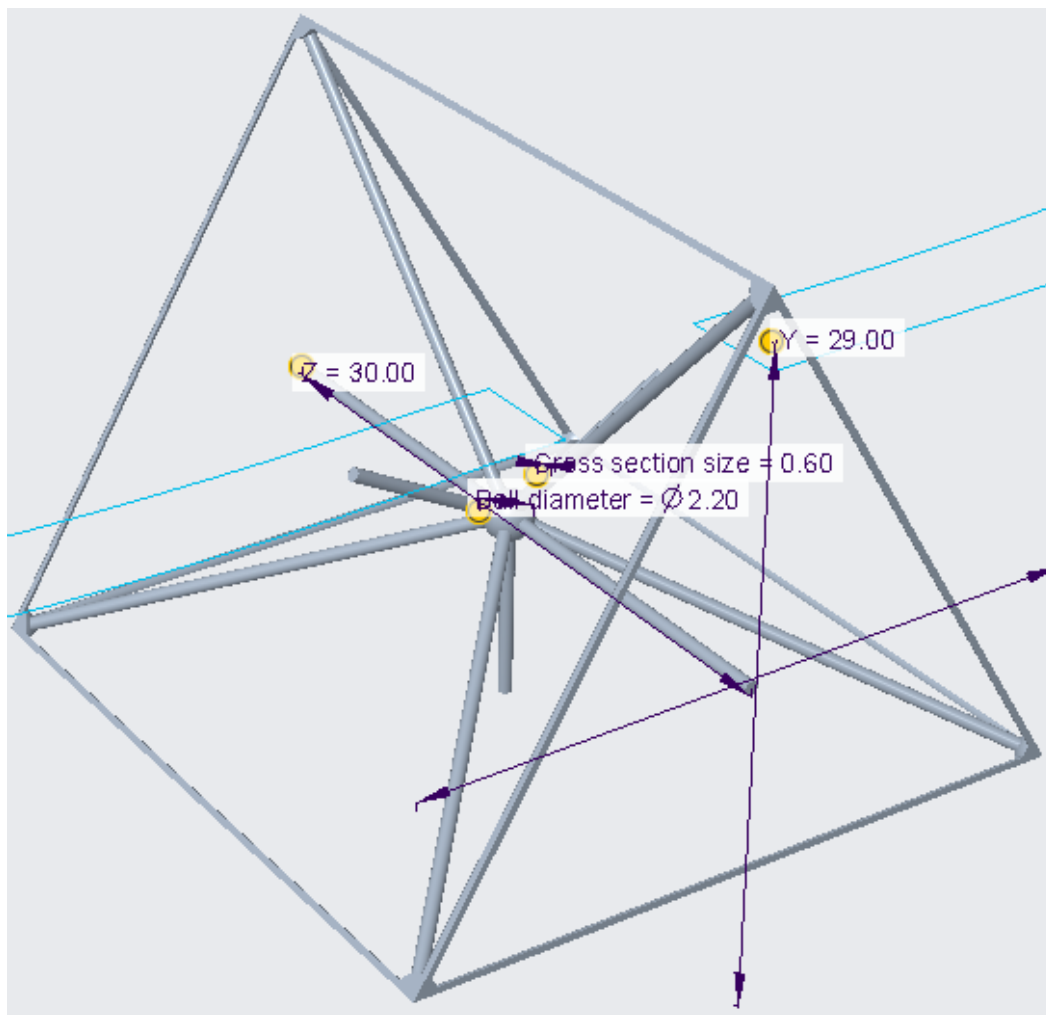
### 3.3.1 Κατηγορία Α: Πλέγμα ευθύγραμμων στοιχείων (Beam lattice) για την δημιουργία γεωμετρίας μικροδομής

Το πλέγμα ευθύγραμμων στοιχείων ( beam lattice) το οποίο ουσιαστικά αποτελείται από στοιχεία ράβδους και κόμβους και οι υποκατηγορίες του διακρίνονται από την γεωμετρία που έχει το στοιχείο. Πιο αναλυτικά οι επιμέρους υποκατηγορίες είναι



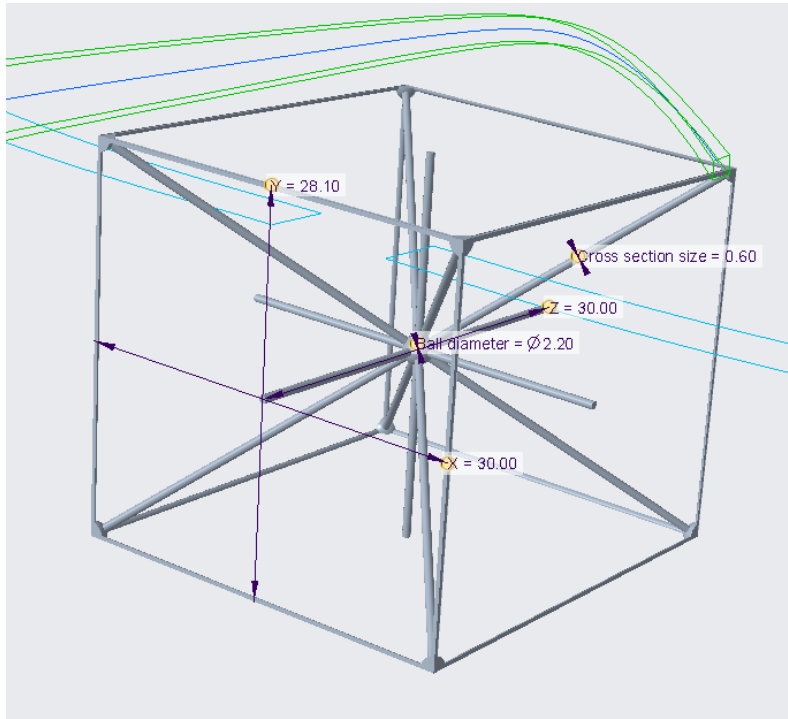
Εικόνα 24 Creoparametric.screenshot

#### 3.3.1.1.- Τριγωνικό



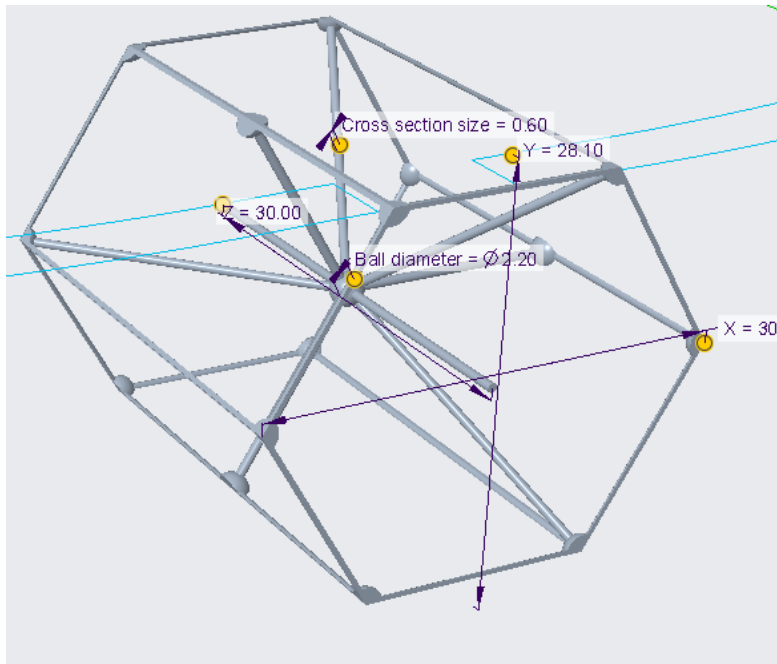
Εικόνα 25 Creoparametric.screenshot

### 3.3.1.2- Κυβικό



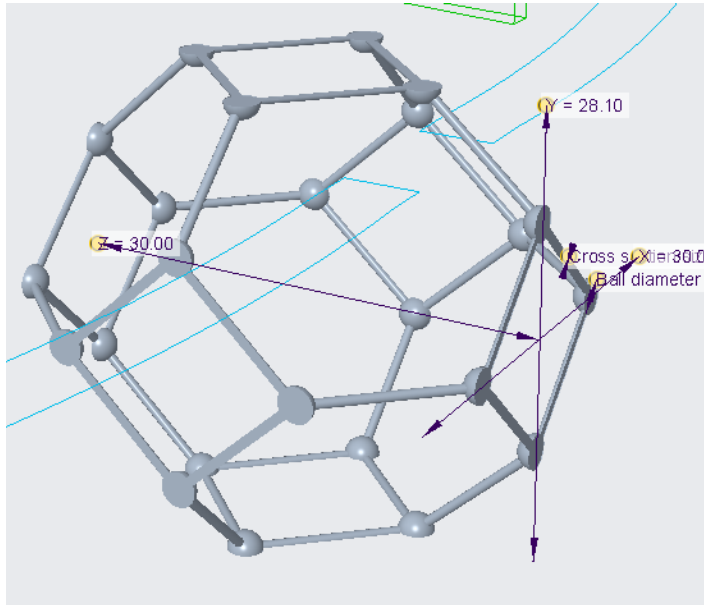
Εικόνα 26 Creoparametric.screenshot

### 3.3.1.3- Εξάπλευρο



Εικόνα 27 Creoparametric.screenshot

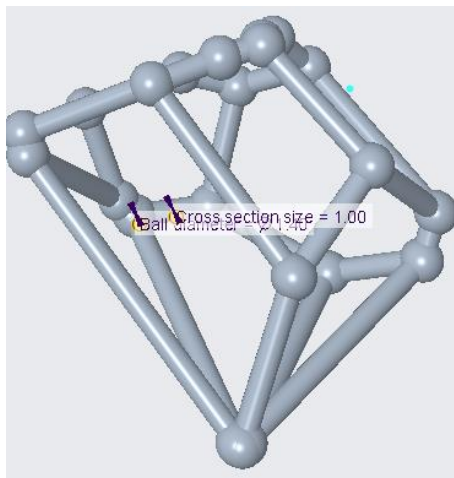
### 3.3.1.4- Οκτάπλευρο



Εικόνα 28 Creoparametric.screenshot

### 3.3.1.5- Στοχαστικό

Στο στοχαστικό πλέγμα, ένα φυσικό σύστημα μοντελοποιείται ως ένα πλέγμα πόντων ή κόμβων που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με μια τυχαία κατανομή. Κάθε κόμβος μπορεί να έχει καταστάσεις ή μεγέθη που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, και η εξέλιξή τους συνήθως εξαρτάται από τις γειτονικές του καταστάσεις στο πλέγμα.

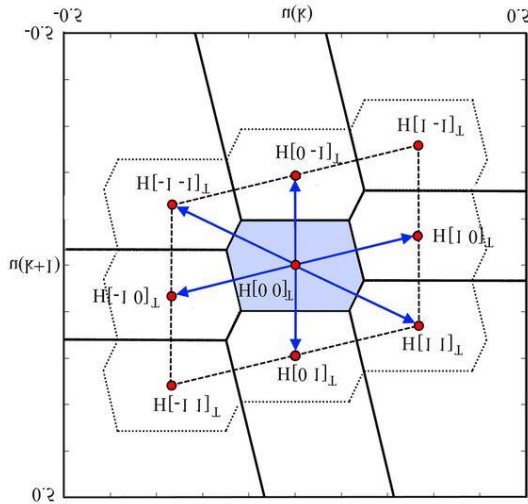


Εικόνα 29 Creoparametric.screenshot

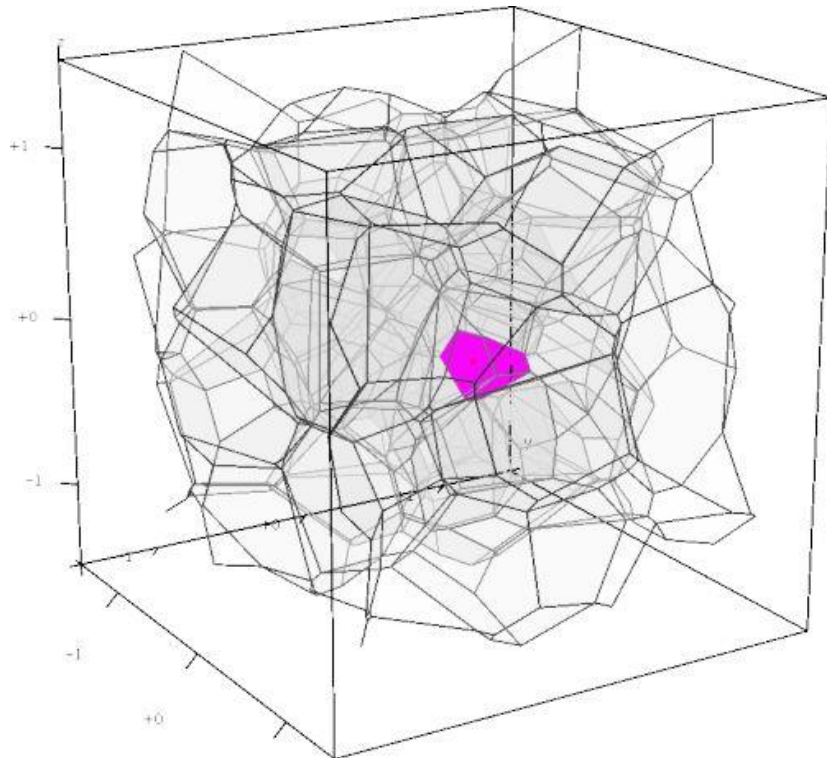
Στο στοχαστικό πλέγμα υπάρχουν 2 υποομάδες με βάση την εξίσωση τριγωνοποίησης του Delauney ή το διάγραμμα του Voronoi με το κύτταρο 0

## A. Voronoi Cell – Κύτταρο 0

Το Voronoi Diagram χωρίζει τον χώρο σε περιοχές με βάση την κοντινότερη απόσταση από τα σημεία. Κάθε σημείο έχει μια περιοχή που αποτελείται από όλα τα σημεία του χώρου που είναι πιο κοντά σε αυτό το σημείο από οποιοδήποτε άλλο σημείο. Αυτή η περιοχή ονομάζεται "Voronoi cell" για το συγκεκριμένο σημείο. Το Voronoi Diagram είναι μια αναπαράσταση των αυτών των περιοχών.



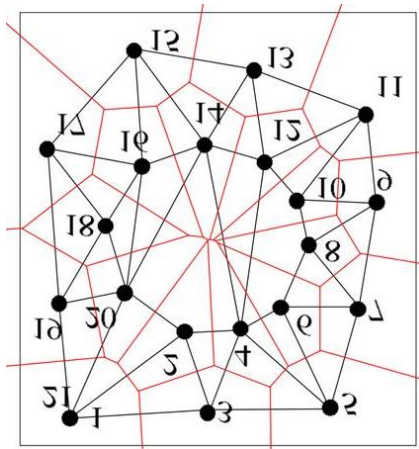
Εικόνα 33 Voronoi Cell representation



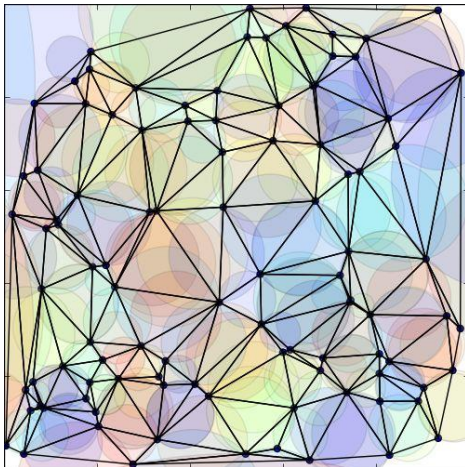
Εικόνα 34 Voronoi Cell dispersion – equationlattice.com

## B. Delaunay Triangulation- Τριγωνοποίηση του Delanay

Το Delaunay Triangulation είναι μια τριγωνοποίηση αυτών των σημείων, που σημαίνει ότι ο χώρος διαιρείται σε τρίγωνα έτσι ώστε να έχουμε τρίγωνα που εκπληρώνουν έναν συγκεκριμένο κανόνα, που είναι ο κανόνας του Delaunay. Ο κανόνας αυτός λέει ότι για κάθε τρίγωνο στην τριγωνοποίηση, δεν μπορεί να υπάρχει άλλο σημείο εντός ή πάνω στον περιγεγράμμενο κύκλο του τριγώνου. Έτσι, το Delaunay Triangulation είναι ένας τρόπος να αναπαραστήσουμε αποτελεσματικά την δομή του χώρου μεταξύ των σημείων.



