

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ GENERATIVE DESIGN ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.

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.

Θέμα (Ελληνικά):

Εφαρμογές και προοπτικές χρήσης της τεχνολογίας Generative Design (GD) στη βιομηχανία προϊόντων προσθετικής κατασκευής.

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει ως σκοπό την μελέτη και εκμετάλλευση της μεθόδου του topology optimization μέσω των Computer-Aided Design (CAD) και Computer-Aided Engineering (CAE) προγραμμάτων προκειμένου να μειωθεί η μάζα επιμέρους μερών κατασκευής τεχνουργήματων, με απώτερο σκοπό την μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπωμάτος καθ'όλες τις φάσεις κατασκευής τους.

Κύρια περιοχή προβληματισμού της συγκεκριμένης μελέτης είναι το πως οι βελτιστοποιήσεις που προκύπτουν μέσω της μεθόδου του topology optimisation μπορούν να ανταπεξέλθουν στις προδιεγραμμένες τάσεις που ασκούνται σε επιμέρους σημεία της βελτιστοποιημένης κατασκευής, και πως αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να υιοθετηθεί από τη βιομηχανία παραγωγής σε ευρεία κλίμακα.

Εν κατακλείδι, η συγκεκριμένη μελέτη θα μας δώσει ένα εύρος πεδίου χρήσης και δυνατότητας υιοθέτησης της τεχνολογίας του generative design στη μαζική βιομηχανία προσθετικής κατασκευής, μέσω των συστημάτων Computer-Aided Design (CAD) και Computer-Aided Engineering (CAE).

Εισαγωγή

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών, όπως οι καινοτομίες που παρουσιάζονται στον χώρο της προσθετικής κατασκευής, στον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης και της ταχύτατα αυξανόμενης υπολογιστικής δύναμης αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε και σχεδιάζουμε τα προϊόντα του μέλλοντος. Όπως η ζωή αλλάζει βάσει αυτών των εξελίξεων, έτσι και τα προϊόντα γύρω μας πρέπει να εξυπηρετούν τις καινούριες ανάγκες που προκύπτουν. Το Generative Design (GD) και το Topology Optimization (TO), έρχεται σε αυτό το τοπίο για να προσδώσουν λύσεις, τις οποίες, χωρίς τις τεχνολογίες αυτές ίσως να μην ήταν δυνατόν να συλλάβουμε.

1. Generative Design

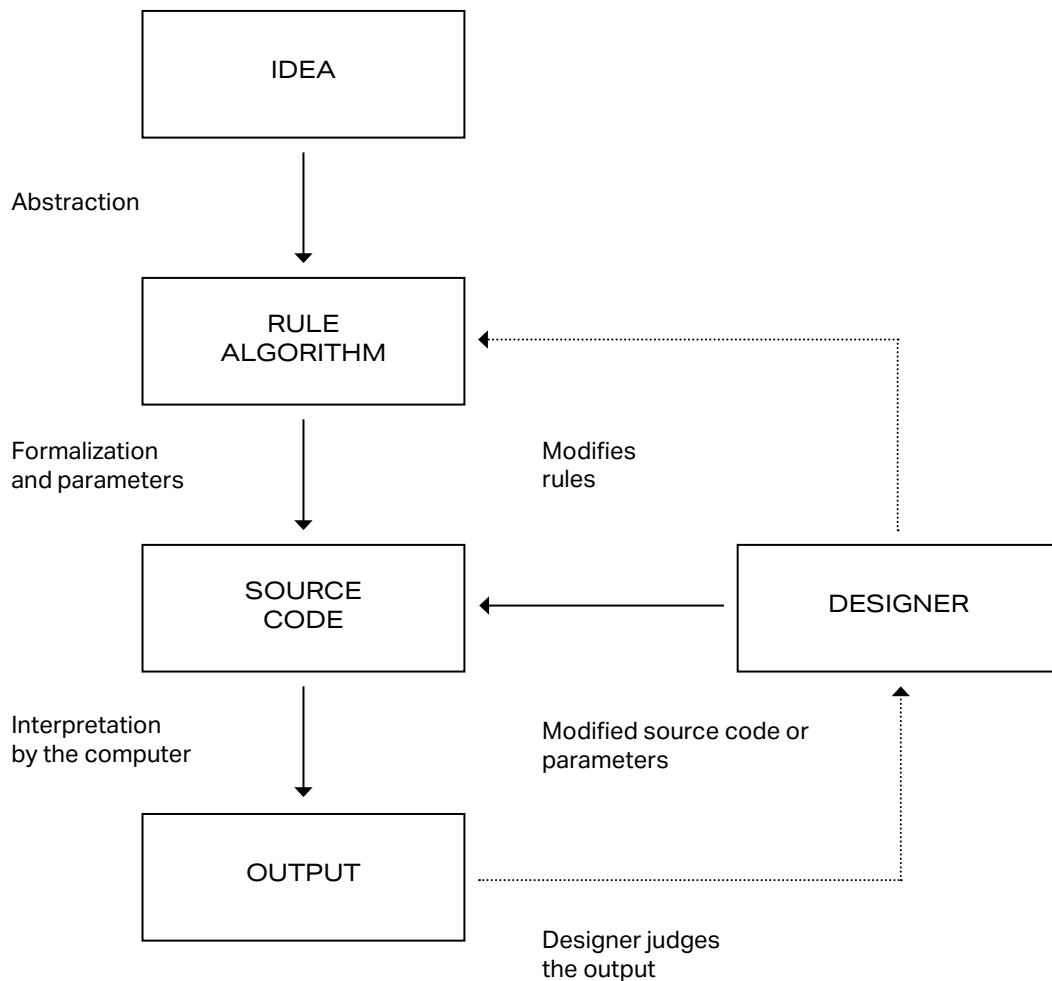
Το Generative Design (GD) είναι μία Computer-Aided διαδικασία η οποία βασίζεται στην χρήση αλγορίθμων που μας βοηθούν να παράξουμε και να αξιολογήσουμε πολλά διαφορετικά δυνητικά σχέδια για ένα προϊόν ή υπηρεσία, χωρίς την αναγκαιότητα χειροκίνητων διεργασιών, σε κλάσματα του χρόνου που θα χρειαζόταν κανονικά. Η διαδικασία του Generative Design (DG) λαμβάνει χώρα όταν ο σχεδιαστής ορίζει σαφώς τους στόχους και τους περιορισμούς σε ένα project. Οι ονομαζόμενοι αυτοί σχεδιαστικοί παράμετροι περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται, στους ακόλουθους:

- Το μέγεθος του προϊόντος ή οι γεωμετρικές του διαστάσεις
- Τα ανεκτά φορτία και οι συνθήκες λειτουργίας του προϊόντος
- Το επιθυμητό βάρος του προϊόντος
- Τα υλικά κατασκευής του προϊόντος
- Η μέθοδοι κατασκευής του προϊόντος
- Το κόστος ανά μονάδα παραγωγής

Το εύρος εφαρμογών της τεχνολογίας του Generative Design (GD) έχει αρχίσει να επηρεάζει πολλούς κλάδους στην βιομηχανία προϊόντων προσθετικής κατασκευής. Στις αυτοκινητοβιομηχανίες η χρήση του αποσκοπεί στο να κατασκευάσουν ανταλλακτικά με μειωμένο βάρος ή ακόμη και στην ενοποίηση τους. Στην αεροδιαστημική, χρησιμοποιείται προκειμένου να επιτύχουν πολλαπλούς στόχους, όπως τη μείωση του βάρους των εξαρτημάτων, την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της κατασκευής τους και την ασφάλεια του προσωπικού. Στην αρχιτεκτονική και την κατασκευή, όπου μέσω αυτής της τεχνολογίας εξερευνούνται λύσεις και στόχοι οι οποίοι μπορεί να είναι εκτός των υπάρχοντων κατασκευαστικών δυνατοτήτων, κ.ά..

Το διάγραμμα που παρατείνεται (Διάγραμμα Ένα) περιγράφει μία τυπική, επαναληπτική διαδικασία παραγωγής σχεδιαστικών λύσεων μέσω της τεχνικής του Generative Design (GD).

Διάγραμμα Ένα (1)



Διάγραμμα Ένα (1)

Harmut Bohnacker, Julia Laub,
Benedikt Groß, Claudius Lazzeroni.
Generative Gestaltung.

Αναλύοντας τα βήματα που ακολουθούνται στο διάγραμμα αυτό, μπορούμε να δούμε πως η διαδικασία ξεκινάει με την σύλληψη της ιδέας σε μία μη σχηματοποιημένη μορφή, όπου μετέπειτα διατυπώνεται μέσω των παραμέτρων της. Στην συνέχεια, αυτή η ιδέα παίρνει σχήμα και μορφή μέσω του αλγορίθμου. Αφού ο σχεδιαστής λάβει τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής, κρίνει βάσει των επιθυμητών στόχων αν οι παράμετροι ή ο κώδικας πρέπει να επαναδιατυπωθούν προκειμένου η διαδικασία να φτάσει στο επιθυμητό κατά τον σχεδιαστή αποτέλεσμα.

1.1. Τα Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χρήσης της Μεθόδου Generative Design

Τα αποτελέσματα της χρήσης του Generative Design (GD) στις άνω αναφερόμενες βιομηχανίες έχουν συνήθως θετικό πρόσημο καθώς τα προϊόντα που προκύπτουν από τη διαδικασία αυτή έχουν μειωμένη μάζα σε σύγκριση με τα συμβατικά σχεδιασμένα προϊόντα, έχουν αυξημένη απόδοση καθώς η γεωμετρία τους έχει βελτιστοποιηθεί προκειμένου να ακολουθεί συγκεκριμένες δομικές απαιτήσεις, έχουν μειωμένο χρόνο ανάπτυξης αφού ο χρόνος διερεύνησης σχεδιαστικών λύσεων ελαχιστοποιείται και τέλος, έχουν καινοτόμο σχεδιασμό καθότι η διαδικασία του Generative Design (GD) μπορεί να προσφέρει εξατομικευμένες λύσεις στην ανάπτυξη τους, που η συμβατική σχεδιαστική σκέψη ίσως να μην μπορούσε να προσφέρει.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω αναφορικά με τη χρήση της τεχνολογίας του Generative Design (GD), υπάρχουν και πολλά μειονεκτήματα που πρέπει να λάβουμε υπόψιν. Αρχικά, η τεχνολογία αυτή είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης. Οι αλγόριθμοι πρέπει να αναπτυχθούν περισσότερο προκειμένου να μπορούν να δημιουργήσουν ουσιαστικότερα και αποδοτικότερα μοντέλα, χωρίς να χρειάζεται μεγάλη χειροκίνητη παρέμβαση. Επίσης, το κόστος των λογισμικών που παρέχουν δυνατότητες Generative Design (GD) είναι αρκετά υψηλό, ειδικά όταν η χρήση τους πρόκειται να γίνει για εμπορικούς σκοπούς. Τα προγράμματα αυτά επίσης απαιτούν μεγάλη επαγγελματική ειδίκευση προκειμένου να μπορεί να γίνει σωστός έλεγχος των σύνθετα παραγόμενων μοντέλων. Αν και μπορεί να φαίνεται αντιφατικό, η παροχή μεγάλης ποικιλίας σχεδίων μπορεί να μην είναι πάντα επιθυμητή. Ένας αδικαιολόγητα μεγάλος αριθμός επιλογών μπορεί να απαιτήσει περισσότερο χρόνο στην διαχείρισή τους, απ'ότι το να σχεδιαστεί ένα μοντέλο από την αρχή. Τέλος, υπάρχει η ανησυχία μεταξύ των σχεδιαστών για το ότι η τεχνολογία αυτή μπορεί να μειώσει τις προσφερόμενες θέσεις στην αγορά εργασίας.

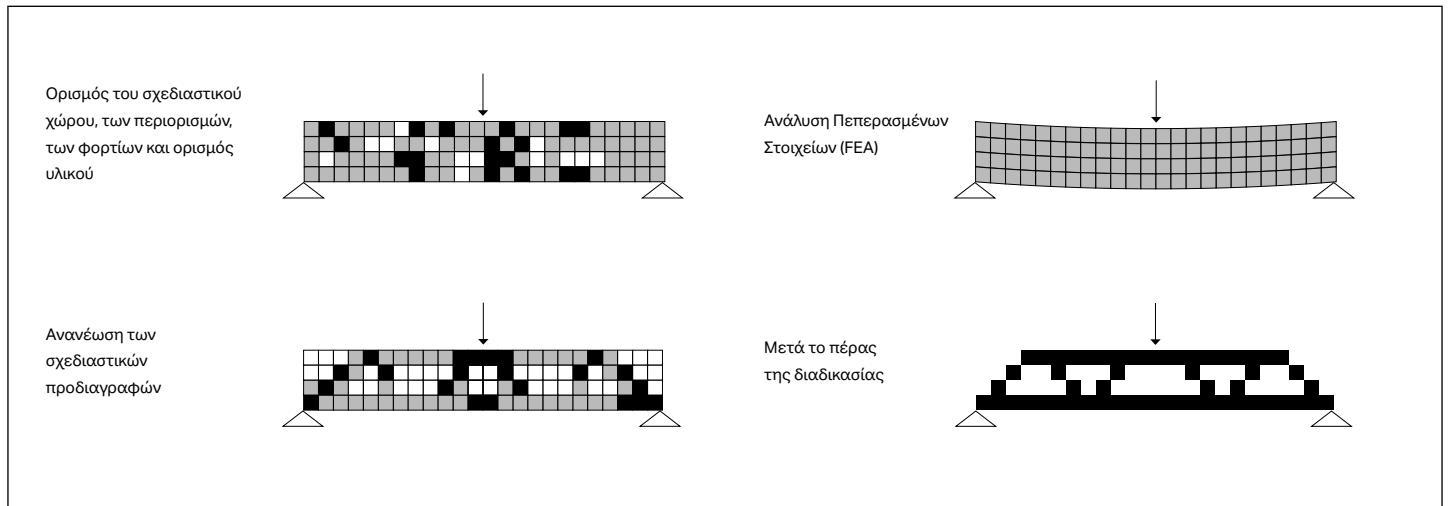
Λαμβάνοντας υπόψιν το θετικό αλλά και το αρνητικό αντίκτυπο του Generative Design (GD), μπορούμε να κατανοήσουμε σε ένα αρχικό πλαίσιο τα οφέλη αλλά και τις δυσκολίες που προκύπτουν στην προσπάθεια υιοθέτησης της τεχνολογίας αυτής από τον κλάδο της μαζικής βιομηχανίας προσθετικής κατασκευής.

2. Topology Optimization

Το Topology Optimization (TO) είναι και αυτό μια Computer-Aided διαδικασία που βασίζεται σε αλγόριθμους, κατά την οποία η διάταξη και η δομή του υλικού το οποίο βρίσκεται εντός ενός δεδομένου σχεδιαστικού χώρου βελτιστοποιείται, βάσει ενός συνόλου προκαθορισμένων στόχων οι οποίοι έχουν οριστεί και αποσαφηνιστεί από τον σχεδιαστή. Η βελτιστοποίηση αυτή επηρεάζεται από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στο αντικείμενο, οι συνθήκες φορτίσής του, οι συνθήκες που επικρατούν, καθώς και οι περιορισμοί και ιδιότητες υλικού που έχει προδιαγραφθεί στο αντικείμενο. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί την μέθοδο Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων (Finite Element Analysis - FEA) προκειμένου να κατακερματίσει το παραγμένο σχέδιο σε ένα διακριτό πλέγμα (πολύγωνα/ κορυφές/ άκρες) και στη συνέχεια αναλύει τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Στην συνέχεια αφαιρεί όποιο στοιχείο δεν χρειάζεται, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ρηξικέλευθα, οργανικά σχήματα.

Τομείς όπως η αεροδιαστημική, η πολιτική μηχανική, η βιοχημική και η μηχανολογία έχουν υιοθετήσει αυτή τη μέθοδο για να δημιουργήσουν καινοτόμες σχεδιαστικές λύσεις που ξεπερνούν τις δυνατότητες των χειροκίνητων σχεδίων.

Εικόνα Ένα (1)

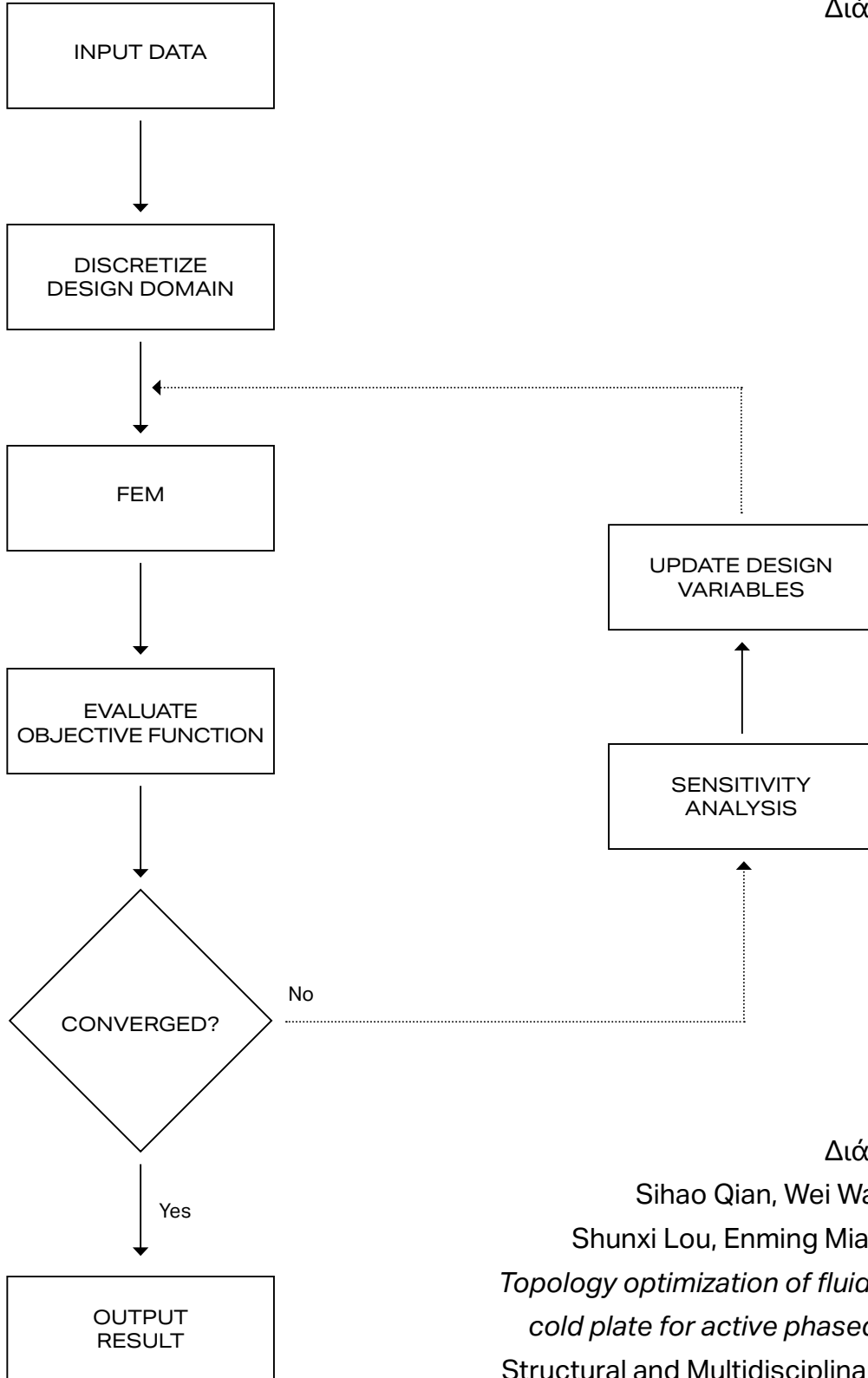


Εικόνα Ένα (1)

Nikolaos T. Kaminakis, Georgios E. Stavroulakis.

Topology optimization for compliant mechanisms, using evolutionary-hybrid algorithms and application to the design of auxetic materials.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα Δύο) περιγράφεται μία επαναληπτική διαδικασία βελτιστοποίησης μέσω της μεθόδου του Topology Optimization (TO).



Διάγραμμα Δύο (2)

Διάγραμμα Δύο (2)

Sihao Qian, Wei Wang, Chaoliu Ge,
Shunxi Lou, Enming Miao & Baofu Tang.
Topology optimization of fluid flow channel in cold plate for active phased array antenna,
Structural and Multidisciplinary Optimization.

Βάσει του άνω διαγράμματος, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η διαδικασία είναι αρκετά απλή ως λογική. Αφού εισάγουμε όλα τα σχεδιαστικά δεδομένα, όπως τη δομή, τη γεωμετρία και το υλικό και ορίσουμε τις παραμέτρους που πρέπει τηρεί η κατασκευή, προχωράμε στην διακριτοποίηση του σχεδιαστικού μας πεδίου σε πεπερασμένα στοιχεία. Ο σχεδιαστής καλείται να αξιολογήσει αν η παραγόμενη δομή ανταποκρίνεται στην επίλυση του σχεδιαστικού του προβλήματος. Αν δεν καλύπτει τις σχεδιαστικές ανάγκες, τότε προχωράει κάνοντας μία ανάλυση ευαισθησίας της δομής βάσει των προκαθορισμένων παραμέτρων, και αφού εντοπίσει τις περιοχές προβληματισμού, θα ενημερώσει τις σχεδιαστικές του μεταβλητές. Η διαδικασία αυτή μπορεί να συνεχιστεί έως ότου να προκύψει μια δομή που εξυπηρετεί τους τεχνικούς περιορισμούς.

2.1. Τα Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χρήσης της Μεθόδου Topology Optimization

Τα πλεονεκτήματα χρήσης της μεθόδου του Topology Optimization (TO) μπορούν να είναι πολλαπλά όπως ο βελτιστοποιημένος σχεδιασμός, αφού η Finite Element Analysis (FEA) λαμβάνει υπόψη πολλούς παράγοντες και αποφεύγει να κάνει επικίνδυνες υποθέσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε ελαττωματικά στοιχεία. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η ελαχιστοποίηση υλικού, καθώς ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της βελτιστοποίησης τοπολογίας είναι η ικανότητά της να αφαιρεί το περιττό υλικό και να αυξάνει την αναλογία ακαμψίας-βάρους. Το χαμηλότερο βάρος και μέγεθος του τελικού τεχνουργήματος έχει επίσης ως απόρροια τη λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Αφού μειώνεται η χρήση του υλικού και η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή και τη μεταφορά των αντικειμένων, το Topology Optimization (TO) είναι μια τεχνολογία κάνει τη παραγωγική διαδικασία πιο βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική. Η μέθοδος αυτή όταν συνδυάζεται με τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής μπορεί να μειώσει ακόμη περισσότερο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής καθώς παράγονται λιγότερα απόβλητα. Τέλος, το Topology Optimization (TO) προσφέρει ταχύτερη διαδικασία σχεδίασης και συντομότερους χρόνους έγχυσης του τελικού προϊόντος στην αγορά, χάρη στους εκτενείς λογαριθμικούς ελέγχους που μειώνουν τον κίνδυνο αστοχίας του υλικού.

Παρόλα αυτά, πρέπει να γίνει κατανοητό πως η τεχνική του Topology Optimization (TO) έχει αρκετούς περιορισμούς ως προς την κατασκευασσιμότητα του τελικού τεχνουργήματος. Τα τοπολογικά βελτιστοποιημένα σχέδια μπορούν να παραχθούν ευκολότερα προσθετικά, παρά αφαιρετικά. Δεδομένου ότι ορισμένα από τα βελτιστοποιημένα σχέδια που προκύπτουν είναι κατάλληλα μόνο για τρισδιάστατη εκτύπωση ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, μόνο για injection moulding ή die casting, το κόστος ανά μονάδα ανεβαίνει δραματικά. Επίσης, το αποτέλεσμα

του τελικού προϊόντος εξαρτάται από τον σωστό προσδιορισμό των παραμέτρων που θέτει ο σχεδιαστής. Αν ο σχεδιαστής δεν ορίσει σωστά τις μεταβλητές κατά τη βελτιστοποίηση, τότε το τελικό τεχνούργημα μπορεί να έχει σημαντικά λιγότερη αντοχή σε σύγκριση με το αρχικό μοντέλο. Τέλος, δεν πρέπει να ληφθεί απήφιστα πως αυτή η αλγοριθμική διαδικασία δεν είναι απολύτως κατανοητή από τον σχεδιαστή και χρειάζονται παραπάνω εργαλεία που θα βοηθήσουν στην σωστή λήψη αποφάσεων.

3. Διαφορά Μεταξύ Generative Design και Topology Optimization

Το Topology Optimization (TO) συχνά συγχέεται με το Generative Design (GD). Και οι δύο τεχνικές σχεδιασμού προϊόντων έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς και συχνά, αλλά εσφαλμένα θεωρούνται πως είναι ίδιες. Το Topology Optimization (TO) απαιτεί εξ' αρχής ένα σχεδιαστικό μοντέλο από τον χρήστη, μαζί τους περιορισμούς και τις ιδιότητες του υλικού. Στη συνέχεια, το λογισμικό εκτελεί ένα Finite Element Analysis (FEA) και αφαιρεί το περιττό υλικό αναλύοντας το σχέδιο, για να παράξει το βελτιστοποιημένο προϊόν. Ως εκ τούτου, γίνεται κατανοητό πως η βελτιστοποίηση τοπολογίας χρειάζεται την είσοδο ενός αρχικού μοντέλου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, περιορίζοντας με αυτό το τρόπο τη δυνατότητα του ανακάλυψης γεωμετριών και σχεδίων εκτός του δεδομένου σχεδιαστικού χώρου.

Από την άλλη πλευρά, το Generative Design (GD) δεν χρησιμοποιεί μόνο την τεχνική της βελτιστοποίησης τοπολογίας, αλλά προχωρά τη διαδικασία ένα βήμα παραπέρα αφαιρώντας συνολικά την ανάγκη για ένα αρχικό μοντέλο. Το Generative Design (GD) δημιουργεί μοντέλα λαμβάνοντας υπόψη του την εισαγωγή πληροφοριών, όπως ο χώρος σχεδιασμού, οι δυνάμεις και οι περιορισμοί. Στη συνέχεια προχωράει σε σχηματική βελτιστοποίηση για να αναλύσει και να δημιουργήσει πολλαπλά σχέδια τα οποία μετέπειτα θα αξιολογήσει ο μηχανικός/σχεδιαστής.

Το Topology Optimization (TO) επίσης δεν λαμβάνει υπόψη τη μέθοδο κατασκευής του τεχνουργήματος, σε αντίθεση με το Generative Design (GD). Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις, ένα ήδη βελτιστοποιημένο τοπολογικά μοντέλο μπορεί να υποβληθεί σε περαιτέρω διεργασίες εάν πρόκειται να χρησιμοποιήσει μια μέθοδο κατασκευής διαφορετική από την 3D εκτύπωση, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς οποιασδήποτε διαδικασίας παραγωγής επιλεγεί.

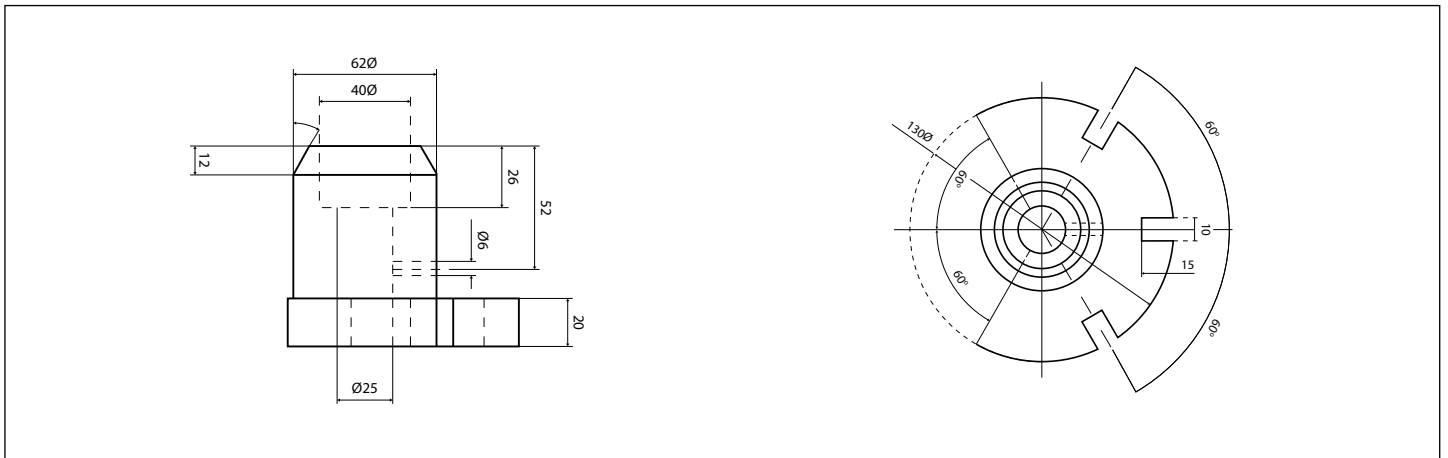
4. Computer-Aided Design

Οι τεχνολογίες που αποσκοπούν στην βελτιστοποίηση τοπολογιών εφαρμόζονται μέσω Computer-Aided Design (CAD) λογισμικών. Ως Computer-Aided Design (CAD) ορίζεται η χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων που βοηθάνε στην δημιουργία, την τροποποίηση, την ανάλυση και την βελτιστοποίηση ενός σχεδίου. Τα λογισμικά αυτά χρησιμοποιούνται κατά κόρον καθώς αυξάνουν την παραγωγικότητα των σχεδιαστών καθώς επιτρέπουν μεγαλύτερη σχεδιαστική ακρίβεια και μειώνουν τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν. Βελτιώνουν την ποιότητα των σχεδίων καθώς επιτρέπουν την καλύτερη οπτικοποίηση των υποσυστημάτων, των μερών και του τελικού προϊόντος. Επίσης, καλυτερεύουν την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μελών ενός έργου και επιτρέπουν την ευκολότερη και σωστότερη τεκμηρίωση ενός σχεδίου, συμπεριλαμβανομένων των γεωμετριών, των διαστάσεων και του κόστους των υλικών που δαπανούνται για την παραγωγή του. Μειώνουν τα κόστη ανάπτυξης του προϊόντος και επιταχύνουν την διαθεσή του στην αγορά. Τα σχέδια που δημιουργούνται μέσω των λογισμικών αυτών βοηθάνε στην διαφύλαξη των εφευρέσεων μέσω διπλωμάτων ευρεσιτεχνιών.