Εικόνα 35 Delaunay Triangulation diagram allocation- equationlattice.com



Εικόνα 36 Delaunay Triangulation diagram allocation- equationlattice.com

Το Delaunay Triangulation και το Voronoi Diagram είναι δύο γραφικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται συχνά στο πεδίο της υπολογιστικής γεωμετρίας, και ειδικότερα στον τομέα των στοχαστικών πλέγματων.

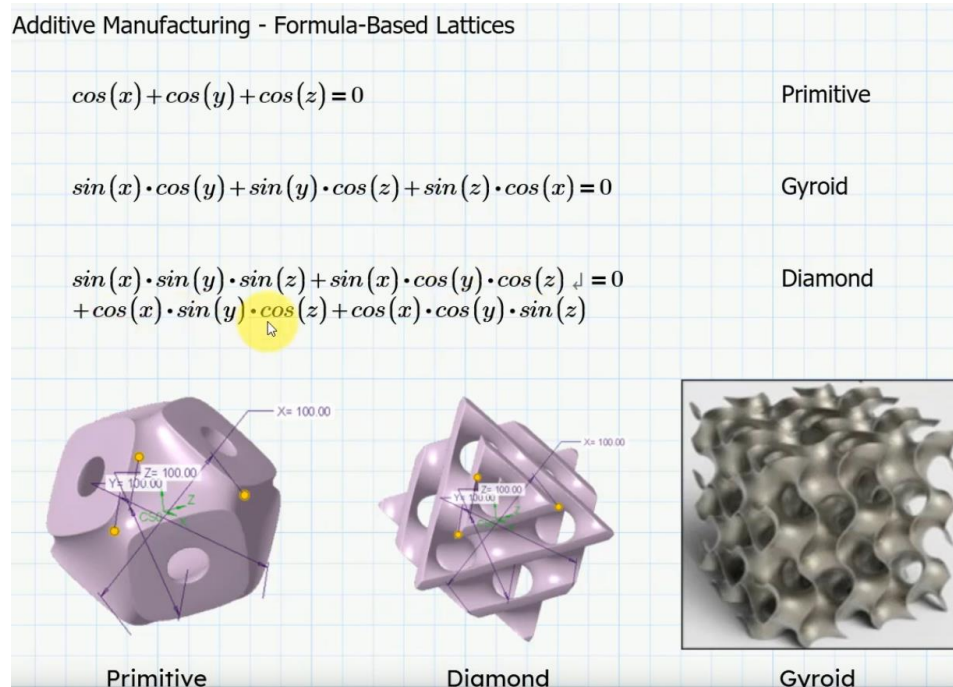
Τόσο η Delaunay Triangulation όσο και το Voronoi Diagram παρέχουν πληροφορίες για την γεωμετρική δομή των σημείων σε ένα στοχαστικό πλέγμα. Είναι χρήσιμα για πολλές εφαρμογές, όπως στον χαρτογραφικό σχεδιασμό, την ανάλυση δεδομένων και την προσομοίωση φυσικών φαινομένων.

### 3.3.2 Εφαρμογές πλεγμάτων Α κατηγορίας

- ❖ Τριγωνικό πλέγμα: Έχει την ιδιότητα ότι κάθε κύτταρο έχει τουλάχιστον τρεις γείτονες. Αυτό το πλέγμα χρησιμοποιείται συχνά στην υπολογιστική γεωμετρία και την προσομοίωση ρευστών.
- ❖ Κυβικό πλέγμα: Αυτό το πλέγμα είναι κατάλληλο για προσομοίωση τρισδιάστατων δομών, όπως κρυστάλλα και στερεά υλικά.
- ❖ Εξαγωνικό πλέγμα: αυτό το πλέγμα προσφέρει ομοιόμορφη κατανομή των γειτόνων και συμμετρία. Χρησιμοποιείται σε προσομοιώσεις ρευστών, μεταφορά θερμότητας και διάφορες εφαρμογές στην υπολογιστική γραφική.
- ❖ Οκταγωνικό πλέγμα: Αυτό το πλέγμα συνδυάζει ορισμένες από τις ιδιότητες του τριγωνικού και εξαγωνικού πλέγματος και χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των προσομοιώσεων ρευστών και της υπολογιστικής γεωμετρίας.
- ❖ Στοχαστικό πλέγμα: Το στοχαστικό πλέγμα είναι ένα πλέγμα που έχει δομηθεί με τυχαίο τρόπο. Αντί να έχει καθορισμένη δομή, οι θέσεις των στοιχείων στο στοχαστικό πλέγμα επιλέγονται με τυχαίο τρόπο, ακολουθώντας κατανομές πιθανότητας. Αυτό το πλέγμα χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως η τυχαίοποιημένη προσομοίωση και οι μέθοδοι ανάλυσης.

### 3.3.3 Κατηγορία Β: Αλγοριθμικά πλέγματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα εξής πλέγματα **gyroid primitive diamond**. Αυτές οι δομές προκύπτουν από τριγωνομετρικές εξισώσεις όπως φαίνεται και στην φωτογραφία και ένα κοινό τους χαρακτηριστικό είναι ότι πρόκειται για αυτουποστηριζόμενες δομές. Αυτό σημαίνει ότι κατά την διάρκεια της διαδικασίας της προσθετικής κατασκευής δεν απαιτείται συμπληρωματική γεωμετρία για στήριξη του τεμαχίου, επομένως εξοικονομείται υλικό.



Εικόνα 37 Delaunay formuladrivenlattices-lab.org





*Gyroid lattice – model- latticphysics.com*

Επίσης κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα της χρήσεως μια τέτοιας δομής στην γεωμετρία είναι

- A. **Δομή Gyroid:** Η δομή Gyroid είναι μια χρωματική δομή που είναι γνωστή για την ανακλαστική της ιδιότητα. Είναι μια πολύπλοκη δομή με σφαιρική συμμετρία και μοιάζει με έναν ιστό από διασταυρούμενα καλώδια. Η δομή Gyroid είναι γεμάτη από κενά και μικρούς πόρους, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές όπως το φιλτράρισμα και ο αερισμός.
- B. **Primitive δομή:** Η primitive δομή είναι μια απλή και αποτελεσματική δομή που αποτελείται από κύβους που επαναλαμβάνονται. Η δομή αυτή προσφέρει αντοχή και σταθερότητα, και είναι κατάλληλη για εφαρμογές που απαιτούν αντοχή στη μηχανική καταπόνηση, όπως οι αεροπορικές εφαρμογές και οι βιομηχανικές διαδικασίες.
- C. **Δομή Diamond:** Η δομή Diamond είναι μια εξαιρετικά σκληρή και ανθεκτική δομή που παρουσιάζει μορφολογική ομοιότητα με τη δομή του διαμαντιού. Αυτή η δομή προσφέρει εξαιρετική μηχανική αντοχή, χημική ανθεκτικότητα και θερμική σταθερότητα. Οι εφαρμογές της δομής Diamond περιλαμβάνουν την παραγωγή εξαρτημάτων για αεροδιαστημικές, ιατρικές και βιομηχανικές εφαρμογές.

### 3.4 Διαφορές topology optimization συγκριτικά με generative design

Το generative design είναι μια προσέγγιση που βασίζεται στη χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι, για τη δημιουργία δομικών σχημάτων. Στο generative design, ο σχεδιαστής καθορίζει τις περιοριστικές συνθήκες και τους στόχους του σχεδιασμού, και ο αλγόριθμος παράγει αυτόματα πολλές εναλλακτικές λύσεις. Ο σχεδιαστής επιλέγει και αξιολογεί αυτές τις λύσεις για να καταλήξει σε μια τελική σχεδιαστική επιλογή.



Εικόνα 38 Potential of generative design- paper- autodesk

Από την άλλη πλευρά, η τοπολογική βελτιστοποίηση είναι μια μέθοδος που επιδιώκει να βρει τη βέλτιστη κατανομή υλικού εντός ενός προκαθορισμένου χώρου. Η διαδικασία της τοπολογικής βελτιστοποίησης αποσκοπεί στη μείωση του υλικού που χρησιμοποιείται ενώ παράλληλα διατηρείται η απαιτούμενη αντοχή του σχεδιασμού. Η τοπολογική βελτιστοποίηση αναλύει μαθηματικά την εξέλιξη του σχεδιασμού και παράγει ως αποτέλεσμα ένα βέλτιστο δομικό σχήμα.



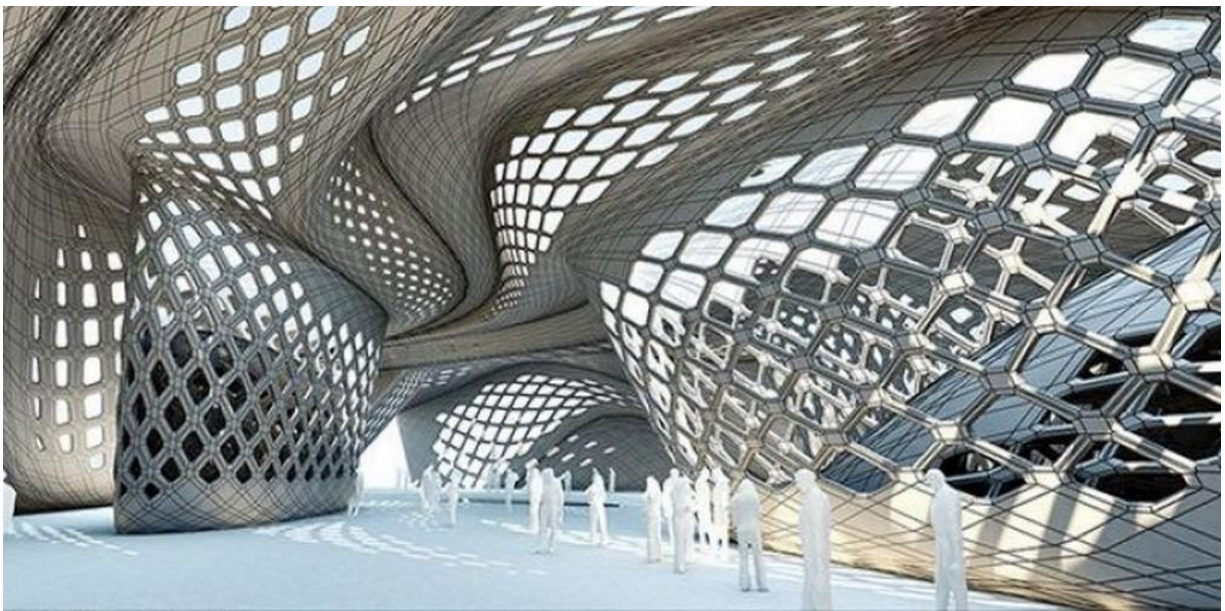
Εικόνα 39 Steps for creating optimized geometry

Οι κύριες διαφορές μεταξύ του generative design και της τοπολογικής βελτιστοποίησης είναι ο τρόπος παραγωγής των σχεδιαστικών επιλογών και η προσέγγιση της βελτιστοποίησης. Το generative design βασίζεται στην εφαρμογή αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης για την αυτόματη δημιουργία πολλαπλών εναλλακτικών σχεδιαστικών επιλογών, ενώ η τοπολογική βελτιστοποίηση επιδιώκει να βρει το βέλτιστο δομικό σχήμα με βάση μαθηματικούς υπολογισμούς και καταλήγει σε ένα μοναδικό αποτέλεσμα.

### 3.5 Προοπτικές της τεχνολογίας του Generative design

Το generative design έχει δυναμικές και ελπιδοφόρες μελλοντικές προοπτικές σε πολλούς τομείς. Ορισμένες από τις κυριότερες προοπτικές του generative design περιλαμβάνουν: ("Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing" από Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, και Claudius Lazzeroni.)

1. **Βελτιωμένη καινοτομία προϊόντων:** Το generative design μπορεί να βοηθήσει τους σχεδιαστές και τους μηχανικούς να δημιουργούν προϊόντα με βελτιωμένη λειτουργικότητα και απόδοση. Χρησιμοποιώντας αλγορίθμους και τεχνικές του generative design, μπορούν να παράγουν πολλαπλές παραλλαγές ενός προϊόντος, τις οποίες μπορούν να αξιολογήσουν και να επιλέξουν την καλύτερη λύση.
2. **Βελτιστοποίηση διαδικασιών κατασκευής:** Το generative design μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών κατασκευής και παραγωγής. Χρησιμοποιώντας αυτόματους αλγορίθμους, μπορεί να γίνει εξερεύνηση διαφορετικών συνδυασμών υλικών, σχεδίων και δομών προϊόντων για την εύρεση της βέλτιστης δυνατής λύσης από άποψη κόστους, απόδοσης και βιωσιμότητας.
3. **Σχεδίαση πόλεων και αρχιτεκτονική:** Το generative design μπορεί να εφαρμοστεί στη σχεδίαση πόλεων και κτιρίων, παρέχοντας αποτελεσματικές λύσεις για τη βέλτιστη χρήση του χώρου και την ελαχιστοποίηση του αντικτύπου στο περιβάλλον. Με βάση τις παραμέτρους και τους περιορισμούς που ορίζονται, το generative design μπορεί να παράγει αυτόματα προτάσεις για την ανάπτυξη πόλεων και την αρχιτεκτονική.
4. **Προηγμένη κατασκευή και ρομποτική:** Το generative design μπορεί να ενσωματωθεί στην προηγμένη κατασκευή και στη ρομποτική για τη δημιουργία προηγμένων και πολύπλοκων δομών. Χρησιμοποιώντας αυτόματους αλγορίθμους και ρομποτικά συστήματα, μπορούν να δημιουργηθούν περίπλοκα αντικείμενα και κατασκευές που ξεπερνούν τις δυνατότητες της παραδοσιακής ανθρώπινης σχεδίασης και κατασκευής.

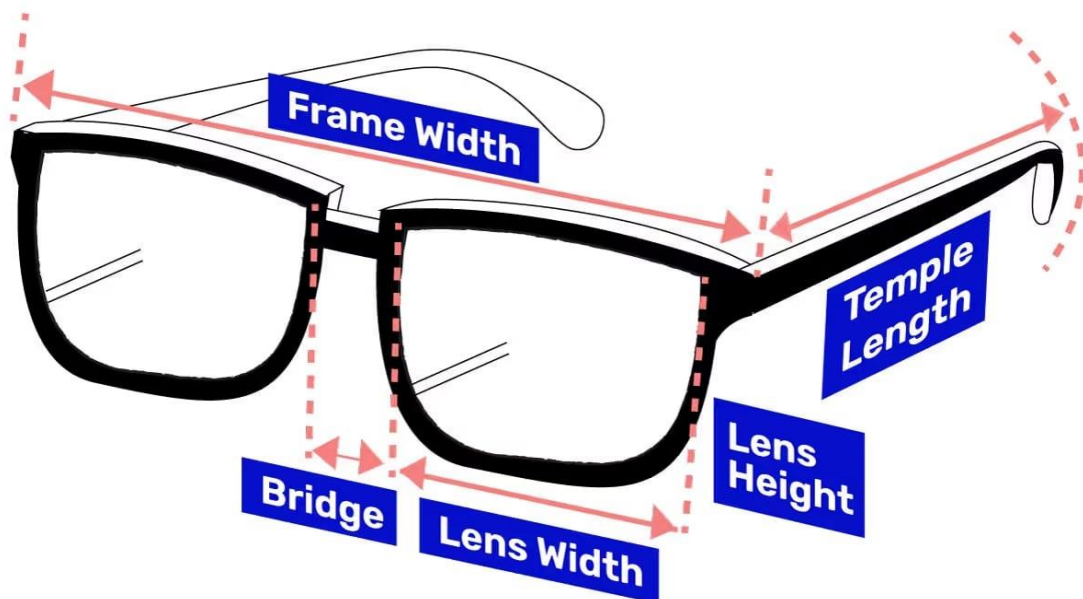


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο – Προδιαγραφές Σχεδίασης και Αξιολόγησης Υλικών

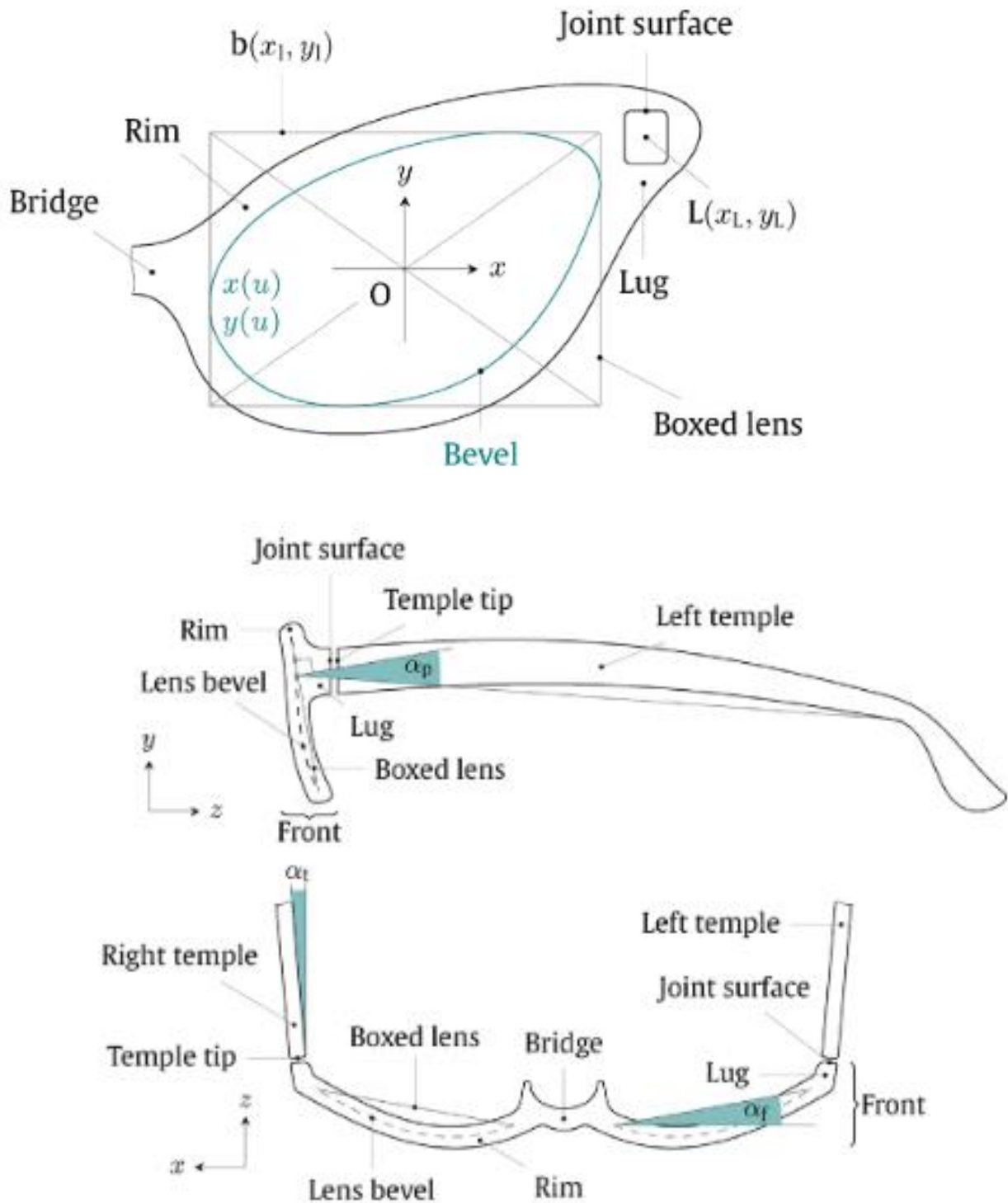
### 4.1 Θεμελιώδη γεωμετρικά μεγέθη που καθορίζουν την γεωμετρία ενός σκελετού γυαλιών οράσεως.

Η γεωμετρία ενός σκελετού γυαλιών οράσεως καθορίζεται από διάφορες βασικές γεωμετρικές παράμετρος, οι οποίες αναγράφονται παρακάτω:

1. **Η απόσταση ανάμεσα στις δύο φακοθήκες (bridge width):** Πρόκειται για την απόσταση μεταξύ των δύο φακοθηκών των γυαλιών, δηλαδή το μέρος του σκελετού που εφάπτεται στη μύτη.
2. **Το μήκος των βραχιόνων (bracket length):** Αυτό είναι το μήκος του κάθε βραχίονα που στηρίζει τα γυαλιά στα αυτιά.
3. **Το ύψος των φακών (lens height):** Πρόκειται για το ύψος του κάθε φακού στα γυαλιά. Αυτή η παράμετρος είναι σημαντική για να εξασφαλιστεί ότι οι φακοί καλύπτουν τη απαιτούμενη περιοχή του ματιού για βέλτιστη όραση.
4. **Το πλάτος των φακών (lens width):** Πρόκειται για το πλάτος του κάθε φακού στα γυαλιά, δηλαδή το πλάτος της επιφάνειας του φακού που καλύπτει το μάτι.



Εικόνα 40 Βασική Γεωμετρία σκελετού γυαλιών οράσεως

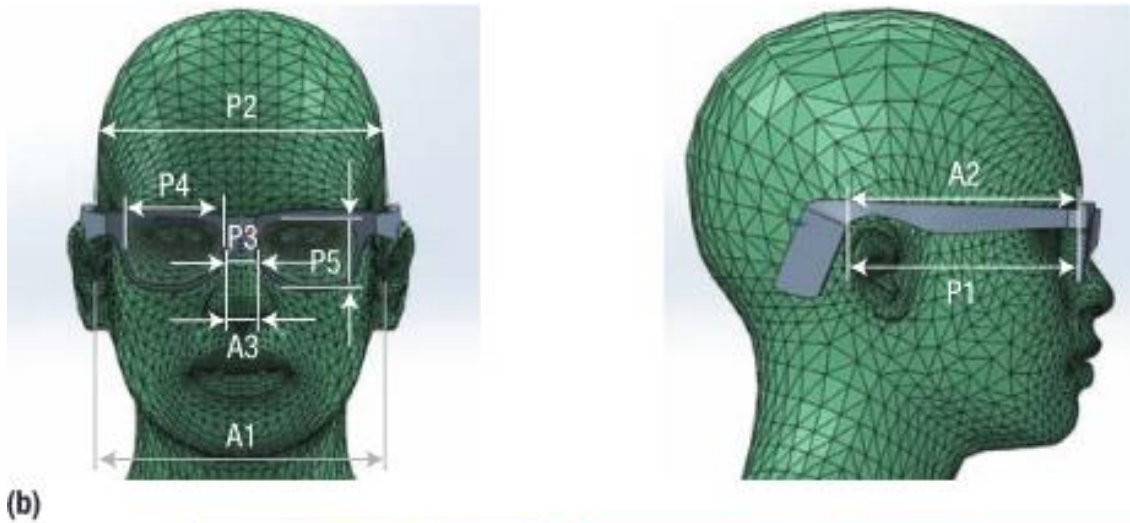


Εικόνα 41a&b Elements describing geometry of spectacles – source paper *Personalizing\_3D-Printed\_Smart\_Eyeglasses\_to\_Augment\_Daily\_Life*

Στο επόμενο βήμα απευθυνόμενοι σε μελέτη που έχει γίνει για την δημιουργία πρωτότυπων σκελετών οπτικών - (Combining aesthetics and engineering specifications for fashion-driven product design: A case

study on spectacle frames Aurelio Montalto \*, Serena Graziosi) χρησιμοποιήσαμε τον εξής πίνακα για να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος τιμών στην δημιουργία πρωτότυπης γεωμετρίας

**Αναφορά πίνακα τιμών όσον αφορά τα γεωμετρικά μεγέθη που παρατίθεται παραπάνω**



(b)

	Head and face anthropometrics			Smart eyeglasses model parameters				
	A1 Head width (cm)	A2 Nose-ear distance (cm)	A3 Nose width (cm)	P1 Temple length (cm)	P2 Temple ends width (cm)	P3 Nose width (cm)	P4 Lens width (cm)	P5 Lens height (cm)
Model 1	12.5	18.8	1.3	8.7	11.5	1.5	4.3	3.5
Model 2	12.5	10.3	1.6	10.1	12.1	1.6	3.8	3.0
Model 3	12.5	11.5	1.9	11.5	12.2	1.9	3.8	3.0
Model 4	14.2	9.2	1.5	9.1	13.4	1.5	5.0	3.8
Model 5	14.2	10.2	1.9	10.6	13.4	1.6	4.7	3.3
Model 6	14.2	11.2	2.1	11.7	14.1	1.9	4.6	3.0
Model 7	15.9	9.2	1.7	9.1	15.1	1.6	5.4	3.4
Model 8	15.9	10.6	2.1	10.5	15.3	1.8	5.2	3.2
Model 9	15.9	11.8	2.4	11.8	15.7	1.8	5.1	3.0
Participant 1	15.0	11.0	1.4	10.9	14.3	1.4	5.9	3.1
Participant 2	13.1	10.6	1.8	10.5	10.8	1.8	5.3	3.8
Participant 3	14.5	11.0	1.1	10.9	13.5	1.4	5.2	3.3
Participant 4	14.1	11.1	1.6	11.0	12.2	1.6	4.2	3.0

Εικόνα 42 Πλήθος τιμών για ποικίλες διαστάσεις ανθρώπινου κεφαλιού

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθεται η ανάλυση που έγινε όσον αφορά το βέλτιστο υλικό που θα εξυπηρετούσε καλύτερα τις προδιαγραφές του σκελετού.

Αρχικά αναφέρεται ότι τα επικρατέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο για την κατασκευή σκελετών με τις παραδοσιακές κατασκευαστικές μεθόδους είναι τα εξής

- **Μέταλλα:** Οι σκελετοί γυαλιών μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα μέταλλα, όπως ανοξείδωτο ατσάλι, τιτάνιο, αλουμίνιο και κράματα μετάλλων. Τα μέταλλα παρέχουν αντοχή, καθώς και ιδιαίτερη αισθητική.
- **Πλαστικά:** Τα πλαστικά υλικά, και ιδιαιτέρως τα θερμοπλαστικά, χρησιμοποιούνται εξίσου για την κατασκευή σκελετών γυαλιών. Τα πλαστικά παρέχουν ευελιξία, χαμηλή τιμή βάρους και ποικιλία σχεδίων και χρωμάτων.
- ❖ Εξαιτίας της μεθόδου προσθετικής κατασκευής που θα εφαρμοσθεί κρίθηκε σκόπιμο το υλικό να ανήκει στην κατηγορία των πολυμερών πλαστικών επιδιώκοντας να ικανοποιεί τα παρακάτω κριτήρια και λόγω του ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση με μέταλλα δεν προσιτή και με την ίδια ευκολία εφικτή για το σκοπό της εργασίας.

### Αρχικές προδιαγραφές

- **Ευκαμψία και ανθεκτικότητα:** Το υλικό πρέπει να είναι αρκετά εύκαμπτο για να προσαρμόζεται στο πρόσωπο, αλλά ταυτόχρονα αρκετά ανθεκτικό ώστε να αντέχει σε καθημερινή χρήση.
- **Χαμηλή τιμή βάρους:** Ένας σκελετός γυαλιών οράσεως πρέπει να είναι ελαφρύς για να παρέχει άνεση κατά τη χρήση.
- **Ανθεκτικότητα στη θερμότητα:** Το υλικό πρέπει να είναι ανθεκτικό στη θερμότητα, έτσι ώστε να μην παραμορφώνεται από την καθημερινή έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες.
- **Υποαλλεργικότητα:** Επειδή οι σκελετοί έρχονται σε επαφή με το δέρμα, το υλικό πρέπει να είναι υποαλλεργικό για να μην προκαλεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις.
- **Δυνατότητα εκτύπωσης σε 3D εκτυπωτή:** Το υλικό πρέπει να είναι συμβατό με την τεχνολογία 3D εκτύπωσης και να μπορεί να εκτυπωθεί με ακρίβεια και υψηλή ανάλυση ώστε να παράγει λεπτομερείς και ακριβείς κατασκευές.

## 4.2 Ανάλυση και εμβάθυνση στις προδιαγραφές της γεωμετρίας του σκελετού

Για την σύνταξη της λίστας των προδιαγραφών του σκελετού ακολουθήθηκε η εξής στρατηγική. Εφαρμόστηκαν όλες οι προδιαγραφές σχεδίασης για έναν τυπικό σκελετό όπως ορίζονται από το διεθνές πρότυπο ISO 12870:2016 και στην συνέχεια εμπλουτίστηκε η λίστα με βάση τις νέες προδιαγραφές που απαιτούνται να ληφθούν υπόψη εφόσον ο συγκεκριμένος σκελετός θα κατασκευαστεί με την μέθοδο προσθετικής κατασκευής αναζητώντας προφανώς και υλικά κατάλληλα για αυτήν την μέθοδο.

### ❖ Τυπικές μηχανικές-γεωμετρικές προδιαγραφές κατά ISO 12870:2016

**1. Βάρος** Ο σκελετός πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ελαφρύτερος με ανώτατο όριο τα **32gr** δίχως την προσθήκη των φακών. **Ara weight<=32gr**

**2. Γεωμετρία.** Ο σκελετός πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον ίσο με 2 τυπικούς φακούς και λιγότερό από 3. Δηλαδή **110mm<=width<=150mm** .Επίσης το μήκος των βραχιόνων θα πρέπει να είναι μεταξύ του ορίου **130<=bracket length<=160**. Τέλος το ύψος του σκελετού δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 50mm. **height<=50mm** .Επίσης

για τις περιοχές όπου συγκεντρώνεται το φορτίο του βάρους του σκελετού δηλαδή το άνω μέρος την μύτης καθώς και το άνω μέρος των αυτιών η συνολική επιφάνεια επαφής του σκελετού με το πρόσωπο του χρήστη πρέπει να είναι τουλάχιστον  $200\text{mm}^2$  για σκελετούς με βάρος έως 25gr και  $250\text{mm}^2$  για άνω των 25gr.

**3. Αντοχή.** Ο σκελετός πρέπει να είναι ανθεκτικός και να αντέχει συνδυασμένα φορτία έως 100N στους 2 βραχίονες με οποιονδήποτε τρόπο και αν αυτά ασκηθούν και σε οποιαδήποτε διεύθυνση ,δηλαδή είτε με εφελκυσμό κάμψη στρέψη θλίψη, δίχως να επιφέρεται σημαντική παραμόρφωση της γεωμετρίας του. **Displacement<-0.5mm**

### 4.3 Ποιοτικές προδιαγραφές για σκελετό που θα κατασκευαστεί με προσθετική κατασκευή

**Υλικό:** Οι φακοί των γυαλιών οράσεως μπορούν να εκτυπωθούν χρησιμοποιώντας ποικίλα υλικά, όπως πλαστικό ή ρητίνη. Το επιλεγμένο υλικό θα πρέπει να έχει αντιαλλεργικές ιδιότητες να είναι ανθεκτικό στην ηλιακή ακτινοβολία να είναι εύπλαστο για να μπορεί να πάρει μικρές μεταβολές στην γεωμετρία του δίχως να αστοχήσει κατά το καλιμπράρισμα του σκελετού στο πρόσωπο του πελάτη.

**Επιφάνεια φινιρίσματος:** Η επιφάνεια των γυαλιών μπορεί να επικαλυφθεί με ειδικό φινιρίσμα για προστασία και αισθητικούς λόγους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αντι-χαράκωμα, αντι-αντανακλαστική ή υδρόφοβη επίστρωση. Επίσης το υλικό θα ήταν επιθυμητό να μπορεί να λαμβάνει βαφή εύκολα ώστε να μπορεί να χρωματιστεί στην απόχρωση της αρεσκείας του χρήστη

**Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον** Θα πρέπει το υλικό που θα επιλεγεί να μπορεί με κατάλληλη διεργασία να αποσυντίθενται και να ξανά-τυπωθεί

**Κόστος.** Η πρώτη ύλη θα πρέπει να έχει χαμηλό κόστος για να μην συμπαρασύρεται και η τελική τιμή του σκελετού και γίνεται έτσι ασύμφορο για το ευρύ κοινό.

#### ➤ Ακολουθεί -παράθεση των υλικών ως προς τις ανωτέρω προδιαγραφές

1. Πλαστικό ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): Το ABS είναι ένα δημοφιλές πλαστικό υλικό που χρησιμοποιείται συχνά για την εκτύπωση 3D αντικειμένων. Είναι ανθεκτικό, ελαστικό και μπορεί να παράγει έναν σκληρό σκελετό γυαλιών.



Εικόνα 43 Πηγή από *GrantaEduPack.interface – lego bricks*



2. Πολυαμίδιο (Nylon): Το πολυαμίδιο είναι ένα ισχυρό και ευέλικτο υλικό που είναι κατάλληλο για την εκτύπωση σκελετών γυαλιών. Προσφέρει ανθεκτικότητα στην τάση και είναι ελαφρύ, καθιστώντας το κατάλληλο για γυαλιά οράσεως



Εικόνα 44 Πηγή από *GrantaEduPack.interface*

3. Πολυκαρβονικό υλικό (Polycarbonate): Το πολυκαρβονικό υλικό είναι ένα ανθεκτικό υλικό με υψηλή αντοχή στις κρούσεις. Είναι επίσης ελαφρύ και προσφέρει καλή διαφάνεια



Εικόνα 45 Πηγή από *GrantaEduPack.interface- pc case -bicycle helmet*

4. Το ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) είναι ένα θερμοπλαστικό υλικό που συχνά χρησιμοποιείται για την εκτύπωση σε 3D εκτυπωτές.