Το CAD αποτελεί μονάχα ένα μέρος της συνολικής διαδικασίας Ανάπτυξης Ψηφιακών Προϊόντων (Digital Product Development - DPD) εντός της συνολικής διαδικασίας Διαχείρισης του Κύκλου Ζωής του Προϊόντος (Product Lifecycle Management - PLM) και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται μαζί με άλλα εργαλεία, τα οποία είναι είτε ενσωματωμένα σε αυτό, είτε διατίθενται ως μεμονωμένα προϊόντα, όπως:

- Προϊόντα Computer-Aided Engineering (CAE) και Finite Element Analysis (FEA)
- Προϊόντα Computer-Aided Manufacturing (CAM) συμπεριλαμβανομένων και των οδηγιών για Computer Numerical Control (CNC)
- Προϊόντα φωτορεαλιστικής απόδοσης και προσομοίωσης κίνησης
- Προϊόντα διαχείρισης εγγράφων και ελεγχου αναθεώρησης με χρήση Διαχείρισης Δεδομένων Προϊόντων (Product Data Management - PDM)

Εικόνα Δύο (2)



Εικόνα Δύο (2)

Δισδιάστατη όψη Computer-Aided σχεδίου. cnclathing.
com *Difference Between 2D and 3D CAD Drawing.*

4.1. Τύποι Computer-Aided Design

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί πολλοί και διαφορετικοί τύποι Computer-Aided Design (CAD), οι οποίοι καλούν τον χρήστη να σκεφτεί διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να σχεδιάσει προϊόντα εντός των περιβάλλοντων τους. Σχεδόν όλα τα εργαλεία Computer-Aided Design (CAD) βασίζονται στην έννοια των περιορισμών, που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό γεωμετρικών ή μη στοιχείων ενός μοντέλου.

4.1.1. Δισδιάστατο (2D) Computer-Aided Design

Τα δισδιάστατα συστήματα Computer-Aided Design (CAD) για την παραγωγή γραμμικών σχεδίων και διατάξεων που προσδιορίζονται για διαφορετικές εφαρμογές. Μέσα στο συστημικό περιβάλλον, το 2D Computer-Aided Design (CAD) χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κατόψεων, τομών, υψομετρικών όψεων και λεπτομερειών κατασκευής. Αυτές οι όψεις εξηγούν πώς θα κατασκευαστεί μία δομή και παρέχουν πληροφορίες για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και τις προδιαγραφές ή την απόδοση που πρέπει να έχει η κατασκευή. Άλλες πληροφορίες ενδέχεται να περιλαμβάνονται σε ένα σχέδιο είναι πληροφορίες που θα βοηθήσουν να διασφαλιστεί ότι ένα έργο θα κατασκευαστεί με σωστό τρόπο, όπως παραδείγματος χάρη τα χρονοδιαγράμματα ή λίστες κατασκευαστών για κάθε μέρος της κατασκευής.

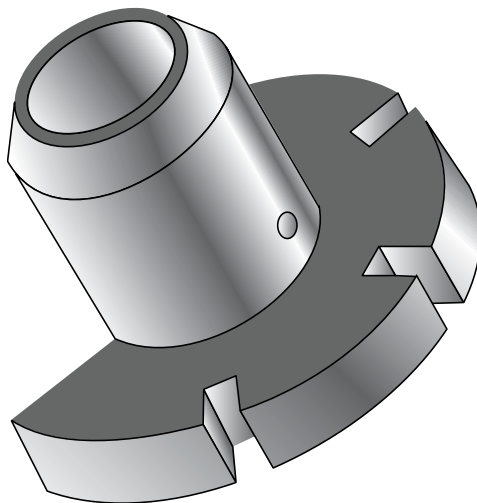
4.1.2. Δύο και Μισό (2.5D) Computer-Aided Design

Το Two and a Half Dimensional (2.5D) Computer-Aided Design (CAD) είναι ένας τύπος CAD που βρίσκεται μεταξύ του 2D και 3D Computer-Aided Design (CAD). Τα μοντέλα 2.5D CAD απαρτίζονται από γεωμετρικά σχήματα τα οποία ορίζονται και περιορίζονται εντός των αξόνων X και Y, με μικρή ή και καθόλου πρόσβαση στον άξονα Z. Τα αντικείμενα που περιγράφονται με την χρήση τέτοιου είδους συστημάτων προσομοιώνονται και αποδίδονται ως τρισδιάστατα, παρά την έλλειψη του άξονα Z (πρισματικά μοντέλα). Ακόμα κι αν το αντικείμενο αποδίδεται γεωμετρικά ως τρισδιάστατο, δεν μπορούν να υπάρχουν σε αυτό μέρη τα οποία δεν υποστηρίζονται από κάτω τους από άλλα επίπεδα. Το πάχος ή το βάθος του αντικειμένου απεικονίζεται συνήθως χρησιμοποιώντας έναν υψομετρικό χάρτη.

4.1.3. Τρισδιάστατο (3D) Computer-Aided Design

Το Three Dimensional (3D) Computer-Aided Design (CAD) είναι ουσιαστικά η επέκταση της δισδιάστατης σχεδίασης στον τρισδιάστατο χώρο. Τα λογισμικά Three Dimensional (3D) Computer-Aided Design (CAD) διευκολύνουν και αυτοματοποιούν μερικές πτυχές της κατασκευής προϊόντων, όπως την σχεδίαση του αντικειμένου στον τρισδιάστατο χώρο, τις δοκιμές προσομοίωσης αντοχής του τεχνουργήματος βάσει του προσδιορισμού του υλικού του και των επιμέρους δυνάμεων, τον τρόπο και την σειρά με τον οποίο θα συναρμολογηθεί, την διαχείριση των τεχνικών του πληροφοριών, τα φωτορεαλιστικά και κινούμενα σχέδια που επιδεικνύουν τον τρόπο εμφάνισης και κίνησης του και την εξαγωγή λεπτομερών σχεδίων κατασκευής και παραγωγής του. Στην περίπτωση προσθετικής κατασκευής, το αρχείο του μοντέλου Three Dimensional (3D) Computer-Aided Design (CAD) μπορεί να σταλεί απευθείας σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή.

Εικόνα Τρία (3)



Εικόνα Τρία (3)
Τρισδιάστατη όψη της Εικόνας Δύο (2).
cnclathing.com. *Difference
Between 2D and 3D CAD Drawing.*

Τρεις Κύριοι Τύποι Τρισδιάστατης (3D) Computer-Aided Design Μοντελοποίησης

Wireframe modeling: Ο τύπος του wireframe modeling είναι μία επέκταση του δισδιάστατου σχεδίου στον τρισδιάστατο χώρο. Κάθε γραμμή πρέπει να μπει χειροκίνητα στο σχέδιο. Το τελικό προϊόν δεν έχει ιδιότητες που σχετίζονται με αυτό και δεν μπορούν να προστεθούν επί αυτού πρόσθετα χαρακτηριστικά. Στον τύπο αυτό, ο σχεδιαστής προσεγγίζει τα σχεδιαστικά ζητήματα με τρόπο του δισδιάστατου σχεδιασμού.

Surface modeling: Ο τύπος του surface modeling είναι μία μαθηματική μέθοδος σχεδίασης με σκοπό την προβολή ενός αντικειμένου με συμπαγή μορφή. Το Surface modeling δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να κοιτάζουν ένα συμπαγές αντικείμενο υπό συγκεκριμένες γωνίες. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για αρχιτεκτονικά σχέδια και τρισδιάστατες απεικονιστικές αποδόσεις.

Solid modeling: Ο τύπος του solid modeling είναι μια μέθοδος σχεδίασης κατά την οποία χρησιμοποιούνται βασικές τρισδιάστατες συμπαγείς γεωμετρικές δομές ((πρίσματα, κύλινδροι, σφαίρες, ορθογώνια), από τις οποίες προστείνεται ή αφαιρείτε όγκος. Με την μέθοδο αυτή είναι εύκολο να απεικονιστούν πολύπλοκα τρισδιάστα αντικείμενα και να αποδοθούν δισδιάστατες όψεις αυτών.

Μέθοδοι Μοντελοποίησης Τρισδιάστατου (3D) Computer-Aided Design

Parametric modeling: η παραμετρική μοντελοποίηση (parametric modeling) βασίζεται στην «σχεδιαστική πρόθεση» του χρήστη. Η «σχεδιαστική πρόθεση» είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στο Computer-Aided Design (CAD) και βάσει αυτής ορίζονται οι δομικές και γεωμετρικές σχέσεις καθώς και τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου, έτσι ώστε όταν γίνεται μία αλλαγή, αυτή αλλάζει αντίστοιχα όλες τις παραπάνω σχέσεις. Οι σχέσεις αυτές εμφανίζονται ιεραρχικά στο model tree. Το model tree είναι μια λίστα που παραθέτει όλα τα στοιχεία ενός μοντέλου σε ιεραρχική σειρά, που αντικατοπτρίζει τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων ή τη σειρά δημιουργίας τους.

Direct modeling: η άμεση μοντελοποίηση (direct or explicit modeling) παρέχει τη δυνατότητα επεξεργασίας της γεωμετρίας ενός αντικειμένου χωρίς την αναγκαιότητα ενός model tree. Στην άμεση μοντελοποίηση, μόλις χρησιμοποιηθεί ένα σκίτσο για τη δημιουργία μιας γεωμετρίας, αυτή ενσωματώνεται κατευθείαν στη συνολική γεωμετρία και ο σχεδιαστής απλώς την τροποποιεί. Όπως και στην παραμετρική μοντελοποίηση, η απευθείας μοντελοποίηση έχει τη δυνατότητα να περιλαμβάνει γεωμετρικές σχέσεις (π.χ. σχέσεις μεταξύ εφαπτομένων, σχέσεις ομοκεντρικότητας, κτλπα).

Assembly modeling: η μοντελοποίηση με σκοπό την συναρμολόγηση (assembly modeling) είναι η διαδικασία κατά την οποία τα επιμέρους μεμονωμένα τμήματα που έχουν σχεδιαστεί, συσσωματώνονται σε ένα τελικό προϊόν.

4.1.4. Ελεύθερης Μορφής Computer-Aided Design

Τα Freeform Computer-Aided Design (CAD) εργαλεία επιτρέπουν το σχεδιασμό πολύπλοκων, αντισυμβατικών, οργανικών σχημάτων που μπορεί να μην είναι εφικτό να δημιουργηθούν με τα παραδοσιακά εργαλεία στερεάς μοντελοποίησης. Η freeform μοντελοποίηση συχνά συνδυάζεται με άλλες μορφές τρισδιάστατης μοντελοποίησης προκειμένου να επιτρέψει στον σχεδιαστή να δημιουργήσει προϊόντα που πρέπει να προσαρμοστούν πάνω στην ανθρώπινη μορφή ή ακόμη και για χρήσεις computer-generated imagery.

4.2. Το Μέλλον του Computer-Aided Design

Το Computer-Aided Design (CAD) έχει εξελιχθεί δραματικά από την αρχή δημιουργίας του. Με τις νέες, υποσχόμενες καινοτομίες, το μέλλον του CAD φαίνεται πως θα επιφέρει μια ουσιαστική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο θα σχεδιάζουμε και θα δημιουργούμε προϊόντα μελλοντικά. Παρακάτω θα δούμε σε ποιες τεχνολογίες θα δώσουν βάση οι εταιρείες ανάπτυξης λογισμικών CAD τα επόμενα χρόνια.

Cloud-based Technology: Μία από τις σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στον χώρο του Computer-Aided Design (CAD) θα είναι η χρήση cloud-based υπηρεσιών, οι οποίες θα διευκολύνουν σημαντικά την συνεργασία μεταξύ μελών μίας ομάδας καθώς θα προσφέρει στους σχεδιαστές την δυνατότητα να μπορούν να εργαστούν εξ αποστάσεως και να μπορούν να έχουν πρόσβαση στα αρχεία τους από οπουδήποτε μέσω του internet. Αυτό όχι μόνο μειώνει την ανάγκη για την αγορά ακριβών υπολογιστικών συστημάτων και

λογισμικών, αλλά θα δώσει και την δυνατότητα σε πολλά διαφορετικά μέλη μιας ομάδας να εργάζονται σε ένα έργο ταυτόχρονα.

Artificial Intelligence: Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει αρχίσει να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην τεχνολογία CAD, ωθώντας τα όρια της καινοτομίας και της παραγωγικότητας. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, να κατανοήσει μοτίβα και να κάνει προβλέψεις, πολλαπλασιάζοντας έτσι τις σχεδιαστικές ικανότητες του χρήστη. Μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές ενίσχυσης των τεχνολογιών CAD μέσω του Artificial Intelligence είναι το Generative Design (GD). Με τη βοήθεια της τεχνολογίας αυτής, οι σχεδιαστές μπορούν να διερευνήσουν out-of-the-box ιδέες και να βρουν δημιουργικές λύσεις, που διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να είχαν σκεφτεί. Η ανάπτυξη νέων προϊόντων μπορεί να γίνει γρηγορότερα και ευκολότερα και τα απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας να μειωθούν δραματικά.

Εικόνα (4)



Εικόνα (4)

Η General Motors χρησιμοποίησε το Computer-Aided Generative Design λογισμικό της Autodesk για να δημιουργήσει έναν καινούριο τύπο βραχίονα καθίσματος για ηλεκτρικά αυτοκίνητα. *Assembly Magazine. Generative Design Software Is Transforming the Design Process.* Photo courtesy Autodesk.

Additive Manufacturing Technology: Το πεδίο της προσθετικής κατασκευής, που συναντάται επίσης με την ονομασία τρισδιάστατη εκτύπωση, έχει εξελιχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Το Computer-Aided Design (CAD) έχει παίξει καταλυτικό ρόλο στην εξέλιξη αυτή καθώς επιπλέον τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής ενσωματώνονται συνεχώς σε λογισμικά CAD, επιτρέποντας στους χρήστες αυτών να προσαρμόζουν τα σχέδια τους ειδικά για την παραγωγή προϊόντων μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η τεχνολογία αυτή, δίνει την δυνατότητα κατασκευής τεχνουργημάτων μέσω πλεγμάτων καμπυλόμορφης γεωμετρίας, τα οποία μειώνουν της συνολικής μάζα του παραγόμενου προϊόντος λόγω της χρήσης λιγότερου υλικού, και μπορεί να δημιουργήσει περίπλοκες και αντισυμβατικές γεωμετρίες.

Internet of things: Το Internet of Things (IoT) είναι ένα δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών που συλλέγουν και μοιράζονται δεδομένα μεταξύ τους. Τα λογισμικά CAD σταδιακά θα αρχίσουν να επικοινωνούν με IoT πλατφόρμες. Οι μηχανικοί σχεδίασης θα μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την συμπεριφορά ενός τεχνουργήματος, τον τρόπο που χρήσης του και για το αν χρήζει συντήρησης, εντάσσοντας σένσορες στα προϊόντα που σχεδιάζουν. Οι πληροφορίες που θα συλλέγονται θα μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη βελτιστοποιημένων σχεδίων, εμπειριών και για προληπτική συντήρηση των παραγόμενων αντικειμένων.

Augmented Reality and Virtual Reality (AR & VR): Το χάσμα μεταξύ του 3D Computer-Aided Design (CAD) και της πραγματικότητας θα γίνει μελλοντικά αισθητά μικρότερο. Χάρη στην ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στα λογισμικά CAD, τα τρισδιάστατα μοντέλα θα μπορούν να απεικονιστούν και να μελετηθούν στον πραγματικό χώρο, χάρη στα virtual reality headsets που γίνονται ολοένα και πιο προσβάσιμα στην αγορά.

Technology Customization: Οι εταιρείες ανάπτυξης λογισμικών CAD ολοένα και απομακρύνονται από τις λεγόμενες one-size-fits-all λύσεις και προσπαθούν παρέχουν στους χρήστες τους την δυνατότητα να ρυθμίζουν τα λογισμικά CAD βάσει των δικών τους επαγγελματικών αναγκών, επιλέγοντας να χρησιμοποιούν μονάχα τα εργαλεία που απαιτούνται για τις εργασίες τους. Αυτό μπορεί να μειώσει το κόστος των λογισμικών αυτών, καθώς οι χρήστες δεν θα χρειάζεται να αγοράζουν το σύνολο των λειτουργιών που προσφέρονται από αυτό.

5. Computer-Aided Engineering

Το Computer-Aided Engineering (CAE) είναι η χρήση υπολογιστικών λογισμικών με σκοπό την προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός τεχνουργήματος σε δυνάμεις που του ασκούνται. Σκοπός αυτής της τεχνολογίας είναι η βελτίωση ενός προϊόντος ή ακόμα και η επίλυση μηχανικών του προβλημάτων. Τα λογισμικά αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως προσομοιώσεις και βελτιστοποιήσεις προϊόντων και κατασκευαστικών διαδικασιών. Τα εργαλεία Computer-Aided Engineering (CAE) χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση σχεδιαστικών προτάσεων που παράγονται σε λογισμικά Computer-Aided Design (CAD).

Οι Φάσεις της Computer-Aided Engineering (CAE) Διαδικασίας

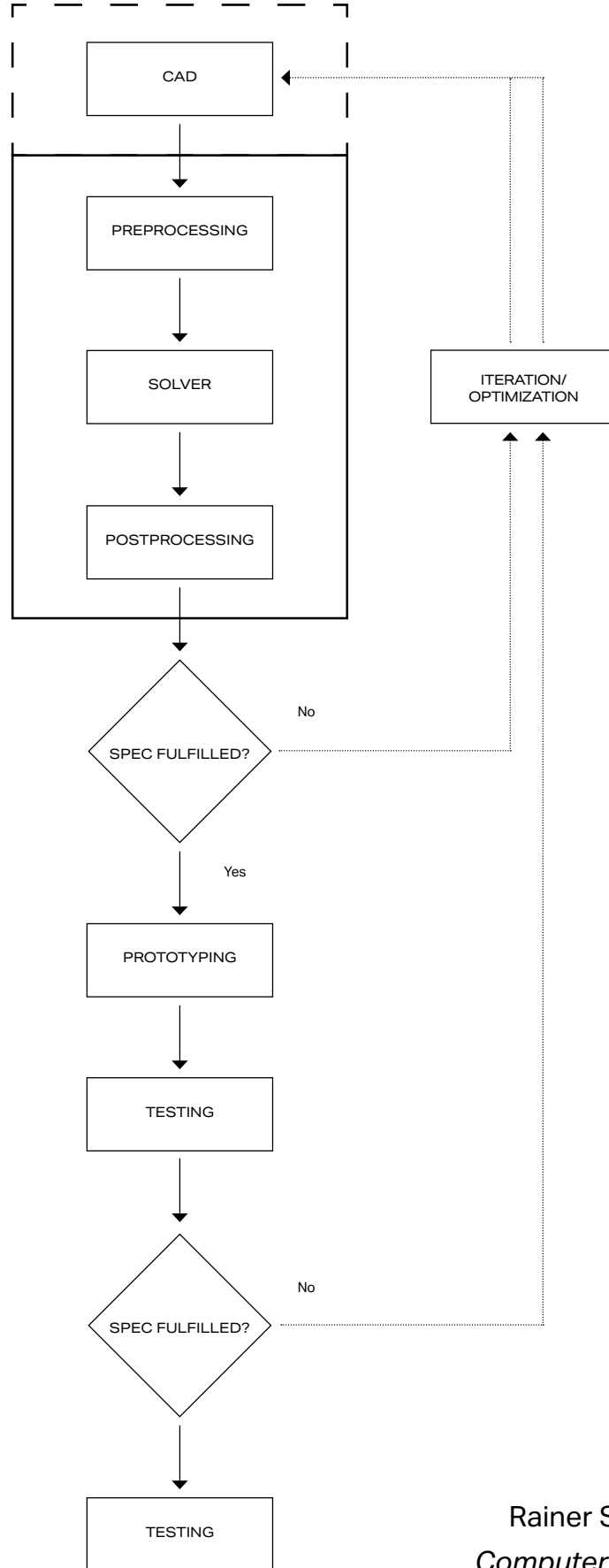
Pre-processing: Οι μηχανικοί ορίζουν τις παραμέτρους του αντικειμένου/συστήματος που πρόκειται να αξιολογηθεί. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν τις φυσικές ιδιότητες, τη γεωμετρία και τους περιορισμούς κάτω από τους οποίους πρόκειται να ελεγχθεί.

Running Solvers Applications: Το αντικείμενο/σύστημα αξιολογείται διεξοδικά χρησιμοποιώντας διαδικασίες CAE, όπως FEA, CFD, κτλπα.

Post-processing: τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον μηχανικό σχεδιασμού και οι παράμετροι του συστήματος/αντικειμένου τροποποιούνται έτσι ώστε να ληφθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το διάγραμμα που παρατείνεται παρακάτω (Διάγραμμα Τρία) περιγράφει την τυπική, διαδικασία παραγωγής τεχνουργήματων μέσω του Computer-Aided Engineering (CAE).

Εικόνα Τρία (3)



Εικόνα Τρία (3)

Rainer Stark. Major *Technology 4: Computer Aided Engineering—CAE.*

Κύριοι Τύποι Computer-Aided Engineering

Οι εφαρμογές Computer-Aided Engineering (CAE) υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα μηχανικών κλάδων και φαινομένων. Οι κυριότεροι τύποι CAE είναι οι ακόλουθοι.

Stress Analysis: Η ανάλυση τάσεων συνήθως εκτελείται χρησιμοποιώντας ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Analysis - FEA). Η FEA χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέγιστης τάσης και καταπόνησης ενός τεχνουργήματος που υπόκειται στις προδιαγεγραμμένες συνθήκες φόρτισης.

Thermal and Fluid Analysis: Η Υπολογιστική Ρευστοδυναμική (Computational fluid dynamics - CFD) είναι η ανάλυση των ροών ρευστών χρησιμοποιώντας μεθόδους αριθμητικών υπολογισμών. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή, μπορούν να αναλυθούν πολύπλοκα προβλήματα όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ υγρών, υγρών και στερεών και υγρών και αερίων.

Kinematics and Dynamic Analysis of Mechanisms: Η ανάλυση κίνησης και δυνάμεων μελετάει τις δυνάμεις που ασκούνται σε διασυνδεδεμένα άκαμπτα σώματα. Ο σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να βρει πώς κινούνται αυτά τα σώματα ως σύστημα και τις δυνάμεις δημιουργούνται κατά την κίνηση αυτή.

Simulation of Manufacturing Processes: Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της διαδικασίας κατασκευής ενός τεχνουργήματος και για τον εντοπισμό περιοχών όπου μπορεί να επέλθει βελτιστοποίηση κατά την παραγωγή του, όπως η μείωση των παραγόμενων αποβλήτων, η μείωση του χρόνου παραγωγής και κόστους παραγωγής του.

Optimization of Product or Process: θεωρείται μια αλληλουχία διαδικασιών επεξεργασίας που βασίζονται σε διάφορες σχεδιαστικές μεταβλητές και ακολουθούν προκαθορισμένους περιορισμούς προκειμένου να επιτύχουν το επιθυμητό σχεδιαστικό αποτέλεσμα.

5.1. Το Μέλλον του Computer-Aided Engineering

Η χρήση του Computer-Aided Engineering (CAE) στη σημερινή αγορά ολοένα και αυξάνεται, ειδικά στους τομείς της ανάπτυξης και συντήρησης προϊόντων, της έρευνας και ανάπτυξης (Research & Development - R&D) καθώς και στην κατασκευή βασιζόμενη σε χρήση νέων τεχνολογιών. Τα νέα προϊόντα σχεδόν σε κάθε κλάδο, κατασκευάζονται πλέον με ΌξυπναΥ τεχνολογικά χαρακτηριστικά που παρέχουν καλύτερη εμπειρία χρήσης στους αγοραστές τους. Η ενσωμάτωση των ΌξυπνωνΥ τεχνολογιών στην παραγωγή προϊόντων απαιτεί την ένταξη νέων χαρακτηριστικών και λειτουργιών στα προγράμματα Computer-Aided Engineering (CAE), προκειμένου να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της αγοράς. Μερικές νέες τεχνολογίες και χαρακτηριστικά τα οποία θα δούμε να ενσωματώνονται μελλοντικά στα CAE λογισμικά είναι τα ακόλουθα.

Database-centric CAE: Οι κεντρικές βάσεις δεδομένων που συναντώνται στη νέα γενιά προγραμμάτων CAE παρέχουν πρόσθετες διαδικασίες αυτοματοποίησης χάρη στις προσφερόμενες βιβλιοθήκες αρχείων. Οι βιβλιοθήκες αυτές οποίες παρέχουν στον χρήστη άμεσα προσβάσιμα, προελεγμένα μέρη ή σύνολα συναρμογών, έτοιμα προς χρήση.

Artificial Intelligence και Machine Learning (ML): Το AI και το Machine Learning έρχονται να αυτοματοποιήσουν την διαδικασία βελτιστοποίησης, παράγοντας πολλά διαφορετικά σχέδια βάσει των παραμέτρων που θέτει ο χρήστης. Οι αλγόριθμοι μπορούν επίσης να αναγνωρίσουν μοτίβα και σχέσεις μέσα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, επιτρέποντάς τους να προβλέψουν τις συμπεριφορές σύνθετων συστημάτων. Αυτό βοηθάει τους μηχανικούς να αναγνωρίσουν πιθανά προβλήματα ή ελλείψεις, μειώνοντας το οικονομικό ρίσκο και τις χρονικές καθυστερήσεις.

3D Prototyping: Η συγχώνευση δεδομένων με λογισμικά τρισδιάστατου σχεδιασμού επιτρέπει στους μηχανικούς να δημιουργήσουν εικονικά πρωτότυπα που επιβεβαιώνουν την ικανότητα του προϊόντος να τηρήσει τις σχεδιαστικές του προδιαγραφές.

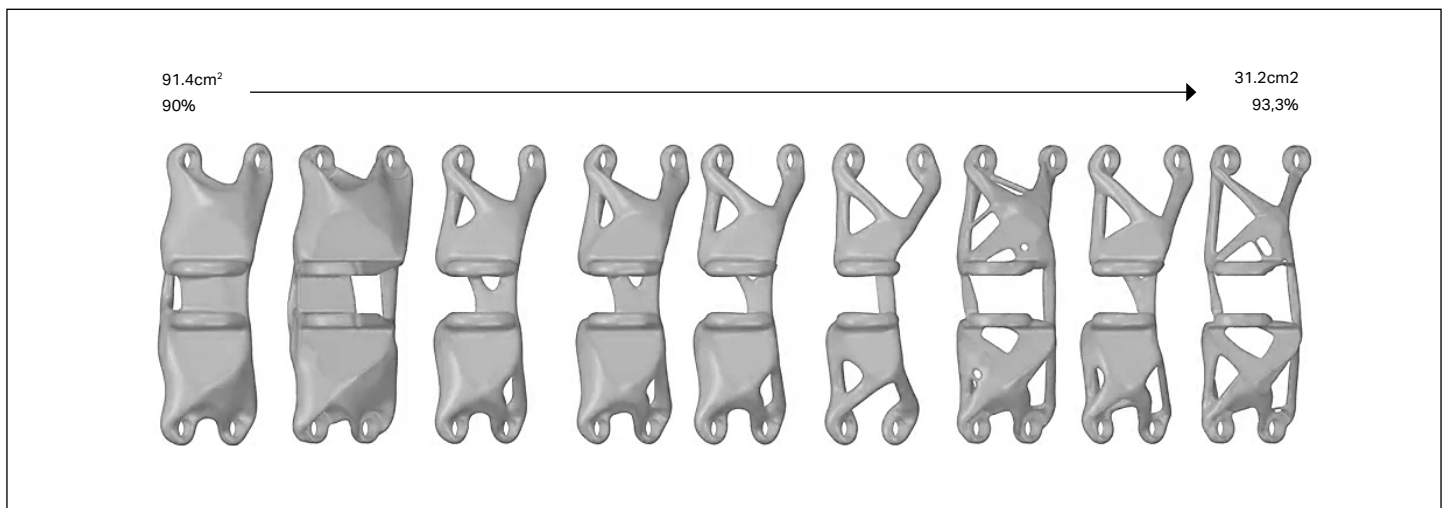
Maintenance Innovation: Στα νέα συστήματα CAE, η τεκμηρίωση ενός έργου μπορεί να εξαχθεί και να σταλεί σε πελάτες σε διάφορες μορφές όπως έξυπνα PDF και οι αλλαγές που γίνονται επί αυτών μπορούν να επανεισάχθούν και ενσωματωθούν αυτόματα. Μόλις οριστικοποιηθεί ο τελικός σχεδιασμός ενός τεχνουργήματος, τα Computer-Aided Engineering (CAE) λογισμικά μπορούν να δημιουργήσουν αυτόματα ένα πλήρες πακέτο πληροφοριών

κατασκευής που περιλαμβάνει όλα τα διαγράμματα, τις λίστες και τα components IDs και, εάν είναι επιθυμητό, αυτοματοποιημένες ρυθμίσεις για NC machining και wire processing. Τα δεδομένα του τελικού σχεδίου είναι διαθέσιμα σε πολλαπλές ηλεκτρονικές μορφές, οι οποίες μπορούν να ενημέρωνονται συνεχώς, διευκολύνοντας έτσι τις εργασίες των τεχνικών συντήρησης.