Εικόνα 46 Πηγή από *GrantaEduPack.interface -roof*

5. Το PLA είναι ένα δημοφιλές υλικό για 3D εκτυπώσεις, καθώς είναι ευκολοχρηστό, οικονομικό και διαθέσιμο σε ποικίλα χρώματα



Εικόνα 47 Πηγή από *GrantaEduPack.interface – coffee cups*

1. Cellulose acetate εποξεική κυτταρίνη ένα θερμοπλαστικό με συχνή χρήση στις λαβές εργαλείων και ιδιαίτερα πλούσια επιφανειακή αισθητική καθώς και αντιχαρακτικές ιδιότητες



Εικόνα 48 Πηγή από *GrantaEdupack.interface*

#### 4.4 Διερεύνηση υλικών και αξιολόγηση ιδιοτήτων

Για την επιλογή του ιδανικότερου υλικού από τα παραπάνω κρίθηκε σκόπιμο τα συγκριθούν τα υλικά ως προς τις ιδιότητες τους με βάση τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί και ανάλογα με το κατά πόσο τις ικανοποιούν να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα επιλογής.

Οι επιθυμητές ιδιότητες ως προς τις οποίες ελέγχονται τα υλικά είναι οι εξής

- **Υποαλλεργικότητα**
- **Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία**
- **Ευκολία στην βαφή - φινίρισμα**
- **Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον**
- **Κόστος**

Για τις συγκρίσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό που μας παρείχε το τμήμα το **Granta Edupack** από την εταιρεία **ANSYS**. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες που παρατίθενται και προκύπτουν από τις ιδιότητες του κάθε υλικού.

### ABS

#### **+** Κόστος

##### General properties

Density	<i>i</i>	1,03e3	-	1,06e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	<i>i</i>	* 1,46	-	1,71	EUR/kg
Date first used	<i>i</i>	1937			

#### **+** Εμφάνιση

##### Optical properties

Transparency	<i>i</i>	Opaque		
Refractive index	<i>i</i>	1,53	-	1,54

#### **+** Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία

### Durability: built environments

Industrial atmosphere	(i)	Acceptable
Rural atmosphere	(i)	Excellent
Marine atmosphere	(i)	Excellent
UV radiation (sunlight)	(i)	Poor

### Ανακύκλωση- Φίλικό προς το περιβάλλον

#### Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	(i)	✓			
Embodied energy, recycling	(i)	* 30,7	-	34	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	(i)	* 1,17	-	1,29	kg/kg
Recycle fraction in current supply	(i)	3,8	-	4,2	%
Downcycle	(i)	✓			
Combust for energy recovery	(i)	✓			
Heat of combustion (net)	(i)	* 37,6	-	39,5	MJ/kg
Combustion CO2	(i)	* 3,06	-	3,22	kg/kg
Landfill	(i)	✓			
Biodegrade	(i)	✗			
Toxicity rating	(i)	Non-toxic			
A renewable resource?	(i)	✗			

### Σχεδιαστικές συμβουλές

#### Strengths (i)

High impact resistance (by the standards of rigid thermoplastics) which is maintained to low temperatures. Ability to take color well, scratch and scuff resistant, easily processed and bonded, and can be electroplated, can produce a good surface gloss, low shrinkage, and warpage. Lower latent heat of fusion than PP, leading to shorter processing cooling times. Excellent resistance to acids, alkalis, salts, and many solvents. Fire-retardant (self-extinguishing) grades available.

#### Limitations (i)

Poor UV resistance unless stabilized or otherwise protected/coated, poor resistance to non-polar solvents, susceptible to unexpected part failures due to environmental stress cracking (ESC), relatively poor fatigue resistance. Relatively low maximum operating temperature of approx. 75 °C (170 °F). High friction and wear. Transparent grades are only available with the sacrifice of some toughness and tend to have a slight yellow tint compared to other forms of ABS (see MABS).

## NYLON

### Κόστος

#### General properties

Density	(i)	1,12e3	-	1,15e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 3,73	-	5,5	EUR/kg
Date first used	(i)	1938			

## Εμφάνιση

### Optical properties

Transparency	(i)	Translucent
Refractive index	(i)	1,52 - 1,57

## Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία

### Durability: built environments

Industrial atmosphere	(i)	Acceptable
Rural atmosphere	(i)	Excellent
Marine atmosphere	(i)	Excellent
UV radiation (sunlight)	(i)	Fair

## Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον

### Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	(i)	✓
Embodied energy, recycling	(i)	* 41,3 - 45,6 MJ/kg
CO2 footprint, recycling	(i)	* 2,89 - 3,19 kg/kg
Recycle fraction in current supply	(i)	0,672 - 0,742 %
Downcycle	(i)	✓
Combust for energy recovery	(i)	✓
Heat of combustion (net)	(i)	* 30,1 - 31,6 MJ/kg
Combustion CO2	(i)	* 2,28 - 2,39 kg/kg
Landfill	(i)	✓
Biodegrade	(i)	✗
Toxicity rating	(i)	Non-toxic
A renewable resource?	(i)	✗

## Σχεδιαστικές συμβουλές

### Strengths (i)

Tough and strong. Low coefficient of friction. Good slip and wear properties. Resistant to many solvents, e.g. oils, fuels, ketones, and weak alkalis. Good fatigue resistance. Addition of glass fibers causes a useful improvement in stiffness, unlike POM. Some grades can have better low temperature toughness than POM or PBT. Can be sterilized with boiling water.




### Limitations (i)

All PA's absorb water and this can lead to dimensional instability and properties changing according to the relative humidity. Water absorption reduces tensile strength and modulus, though increases toughness and flexibility - property changes may be significant (50% or more) though vary widely according to temperature and the PA type. Not resistant to strong acids or alkalis. Natural colorants (e.g. tea, coffee, fruit juice) can stain PA. Unless flame-retarded with additives, most PA will continue to burn after the withdrawal of ignition source. Relatively high processing temperature with high volume contraction on solidification leads to voids in thick walled parts. Poor UV resistance leading to embrittlement and color change, in the absence of UV stabilizing additives.

# POLYCARBONATE

## Κόστος

### General properties

Density		1,19e3	-	1,21e3	kg/m <sup>3</sup>
Price		* 2,1	-	2,39	EUR/kg
Date first used		1958			





## Εμφάνιση

### Optical properties

Transparency		Optical Quality			
Refractive index		1,58	-	1,59	

## Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία

### Durability: built environments

Industrial atmosphere		Acceptable
Rural atmosphere		Acceptable
Marine atmosphere		Acceptable
UV radiation (sunlight)		Fair

## Ανακύκλωση- Φίλικό προς το περιβάλλον

### Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle		
Embodied energy, recycling		* 35 - 38,7 MJ/kg
CO2 footprint, recycling		* 2,32 - 2,56 kg/kg
Recycle fraction in current supply		0,672 - 0,742 %
Downcycle		
Combust for energy recovery		
Heat of combustion (net)		* 30,3 - 31,8 MJ/kg
Combustion CO2		* 2,7 - 2,84 kg/kg
Landfill		
Biodegrade		
Toxicity rating		Non-toxic
A renewable resource?		

## Σχεδιαστικές συμβουλές

### Strengths

Very high transparency (though not quite as high as e.g. COC - 88% vs. 91-2%), high surface gloss, available in any color and color intensity. High impact resistance, stiffness, and strength across a broad temperature range (-150 to +135 °C (-240 to +275 °F)), better impact resistance than ABS at temperatures above -40 °C (-40°F). Good electrical properties (which are not affected by moisture), very good resistance to high-energy radiation - easily sterilizable. Self extinguishing, low creep.

### Limitations

Hot water causes a gradual chemical decomposition accompanied by a loss of impact strength (though hydrolysis-resistant grades are available). Lower impact resistance than ABS below -40 °C (-40°F), notch sensitive with a low long-term alternating fatigue strength, limited abrasion resistance. Ideally should be UV stabilized on exposed surfaces, otherwise will eventually show yellowing (much better resistance than unstabilized ABS though) - with UV stabilization shows excellent resistance. Limited chemical resistance, significantly susceptible to stress cracking. Very high CO2 permeability, necessitating a barrier layer (e.g. of PET or PBT) when producing bottles for CO2-containing liquids. High melt viscosity.

**✚ Κόστος**

**Price**

Price	ⓘ	* 1,84	- 1,97	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 1,93e3	- 2,09e3	EUR/m <sup>3</sup>

**✚ Εμφάνιση**

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transparency	ⓘ	Opaque		
Acoustic velocity	ⓘ	* 1,19e3	- 1,5e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	ⓘ	* 0,0171	- 0,0265	

**✚ Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία**

**Durability**

Water (fresh)	ⓘ	Excellent		
Water (salt)	ⓘ	Excellent		
Weak acids	ⓘ	Acceptable		
Strong acids	ⓘ	Limited use		
Weak alkalis	ⓘ	Excellent		
Strong alkalis	ⓘ	Acceptable		
Organic solvents	ⓘ	Unacceptable		
Oxidation at 500C	ⓘ	Unacceptable		
UV radiation (sunlight)	ⓘ	Good		
Flammability	ⓘ	Highly flammable		
Oxygen index	ⓘ	18	- 20	%

**✚ Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον**

**Recycling and end of life**

Recycle	ⓘ	✓		
Embodied energy, recycling	ⓘ	* 32,9	- 36,3	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	ⓘ	* 1,57	- 1,73	kg/kg
Recycle fraction in current supply	ⓘ	0,1		%
Downcycle	ⓘ	✓		
Combust for energy recovery	ⓘ	✓		
Heat of combustion (net)	ⓘ	* 36,2	- 38	MJ/kg
Combustion CO2	ⓘ	* 2,81	- 2,95	kg/kg
Landfill	ⓘ	✓		
Biodegrade	ⓘ	✗		

**✚ Σχεδιαστικές συμβουλές**

**Strengths ⓘ**

Better heat distortion temperature and toughness than ABS. Better UV resistance, processability, and impact resistance than PC. Grades available with good weatherability, heat resistance, high ductility, aesthetics (good colorability and gloss). Good aging and yellowing, and chemical resistance. Flame retardant grades are available (but with lower impact resistance). Good electrical insulator, antistatic.




**Limitations ⓘ**

Highly flammable, and generates toxic smoke when burned. Not resistant to concentrated acids, aromatic and chlorinated hydrocarbons, esters, ethers, ketones. Transparent grades not available. Absorbs moisture from air.

## PLA

### Κόστος

#### General properties

Density		1,24e3	-	1,27e3	kg/m <sup>3</sup>
Price		* 2,15	-	2,73	EUR/kg
Date first used		1993			





### Εμφάνιση

#### Optical properties

Transparency		Transparent			
Refractive index		1,44	-	1,46	
















### Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία

#### Durability: built environments

Industrial atmosphere		Limited use			
Rural atmosphere		Acceptable			
Marine atmosphere		Acceptable			
UV radiation (sunlight)		Good			

### Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον

#### Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle					
Embodied energy, recycling		* 16,7	-	18,4	MJ/kg
CO2 footprint, recycling		* 0,9	-	0,995	kg/kg
Recycle fraction in current supply		0,1	-	1,1	%
Downcycle					
Combust for energy recovery					
Heat of combustion (net)		* 18,9	-	19,9	MJ/kg
Combustion CO2		* 1,8	-	1,9	kg/kg
Landfill					
Biodegrade					
Toxicity rating		Non-toxic			
A renewable resource?					

#### Environmental notes

### Σχεδιαστικές συμβουλές

#### Strengths

Transparent, rigid, high mechanical stability, relatively good tensile strength (similar to PC). Good gloss and clarity, good flavor and aroma barrier properties (despite gas permeability). Lower greenhouse gas emission for production compared with commodity thermoplastics (lower than PP).



#### Limitations

Very low impact strength, requiring modification with elastomer or plasticizer for many practical applications. High water permeability, moderate gas barrier. Low maximum service and heat deflection temperatures, burns easily. Resin should be stored in silos sealed from outside air, preventing moisture and microbes from entering (to prevent degradation). More expensive than commodity and other packaging polymers.

# CA CELLULOSE ACETATE





## Κόστος

### Price

Price		* 3	-	4,62	EUR/kg
Price per unit volume		* 2,95e3	-	4,62e3	EUR/m <sup>3</sup>


## Εμφάνιση

### Optical, aesthetic and acoustic properties

Refractive index		1,47	-	1,48	
Transparency		Transparent			
Acoustic velocity		1,29e3	-	1,33e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)		* 0,0271	-	0,0281	



## Ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία

### Durability

Water (fresh)		Excellent			
Water (salt)		Excellent			
Weak acids		Unacceptable			
Strong acids		Unacceptable			
Weak alkalis		Unacceptable			
Strong alkalis		Unacceptable			
Organic solvents		Unacceptable			
Oxidation at 500C		Unacceptable			
UV radiation (sunlight)		Fair			
Flammability		Highly flammable			
Oxygen index		16	-	18	%

## Ανακύκλωση- Φιλικό προς το περιβάλλον

### Recycling and end of life

Recycle					
Embodied energy, recycling		* 28,8	-	31,8	MJ/kg
CO2 footprint, recycling		* 1,1	-	1,21	kg/kg
Recycle fraction in current supply		0,672	-	0,742	%
Downcycle					
Combust for energy recovery					
Heat of combustion (net)		* 18,4	-	19,4	MJ/kg
Combustion CO2		* 1,79	-	1,89	kg/kg
Landfill					
Biodegrade					

## Σχεδιαστικές συμβουλές

### Strengths

Good optical transparency (up to 90%), glossy, and reasonably hard for a thermoplastic (similar to high-impact ABS - not as hard as PC). Can be dyed in brilliant and deep colors and pearlescent, opaque and metallic effects can be achieved. Antistatic, low susceptibility to stress cracking (dependent on composition), warm feel, self-polishing - surface scratches disappear with use.

### Limitations

Poor UV resistance, high water absorption causing dimensional instability, attacked by concentrated acids and alkalis. Contact with alcohols, ketones, chlorinated and aromatic hydrocarbons causes swelling. Very susceptible to environmental stress cracking i.e. exceptionally poor chemical resistance. Limited heat resistance.



## 4.5 Συμπεράσματα

Συγκεντρωτικά επιχειρώντας να τοποθετήσουμε τις ιδιότητες των ανωτέρω θερμοπλαστικών υλικών σε έναν κοινό πίνακα αξιολόγησης προκύπτει ο παρακάτω όπου βαθμολογήθηκαν στη κλίμακα από 0- 10 και στο τέλος αθροίζοντας τις επιμέρους βαθμολογίες θα προκύψουν τα 3 ιδανικότερα υλικά για να εφαρμοστούν σε κάθε ένα από τα 3 concept.

Υλικό	Κόστος	Αντιαλλεργικότητα	Ανθεκτικότητα στην UV ακτινοβολία	Ανακυκλώσιμο	Δεκτικότητα σε βαφή-φινιρίσματα	ΣΥΝΟΛΟ
ABS	8	6	5	7	6	14580
PLA	7	9	4	9	8	18181
ASA	6	7	6	7	7	13200
CA	5	9	6	6	9	10265
PC	9	7	9	8	7	31752
NYLON	7	6	6	8	6	12096

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο – Σχεδιασμός Σκελετού

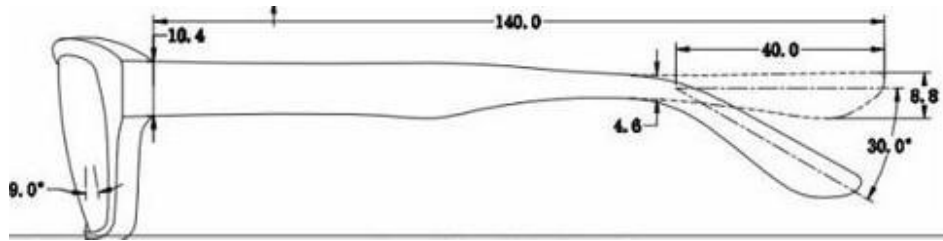
Στο στάδιο του προκαταρκτικού σχεδιασμού έγινε αναζήτηση σε βιβλιογραφία για την γεωμετρία των σκελετών γυαλιών οράσεως και η επαλήθευση των τιμών των μεγεθών που όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω είναι απαραίτητα κατά την φάση του σχεδιασμού.

Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκε μία υπάρχουσα γεωμετρία με κατασκευαστικά σχέδια σκελετών από μοντέλα που βρίσκονται αυτήν την στιγμή στην αγορά και που προμηθεύτηκαν από το κατάστημα οπτικών Γκαινά Γεωργία στον Άγιο Στέφανο Αττικής για να δημιουργηθεί ένα αρχικό μοντέλο με βάση το οποίο αναπτύχθηκαν καθένα από τα Concept που παρουσιάζονται παρακάτω

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος σχεδίασης με εισαγωγή εικόνων όπως παρατίθεται στο μάθημα σχεδίασης με Η/Υ του προγράμματος σπουδών του μεταπτυχιακού σχεδιασμός καινοτόμων προϊόντων και συστημάτων του πανεπιστημίου αιγαίου.

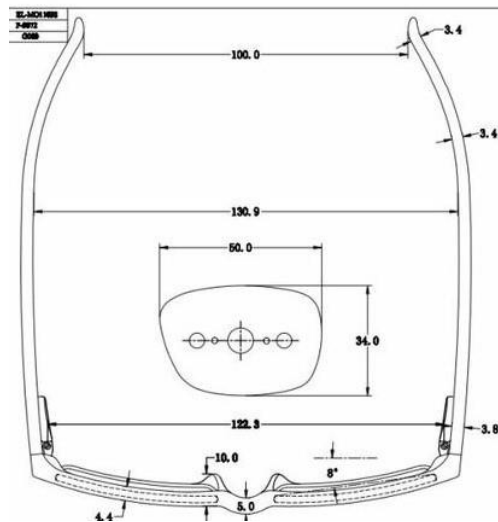
### 5.1 Δημιουργία πρωτοτύπου

Παρακάτω παρατίθενται τα βήματα σχεδίασης του αρχικού πρωτοτύπου



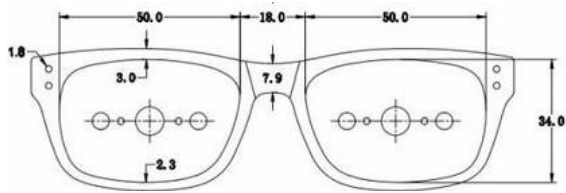
#### Πλάγια όψη μοντέλου σκελετού

*Αναφορά κατάστημα οπτικών Γκαινα*



#### Κάτοψη μοντέλου

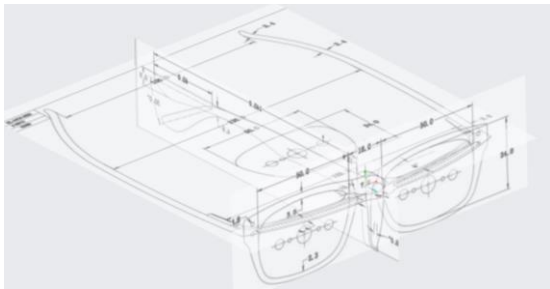
*Αναφορά κατάστημα οπτικών Γκαινα*



Πρόοψη Μοντέλου

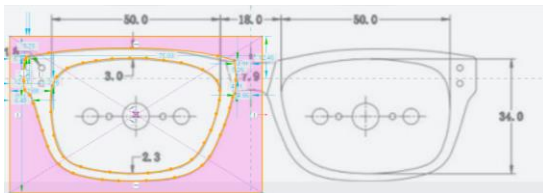
*Αναφορά κατάστημα οπτικών Γκαινα*

**Βήμα 1<sup>ο</sup>** Εισαγωγή κατασκευαστικών όψεων στο creo με προσαρμογή της κλίμακας τους



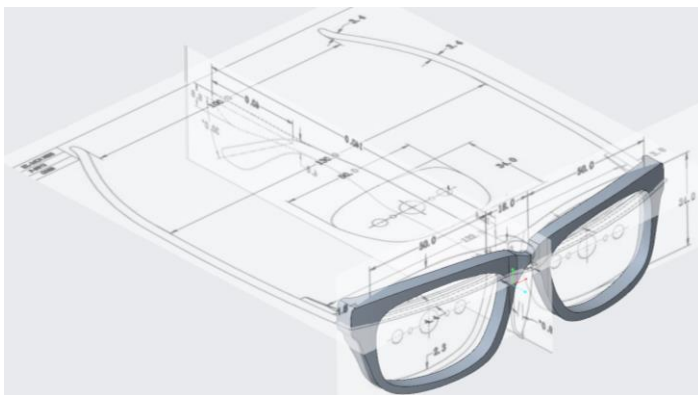
*Creo Parametric interface screenshot 1*

**Βήμα 2<sup>ο</sup>** Εισαγωγή της εικονιζόμενης γεωμετρίας στο μοντέλο για την κατασκευή του εμπρόσθιου τμήματος των σκελετών



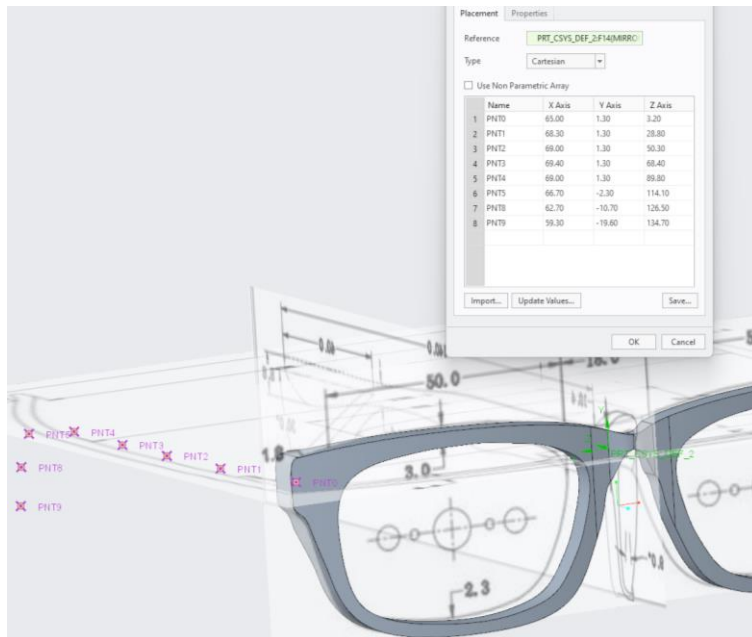
*Creo Parametric interface screenshot 2*

**Βήμα 3<sup>ο</sup>** Ολοκλήρωση της γεωμετρίας του ναού με την εντολή mirror

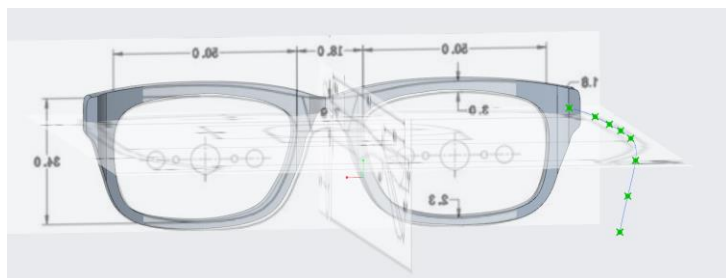


*Creo Parametric interface screenshot 3*

**Βήμα 4<sup>ο</sup>** Για την δημιουργία της γεωμετρίας των βραχιόνων δημιουργήθηκαν σημεία στον χώρο με τον συνδυασμό της κάτοψης και της πλάγιας όψης τα οποία ορίζουν και την καμπύλη



*Creo Parametric interface screenshot 4*



*Creo Parametric interface screenshot 5*

**Βήμα 5<sup>ο</sup>** Ολοκλήρωση της γεωμετρίας του μοντέλου και απεικόνιση και του δεύτερου μοντέλου που δημιουργήθηκε με αντίστοιχη μέθοδο.



*Creo Parametric interface screenshot 6*

## 5.2 Διαδικασία δημιουργίας Concept 1

### Υλικό επιλογής PLA

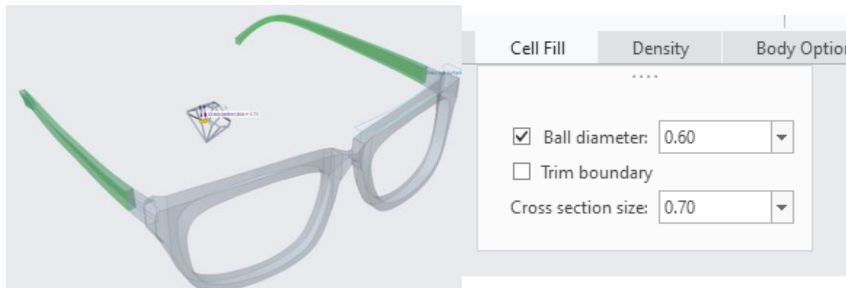
Εφαρμογή της μεθόδου generative design στο αρχικό μοντέλο για την μετατροπή της γεωμετρίας

**Βήμα 1<sup>ο</sup>** εισαγωγή γεωμετρίας του προτύπου μοντέλου

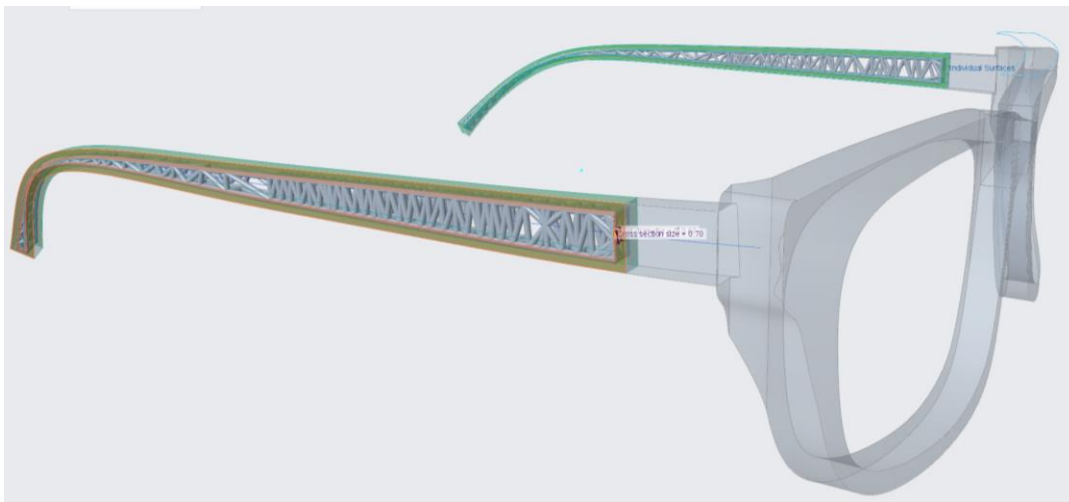


*Creo Parametric interface screenshot 7*

**Βήμα 2<sup>ο</sup>** Μετατροπή των βραχιόνων σε σώματα με μικροδομή με βάση τον αλγόριθμο stochastic

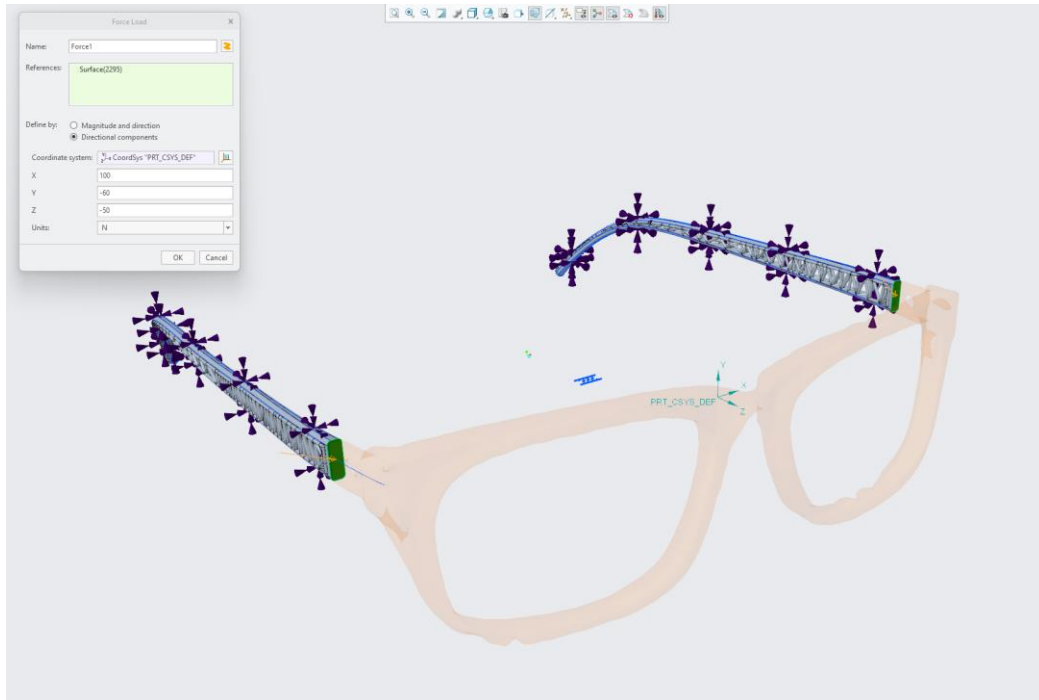


*Creo Parametric interface screenshot 8 & 9*



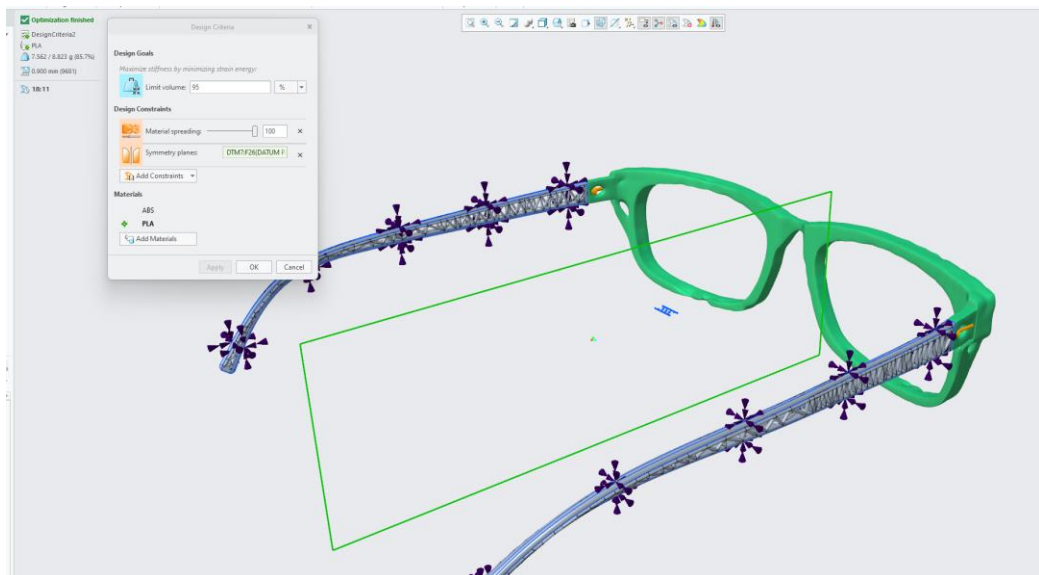
*Creo Parametric interface screenshot 10*

**Βήμα 3<sup>ο</sup>** Εισαγωγή των φορτίων στις πλευρές των βραχιόνων και ορισμό του εμπρόσθιου τμήματος του σκελετού ως τον όγκο ελέγχου για την εφαρμογή του generative design.



*Creo Parametric interface screenshot 11*

**Βήμα 4<sup>ο</sup>** Εισαγωγή των παραμέτρων για την έναρξη του γενετικού αλγορίθμου όπως το μέγεθος του στοιχείου συμμετρία σχήματος και ποσοστό ελαχιστοποίησης όγκου.