Interdisciplinary Design: Μέσω των σύγχρονων συστημάτων Computer-Aided Engineering (CAE), τα μέλη μιας ομάδας μπορούν να μοιραστούν τα σχεδιαστικά δεδομένα ενός έργου άμεσα μεταξύ τους. Καθώς γίνονται αλλαγές στο διαμοιρασμένο έργο, τα συστήματα CAE πραγματοποιούν ενημερώσεις αυτόματα σε ένα μεμονωμένο μέρος ή σε όλο το άμεσα επηρεαζόμενο σύνολο.

Collaboration Tools: Τα νέα εργαλεία CAE επιτρέπουν την απρόσκοπτη μεταφορά δεδομένων και τη συνεργασία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ ατόμων που μπορεί να είναι σε διαφορετικές τοποθεσίες. Τα σύγχρονα λογισμικά CAE μπορούν να προσπεράσουν ακόμα και γλωσσικά εμπόδια μεταγλωτίζοντας αυτόματα έργα. Επίσης, προσφέρουν πολλές μορφές εξαγωγής αρχείων, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη συνεργασία μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων μελών.

Εικόνα Πέντε (5)



Εικόνα Πέντε (5)

ansys.com

*Real-Time Topology Optimization Through
Generative Design Driven Innovation*

6. Computer-Aided Design και Computer-Aided Engineering Λογισμικά που Υποστηρίζουν Διαδικασίες Generative Design

Το Generative Design (GD) έχει ανοίξει τον δρόμο σε πολλές καινοτόμες αλλαγές που επηρεάζουν τρόπο με τον οποίο οι σχεδιαστές είναι πλέον ικανοί να μειώσουν το κόστος και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατασκευής ενός τεχνουργήματος και να βελτιώσουν την αποδοτικότητά και την βιωσιμότητά τους σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού του. Η τεχνολογία αυτή έχει επανακαθορίσει τον ρόλο του σχεδιαστή/μηχανικού μετατρέποντάς τον από κάποιον ο οποίος δημιουργεί μία λύση σε ένα σχεδιαστικό πρόβλημα, σε κάποιον ο οποίος αξιολογεί ένα μεγάλο αριθμό πιθανών λύσεων και μετέπειτα εστιάζει στις λεπτομέρειες των μηχανικών τους δυνατοτήτων. Στην αγορά διατίθενται ήδη αρκετά λογισμικά που υποστηρίζουν Generative Design (GD) λειτουργίες. Μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα.

Autodesk Fusion 360: Το Fusion 360 είναι ένα σχεδιαστικό λογισμικό computer-aided design (CAD), computer-aided engineering (CAE) computer-aided manufacturing (CAM) και printed circuit board (PCB).

Η τεχνολογία του generative design της Autodesk, η οποία προσφέρεται ως προαιρετική επέκταση στο λογισμικό Fusion 360 επιτρέπει την ταχεία εξερεύνηση σχεδιαστικών επιλογών δημιουργώντας ταυτόχρονα πολλαπλές λύσεις που βασίζονται σε περιορισμούς κατασκευής, κόστος και απαιτήσεις απόδοσης του προϊόντος, χωρίς όμως την ύπαρξη ενός αρχικού μοντέλου. Οποιαδήποτε από τις παραγόμενες λύσεις μπορεί να επανεισαχθεί ξανά στο Fusion 360 προκειμένου να βελτιωθεί. Η τεχνολογία generative design της Autodesk χρησιμοποιεί «manufacturing process-aware artificial intelligence», η οποία λαμβάνει υπόψη τον τρόπο παραγωγής ενός τεχνουργήματος κατά την δημιουργία σχεδιαστικών λύσεων.

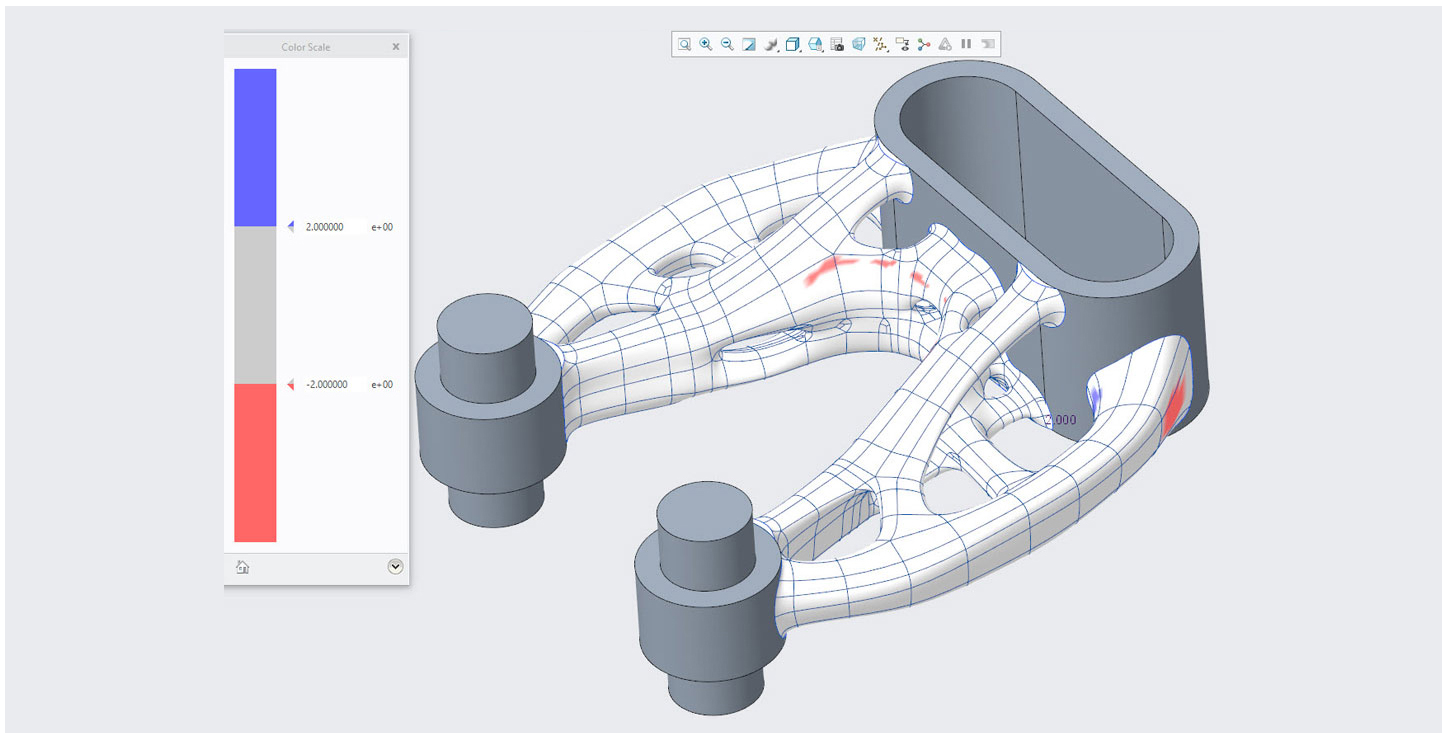
Solidworks: Το Solidworks είναι ένα πρόγραμμα που υποστηρίζει computer-aided design (CAD) και computer-aided engineering (CAE). Επιπρόσθετα, μπορεί να προσφέρει λειτουργίες computer-aided manufacturing (CAM) μέσω του SOLIDWORKS CAM add-on.

Αξιοποιώντας τους toscas solvers της SIMULIA, το νέο Topology Study εντός του SOLIDWORKS® Simulation δίνει την δυνατότητα να βελτιστοποιηθούν σχήματα εύκολα και γρήγορα από την αρχή της σχεδιαστικής διαδικασίας, αποσκοπώντας σε ελαφρύτερα και καλύτερης ποιότητας μέρη τα οποία είναι κατάλληλα για κατασκευή.

PTC Creo Parametric: Το Creo είναι μια ολοκληρωμένη λύση 3D computer-aided design (CAD), computer-aided engineering (CAE) και computer-aided manufacturing (CAM) που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό, την μηχανική εξέταση και κατασκευή τεχνουργημάτων. Το Creo παρέχει δυνατότητα 3D παραμετρικών μοντελοποιήσεων, 3D άμεσων μοντελοποιήσεων, 2D προβολών, ανάλυσεων και προσομοιώσεων πεπερασμένων στοιχείων και φωτορεαλιστικών απεικονίσεων.

Οι επεκτάσεις Generative Topology Optimization (GTO) και cloud-based Generative Design (GDx) του Creo Parametric βοηθούν τον σχεδιαστή να βελτιστοποιήσει σχέδια προϊόντων με βάση τους περιορισμούς και τις απαιτήσεις του – συμπεριλαμβανομένων των υλικών και των διαδικασιών κατασκευής. Το GDx επιτρέπει την ταυτόχρονη δημιουργία πολλαπλών σχεδίων με χρήση διαφορετικών υλικών και κατασκευαστικών σεναρίων, επισημαίνοντας ποιες θεωρεί ως κορυφαίες επιλογές.

Εικόνα Έξι (6)



Εικόνα Έξι (6)

ptc-solutions.de

*Creo Generative Topology Optimization (GTO)
using Creo Generative Design Extension (GDx)*

CATIA: Το Catia είναι μία σουίτα πολλαπλών λογισμικών που υποστηρίζουν λειτουργίες computer-aided design (CAD), computer-aided engineering (CAE), computer-aided manufacturing (CAM), τρισδιάστατη μοντελοποίηση και Product Life Management (PLM).

Η Generative Design Engineering (GDE) λειτουργία του CATIA δίνει τη δυνατότητα σε μη ειδικούς να δημιουργούν αυτομάτως βελτιστοποιημένα μέρη βάσει λειτουργικών προδιαγραφών. Μεταβάλλοντας αυτές, οι σχεδιαστές είναι σε θέση να δημιουργήσουν πολλαπλές παραλλαγές για σύγκριση και ανάλυση. Σε αντίθεση με τα λογισμικά που παράγουν αυτόματα σχεδιαστικές παραλλαγές, το GDE παρέχει μια προσέγγιση πολλαπλών βημάτων για την παραμετροποίηση.

Siemens NX: Το NX, παλαιότερα γνωστό ως ÆunigraphicsÛ, είναι ένα προηγμένης τεχνολογίας computer-aided design (CAD), computer-aided engineering (CAE) και computer-aided manufacturing (CAM) λογισμικό.

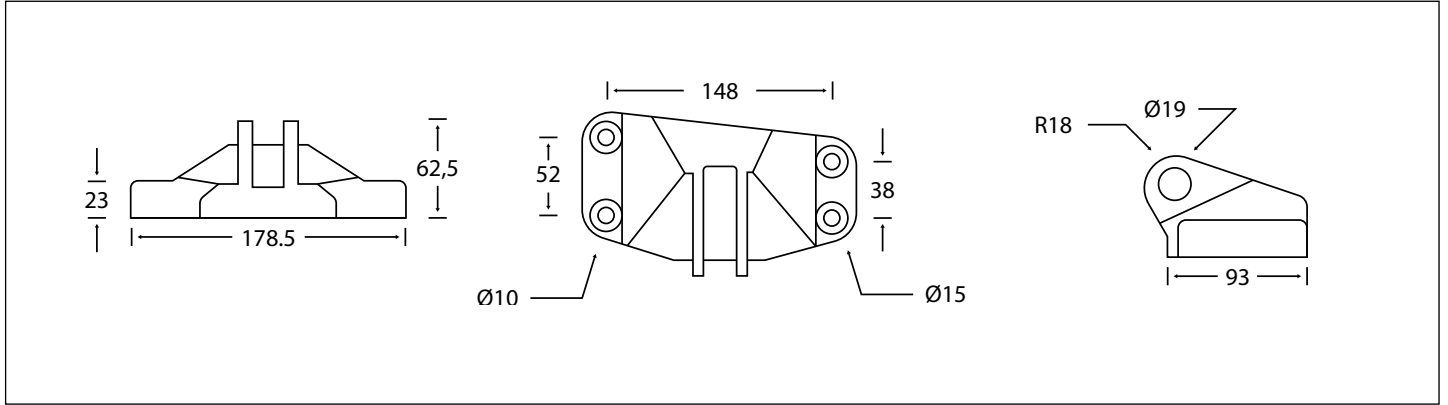
Το Design Space Explorer στο NX προσφέρει προηγμένες δυνατότητες προσομοίωσης, που συνήθως γίνονται από ειδικούς που έχουν εξειδίκευση σε μελέτες προσομοίωσης. Η πλατφόρμα έχει ενσωματωμένη τεχνολογία βελτιστοποίησης τοπολογιών η οποία λειτουργεί βάσει τεχνολογία συγκλίνουσας μοντελοποίησης, προσφέροντας με αυτό τον τρόπο περισσότερες σχεδιαστικές επιλογές στον χρήστη. Εκτός από τη σχεδιαστική εξερεύνηση του χώρου, το λογισμικό επιτρέπει την επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού βασιζόμενη σε πολλαπλούς στόχους, δίνοντας έτσι στους χρήστες τη δυνατότητα να μελετήσουν τον αντίκτυπο μιας σχεδιαστικής αλλαγής στα χαρακτηριστικά του, όπως το κόστος κατασκευής του ή και τις φυσικές του ιδιότητες.

7. Περιπτωσιολογική Μελέτη Χρήσης Μεθόδου Topology Optimization

Ίσως μία από τις πιο γνωστές μελέτες βελτιστοποίησης που έχουν διεξαχθεί είναι αυτό της General Electric Aviation το 2013. Η μελέτη αυτή ήταν μια ανοιχτή πρόσκληση προς την παγκόσμια σχεδιαστική κοινότητα (υπό την αιγίδα του Grabcad) να συμμετάσχει σε αυτή, με σκοπό την βελτιστοποίηση ενός απλού αλλά αρκετά σημαντικού τμήματος των κινητήρων αεροσκαφών. Η βελτιστοποίηση είχε ως κύριο της στόχο την μείωση του βάρους ενός βραχίονα που ως κύρια λειτουργία του είναι να υποβαστάζει το βάρος του καλύμματος του κινητήρα κατά τη διάρκεια του service. Το εξάρτημα αυτό (Figure 4), είναι κατασκευασμένο από τιτάνιο και ζυγίζει περίπου 1,8 κιλά. Για τον διαγωνισμό ορίστηκαν οι ακόλουθες προϋποθέσεις.

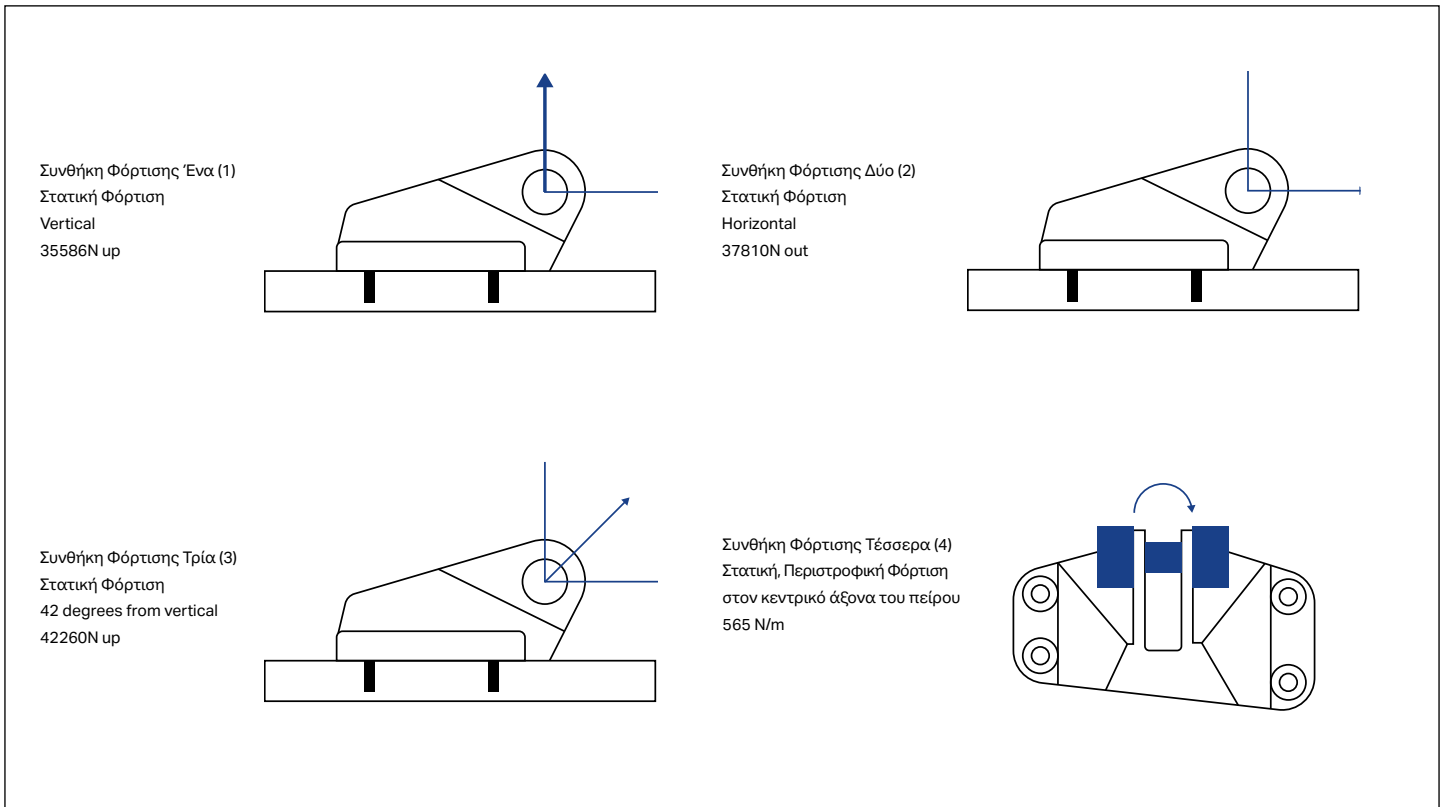
- Η βελτιστοποιημένη γεωμετρία πρέπει να έχει βασιστεί γεωμετρικά στην αρχική (δεδομένη γεωμετρία)
- Το υλικό είναι το αλόη Τιτανίου με yield strength=903MPa σε θερμοκρασία κατά το service 25 °C.
- Το ελάχιστο πάχος του τοιχώματος της κατασκευής μπορεί να είναι 1,25mm.
- Η πρώτη διεπαφή με τον πείρο θεωρείται άκαμπτη για τους λόγους ανάλυσης, και η διάμετρος αυτού είναι 190mm
- Η δεύτερη έως την πέμπτη διεπαφή γίνεται με βίδες 0.375-24 AS3239-26. Το κάτω μέρος της βίδας είναι 100mm. και το άνω 150mm.
- Οι βίδες θεωρούνται για λόγους ανάλυσης απείρως άκαμπτες.
- Οι συνθήκες φόρτισης ορίζονται όπως παρατίθενται στο Figure 5
- Ο διαγωνισμός αντιμετώπιστηκε με μεγάλο ενδιαφέρον από την παγκόσμια κοινότητα και οι διαγωνιζόμενοι άρχισαν να ανεβάζουν τις συμμετοχές τους σχεδόν αμέσως. Αναγνωρίζοντας ότι δεν επρόκειτο για έναν τυπικό ανοιχτό, διαγωνισμό όπου οι συμμετοχές θα κρίνονταν υποκειμενικά για την αισθητική των σχεδίων τους, οι διαγωνιζόμενοι χρειάζονταν μεγαλύτερη σαφήνεια για το πως θα εξετάσουν τα τελικά σχέδια οι κριτές, το οποίο προκάλεσε μεγάλη διάδραση μεταξύ της εταιρείας και των διαγωνιζόμενων. Ο διαγωνισμός έκλεισε τον Νοέμβριο του 2013 και σχεδόν 700 άτομα υπέβαλαν τα σχέδια τους.

Διάγραμμα Τέσσερα (4)



Διάγραμμα Τέσσερα (4)
Διαστάσεις βραχίονα κινητήρα

Διάγραμμα Πέντε (5)



Διάγραμμα Πέντε (5)
Συνθήκες Φόρτισης βραχίονα κινητήρα

7.1. Η Σημασία Μείωσης Βάρους στον Χώρο της Αεροναυπηγικής Κατασκευής

Η ελαχιστοποίηση του βάρους είναι πολύ συχνά ένας βασικός στόχος της μηχανικής βελτιστοποίησης. Ένας αποτελεσματικός σχεδιασμός είναι συνήθως ένας ελαφρύς σχεδιασμός που είναι ικανός να ανταπεξέρχεται σε οποιαδήποτε φορτία εφαρμόζονται επί αυτού χωρίς να προκαλείται θραύση ή μόνιμη παραμόρφωση. Η αυξομείωση του βάρους είναι σημαντικός παράγοντας μελέτης σε στατικές εφαρμογές, αλλά αυξάνεται σημαντικά η σημασία του σε δυναμικές ή κινούμενες εφαρμογές (όπως στις μελέτες της αυτοκινητοβιομηχανίας) και γίνεται ακόμα πιο σημαντικός σε εφαρμογές ανύψωσης φορτίων (όπως στην αεροδιαστημική).

Τα σύγχρονα αεροσκάφη είναι, φυσικά, βαρέα οχήματα. Το Boeing 737 ζυγίζει περίπου 65 μετρικούς κατά την απογείωση. Αναγνωρίζοντας ότι μόνο οι επιβάτες και το φορτίο του αεροπλάνου αποφέρουν έσοδα, οι αεροπορικές εταιρείες έρχονται αντιμέτωποι με το γεγονός ότι η μεταφορά του περιβλήματος του αεροσκάφους, των καυσίμων και των κινητήρων είναι ένα απαραίτητο αλλά ανεπιθύμητο λειτουργικό κόστος. Η ερώτηση που γεννιέται είναι η εξής: Πόσο καύσιμο θα μπορεί να εξοικονομηθεί ετησίως μειώνοντας το βάρος κάθε αεροσκάφους παγκοσμίως κατά μισό κιλό;

Η απάντηση του CEO της Boeing είναι πως το 2012, μια γνωστή αεροπορική εταιρεία πέταξε συνολικά 109.346.509 επιβάτες εκτελώντας συνολικά 1.361.558 ταξίδια που είχαν κόστος κατανάλωσης καυσίμων 6,12 δισεκατομμύρια δολάρια. Το μέσο κόστος κατανάλωσης καυσίμων επήλθε στα 4500\$ ανά ταξίδι ή αλλιώς στα 56\$ ανά επιβάτη. Αν υποθέσουμε ότι ο μέσος επιβάτης ζυγίζει 90 κιλά συμπεριλαμβανομένων των αποσκευών του, τότε κόστος κατανάλωσης καυσίμων είναι 0,56\$ ανά κιλό ανά ταξίδι. Έτσι, εάν μπορούσε να αφαιρεθεί έστω και μισό κιλό από όλα τα αεροσκάφη της αεροπορικής εταιρείας, θα εξοικονομούσαν κάτι περισσότερο από 380.000\$ ετησίως. Αν θα θέλαμε να συμπεριλάβουμε όλα τα αεροπλάνα στον πλανήτη, η εξοικονόμηση αυτή θα ανερχόταν περίπου στα 9,5 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (> 3 εκατομμύρια γαλόνια).

7.2. Αποτελέσματα Περιπτώσιολογικής Μελέτης

Η μείωση μάζας στις μελέτες των διαγωνιζόμενων κυμαινόταν από 7 έως 96% του αρχικού βάρους του βραχίονα. Περίπου το 70% των συμμετοχών είχαν στις μελέτες τους μείωση της μάζας του βραχίονα κατά 40%. Οι παραλλαγές που κατέθεσαν οι σχεδιαστές που πήραν μέρος στον διαγωνισμό ακολουθούσαν τέσσερις (4) βασικές γεωμετρικές δομές:

Open Mouth Design: Οι κοίλες επιφάνειες στην κάτω πλευρά του εξαρτήματος σχηματίζουν απότομες γωνίες προς το οριζόντιο επίπεδο, υποδεικνύοντας πως θα χρειαζόταν επιπρόσθετη στήριξη στη βάση του κατά την προσθετική κατασκευή του.

Pocketed Design: Το αρχικά σχεδιαστικά όρια είναι ξεκάθαρα διακριτά στον σχεδιασμό αυτόν. Το υλικό είχε αφαιρεθεί εσωτερικά του κελύφους του βραχίονα.

Flat Design: Στα σχέδια αυτά, η στήριξη του πείρου είναι κάθετη στο άνω μέρος της επιφάνειας του βραχίονα. Ορισμένα από τα σχέδια αυτά είχαν μεγάλες επίπεδες βάσεις και θα απαιτούσαν επιπρόσθετο υποστηρικτικό υλικό κάτω από την βάση τους προκειμένου να κατασκευαστούν.

Butterfly Design: Οι λείες, κοίλες επιφάνειες μεταξύ των οπών που εισέρχεται ο πείρος και των οπών των βιδών δημιουργεί ένα ενδιαφέρον αισθητικά αποτέλεσμα. Οι χαμηλές γωνίες βέβαια, θα χρειάζονταν και αυτές επιπλέον υποστήριξη για την κατασκευή τους.

Εικόνα Επτά (7)

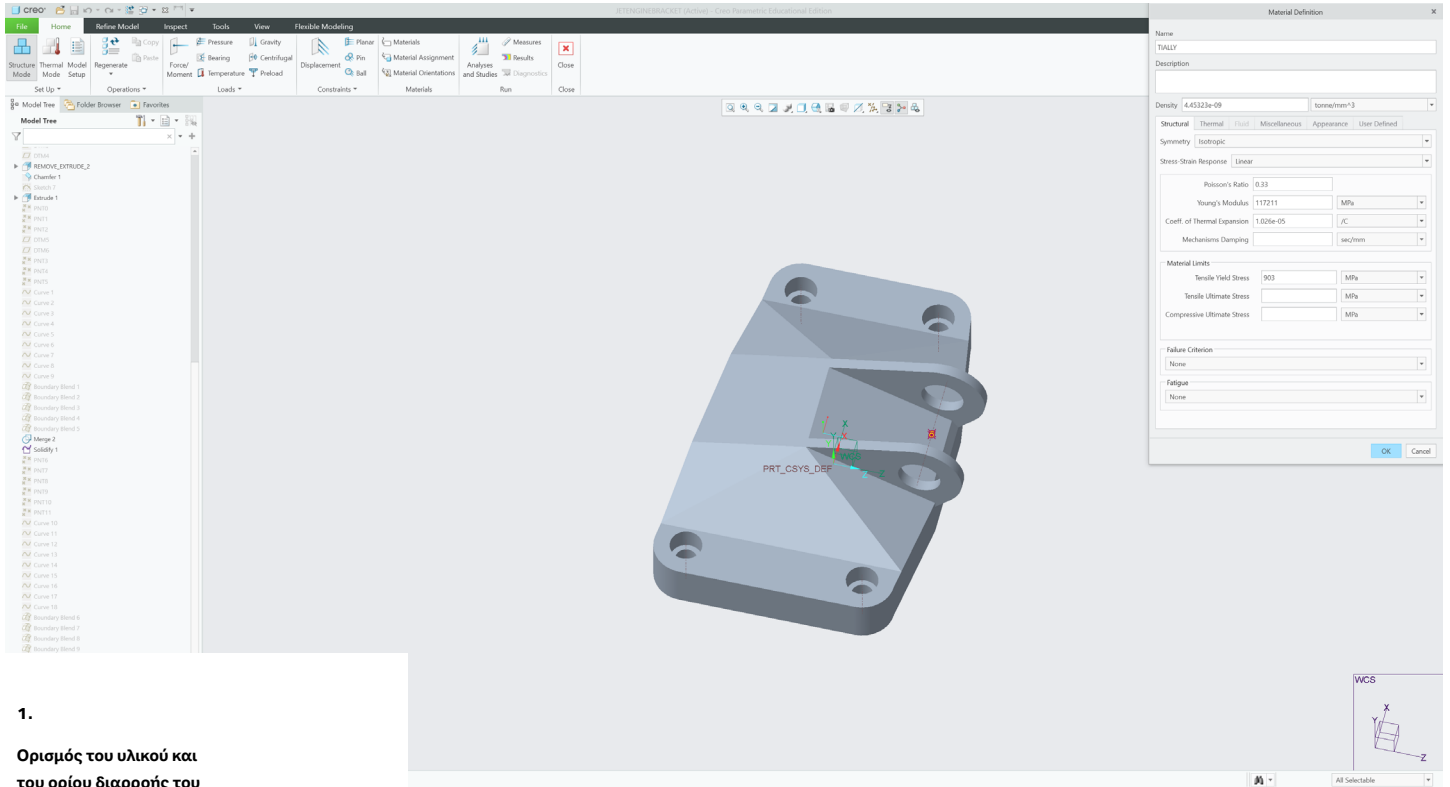
variousconsequences.com

Αποτέλεσμα Βελτιστοποίησης τοπολογίας του
βραχίονα κινητήρα

Εικόνα Επτά (7)