*Creo Parametric interface screenshot 12*

Επισημάνση διαφοράς αρχικής γεωμετρίας ,ε τελική μετα το τέλος της τοπολογικής βελτιστοποίησης

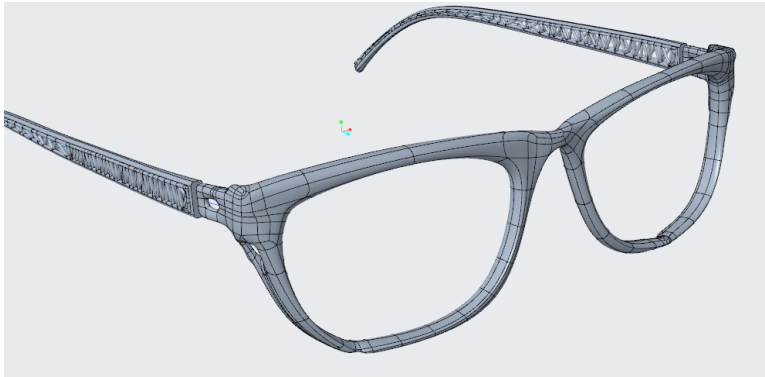


*Creo Parametric interface screenshot 13*

**Βήμα 5<sup>ο</sup>** Τελική γεωμετρία που προκύπτει με το πέρας της βελτιστοποίησης

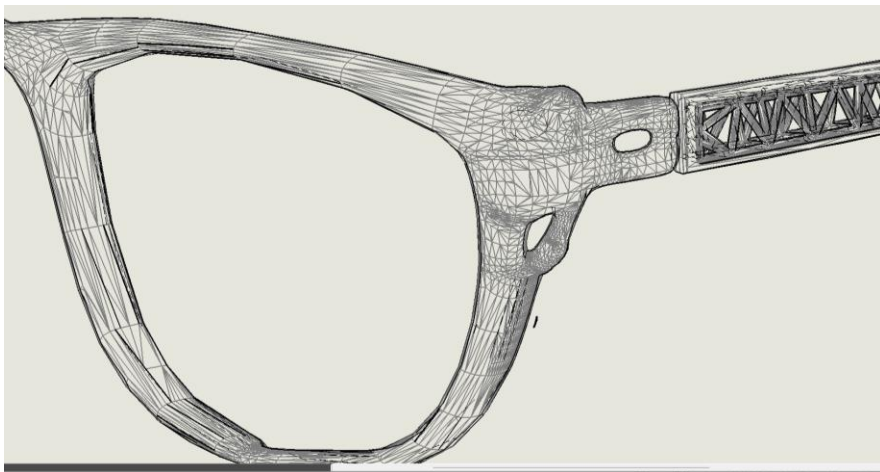
**Concept 1**

**Τοπολογικά βελτιστοποιημένο μοντέλο Cad**



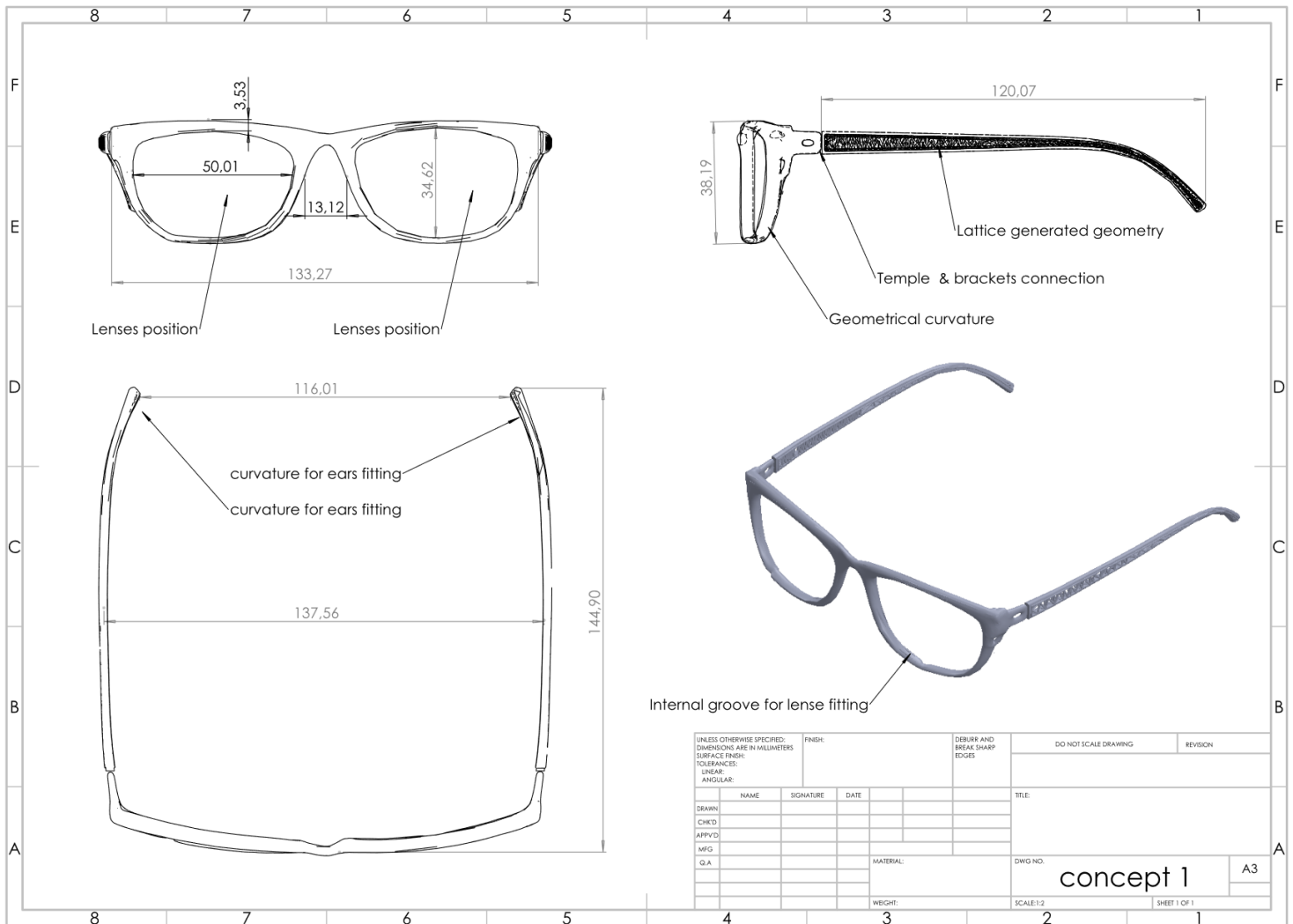
*Creo Parametric interface screenshot 14*

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται το πλέγμα (**mesh**) των στοιχείων και η κατανομή νέφους στοιχείων πλήθους **15000**



*Creo Parametric interface screenshot 15*

# Κατασκευαστικό Σχέδιο

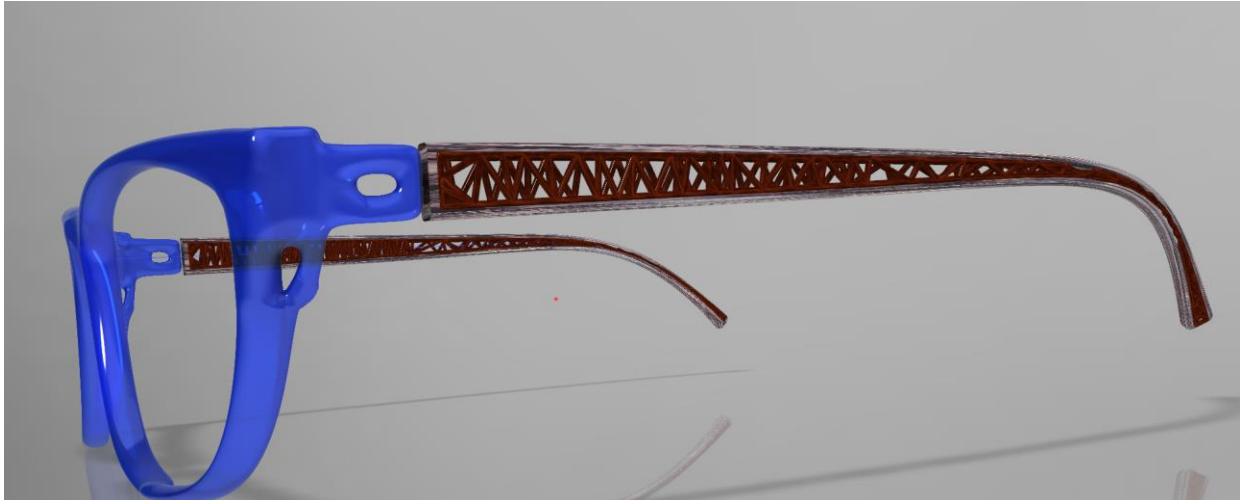


# Φωτορεαλιστικό μοντέλο



Creo Parametric interface render studio screenshot 16





*Creo Parametric interface render studio screenshot 17*



*Creo Parametric interface render studio screenshot 18*

### **5.3 Διαδικασία δημιουργία Concept 2**

#### **Υλικό επιλογής PC**

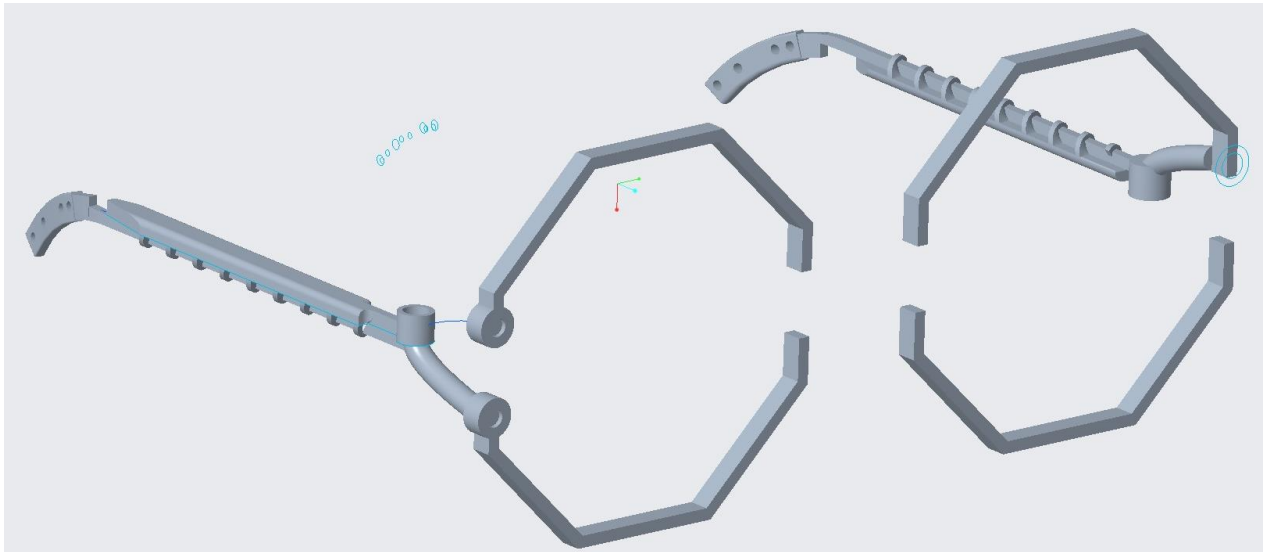
Για την δημιουργία του δεύτερου concept εφαρμόστηκε διαφορετική στρατηγική σχεδιασμού πρωτοτύπου ,δηλαδή δημιουργήθηκε η αρχική γεωμετρία του με ένα πλήθος τιμών για τα βασικά γεωμετρικά μεγέθη του σκελετού από αυτά που παρατίθενται στους πίνακες ανωτέρω.

Ωστόσο σκοπίμως δημιουργήθηκε μια βασική κατασκευαστική ατέλεια στην γεωμετρία του σκελετού με στόχο να αναδείξουμε πώς ο γενετικός αλγόριθμος σχεδίασης μπορεί να δώσει καινοτόμες λύσεις.

Πιο συγκεκριμένα όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς και στην φωτογραφία που ακολουθεί δεν έχει δημιουργηθεί στο πρωτότυπο μοντέλο γέφυρα που να ενώνει τα εκατέρωθεν τμήματα της γεωμετρίας του ναού και προφανώς αυτό το τμήμα πρέπει να συμπληρωθεί.

Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο όγκος αυτός να δημιουργηθεί με χρήση του γενετικού αλγόριθμου σχεδίασης.

## **Μοντέλο Cad**



*Creo Parametric interface screenshot 19*

**Βήμα 1º** Εισαγωγή των παραμέτρων για την έναρξη του γενετικού αλγορίθμου όπως

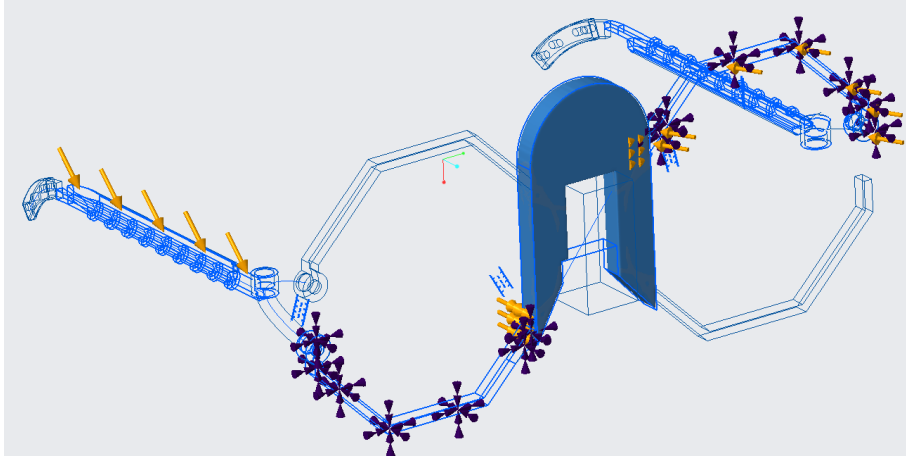
α) το μέγεθος του στοιχείου

β) συμμετρία σχήματος

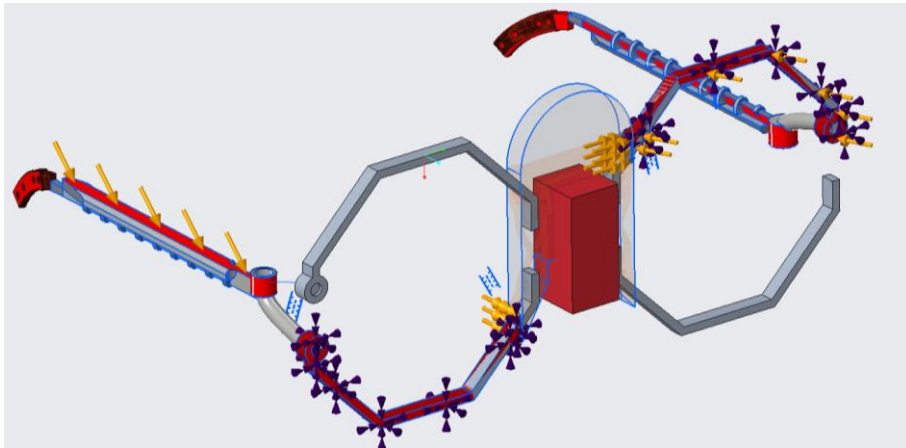
γ) ποσοστό ελαχιστοποίησης όγκου καθώς

δ) επιθυμητά φορτία κάτω από τα οποία είναι επιθυμητό ο σκελετός να επιδείξει αντοχή επίσης ορίζεται ο χώρος σχεδίασης

ε) η γεωμετρία που επιθυμούμε να διατηρηθεί αμετάβλητη καθώς και ο χώρος όπου επιθυμούμε να δημιουργηθεί υλικό (ρινική περιοχή) στην φωτογραφία που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη αυτών των όγκων και ο ορισμός τους Το μπλε χρώμα ορίζει τον συνολικό διαθέσιμο όγκο για την δημιουργία υλικού Το κόκκινο χρώμα δηλώνεται ο όγκος που δεν επιθυμούμε να δημιουργηθεί υλικό



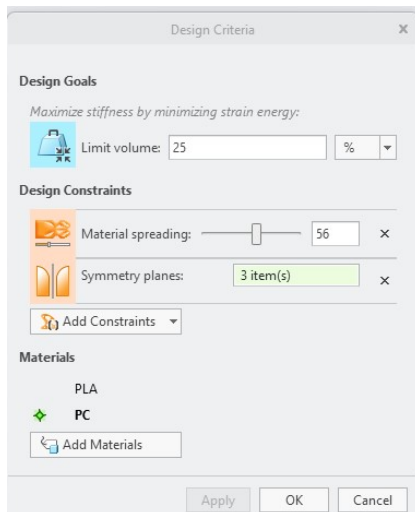
*Creo parametric interface screenshot 20*