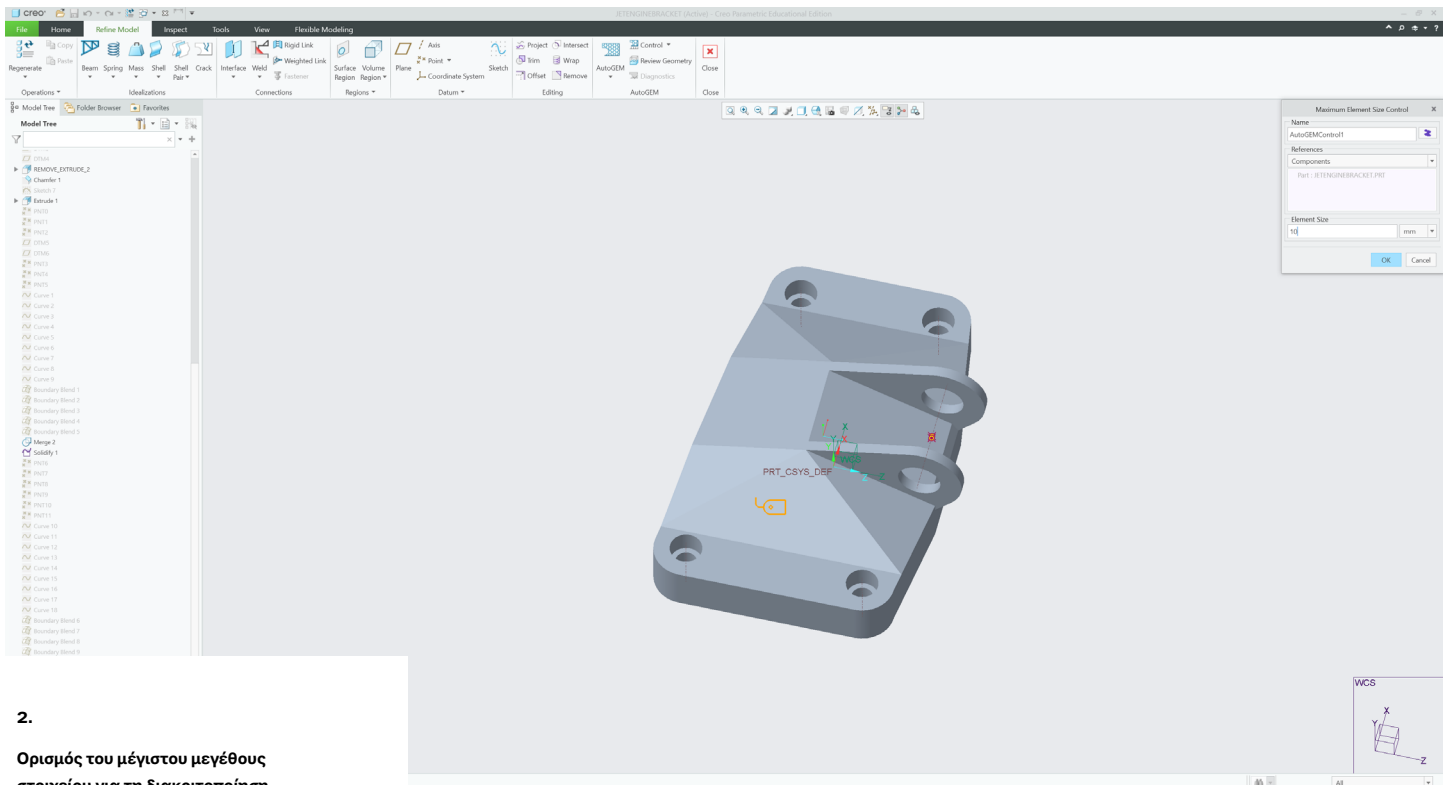


7.2. Επαναξέταση Περιπτώσιολογικής Μελέτης με Χρήση Τεχνολογίας Generative Topology Optimization



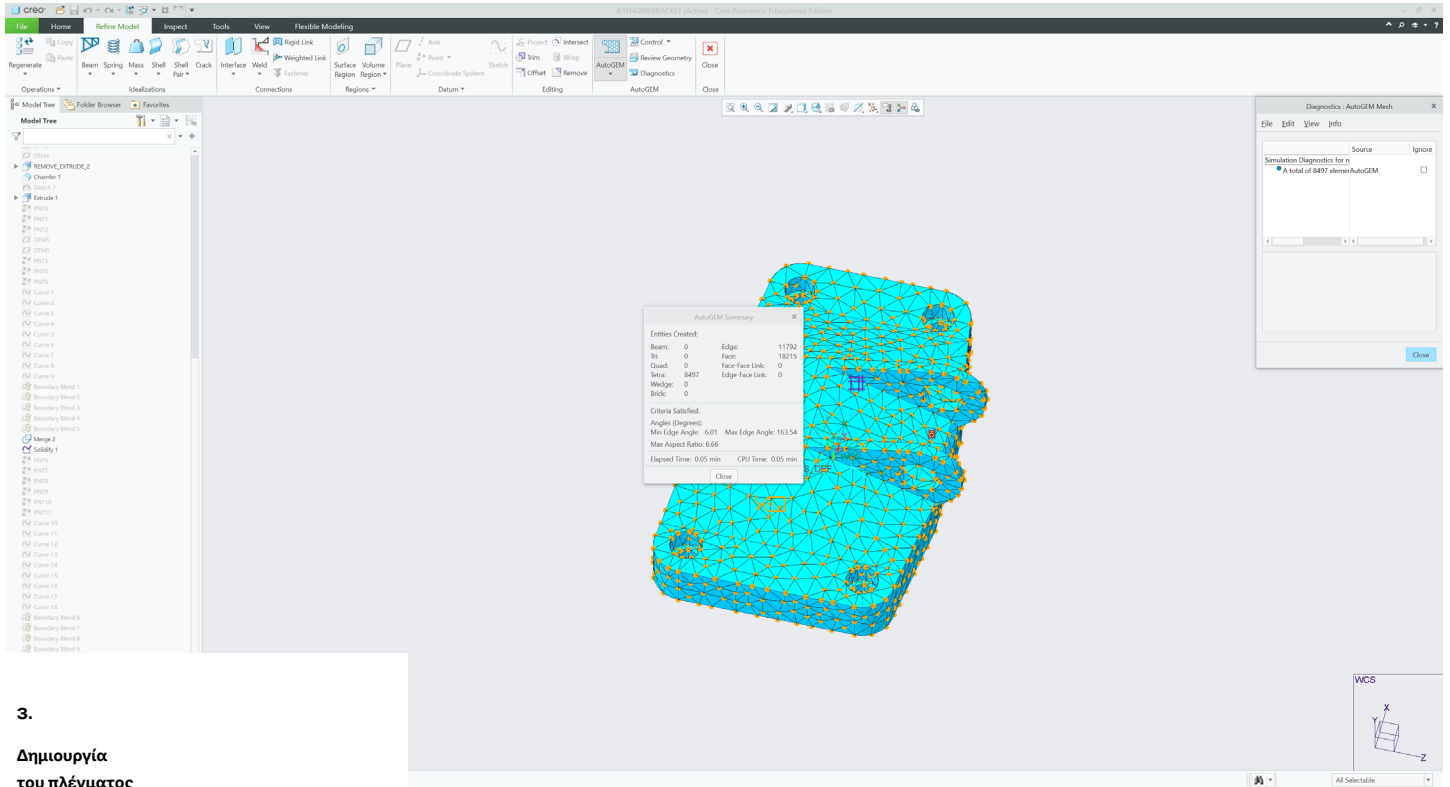
1.

Ορισμός του υλικού και του ορίου διαρροής του

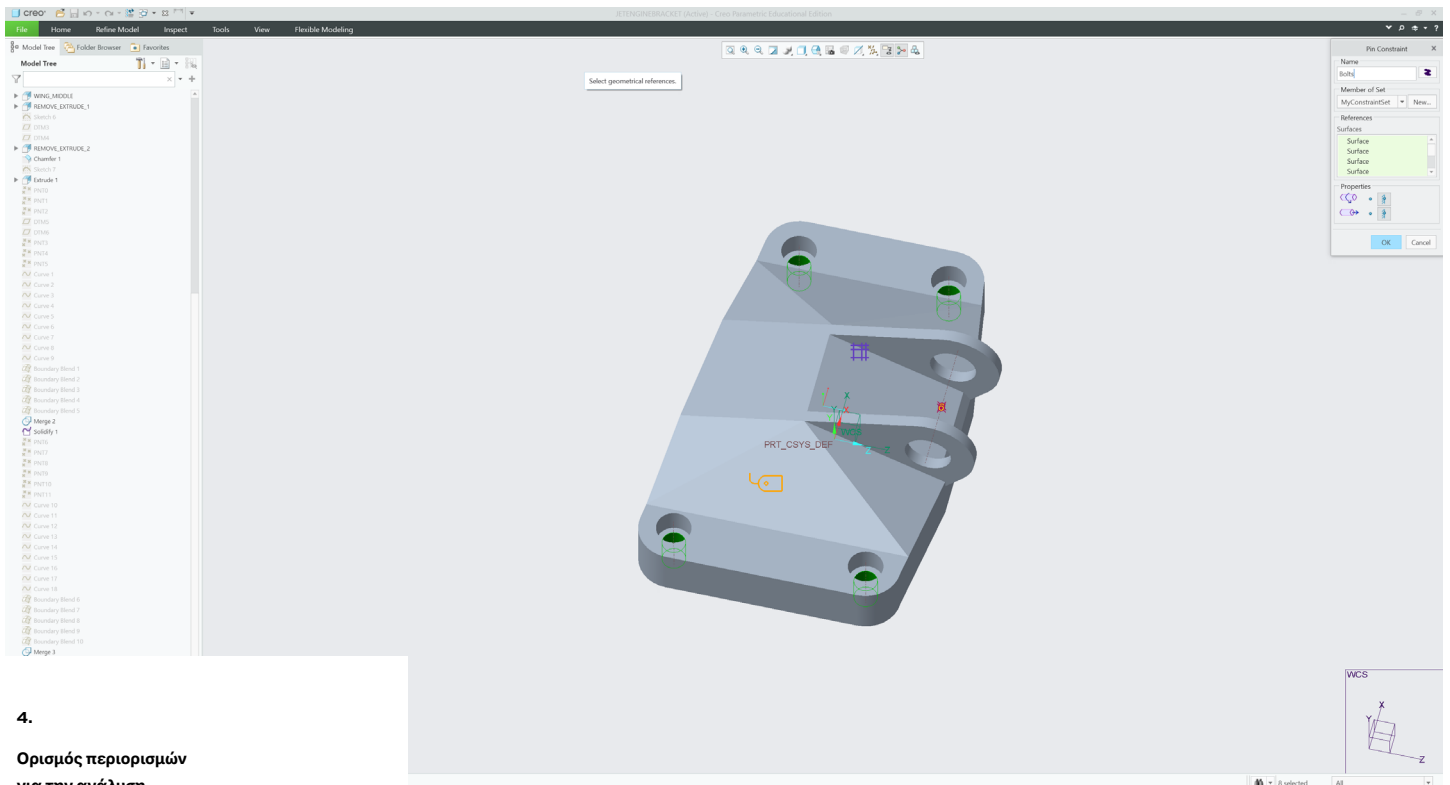


2.

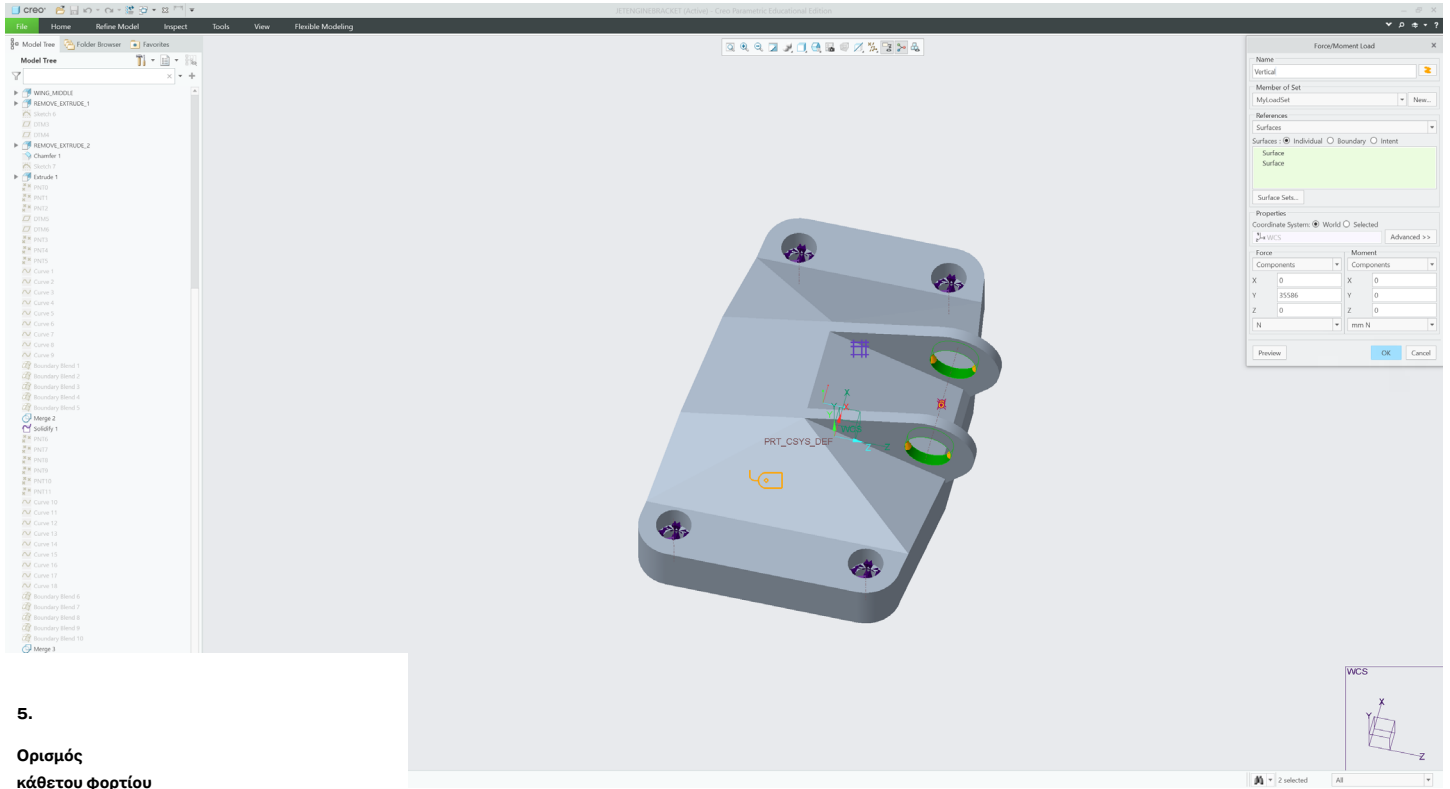
Ορισμός του μέγιστου μεγέθους στοιχείου για τη διακριτοποίηση



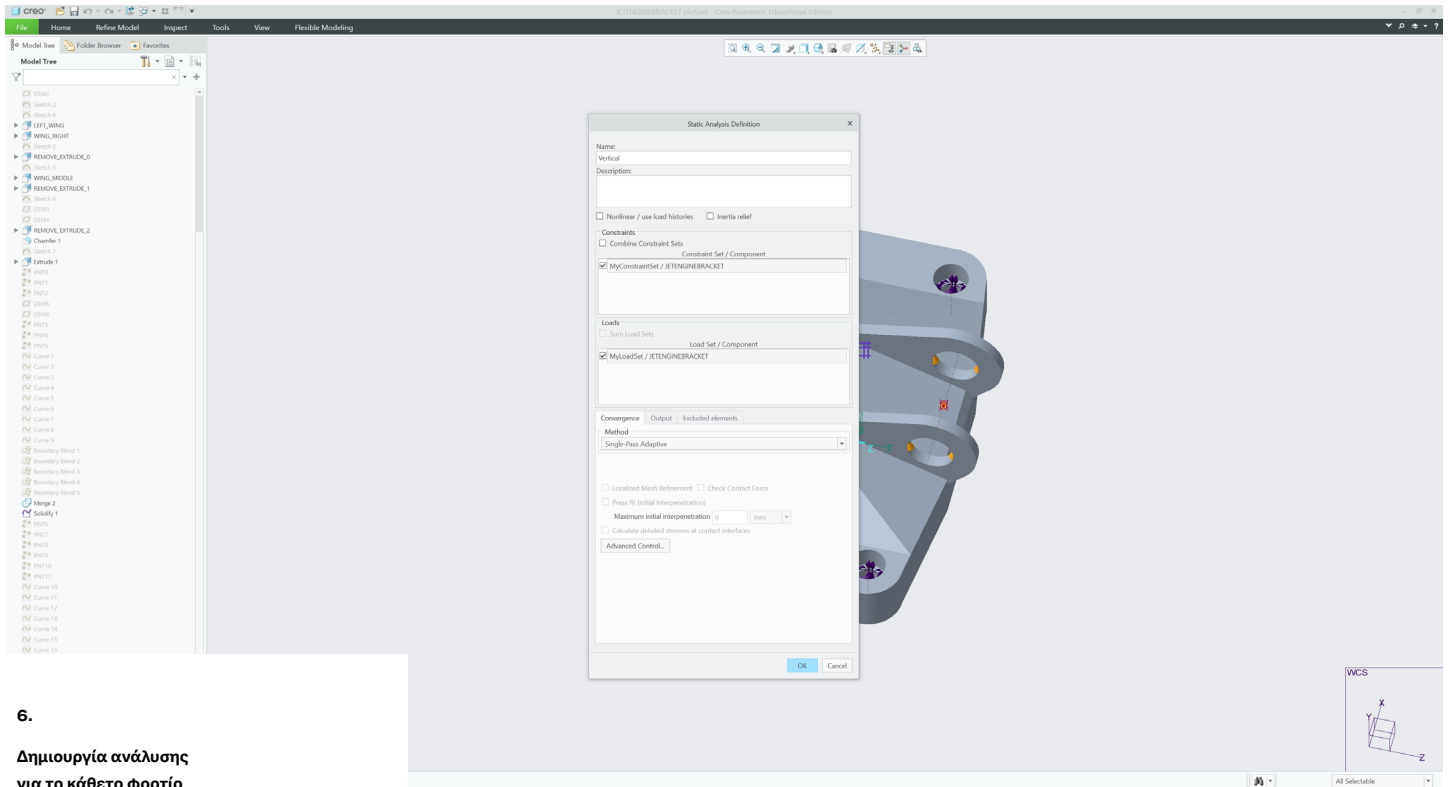
3.
Δημιουργία του πλέγματος



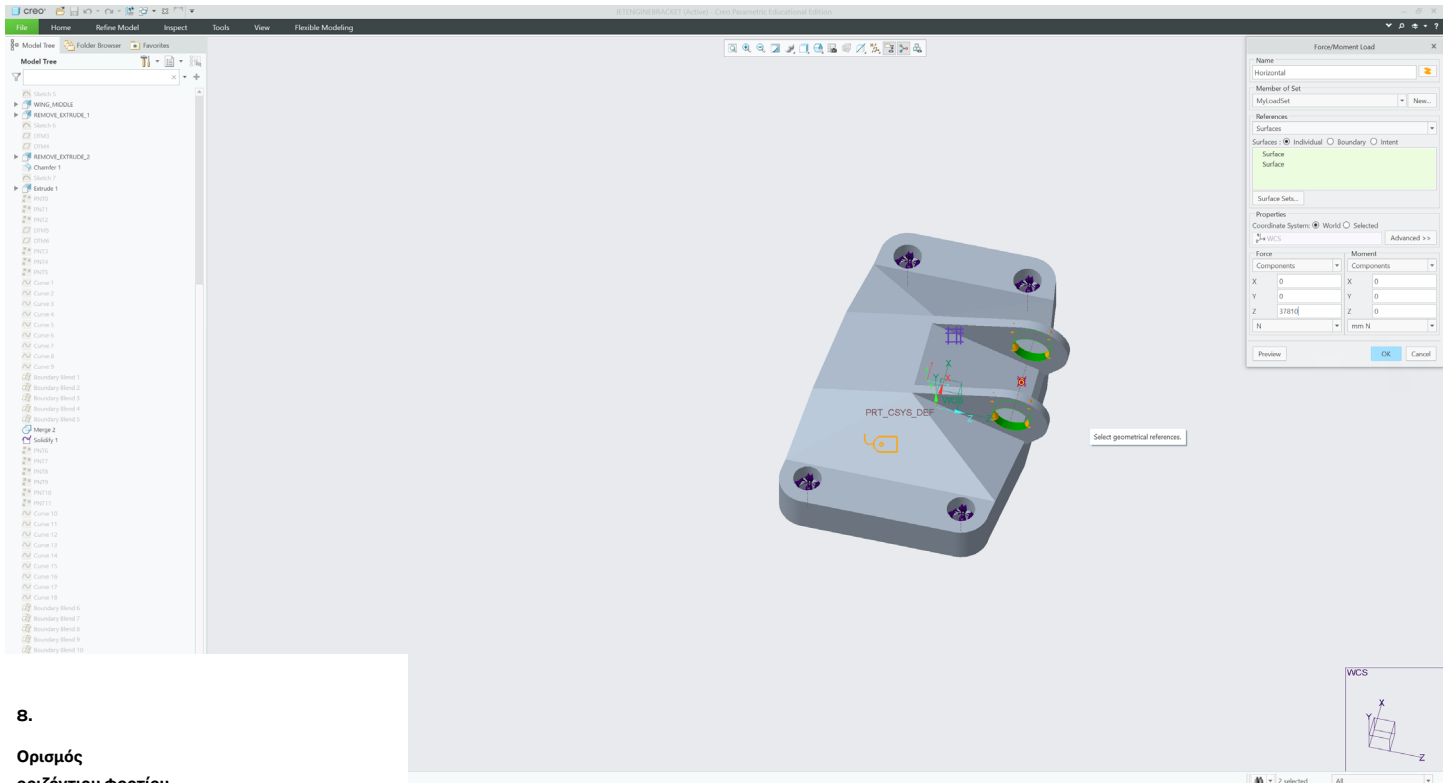
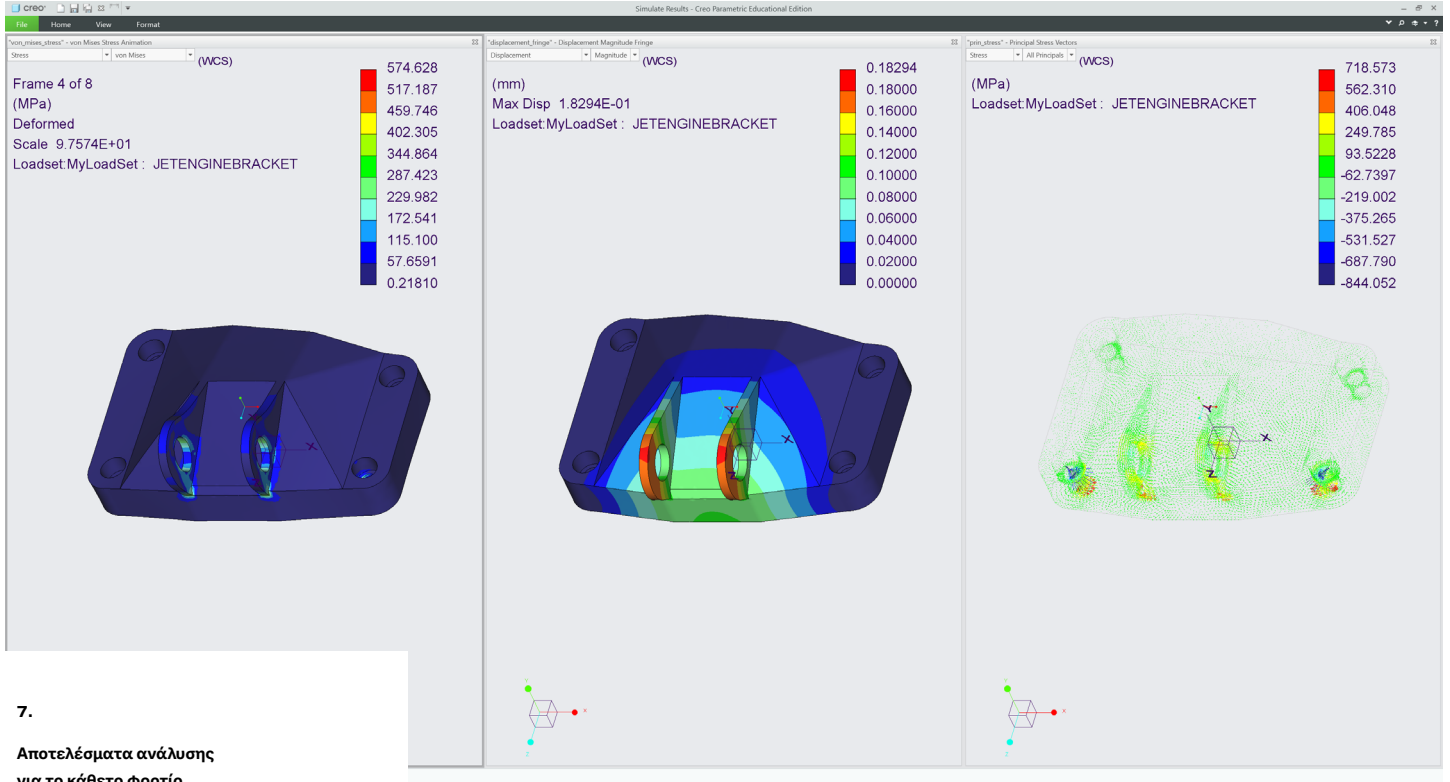
4.
Ορισμός περιορισμών για την ανάλυση

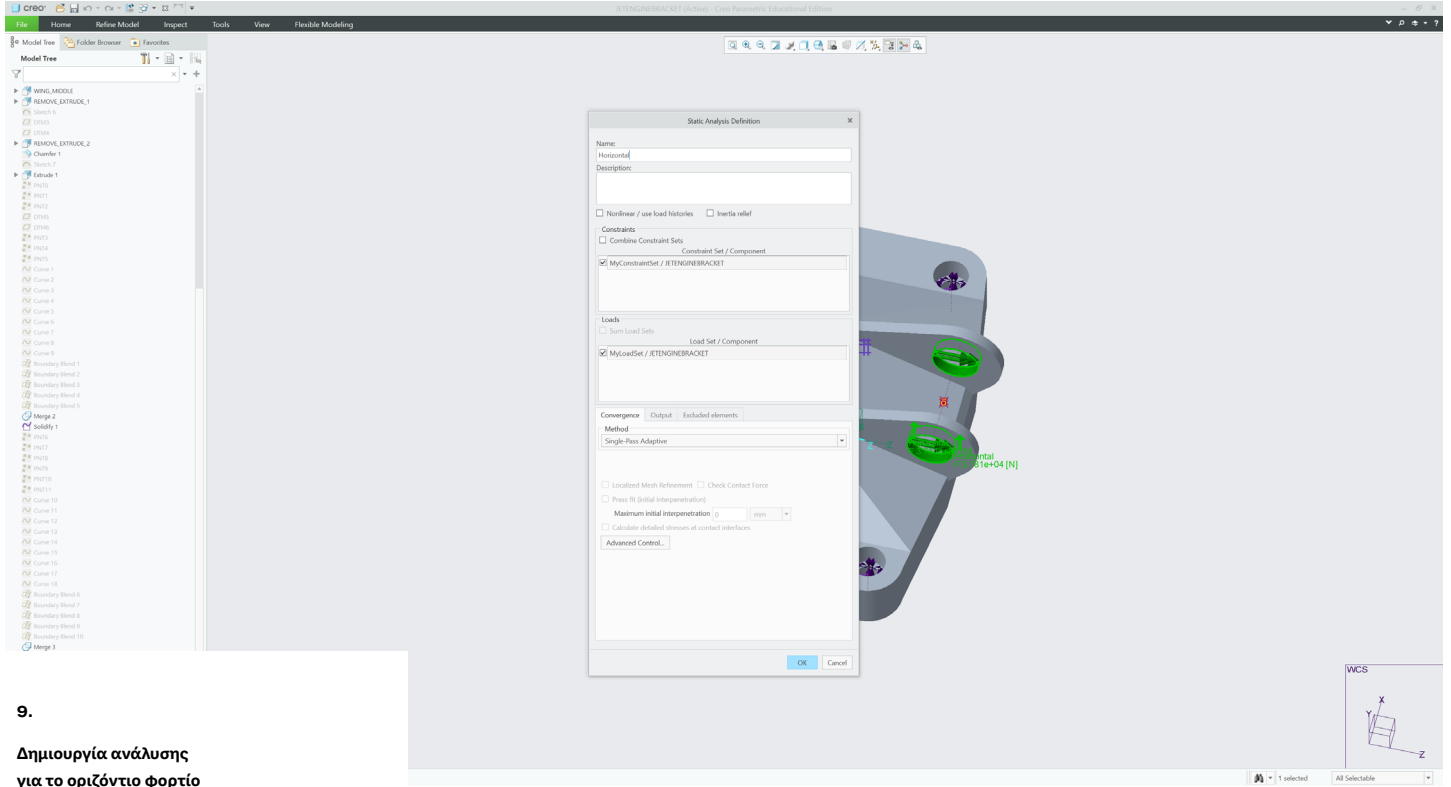


5.
Ορισμός
κάθετου φορτίου

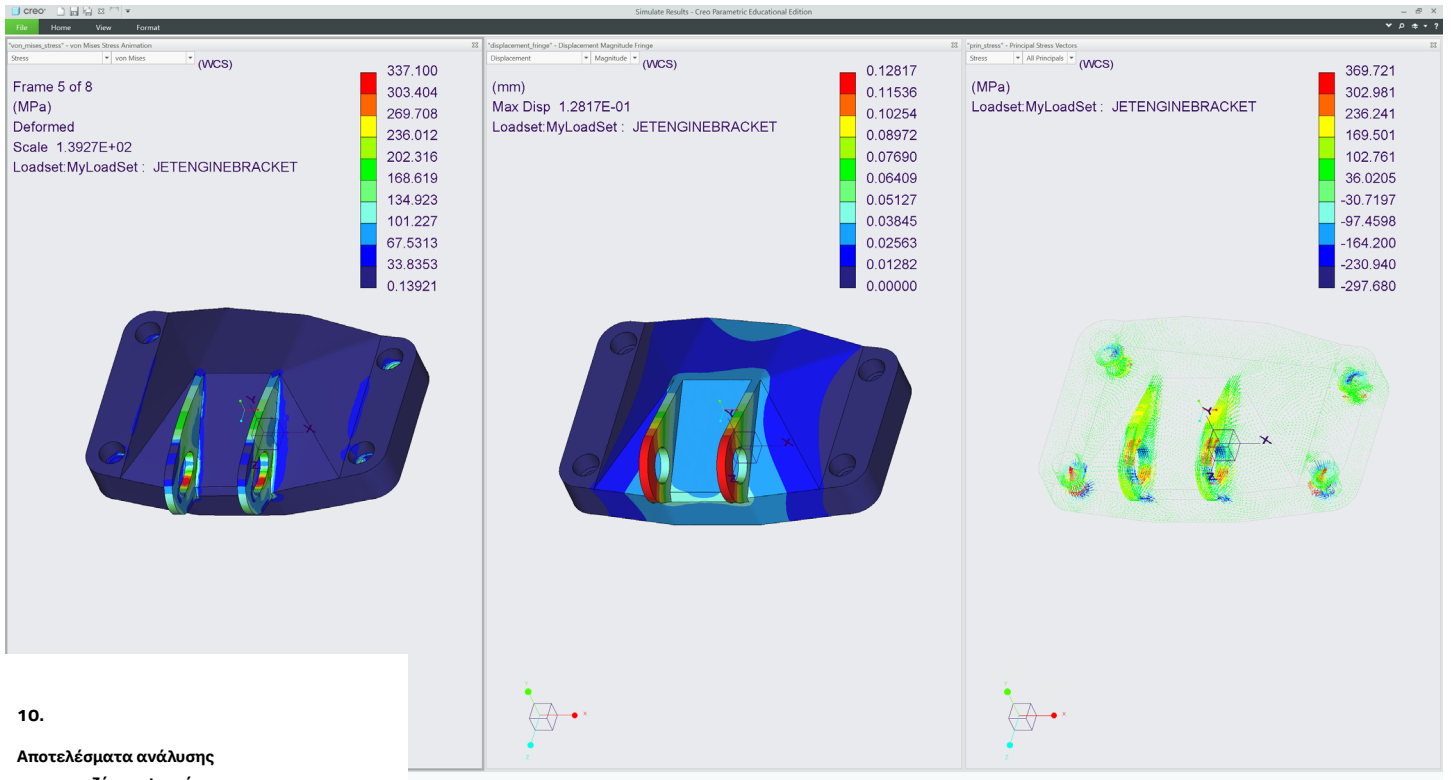


6.
Δημιουργία ανάλυσης
για το κάθετο φορτίο

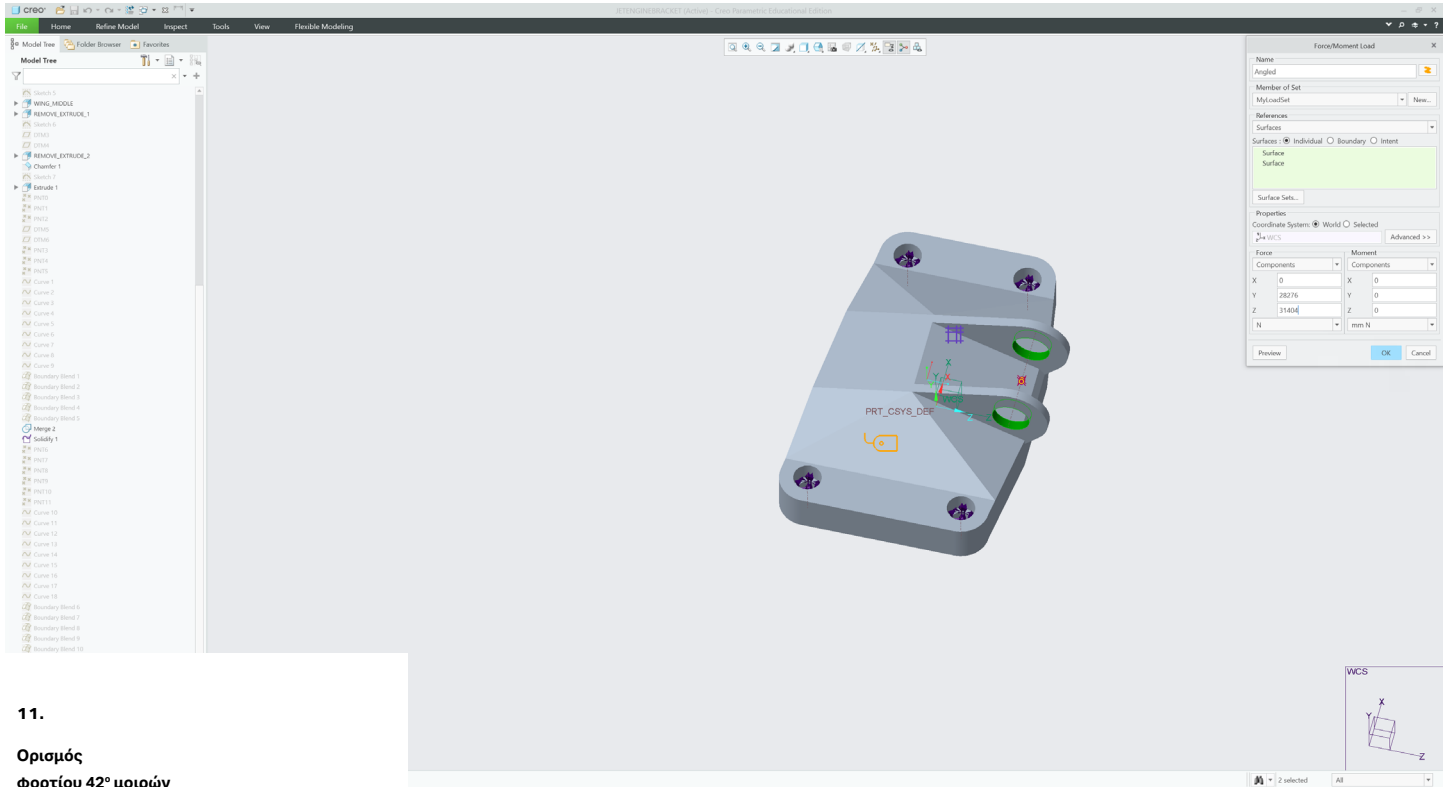




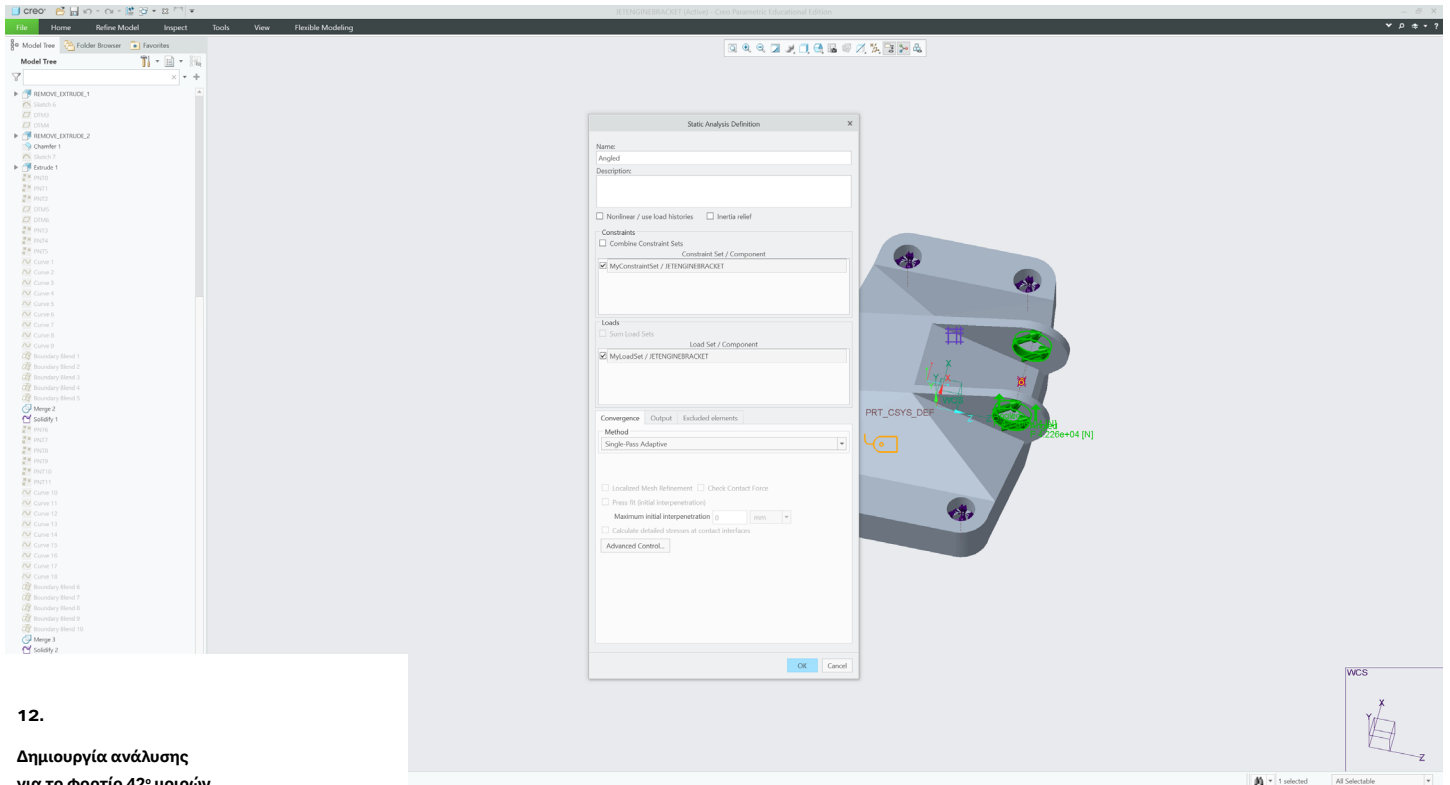
9.
Δημιουργία ανάλυσης
για το οριζόντιο φορτίο



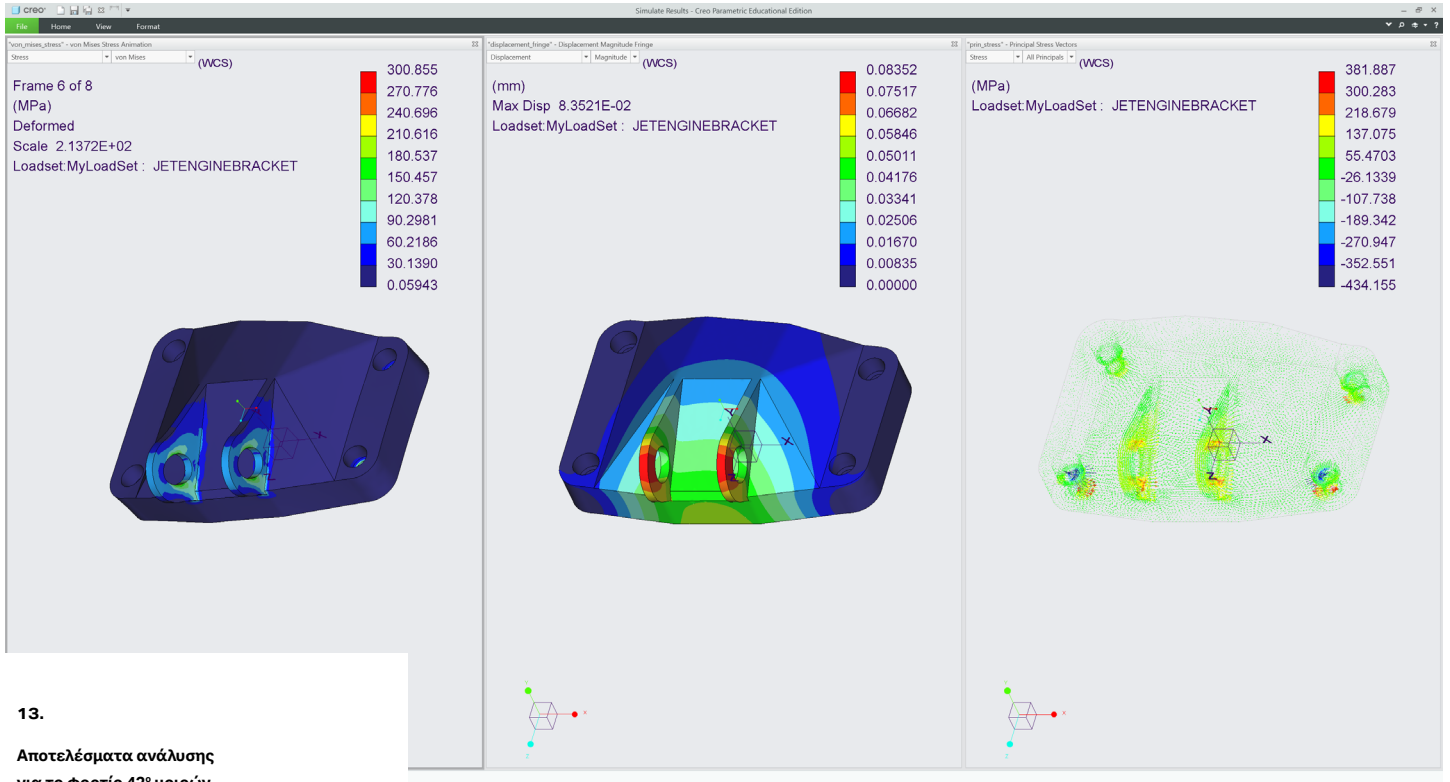
10.
Αποτελέσματα ανάλυσης
για το οριζόντιο φορτίο



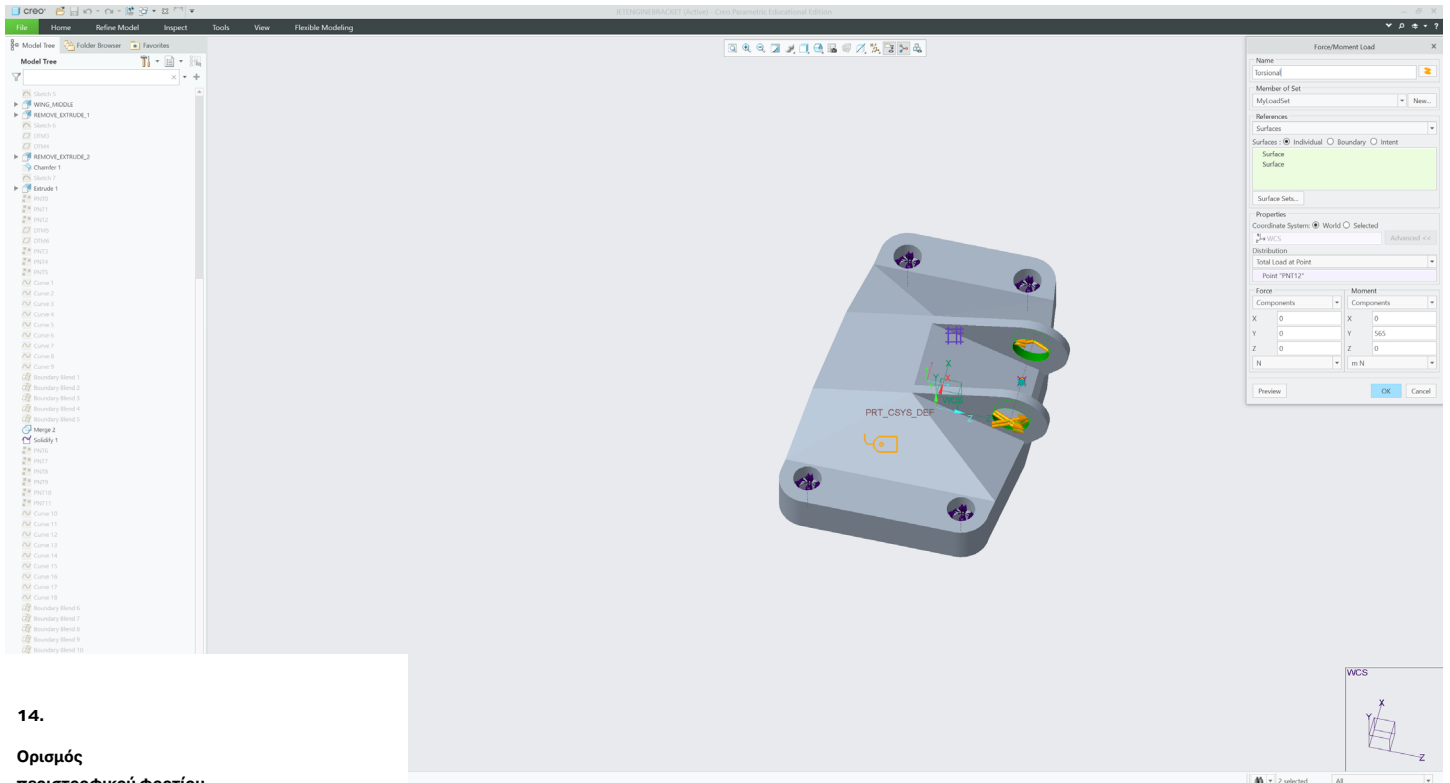
11.
Ορισμός
φορτίου 42° μοιρών



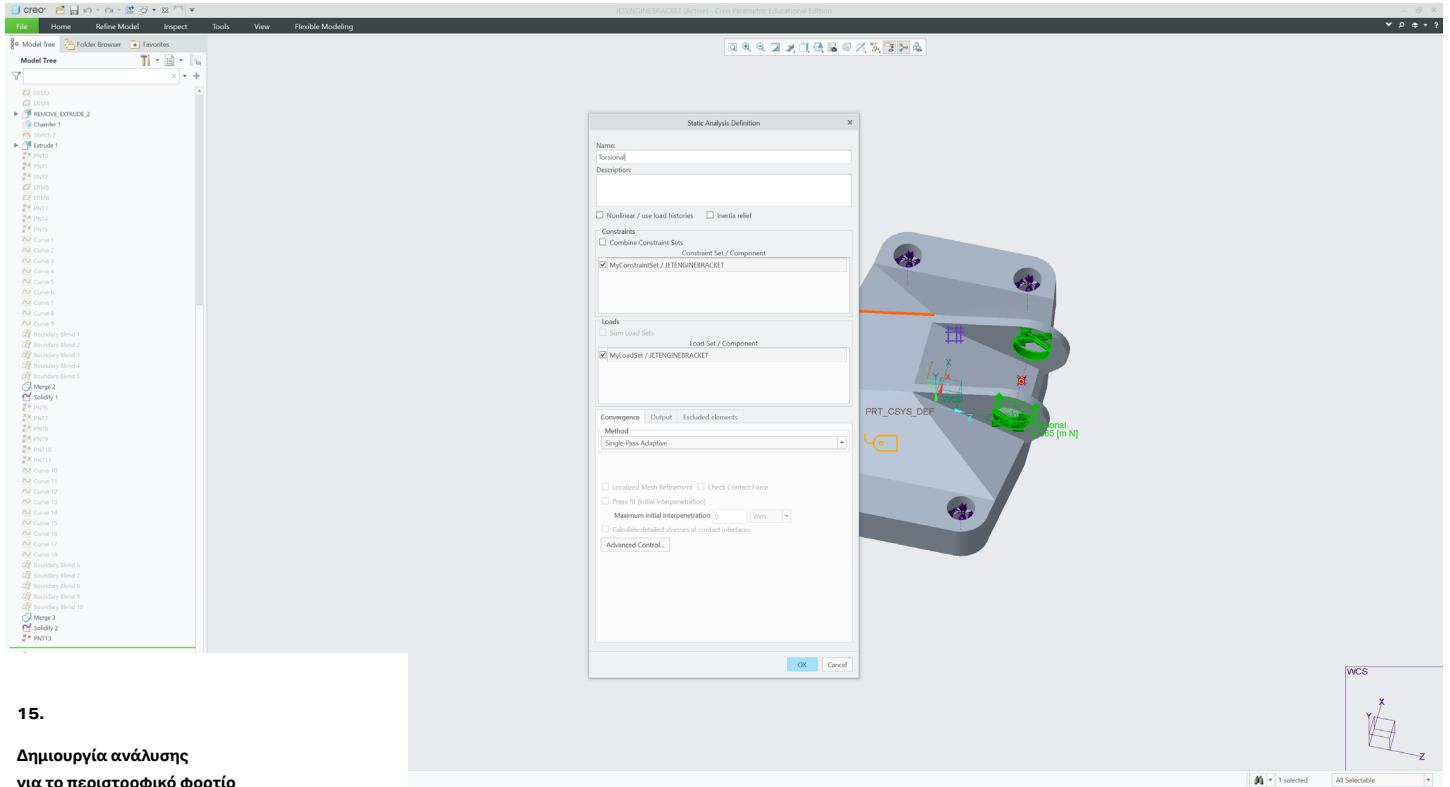
12.
Δημιουργία ανάλυσης
για το φορτίο 42° μοιρών



13.
Αποτελέσματα ανάλυσης
για το φορτίο 42° μοιρών

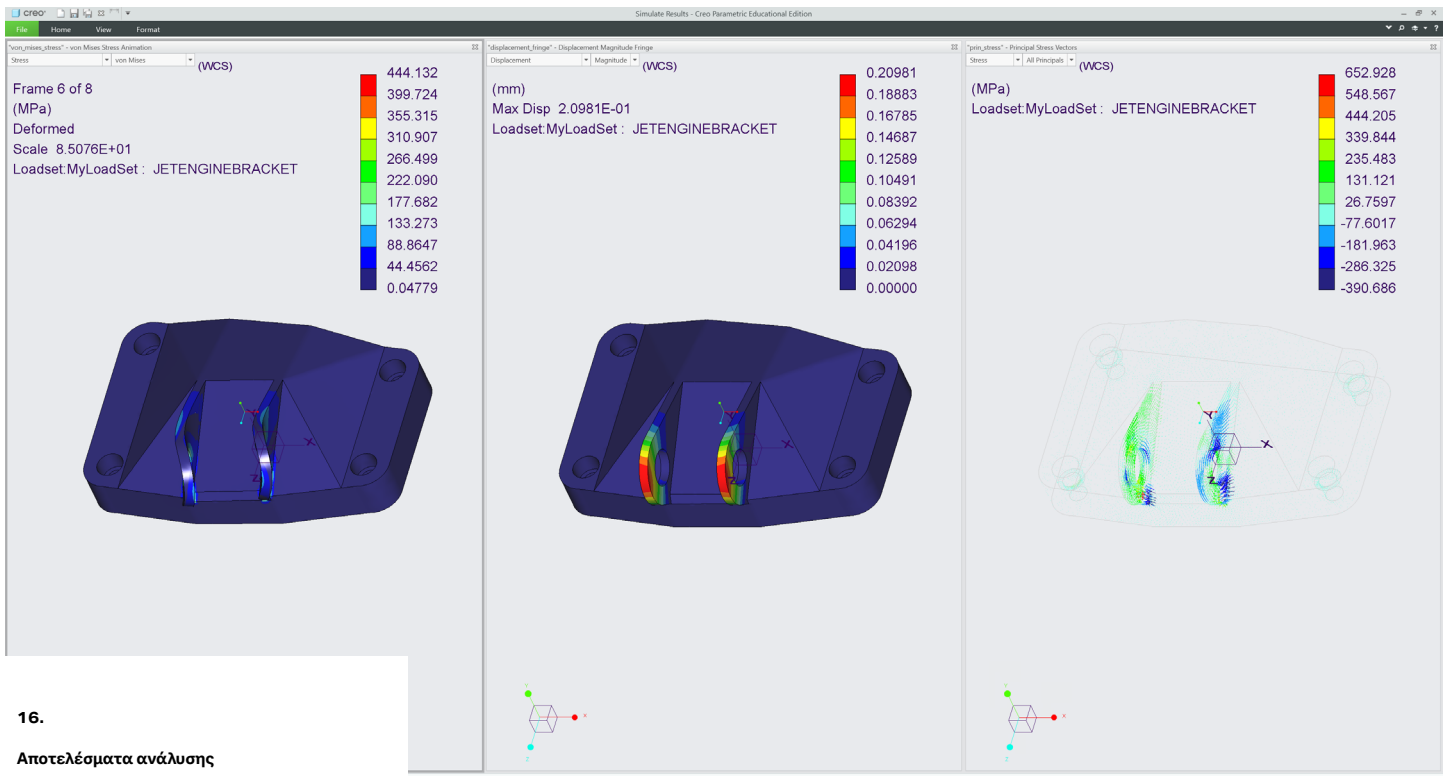


14.
Ορισμός
περιστροφικού φορτίου



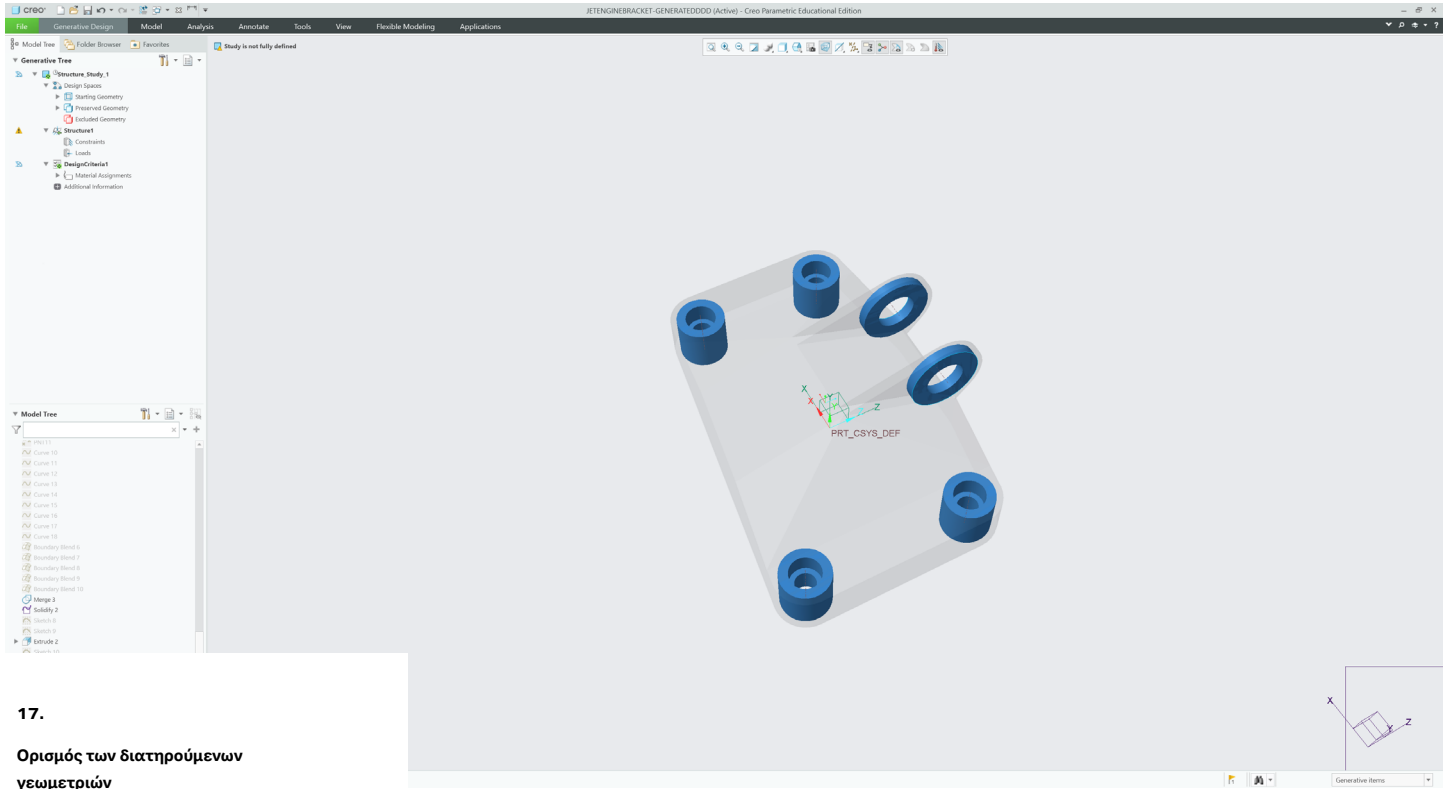
15.

Δημιουργία ανάλυσης
για το περιστροφικό φορτίο

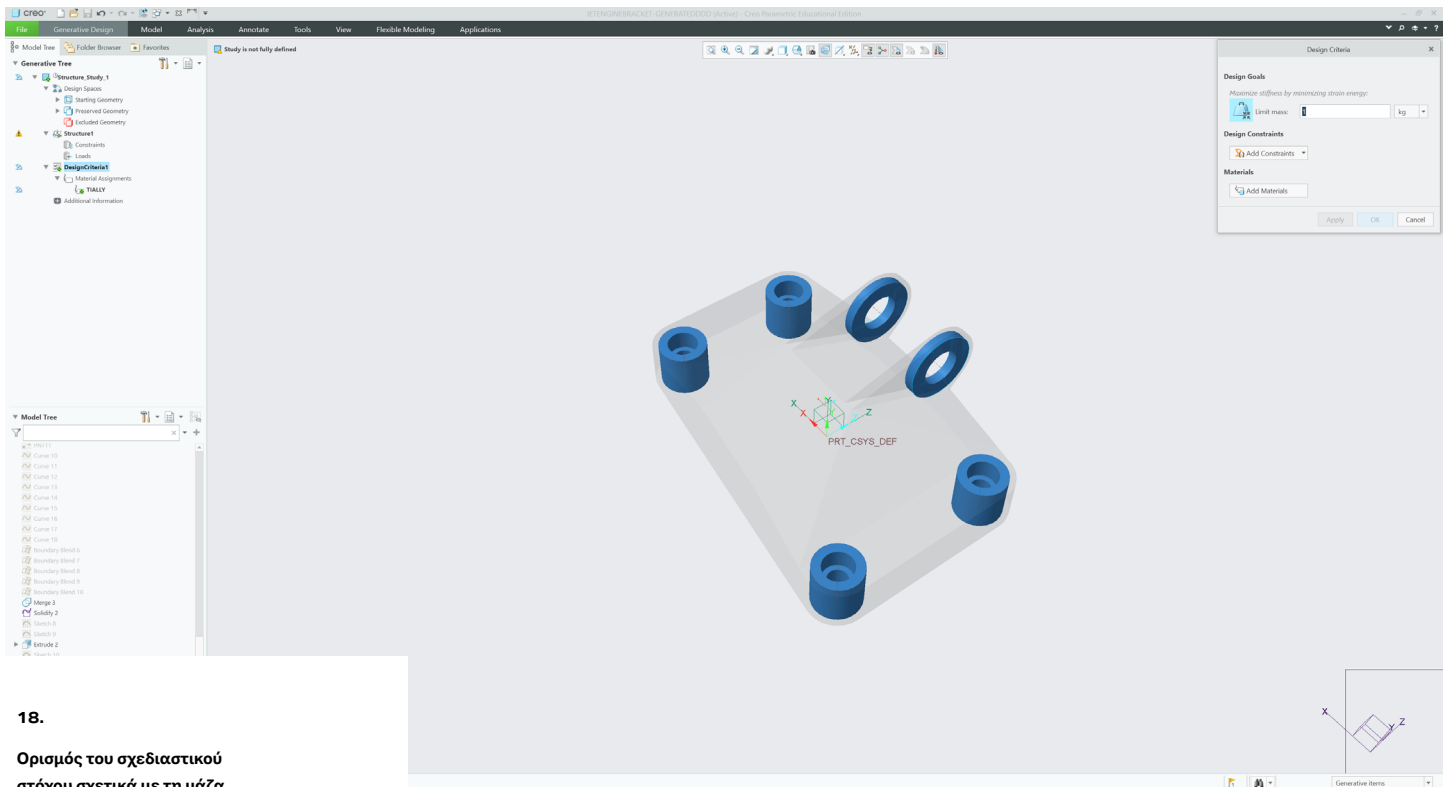


16.