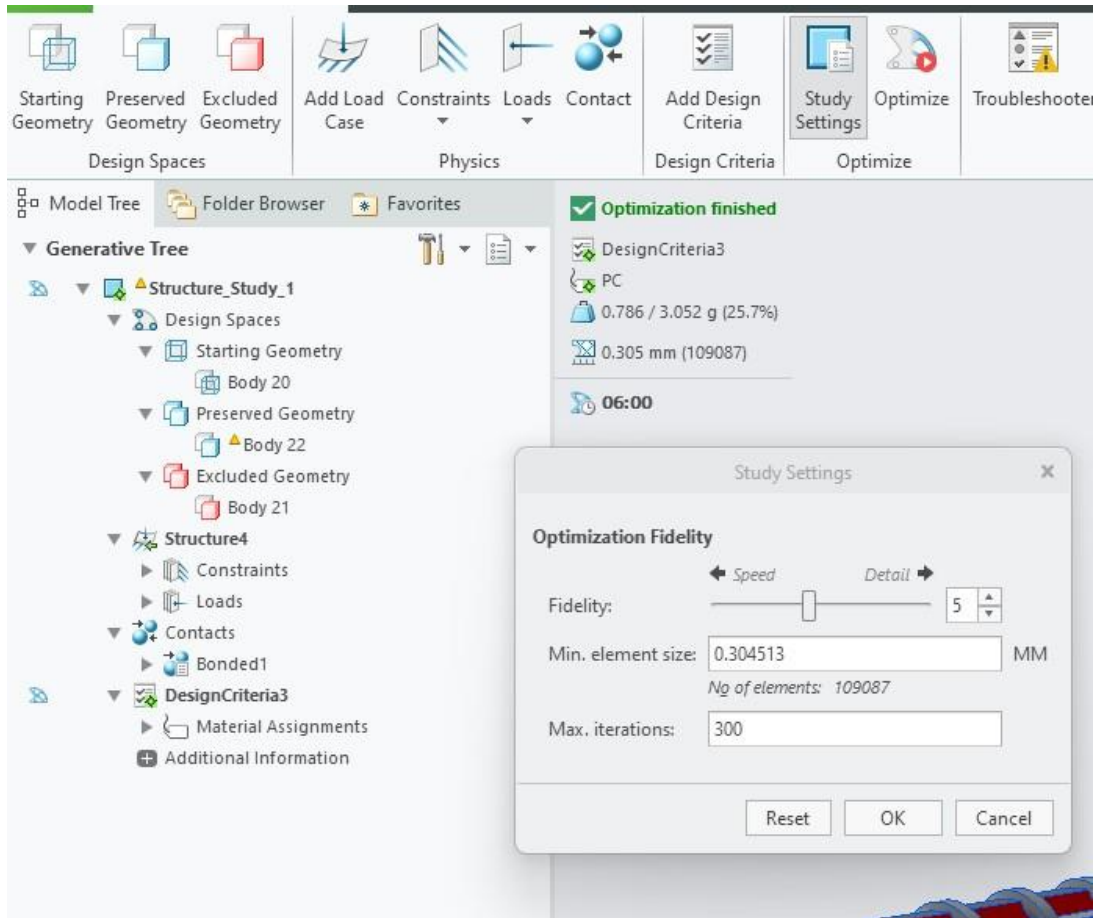


*Creo parametric interface screenshot 21*

## **Βήμα 2ο**

Ορισμός υπόλοιπων παραμέτρων και έναρξη διαδικασίας βελτιστοποίησης

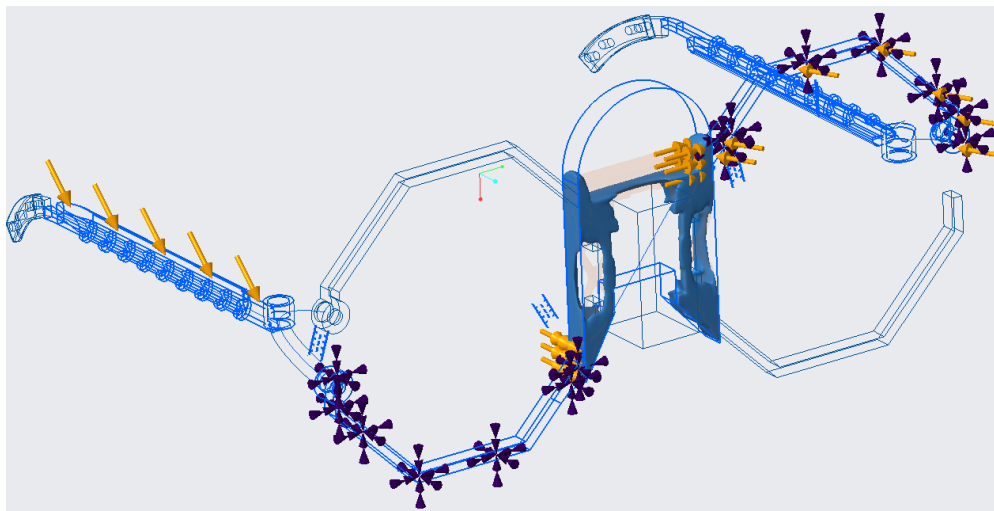




*Creo parametric interface screenshot 22*

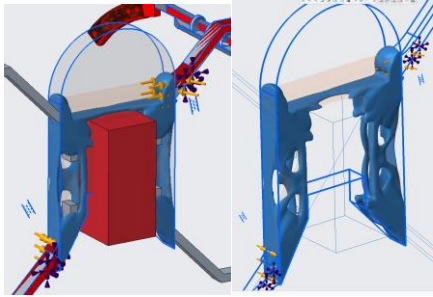
### **Βήμα 3°**

Έναρξη διαδικασίας βελτιστοποίησης



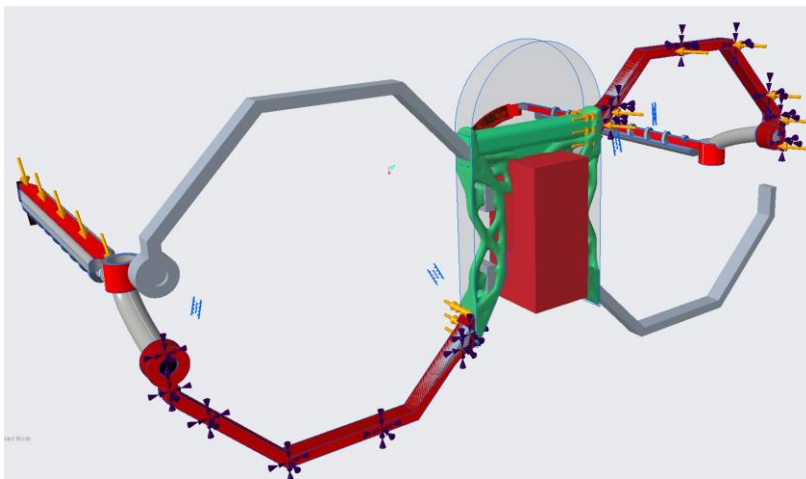
*Creo parametric interface screenshot 24*

Εικόνες-“Καρέ” από την διαδικασία βελτιστοποίησης και τις συνεχείς εναλλαγές την δομής του υλικού μέχρι να προκύψει η βέλτιστη δυνατή λύση του προβλήματος



*Creo parametric interface screenshot 25 & 26*

Τελική γεωμετρία που προκύπτει, το πράσινο χρώμα υποδηλώνει ότι η ανάλυση δεν αντιμετώπισε σφάλματα και ολοκληρώθηκε επιτυχώς



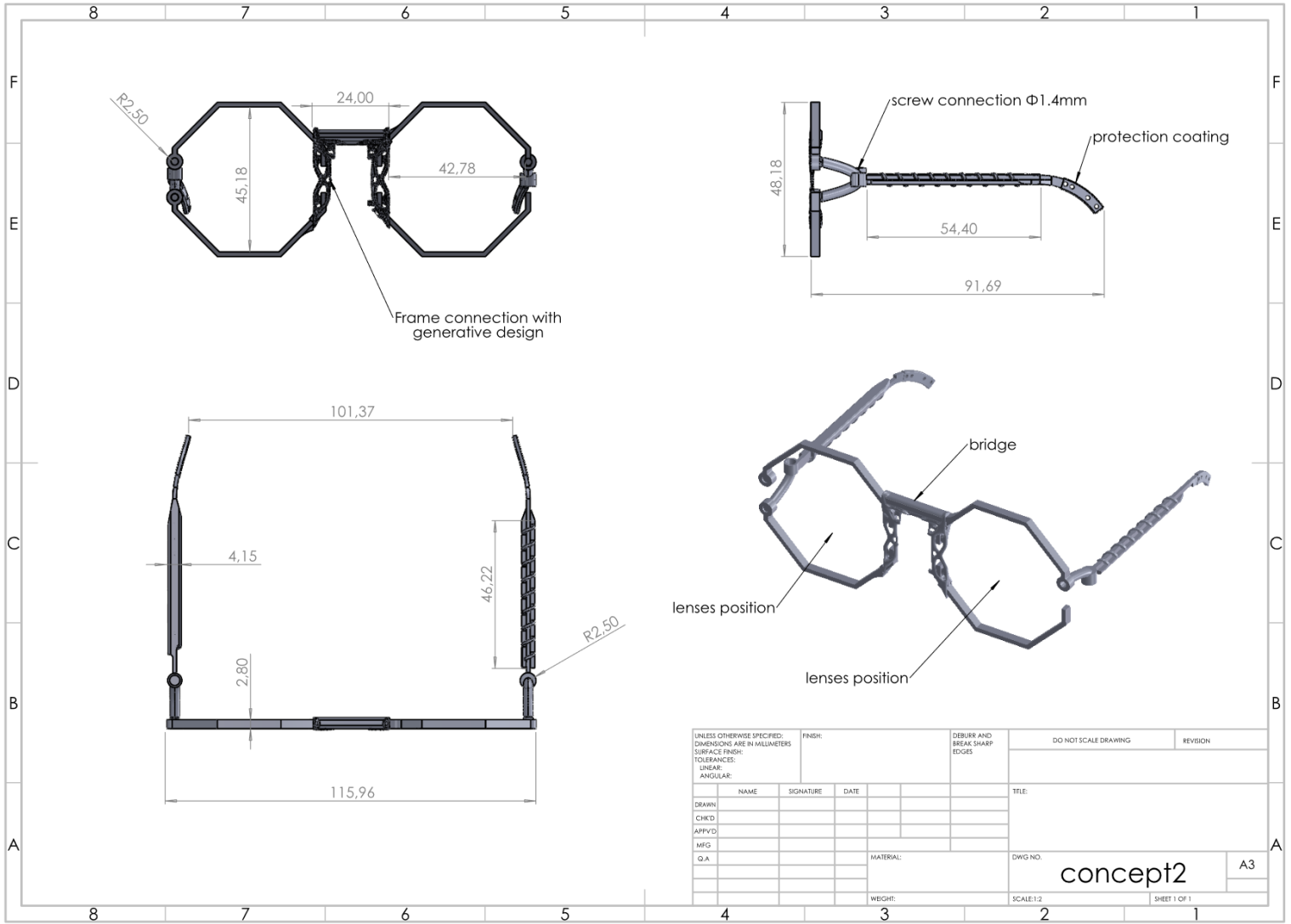
*Creo parametric interface screenshot 27*

### **Τελικό Μοντέλο**

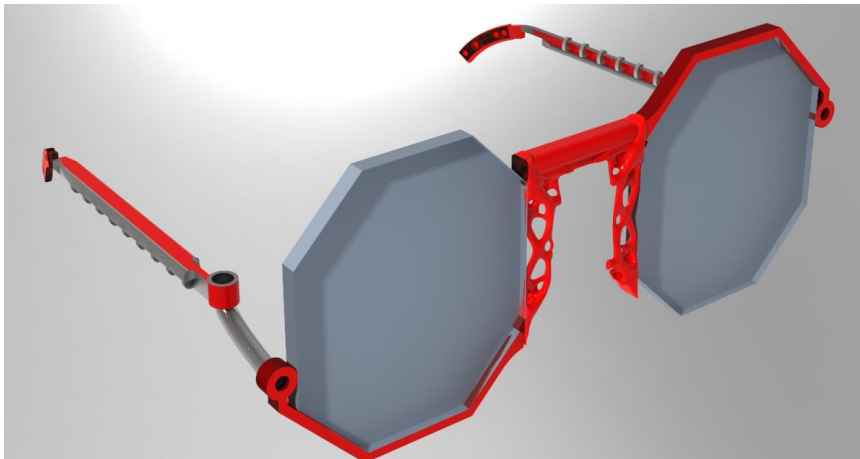


*Creo parametric interface screenshot 28*

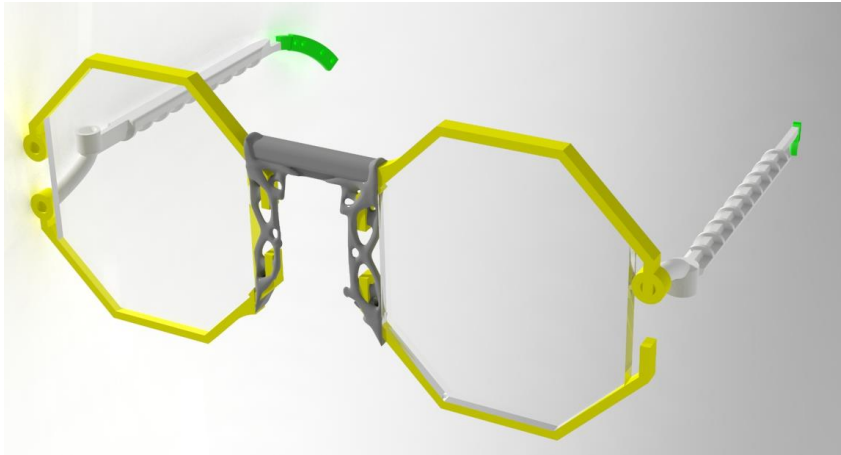
# Κατασκευαστικό Σχέδιο



# Φωτορεαλιστικό μοντέλο



Creo parametric interface render studio screenshot 29



Creo parametric interface render studio screenshot 30

### 5.4 Διαδικασία δημιουργία Concept 3

Ομοίως για το 3<sup>ο</sup> Concept βασιζόμενοι στο πρωτότυπο μοντέλο θα επιχειρήσουμε να δοκιμάσουμε την εφαρμογή του generative design στους βραχίονες και τις δομές κρυστάλλων στο τμήμα του ναού, αντιστρέφοντας ουσιαστικά την διαδικασία που ακολουθήσαμε για το πρώτο concept

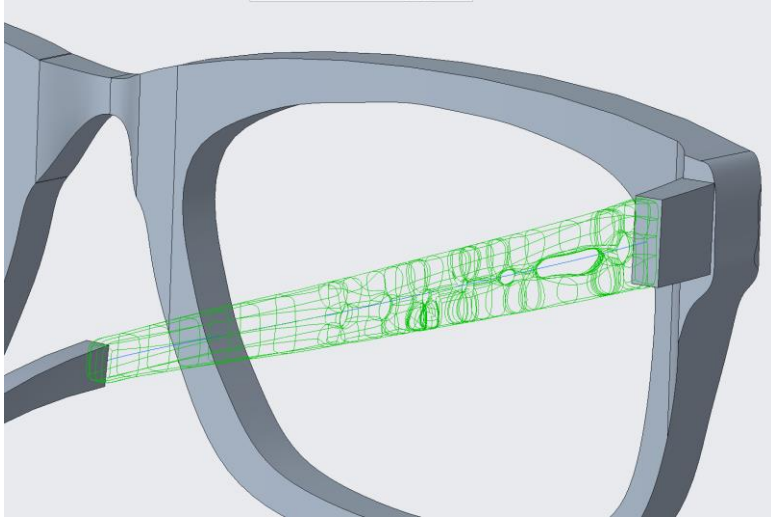
#### Μοντέλο Cad

Παρατηρούμε από την ανάλυση μας ότι η γεωμετρία που προκύπτει μέσω του αλγοριθμικού σχεδιασμού μπορεί ως πρώτη εικόνα να παρουσιάζει κάποιες οπές η ασυνέχειές αλλά ουσιαστικά όλα τα στοιχεία είναι με τέτοιο τρόπο καταναμημένα ώστε να εξασφαλίζεται τόσο η αντοχή στα επιβαλλόμενα φορτία όσο και η ομοιομορφία της δομής

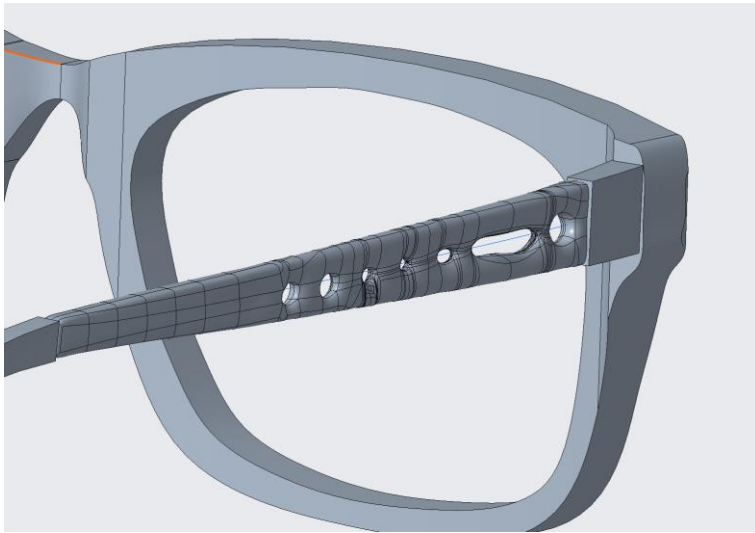
Όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες το πλέγμα των βραχιόνων είναι δομημένο και παρουσιάζει επαναληψιμότητα



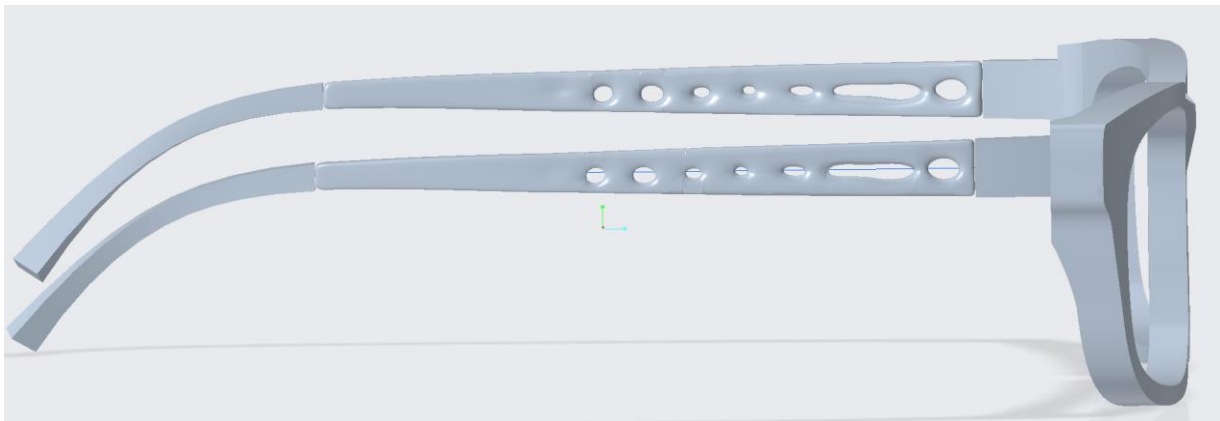
Creo parametric interface render studio screenshot 32



*Creo parametric interface render studio screenshot 33*



*Creo parametric interface render studio screenshot 34*



*Creo parametric interface render studio screenshot 35*



Το επόμενο βήμα είναι η αντικατάσταση του ναού με μικροδομή στοχαστικού πλέγματος.