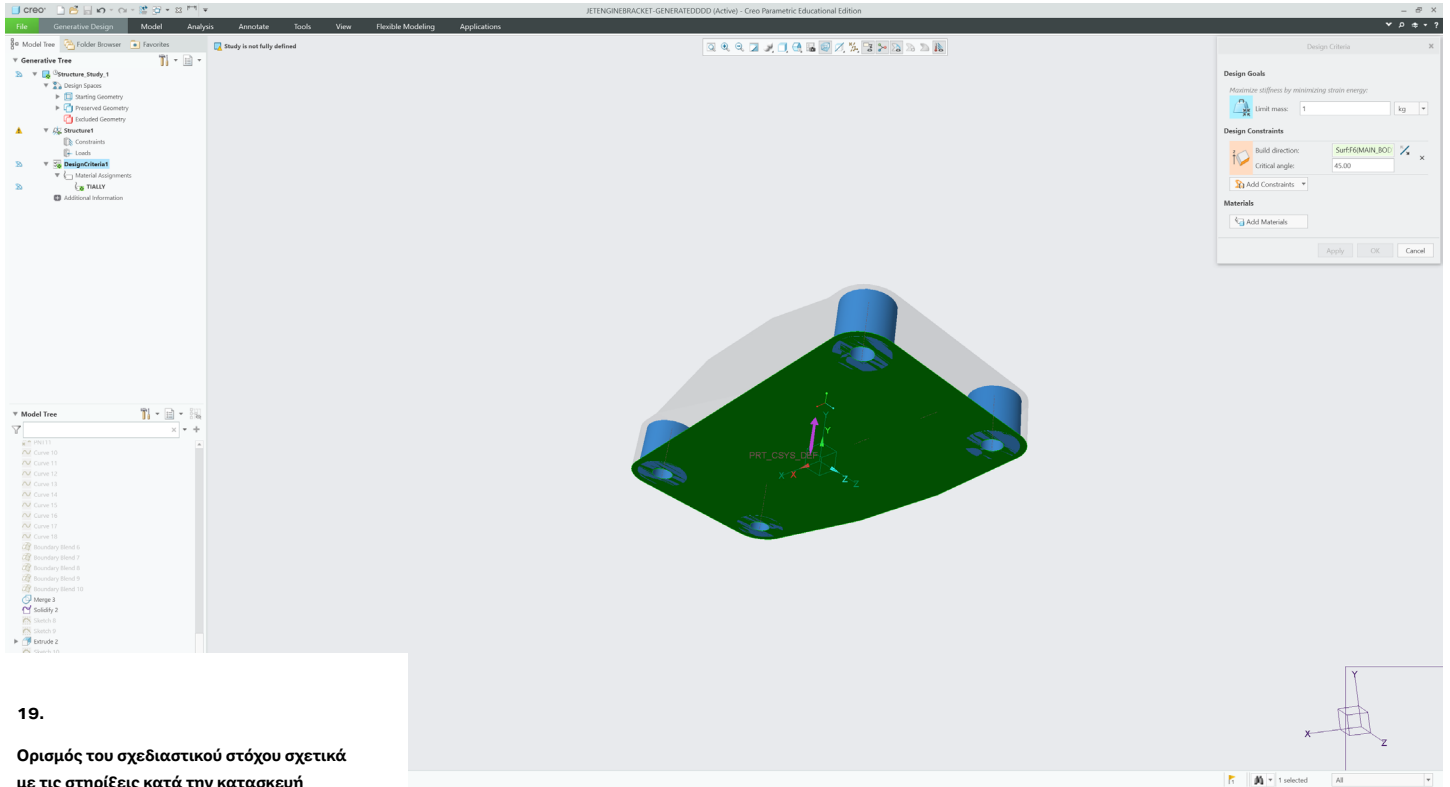
Αποτελέσματα ανάλυσης
για το περιστροφικό φορτίο



17.
Ορισμός των διατηρούμενων
γεωμετριών

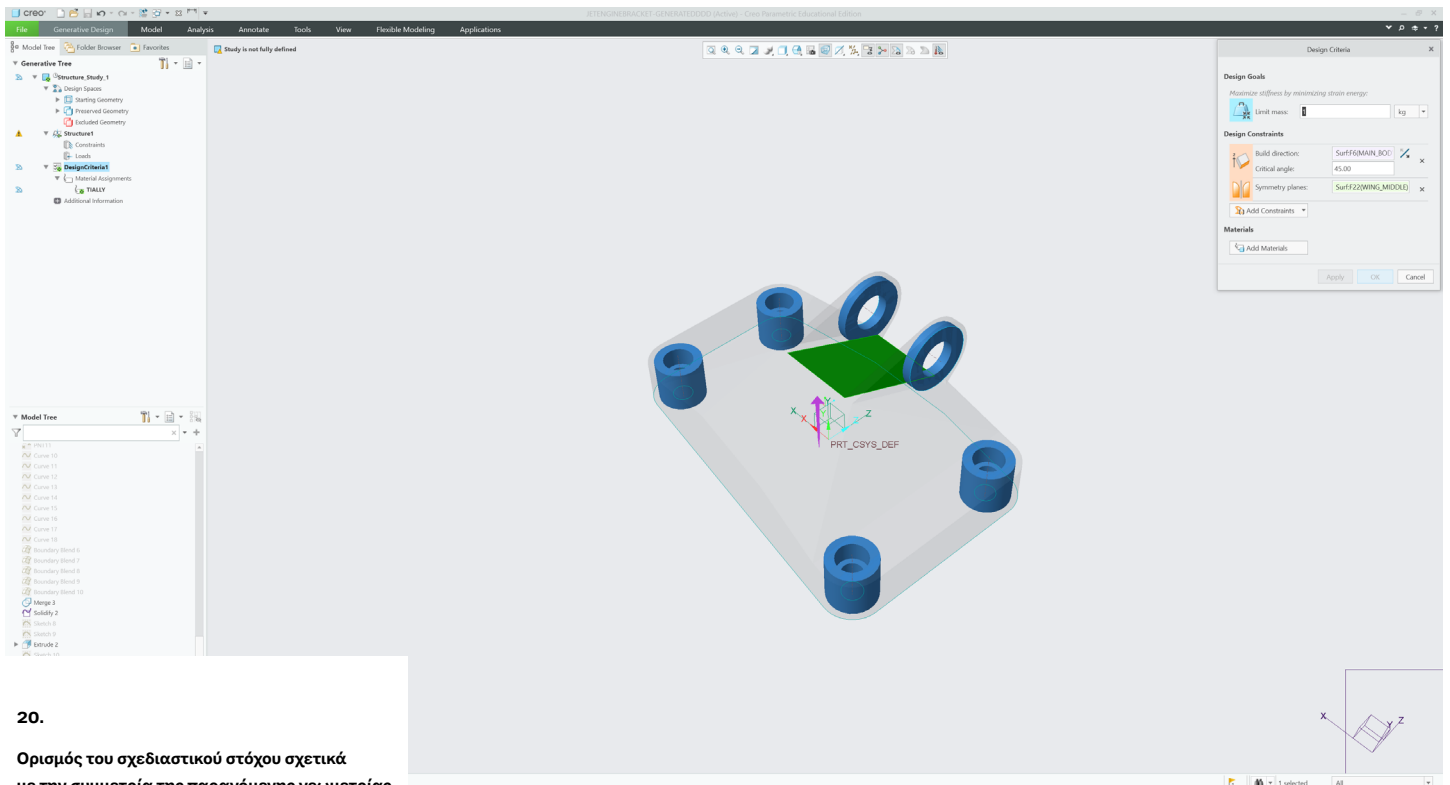


18.
Ορισμός του σχεδιαστικού
στόχου σχετικά με τη μάζα



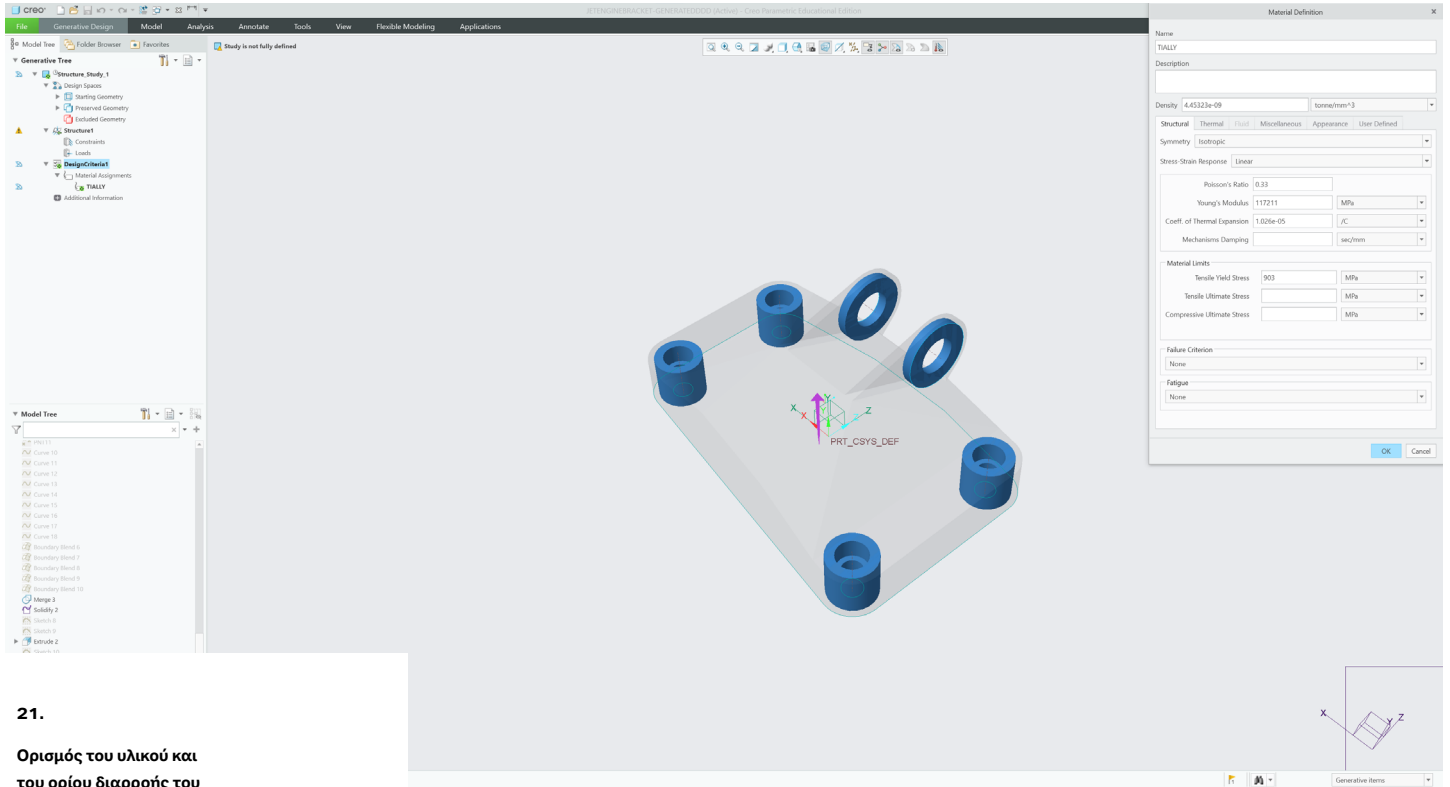
19.

Ορισμός του σχεδιαστικού στόχου σχετικά με τις στηρίξεις κατά την κατασκευή



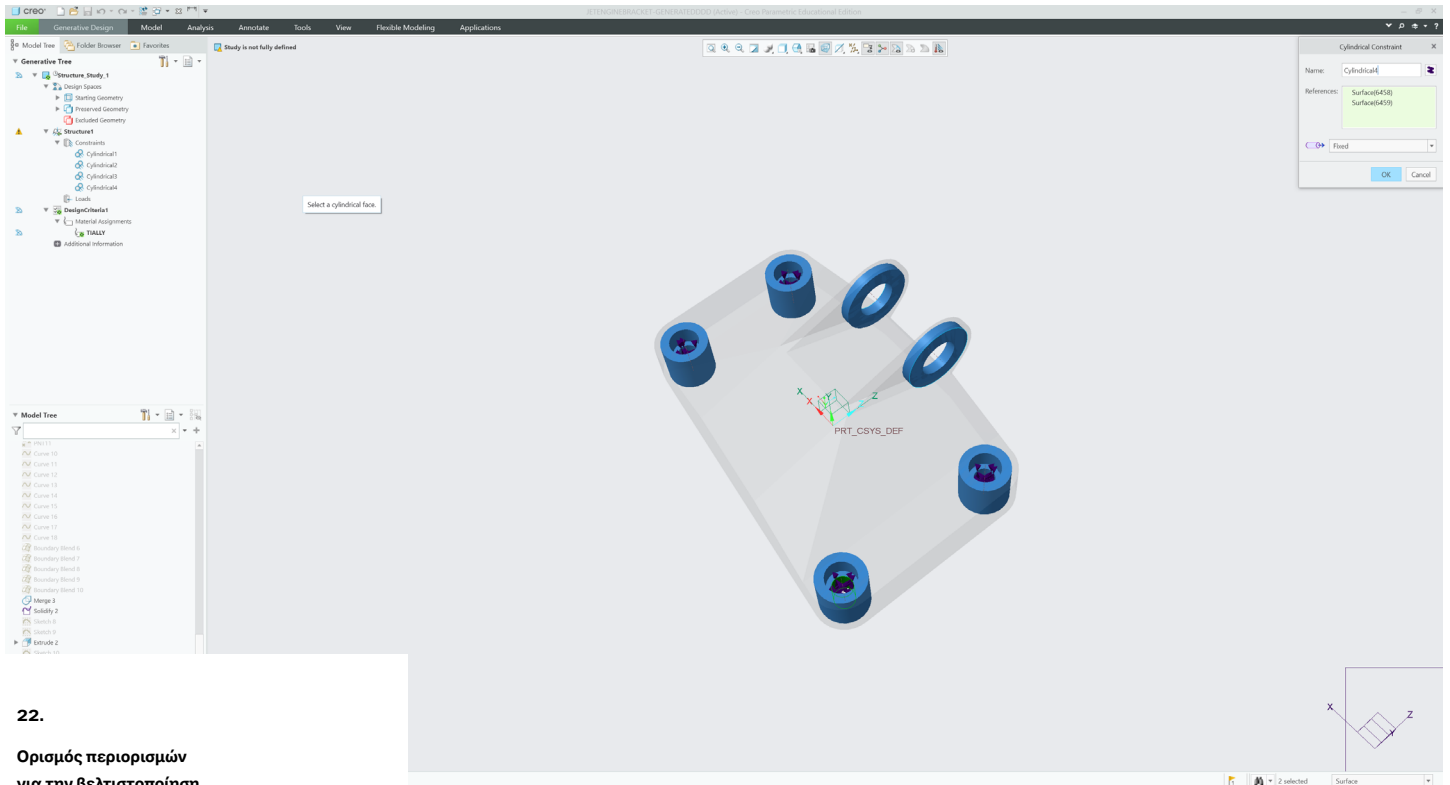
20.

Ορισμός του σχεδιαστικού στόχου σχετικά με την συμμετρία της παραγόμενης γεωμετρίας



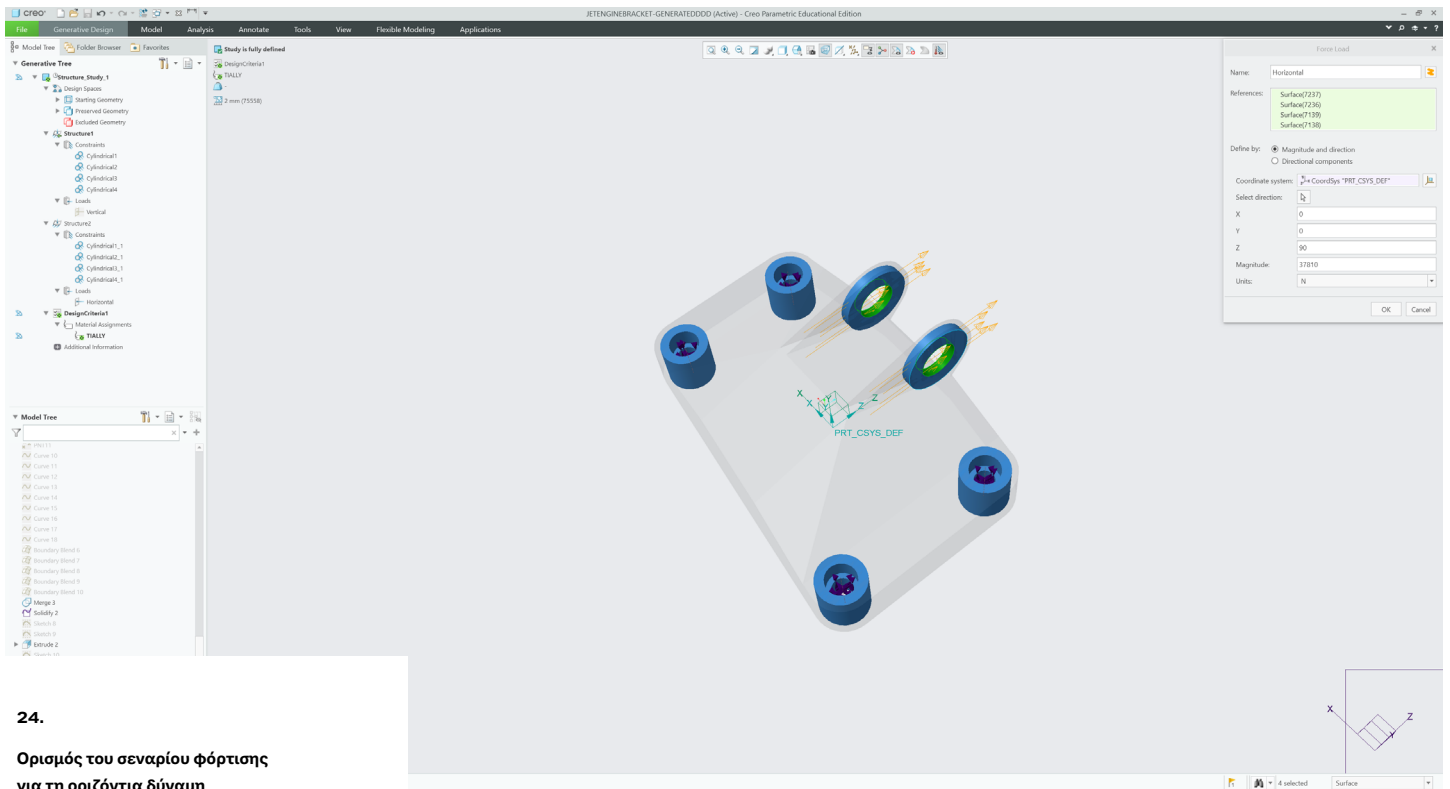
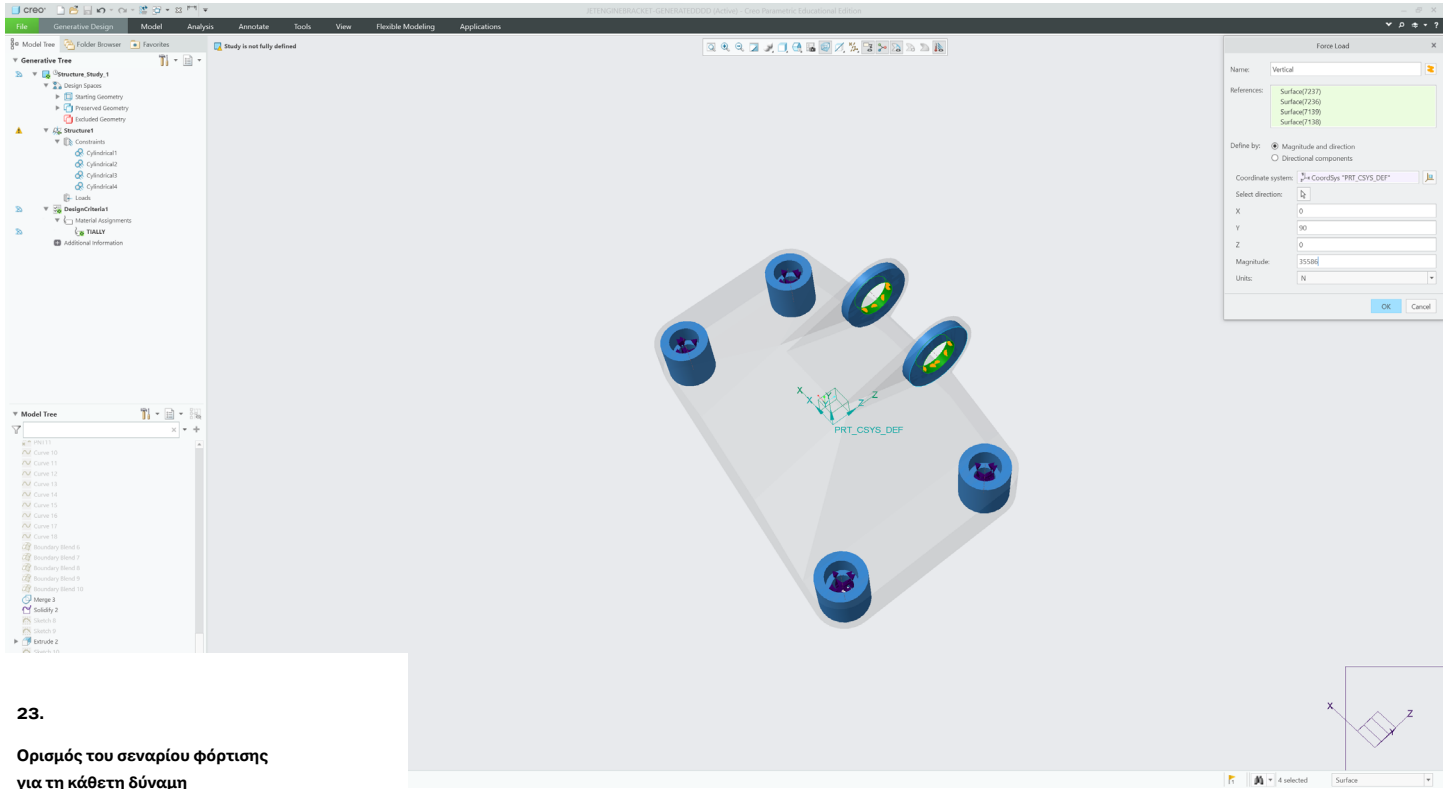
21.

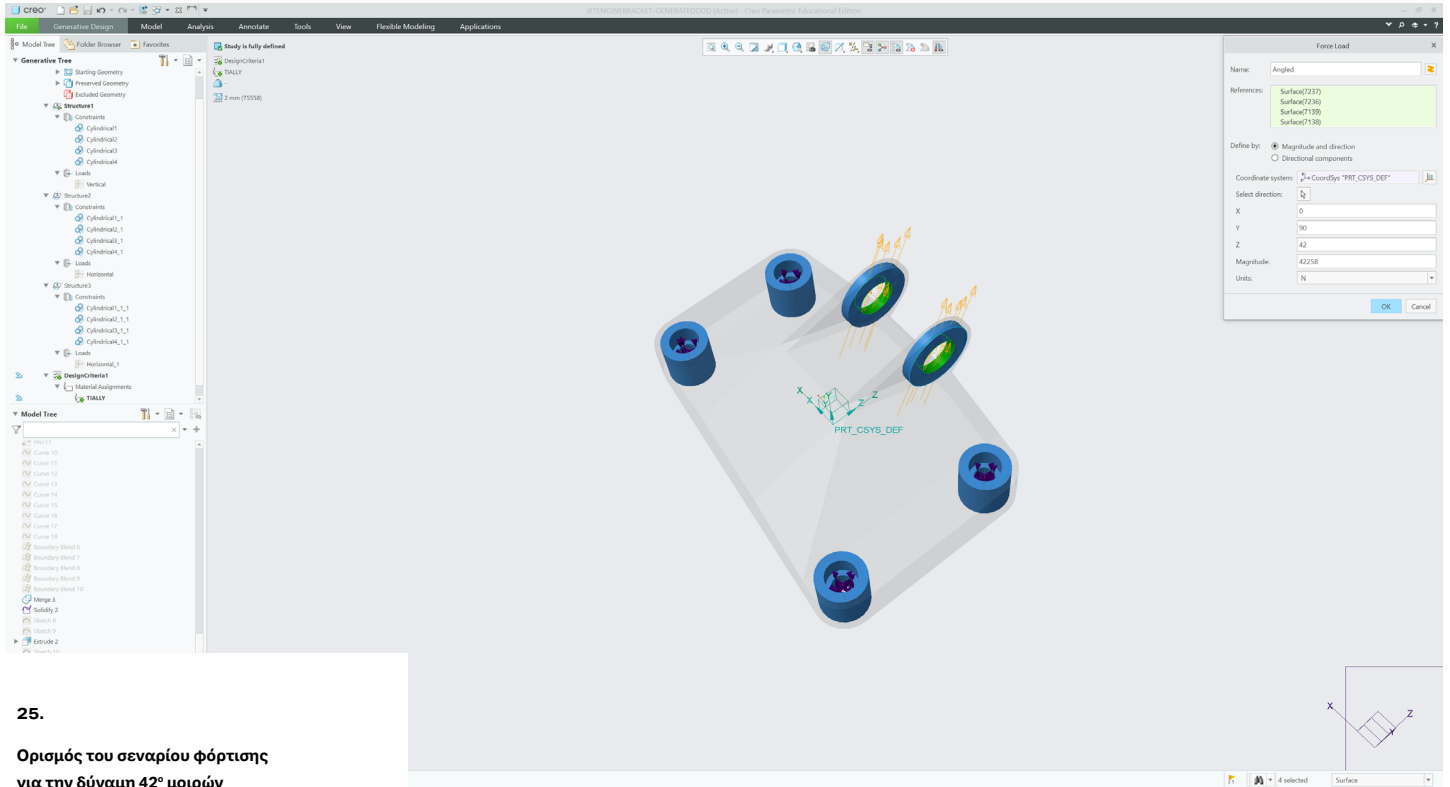
Ορισμός του υλικού και του ορίου διαρροής του



22.

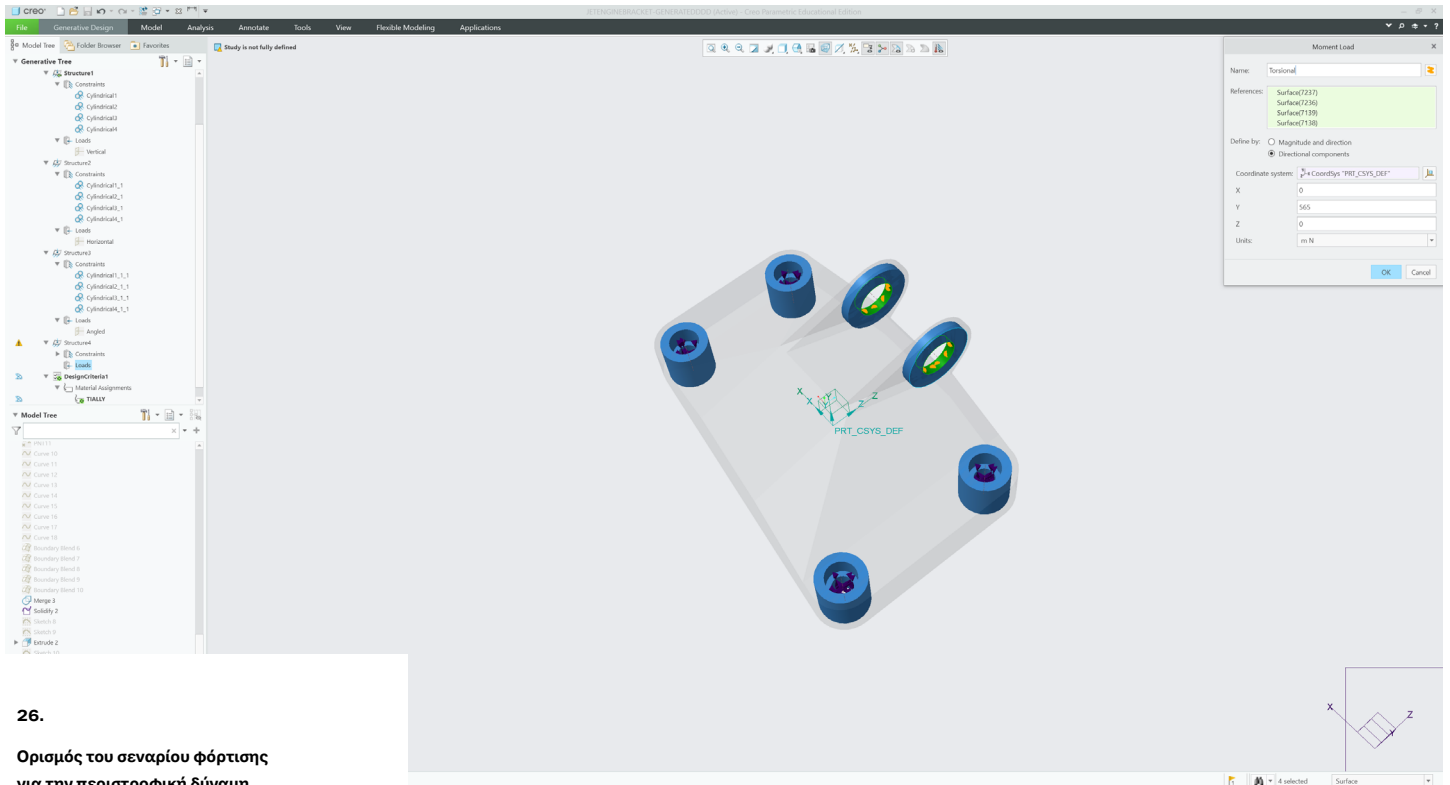
Ορισμός περιορισμών για την βελτιστοποίηση





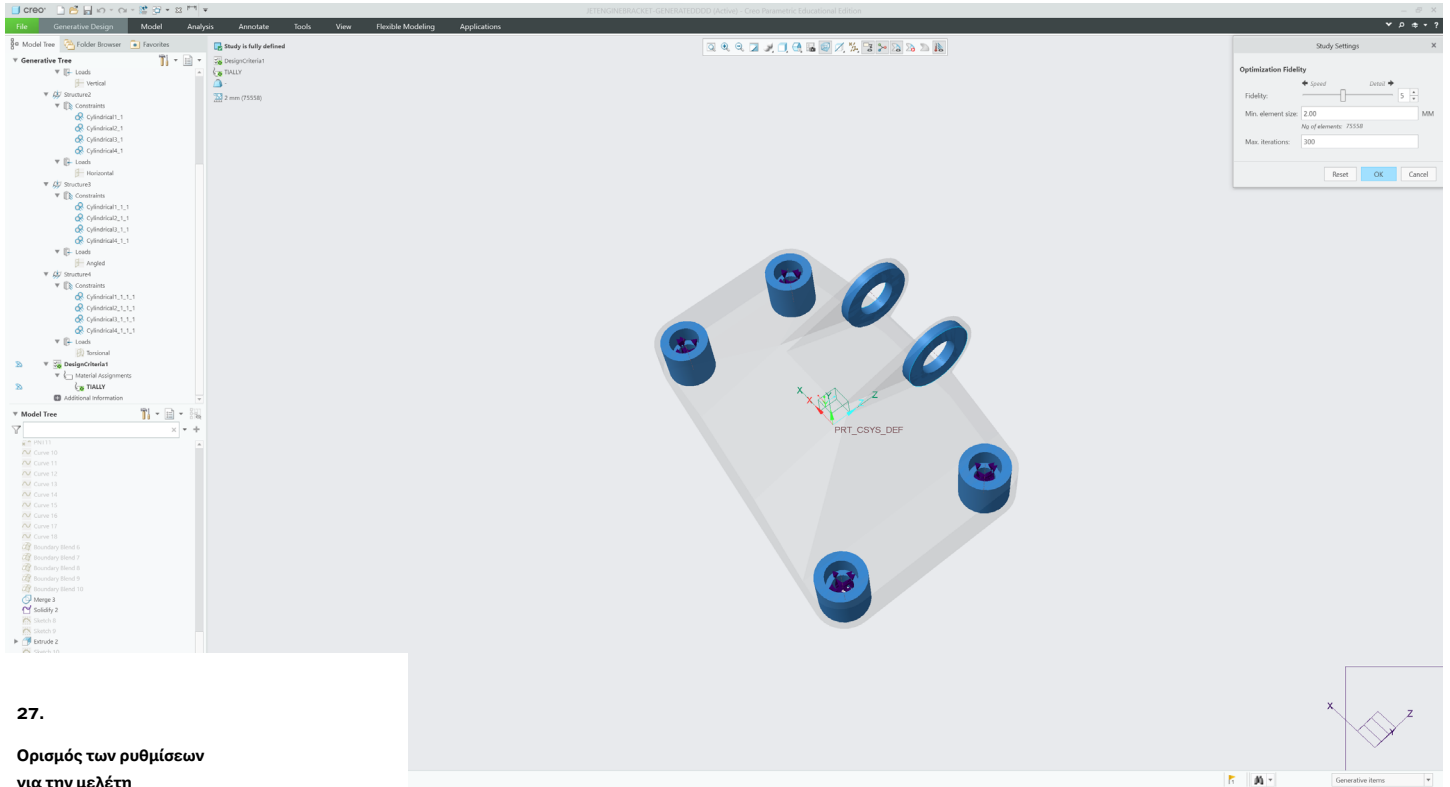
25.

Ορισμός του σεναρίου φόρτισης
για την δύναμη 42° μοιρών



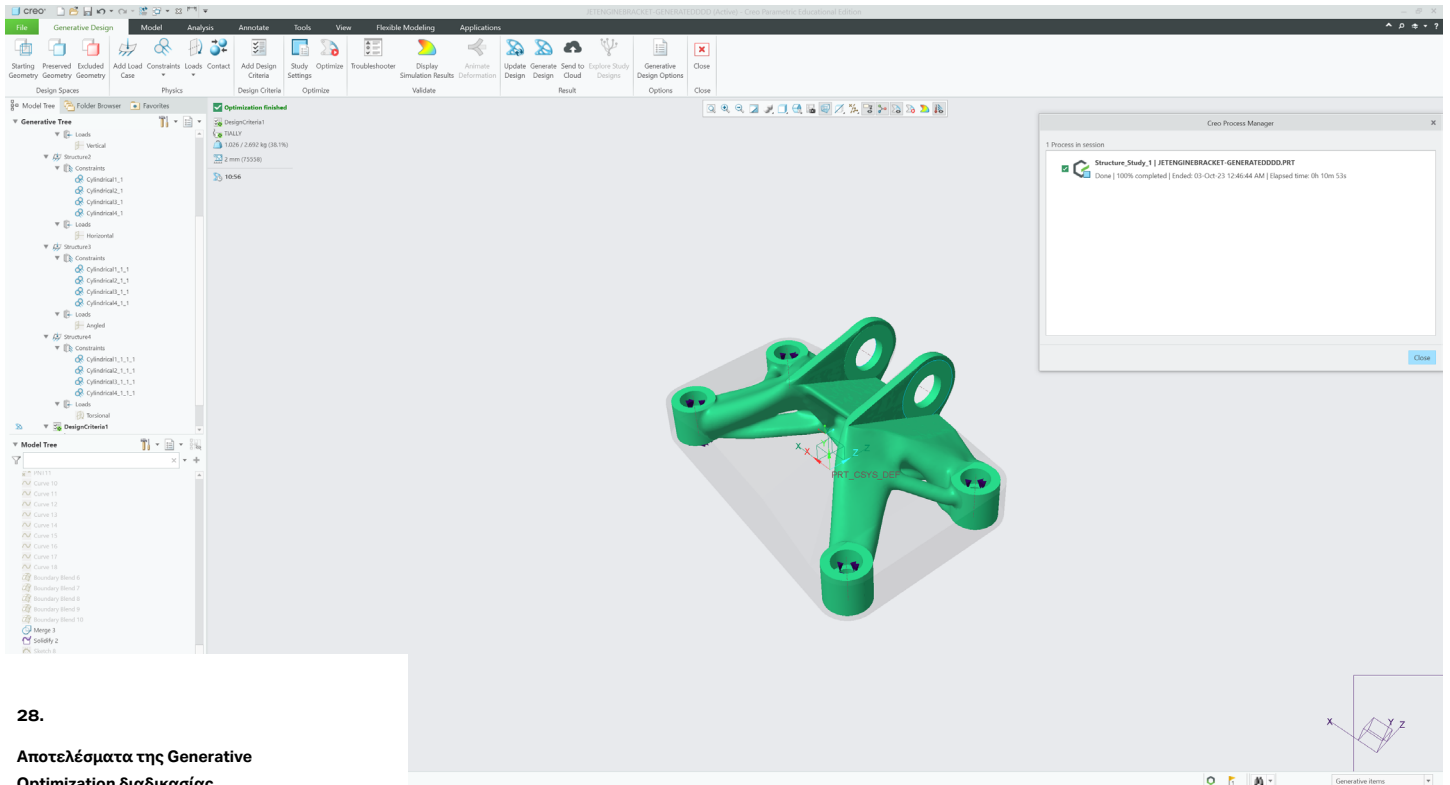
26.

Ορισμός του σεναρίου φόρτισης
για την περιστροφική δύναμη



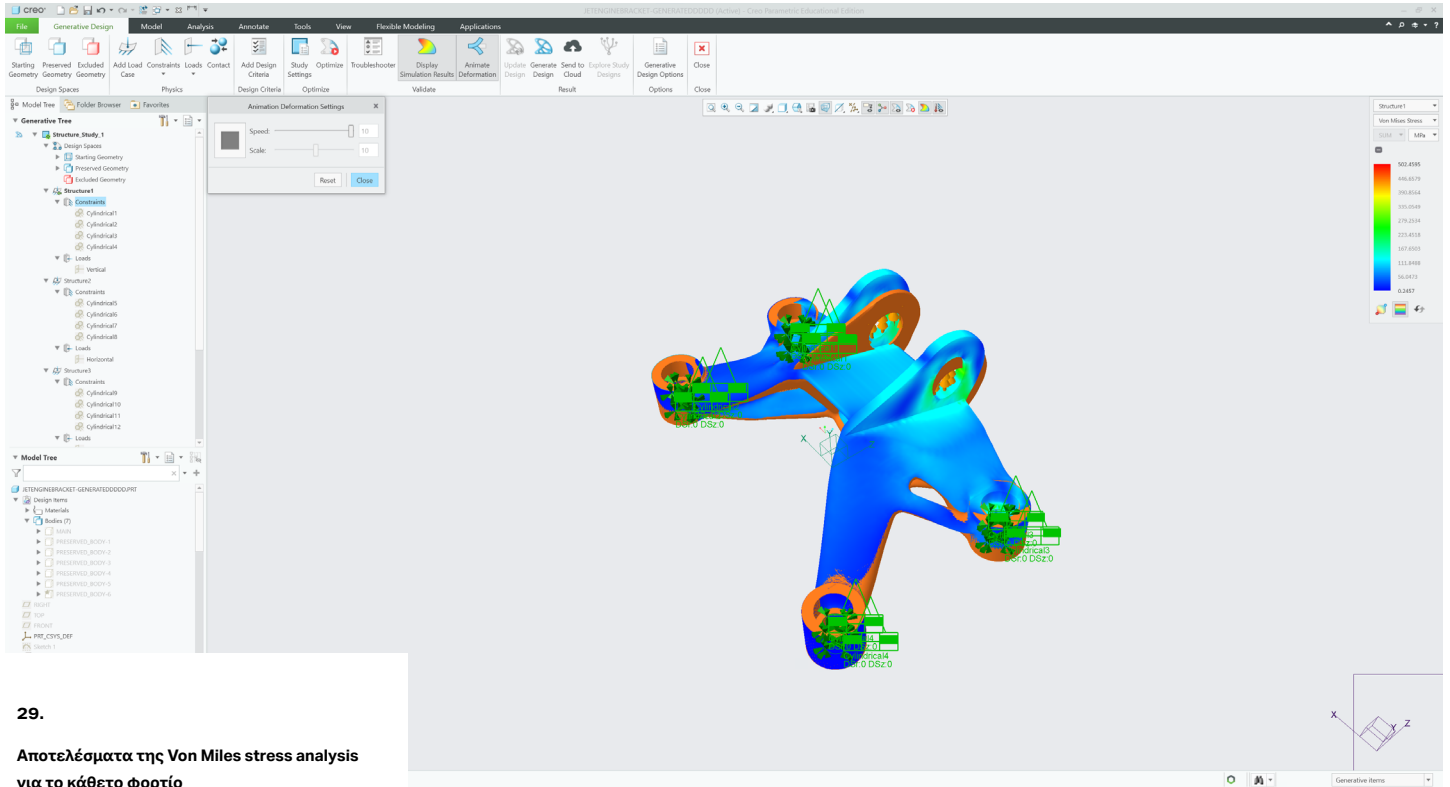
27.

Ορισμός των ρυθμίσεων
για την μελέτη

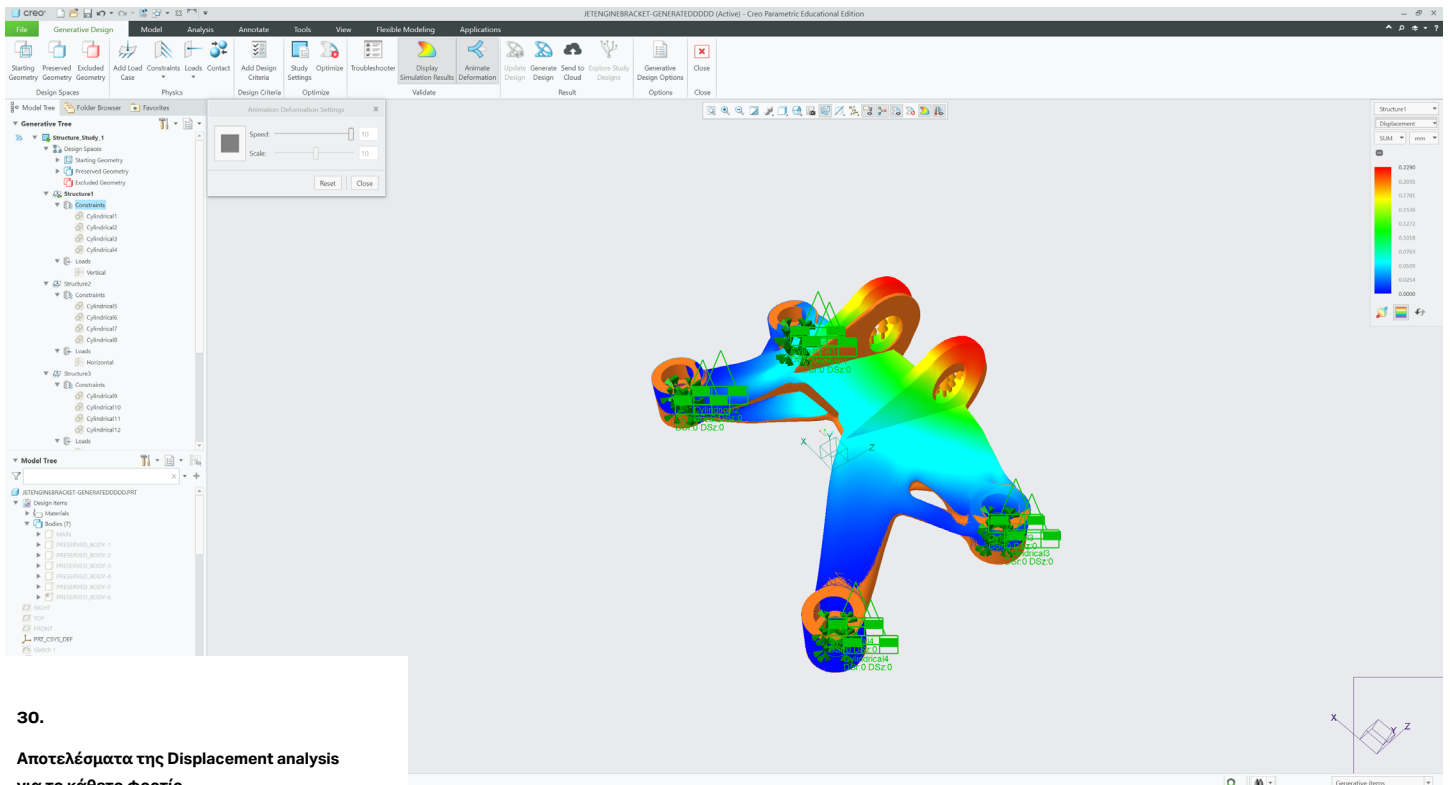


28.

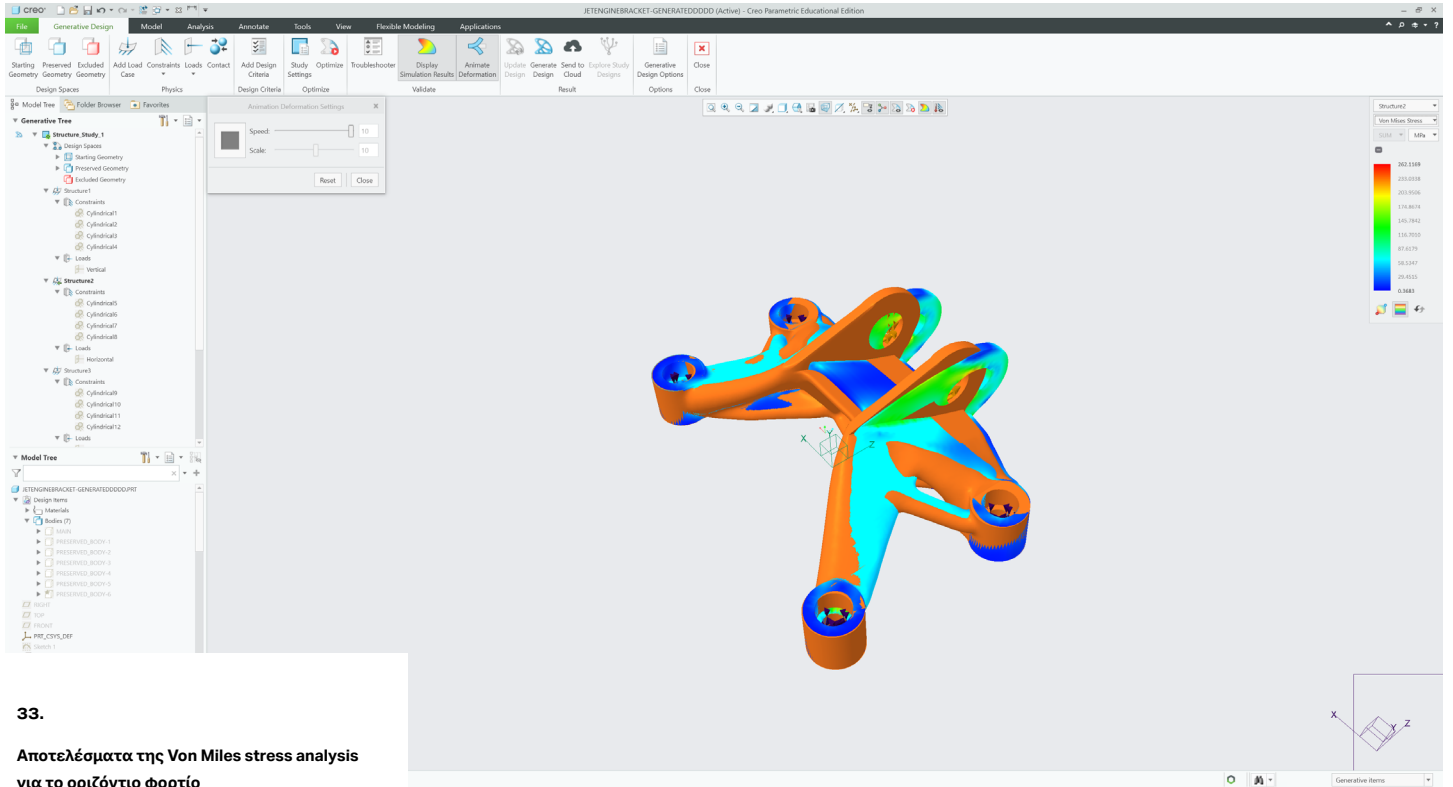
Αποτελέσματα της Generative
Optimization διαδικασίας



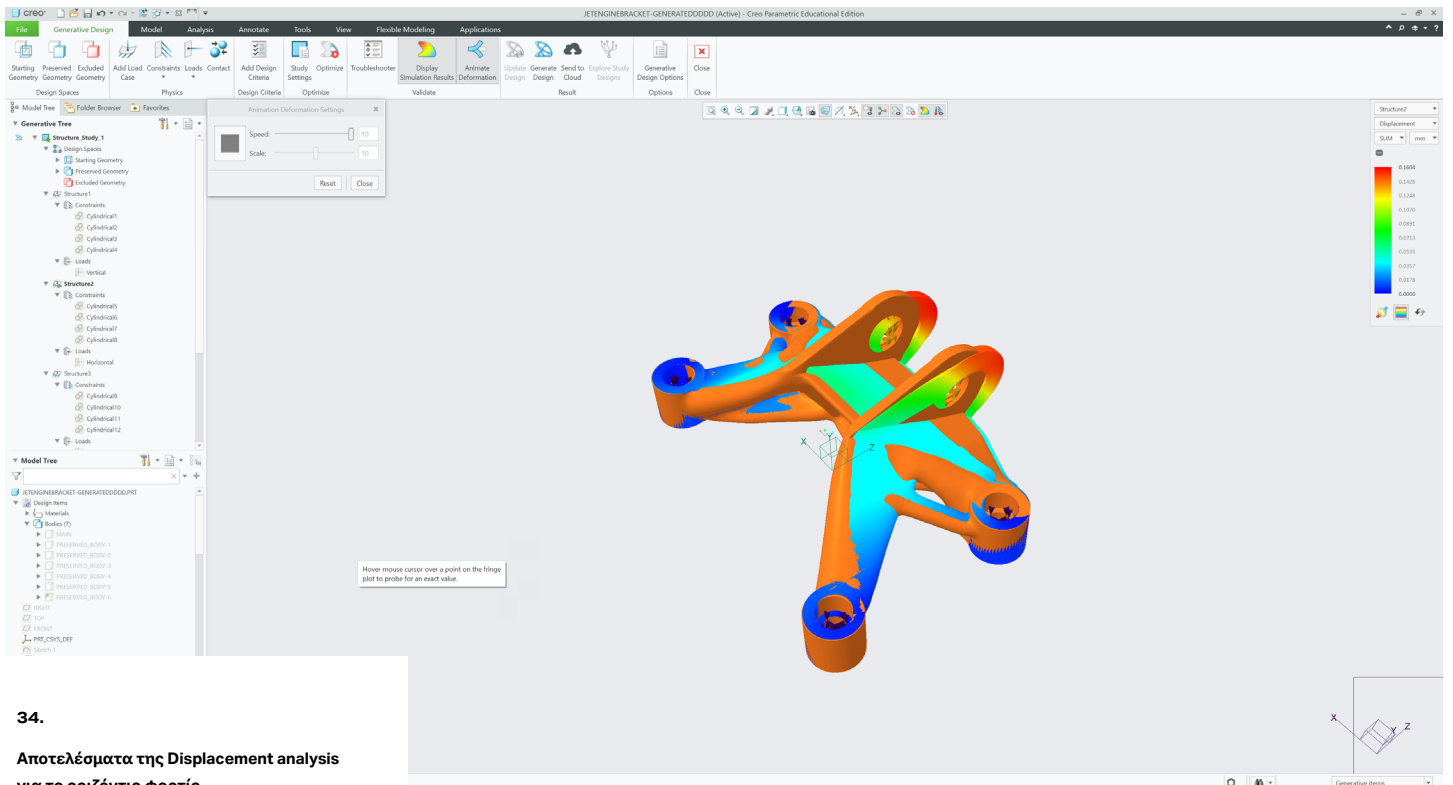
29.
Αποτελέσματα της Von Mises stress analysis
για το κάθετο φορτίο



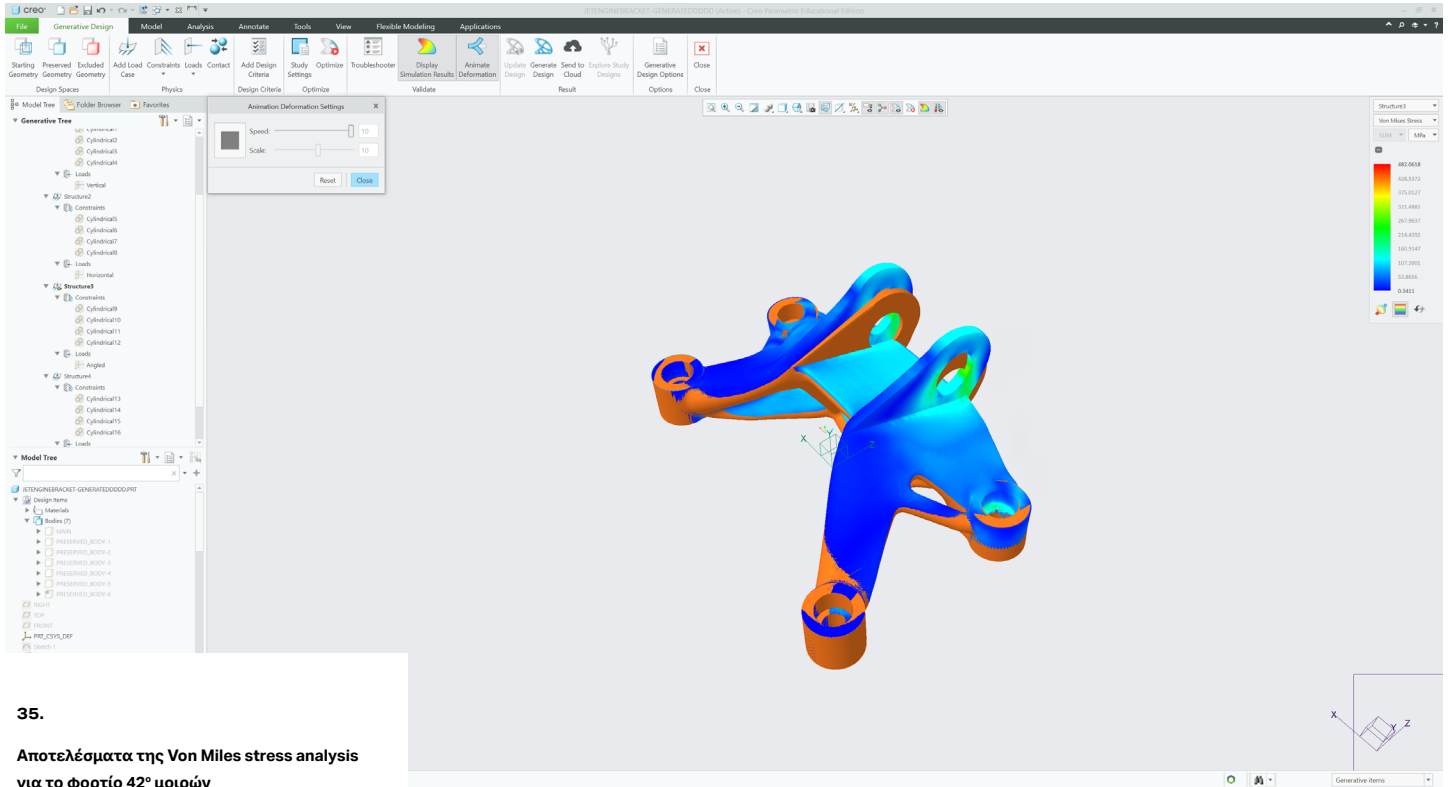
30.
Αποτελέσματα της Displacement analysis
για το κάθετο φορτίο



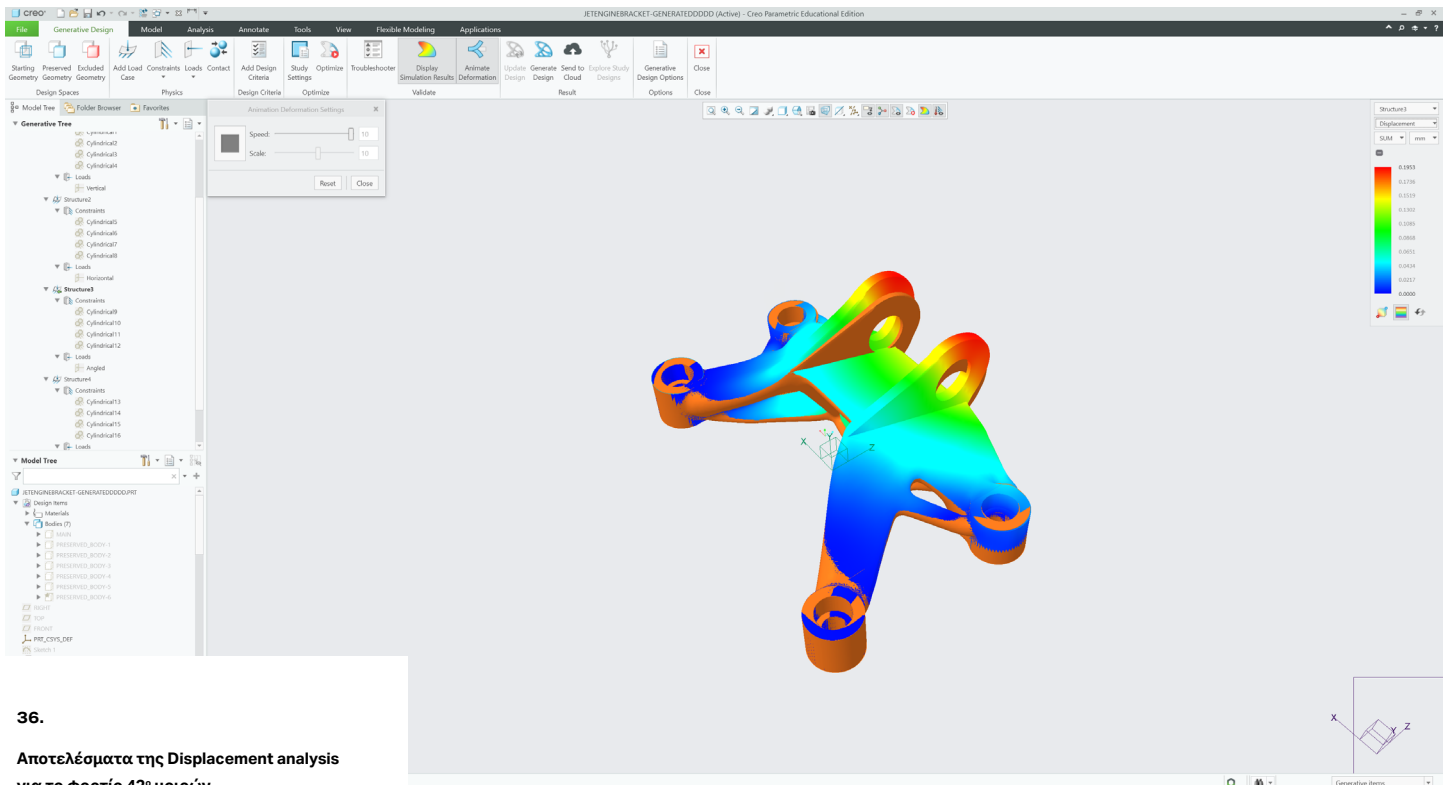
33.
Αποτελέσματα της Von Mises stress analysis
για το οριζόντιο φορτίο