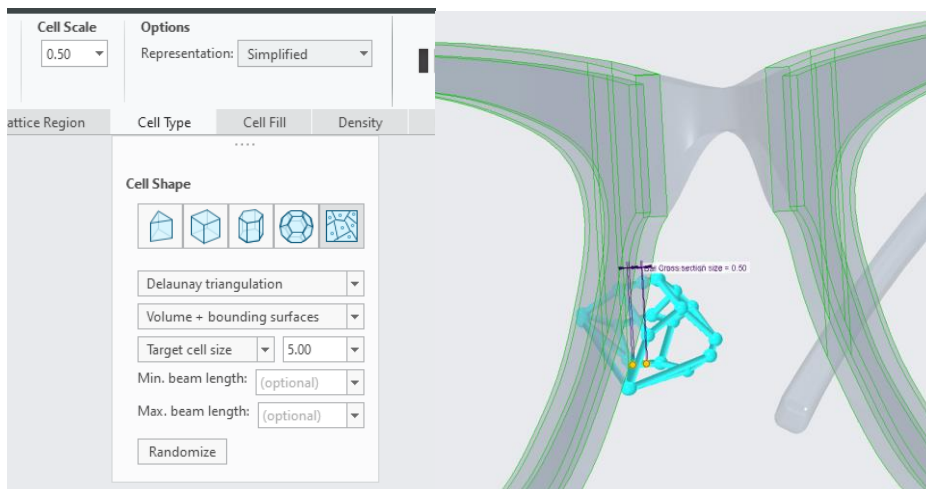
Με αντίστοιχη διαδικασία με τις αναλύσεις βελτιστοποίησης που παρουσιάστηκαν ανωτέρω επιλέγονται αρχικά οι παράμετροι του πλέγματος όπως

**A)** το μέγεθος του στοιχείου

**B)** το μέγεθος των κόμβων

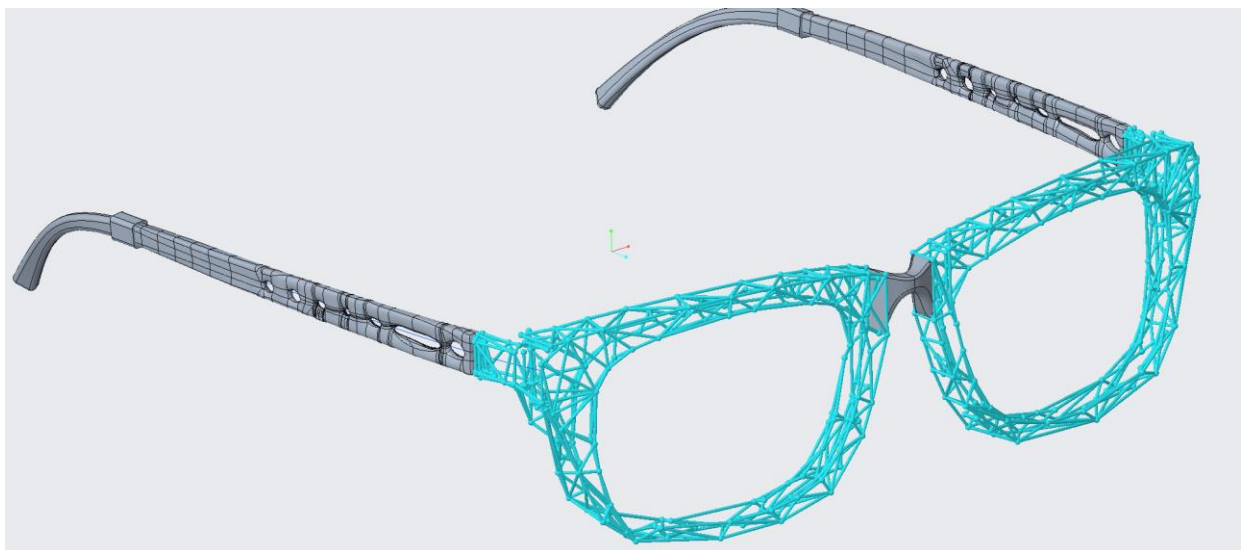
**Γ)** Ο αλγόριθμος πλήρωσης του διαθέσιμου όγκου (επιλογή είτε με τριγωνοποίηση του delaunay είτε με διάγραμμα Voronoi όπως παρουσιάστηκαν στο στάδιο της έρευνας.)

**Δ)** Τα φορτία και οι συνοριακές συνθήκες κάτω από τις οποίες ο σκελετός πρέπει να μην έχει αστοχία.



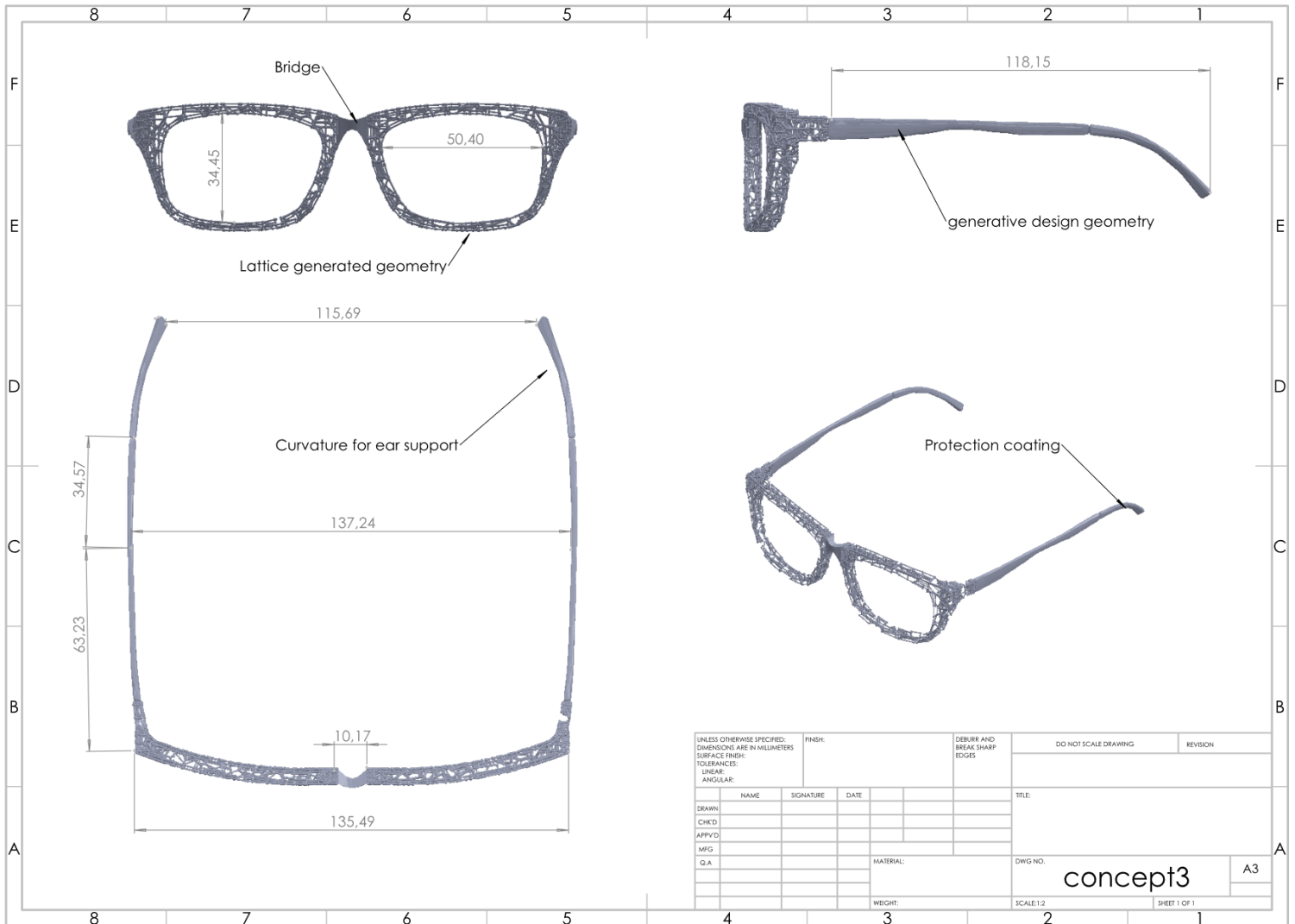
*Creo parametric interface render studio screenshot 36 & 37*

Τέλος προκύπτει το τελικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από βραχίονες generative design και lattice stochastic structure ναό.



*Creo parametric interface render studio screenshot 38*

## Κατασκευαστικό Σχέδιο



## Φωτορεαλιστικό μοντέλο



Creo parametric interface render studio screenshot 39



*Creo parametric interface render studio screenshot 4*

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο – Συμπεράσματα**

Από την ολοκλήρωση της ανωτέρω εργασίας προκύπτει ότι η σύγχρονη μέθοδος της προσθετικής κατασκευής αποτελεί μια ιδιαίτερος αποτελεσματική διαδικασία που δίνει παραγωγική λύση για σε πλήθος αντικειμένων μικρής έως μεσαίας κλίμακας συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους. Επίσης μέσω της έρευνας στο πεδίο των τεχνολογιών του γενετικού αλγορίθμου σχεδίασης της τοπολογικής βελτιστοποίησης καθώς και της εφαρμογής δημιουργίας όγκων με πλέγμα μικροδομής προέκυψε ότι ένα προϊόν καθημερινής ανάγκης και χρησιμότητας μπορεί να εξελιχθεί τόσο ως προς τις μηχανικές του προδιαγραφές όσο και ως προς τις αισθητικές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένας σκελετός γυαλιών οράσεως να καθίσταται ένα προϊόν μεγαλύτερης προστιθέμενης αξίας για τον καταναλωτή.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί και η δυνατότητα εξατομίκευσης του σκελετού ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη αφού τα μοντέλα είναι πλήρως παραμετροποιήσιμα τόσο γεωμετρικά όσο και χρωματικά γεγονός που εξασφαλίζει το μέγιστο δυνατό πλήθος επιλογών.

Ως επίλογο αξίζει να τονιστεί ότι τα επόμενα χρόνια την περίοδο της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης όπως έχουν χαρακτηριστεί το μεγαλύτερο μέρος των βιομηχανικών προϊόντων θα κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα η βιοδιασπώμενα υλικά και θα ακολουθούν σχεδιασμό προσανατολισμένο στις αρχές του αλγοριθμικού σχεδιασμού και της τεχνητής νοημοσύνης μιας και αυτή η μέθοδος είναι αυτή που εξασφαλίζει πέραν των μηχανικών και αισθητικών πλεονεκτημάτων και την αειφόρια καθώς και την ελαχιστοποίηση των αναγκαίων πρώτων υλών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. "Spectacles and Other Vision Aids: A History and Guide to Collecting" - Συγγραφέας: Richard W. Sheaff
2. "The History of Spectacles" - Συγγραφέας: Pierre Marly
3. "The History of Eyeglasses" - Συγγραφέας: Paolo Lancellotti
4. "Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing" από Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, και Claudius Lazzaroni.
5. "Generative Design: Form-finding Techniques in Architecture" από Asterios Agkathidis.
6. "The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications" από Ben Redwood, Filemon Schöffner, Brian Garret και Tatiana Reinhard:"Fabricated: The New World of 3D Printing" από Hod Lipson και Melba Kurman:"The 3D Printing Revolution" από John Hornick"Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing" από Ian Gibson, David Rosen και Brent Stucker:
7. "Introduction to Plastics Engineering" από Albertus W. Catsman και Alfred Rudin.
8. "Handbook of Thermoplastics" από Olagoke Olabisi
9. "Thermoplastic Materials: Properties, Manufacturing Methods, and Applications" από Christopher C. Ibeh."Engineering
10. Thermoplastics: Properties and Applications" από Scott M. Husson.
11. "Handbook of Polymer Science and Technology: Plastics, Resins, Rubber, Blends, and Composites" από Nicholas P. Cheremisinoff
12. Sustainable Design The Green Imperative:
13. Bendsoe, M. P., & Sigmund, O. (2003). Topology optimization: Theory, methods, and applications. Springer.
14. Sigmund, O., & Maute, K. (2013). Topology optimization approaches: A comparative review. Structural and Multidisciplinary Optimization, 48(6), 1031-1055.
15. Wang, F., Lazarov, B. S., & Sigmund, O. (2011). On projection methods, convergence and robust formulations in topology optimization. Structural and Multidisciplinary Optimization, 43(6), 767-784.
16. Crump, S.S. (1991). Apparatus and Method for Creating Three-Dimensional Objects. US Patent No. 5,121,329.Campbell, T.A., & Ivanova, O.S. (2011).
17. 3D Printing of Liquid Metals and Elastic Materials. Journal of Materials Science, 46(22), 7012-7021.
18. "Introduction to Solid State Physics" by Charles Kittel"Solid State Physics" by Ashcroft and Mermin"
19. Introduction to Crystallography" by Donald E. Sands
20. "The Structure of Materials" by Samuel M. Allen and Edwin L. ThomasJohnson, S. (2021).
21. Eyewear Design: A Comprehensive Guide. London: Thames & Hudson.Thompson, R. (2022).
22. CAD Tools for Industrial Design. Boston: Rockport Publishers.Chaudhary, A. (2021).
23. Advanced CAD Techniques for Product Design. New Delhi: Packt Publishing.Allen, D. (2021).
24. CAD and Rapid Prototyping for Product Design. London: Laurence King Publishing.
25. Vincent, Julian F. V., and Richard C. Baillie. "Biomimetics—Inspiration from nature." Paoletti, Ingrid, et al.

26. "Designing with nature: The ecological approach to biomimetic architecture." Energy Procedia Benyus,
27. Janine M. Biomimicry: Innovation inspired by nature. Harper Collins, 2009.
28. Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. "Topology optimization: theory, methods, and applications." Springer Science & Business Media, 2004.Rozvany, George I. N.
29. "A critical review of established methods of structural topology optimization.
30. " Structural and multidisciplinary optimization 37, no. 3 (2009): 217-237.Zhou, Mingdong, and George I. N. Rozvany.
31. "The COC algorithm, Part I: Optimal design of truss structures
32. ." Computer methods in applied mechanics and engineering 89, no. 1-3 (1991): 1-24.Sigmund, Ole. "On the design of compliant mechanisms using topology optimization.
33. " Mechanical Engineering Department, Technical University of Denmark, 1994.