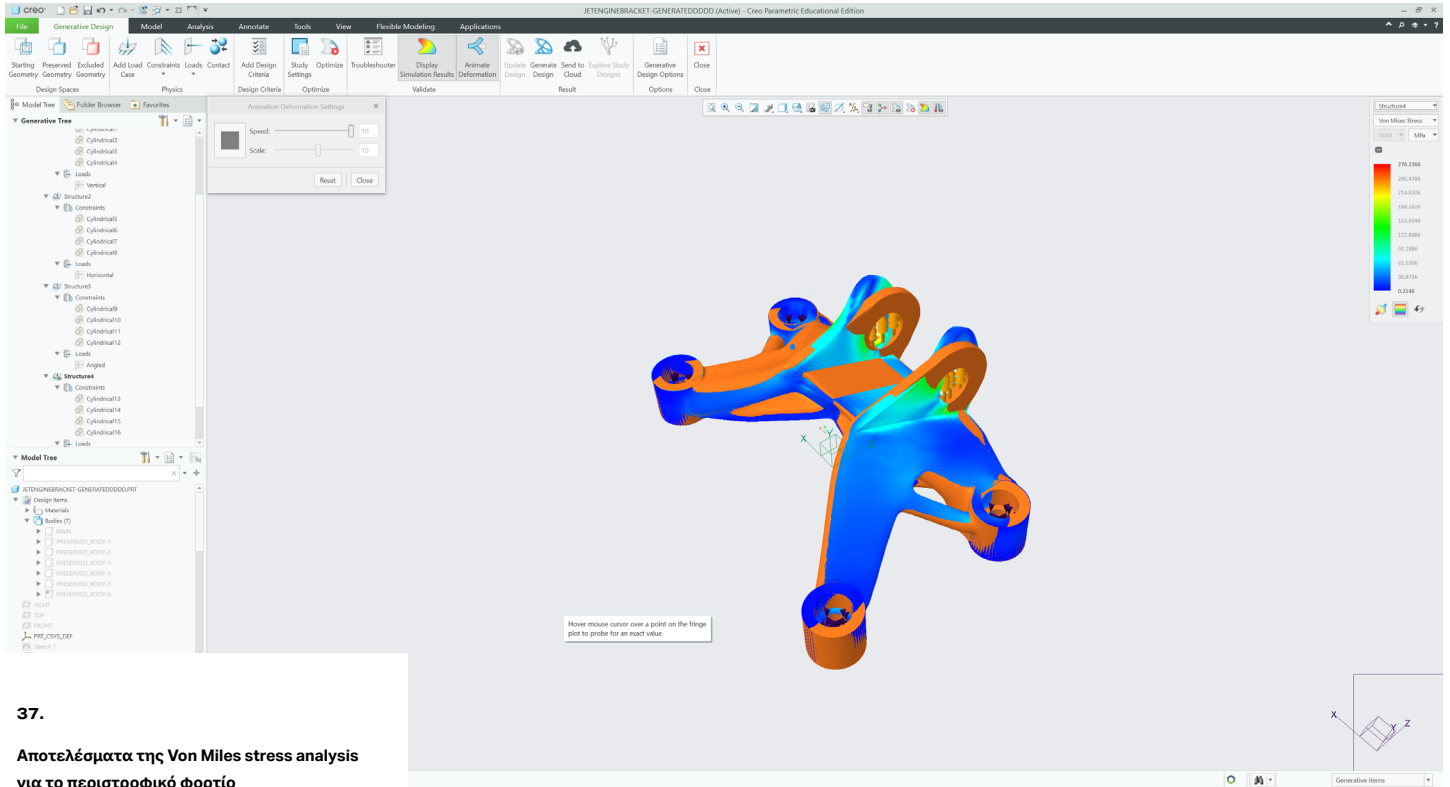
34.
Αποτελέσματα της Displacement analysis
για το οριζόντιο φορτίο



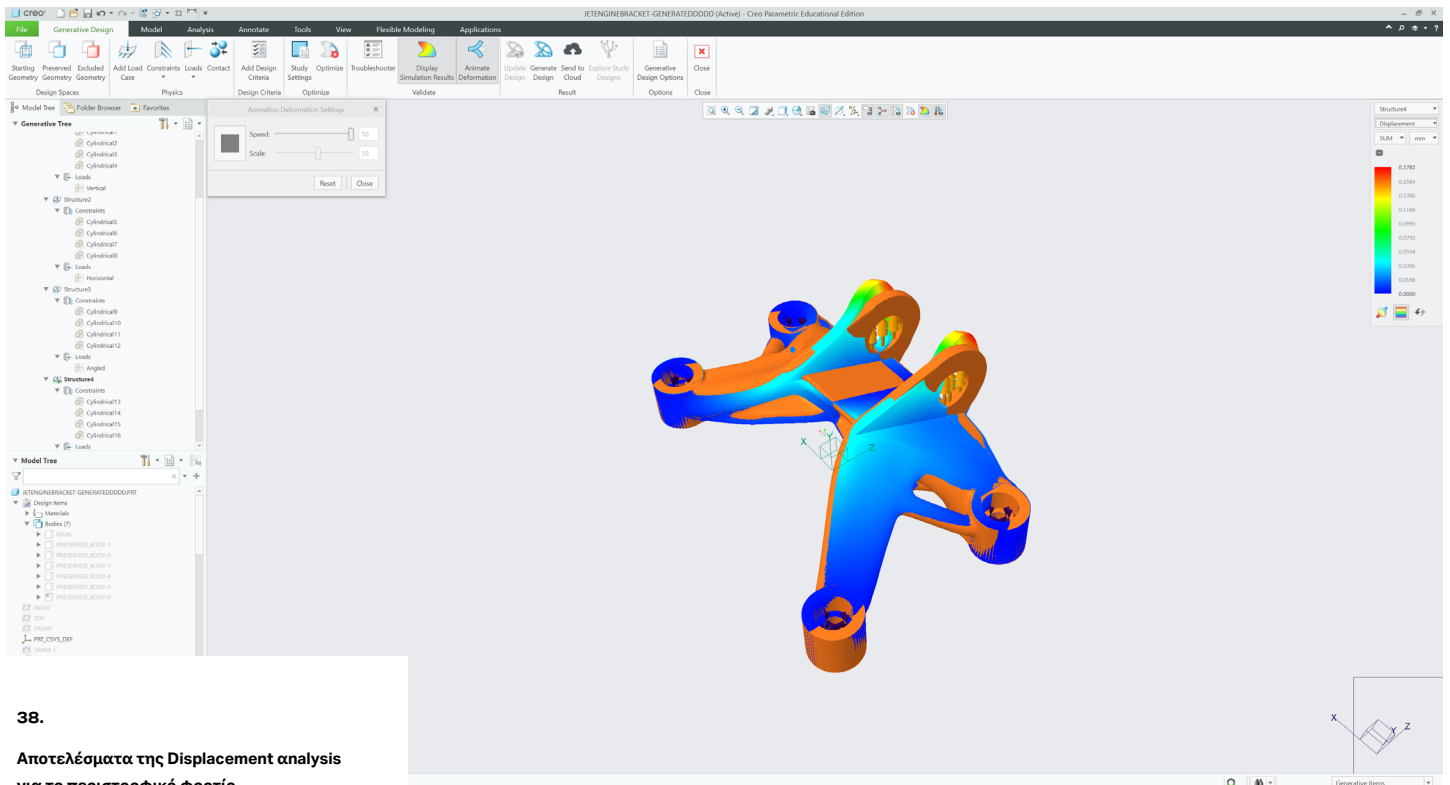
35.
Αποτελέσματα της Von Mises stress analysis
για το φορτίο 42° μοιρών



36.
Αποτελέσματα της Displacement analysis
για το φορτίο 42° μοιρών



37.
Αποτελέσματα της Von Mises stress analysis
για το περιστροφικό φορτίο



38.
Αποτελέσματα της Displacement analysis
για το περιστροφικό φορτίο

9. Το Μέλλον της Βιομηχανίας Κατασκευής

Ο κλάδος της βιομηχανικής παραγωγής προϊόντων περνάει από πολλούς μετασχηματισμούς την τελευταία πενταετία. Το 2022 προέκυψαν αυξημένες αναταράξεις και νέοι κίνδυνοι, όπως το αυξημένο κόστος της ενέργειας και των πρωτογενών πόρων, τα προβλήματα στις αλυσίδες εφοδιασμού, ο πληθωρισμός και το αυξήσεις των τιμών των προϊόντων. Ταυτόχρονα, δύο μεγάλα ρεύματα αλλαγής, ο ψηφιακός μετασχηματισμός και βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση, συνεχίζουν να επηρεάζουν το επιχειρηματικό μοντέλα και τους όρους της παραγωγής για τους κατασκευαστές προϊόντων.

Κινητήριοι Παράγοντες Αλλαγής στην Βιομηχανία Κατασκευής

Digitalization: Η ψηφιοποίηση επηρεάζει όλες τις βιομηχανίες και τις επιχειρήσεις σε παγκόσμια κλίμακα και η βιομηχανία κατασκευής προϊόντων δεν αποτελεί εξαίρεση. Οι νέες τεχνολογίες, όπως το Artificial Intelligence (AI) και τα ψηφιακά εργαλεία, όπως το Cloud-Computing(CC) και το Internet of Things (IoT), αποκαλύπτουν νέες ευκαιρίες για την αύξηση της παραγωγικότητας και της δημιουργικότητας. Το IoT μέσω των διασυνδεδεμένων αισθητήρων που επικοινωνούν μεταξύ τους, συλλέγουν και ανταλλάζουν δεδομένα, Η τεχνητή νοημοσύνη και τα προηγμένα συστήματα ανάλυσης θα επιτρέψουν την εκμάθηση νέων γνωστικών περιοχών μέσω των δεδομένων αυτών. Οι συνεργατικές πλατφόρμες και τα ψηφιακά εργαλεία μας βοηθούν να συνεργαζόμαστε και να λαμβάνουμε καλύτερες αποφάσεις με βάση τα δεδομένα και τις γνώσεις μας που συλλέγουμε. Για την κατασκευή, η ψηφιοποίηση έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τα επιχειρηματικά μοντέλα και να ξεκλειδώσει νέες ευκαιρίες για την καλύτερη κατανόηση και εξυπηρέτηση των πελατών, τη βελτιστοποίηση των υπαρχουσών διαδικασιών, την εξοικονόμηση κόστους και τη διαχείριση των κινδύνων με έξυπνο τρόπο.

Sustainability: Η αναγκαιότητα για βιώσιμη παραγωγή υπήρξε κινητήριοις δύναμη για μεγάλο χρονικό διάστημα, και τώρα βλέπουμε μια επιτάχυνση των προσπαθειών και των δραστηριοτήτων στον τομέα αυτό. Οι περισσότερες εταιρείες αναμένεται να κάνουν ακόμα μεγαλύτερες προσπάθειες προκειμένου να επιτύχουν τους περιβαλλοντικούς τους στόχους βάσει των ESG τους (Environmental, Social, and Corporate Governance) και να στρέψουν τους επενδυτές και τους πελάτες προς τη κατεύθυνση αυτή. Η βιωσιμότητα θα γίνει μελλοντικά ακόμη πιο κρίσιμος επιχειρησιακό και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και οι εταιρείες που θα κάνουν τις απαραίτητες επενδύσεις θα ανταμειφθούν μακροπρόθεσμα.

Increased Risk: Τα τελευταία χρόνια μας έδειξαν ότι δεν μπορούμε να θεωρούμε τίποτα δεδομένο. Η πανδημία του COVID διατάραξε τις αλυσίδες εφοδιασμού και ανάγκασε την υιοθέτηση νέων τρόπων εργασίας. Ο πόλεμος στην Ουκρανία ξεκίνησε απροσδόκητα τη στιγμή που ο πλανήτης έβγαινε από την πανδημία. Οι τρέχουσες ανησυχίες πολλαπλασιάζονται και παραδείγματα αυτών είναι ο πληθωρισμός, η κυβερνοασφάλεια, οι επισιτιστικές κρίσεις και η υπαρξιακή απειλή υπό την σκιά κλιματικής αλλαγής. Σε αυτούς τους αβέβαιους καιρούς, οι εταιρείες αναζητούν τρόπους για να ελαχιστοποιήσουν τους επιχειρηματικούς τους κίνδυνους και να επιτύχουν σταθερότητα μακροπρόθεσμα. Αυτό σηματοδοτεί την ανάγκη για δημιουργία βιώσιμων επιχειρήσεων θα μπορούν να ανταπεξέρχονται γρήγορα σε αλλαγές, τη δημιουργία ισχυρών και ανθεκτικών αλυσίδων εφοδιασμού και τη διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων και των ψηφιακών υποδομών τους.

9.2 Πώς το **Generative Design** θα Βοηθήσει τον Κλάδο της Βιομηχανίας Κατασκευής να Πλοηγηθεί Μέσα σε αυτές τις Αλλαγές

Hyperautomation: Η αυτοματοποίηση ήταν πάντα αναπόσπαστο μέρος της βιομηχανίας κατασκευής. Η αυτοματοποίηση διαδικασιών παραγωγής μέσω του Generative Design (GD) μπορεί να μειώσει ορατά τα λειτουργικά κόστη, να αυξήσει την παραγωγικότητα και την ποιότητα των παραγόμενων τεχνουργημάτων. Η αυτοματοποίηση δεν σταματάει μόνο στην σχεδιαστική και μηχανική μελέτη παραγωγής ενός αντικειμένου, αλλά πάει ένα βήμα παραπέρα, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως το Internet of Things (IoT) προκειμένου να μπορεί να ελέγχεται σε πραγματικό το αν ένα προϊόν που έχει ήδη παραχθεί χρήζει συντήρησης, και να βελτιστοποιείται η παραγωγική διαδικασία αυτομάτως λόγω των δεδομένων που συλλέγονται από τους σένσορες που έχουν ενταχθεί εντός του. Η εκτέλεση των διεργασιών αυτών δημιουργεί έναν βρόχο ανατροφοδότησης που αποσκοπεί στην συνεχή βελτίωση του παραγόμενου τεχνουργήματος.

A Personalized, Additive, Localized Future: Όταν η κατανάλωση μαζικά διαφημιζόμενων προϊόντων στρέφεται προς την προσφορά εξατομικευμένων λύσεων, η βιομηχανία κατασκευής πρέπει να ανταποκριθεί. Η στροφή αυτή σηματοδοτεί την εστίαση της παραγωγής σε προϊόντα ειδικά διαμορφωμένα και βασισμένα σε προσωπικά δεδομένα του χρήστη με την χρήση της προσθετικής κατασκευής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση αυτών των δεδομένων από λογισμικά Generative Design (GD), τα οποία μπορούν να εκμεταλλευθούν τις πληροφορίες που παρέχονται από τους χρήστες για την γρήγορη και αποτελεσματική δημιουργία τεχνουργημάτων που ανταποκρίνονται στις επιθυμίες του.

Με την χρήση λογισμικών GD σε συνδυασμό μεθόδους προσθετικής παραγωγής, οι κατασκευαστές θα μπορούν να αυξήσουν την τιμή των παραγόμενων προϊόντων χάρη στην επιπρόσθετη προς τον χρήστη αξία τους.

Data Exploitation: Οι περισσότερες εταιρείες προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν ολοένα και περισσότερα δεδομένα για την λήψη αποφάσεων. Συγχρόνως, η καθημερινότητα των καταναλωτών επηρεάζεται όλο και περισσότερο από αυτά. Οι αγοραστικές τους αποφάσεις ωθούνται από Ώξευπνεςΰ αλγοριθμικές συστάσεις που βασίζονται σε προηγούμενες συνήθειες και προτιμήσεις. Όπως διαφάνεται λοιπόν, η ανάπτυξη ενός τρόπου εργασίας που βασίζεται σε δεδομένα, είναι ίσως το πιο κρίσιμο σημείο της σημερινής επιχειρηματικής δραστηριότητας. Για τις εταιρείες βιομηχανικής παραγωγής, οι αναδυόμενες τεχνολογίες θα βοηθήσουν στην εκμετάλλευση των ευκαιριών που προσφέρουν τα δεδομένα. Η χρήση χαμηλού κόστους διασυνδεδεμένων σένσορων (IoT) που συλλέγουν δεδομένα καθόλη τη διαδικασία παραγωγής είναι πλέον εφικτή. Η χρήση προηγμένων λογισμικών Artificial Intelligence (AI) και Machine Learning (ML), όπως τα Generative Design (GD) λογισμικά, θα βοηθήσουν τις εταιρείες κατασκευής να σχεδιάσουν, να παράξουν και να συντηρήσουν προϊόντα ευκολότερα, γρηγορότερα και με χαμηλότερο κόστος. Ψηφιακά δίδυμα των προϊόντων αυτών θα μπορούν να δημιουργηθούν για την ανάπτυξη και τη δοκιμή βελτιστοποιημένων προϊόντων πριν καν αυτά παραχθούν, χάρη τη χρήση AR/VR.

Εικόνα Οκτώ (8)

euronews.com. Η πρώτη 3D εκτυπωμένη γέφυρα ως παράδειγμα τοπικής, πρόσθετης κατασκευής. Η γέφυρα έχει προεγκατεστημένους αισθητήρες που

Εικόνα Οκτώ (8) παρακολουθούν τις διαδρομές των πεζών και την κατάσταση της κατασκευής.



Focused on Sustainability: Ακόμα και αν πολλές βιομηχανίες κατασκευής υιοθετήσουν τεχνολογίες Generative Design (GD) για να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα κατά την παραγωγή τεχνουργημάτων, αυτό μόνο δεν θα είναι αρκετό. Η τάση της αγοράς για ελέγχους end-to-end θα θέσει υπόλογες τις εταιρείες για κάθε υποεργολάβο τους για το πως αυτοί αναμιγνύονται αντίστοιχα σε δράσεις για να μειωθεί το δικό τους περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Για τον έλεγχο μιας τόσο πολύπλοκης διαδικασίας, όπως αυτής της βιομηχανικής παραγωγής, θα χρειαστεί να υιοθετηθεί η περαιτέρω χρήση λογισμικών τεχνητής νοημοσύνης, προκειμένου να μπορέσουν οι διαδικασίες ελέγχου της αλυσίδας παραγωγής να απλοποιηθούν και να κρατούνται συνεχώς ενημέρες.

Collaboration for Innovation: Μελλοντικά, κάθε εταιρεία παραγωγής προϊόντων θα πρέπει να στραφεί περισσότερο προς την καινοτομία. Η αύξηση της συνεργατικότητας θα έχει κομβική σημασία για την στροφή αυτή. Οι περισσότερες τάσεις υποδεικνύουν μεγαλύτερη συνεργασία μεταξύ των μελών μιας εταιρείας τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά. Ο κόσμος γίνεται όλο και πιο «garplex» (γρήγορος και περίπλοκος) και η πλοήγηση σε αυτήν την πολυπλοκότητα θα απαιτήσει ένα ποικίλο σετ δεξιοτήτων και εξαιρετικό συντονισμό. Ο συνδυασμός των σωστών ψηφιακών εργαλείων και πλατφόρμων που βασίζονται σε τεχνολογίες όπως το Internet of Things (IoT), το Cloud-Computing (CC) και το Artificial Intelligence (AI) (λόγου χάρη το GD) θα μπορέσει να ελαττώσει δραματικά τους χρόνους ανάπτυξης ενός προϊόντος και να διασφαλίσει πως όλα τα μέλη μιας ομάδας έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που αυτά παράγουν. Ο κλάδος της προσθετικής κατασκευής θα επιτρέψει τη γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων, ανεβάζοντας την παραγωγικότητα της ομάδας σε άλλα επίπεδα. Ο συντονισμός αυτής της συνεργασίας θα είναι μια πρόκληση που δεν πρέπει να υποτιμηθεί. Ο ρόλος του product manager θα είναι παίξει καταλυτικό ρόλο, καθώς θα πρέπει να ορίσει και να καθοδηγήσει το όραμα για ένα έργο. Η συνεργασία με εξωτερικούς συνεργάτες θα είναι και ζωτικής σημασίας. Από τη μία πλευρά, οι βιομηχανίες παραγωγής πρέπει να οικοδομήσουν στενές σχέσεις με τους πελάτες και τους τελικούς χρήστες τους για να κατανοήσουν καλύτερα τις ανάγκες και τις συμπεριφορές τους, ειδικά αν θέλουν να εξερευνήσουν την Business-to-Consumer (B2C) αγορά ή αν θέλουν να εμπλακούν σε δράσεις ανοιχτής καινοτομίας με τους πελάτες τους. Από την άλλη, το δίκτυο των προμηθευτών, των συνεργατών και των μεταπωλητών είναι το κλειδί για να καταστεί δυνατή η ιχνηλασιμότητα, η κυκλικότητα και η ανθεκτικότητα των αλυσίδων εφοδιασμού.

9.3. Generative Design. Το Μέλλον Είναι ήδη Εδώ.

Η τεχνολογία του Generative design (GD) αν και βρίσκεται ακόμα σε μία πρώιμη φάση ανάπτυξης της, έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται στην βιομηχανία προσθετικής κατασκευής, φέροντας εκπληκτικά αποτελέσματα. Το Generative Design (GD) ανοίγει τον δρόμο για πολλές καινοτομίες, όχι μόνο σε επίπεδο κατασκευής, αλλά και σε κοινωνικοπολιτικό επίπεδο. Παρακάτω συνοψίζονται οι επιδράσεις που φέρει η τεχνολογία αυτή.

Optimization for Sustainability: Σε μια πρόσφατη συνεργασία των GM Engineers με την Autodesk, σχεδιάστηκε στο Generative Design (GD) λογισμικό της εταιρείας ένα νέο, βελτιστοποιημένος και πλήρως λειτουργικός βραχίονας θέσεως αυτοκινήτου. Ένα τυπικό εξάρτημα που στερεώνει τις ζώνες ασφαλείας στα καθίσματα. Κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα, ο βραχίονας που μοιάζει με αντικείμενο που ήρθε από το διάστημα, είναι κατά 40% ελαφρύτερος και 20% ανθεκτικότερος από τον συμβατικό. Η χρήση της τεχνολογίας Generative Design και στα υπόλοιπα χιλιάδες μέρη ενός αυτοκινήτου μπορεί να φέρει μία ποικιλία θετικών αποτελεσμάτων, όπως τη χρήση λιγότερου υλικού κατά τη παραγωγή, την μείωση του κόστους των αυτοκινήτων και την μείωση της μάζας τους που συμπερασματικά αποφέρει μείωση στην κατανάλωση καυσίμων.

Democratization of Design: Πολλές μορφές αυτοματοποίησης στην βιομηχανία κατασκευής είναι κατά την αρχική τους φάση πολύ ακριβές ή σύνθετες. Το Generative Design (GD) φαίνεται να είναι μία από αυτές, αλλά ο σκοπός του Generative Design είναι να επεκταθεί και να υποστηρίξει και τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής. Υποστηρίζοντας λοιπόν και μηχανικές κατεργασίες, η παραγωγή ενός τεχνουργήματος δεν είναι μόνο εφικτή, αλλά και προσιτή. Ας τεθεί ως παράδειγμα η κατασκευή ενός βραχίονα αναπηρικής καρέκλας που παράγεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους κατασκευής. Το αρχικό τμήμα παράγεται με χυτό μέταλλο και κοστίζει γύρω στα 15\$, χωρίς να ληφθεί υπόψιν το κόστος των εργαλείων. Με ένα 3-axis-milling το κόστος κατασκευής του ανέρχεται στα 100\$ λόγω της χρονοβόρας αφαίρεσης υλικού για να επιτευχθεί η οργανική του φόρμα. Με ένα 2.5-axis-milling το ίδιο εξάρτημα κοστίζει γύρω στα 25\$. Με μία ελαφρά απόκλιση τιμής, μπορεί να παραχθεί η βέλτιστη λύση για ένα σχεδιαστικό πρόβλημα με εργαλεία που μπορούν να βρεθούν στην τοπική αγορά.

Accessibility to All: Η Social Hardware ανέπτυξε έναν ηλεκτρικό προσθετικό βραχίονα και στην συνέχεια δημιούργησε το Avocado Wrist Connector, μια βοηθητική συσκευή που χρησιμοποιείται για την ασφαλή διασύνδεση γεωργικών και κατασκευαστικών εργαλείων στον προσθετικό βραχίονα. Οι Social Hardware ήθελαν αυτή η βοηθητική συσκευή να είναι συμβατή με το υπάρχον σύστημα αγκύρωσης που κατασκευάζεται από την ALIMCO, έναν από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές προσθετικών συσκευών στην Ινδία. Η ομάδα της Social Hardware έπρεπε να αντιμετωπίσει αρχικά τα προβλήματα με τις υπάρχουσες προσθετικές συσκευές. Τα εξωτερικά τροφοδοτούμενα προσθετικά μέλη δεν βασίζονται στη δύναμη του χρήστη, έχουν περιορισμένη διάρκεια μπαταρίας και συνήθως δεν είναι αρκετά ανθεκτικά για εργασίες υψηλής έντασης. Τα body-powered προσθετικά μέλη είναι γενικά πολύ πιο ανθεκτικά και δεν απαιτούν μπαταρίες, αλλά είναι βαριά και έχουν περιορισμένη λειτουργικότητα.

Οι Social Hardware ήθελαν να συνδυάσουν τις ελαφριά και πλούσια σε λειτουργίες ιδιότητες ενός εξωτερικά τροφοδοτούμενου προσθετικού μέλους με την ανθεκτικότητα και την αξιοπιστία ενός body-powered προσθετικού μέλους. Η ομάδα χρησιμοποίησε λογισμικό Generative Design (GD) για να μειώσει το βάρος του Avocado Wrist Connector. Βοήθησε επίσης τους Social Hardware να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ακρωτηριασμένοι σχετικά με την εμφάνιση των υποδοχών στις προσθετικές συσκευές. Το Generative Design (GD) έδωσε τελικά την δυνατότητα να γίνει προσβάσιμη η τελευταία τεχνολογία στον τομέα της προσθετικής σε άτομα χαμηλού εισοδήματος.

Enhanced Creativity: Η καρέκλα A.I. είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ του Philippe Starck, της Autodesk Research και της ιταλικής κατασκευαστικής εταιρείας επίπλων Kartell. Ο Philippe Starck παρείχε το γενικότερο όραμα για την καρέκλα και στην συνέχεια με προηγμένους Generative Design (GD) αλγόριθμους μπόρεσαν να δημιουργήσουν πολλαπλές σχεδιαστικές προτάσεις βασισμένες στο παράμετρο κατασκευής του injection molding. Η καρέκλα A.I. αντιπροσωπεύει ένα άλμα προς τη συνεργασία ανθρώπου-μηχανής, και είναι πλέον διαθέσιμη στους εκθεσιακούς χώρους της Kartell. Για πρώτη φορά, η Kartell χρησιμοποίησε ένα 100% ανακυκλωμένο υλικό για την παραγωγή καρέκλας. Υιοθετώντας μια διαδικασία παραγωγής που σέβεται και προστατεύει το περιβάλλον, επαναχρησιμοποιήθηκαν καθαρά βιομηχανικά απορρίμματα και μετατράπηκαν ξανά σε πρώτη ύλη, προκειμένου να διασφαλιστούν οι αισθητικές ποιότητες του οράματος, οι δομικές απαιτήσεις του προϊόντος, καθώς και να μειωθούν οι απαραίτητες εκπομπές για την παραγωγή του.

Εικόνα Εννέα (9)



Εικόνα Εννέα (9)

dezeen.com

Philippe Starck, Kartell and Autodesk.

The world's first production chair designed with A.I.

Generative Design as an Answer to Regulations: Η παγκόσμια αυτο-κινητοβιομηχανία προσπαθεί να προσαρμοστεί σε μια σειρά από σημαντικές αλλαγές, όπως τους αυξημένους κανονισμούς που επιβάλλονται από κυβερνήσεις, τη συμφωνία του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή, τις ιλιγγιώδεις τεχνολογικές ανακαλύψεις, τις απαιτήσεις των καταναλωτών για μεγαλύτερη απόδοση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται και για χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα. Λόγω όλων των παραπάνω, οι αυτοκινητοβιομηχανίες αναζητούν τρόπους για να βελτιώσουν την απόδοση των κινητήρων και να μειώσουν το συνολικό βάρος των οχημάτων, επανεξετάζοντας τα 30.000 και πλέον εξαρτήματα που συνθέτουν ένα αυτοκίνητο, όπως το τιμόνι, τα πεντάλ, τα καθίσματα, τον κινητήρα, τα φρένα και ένα βασικό εξάρτημα που είναι αρκετά μικροσκοπικό: τη μονάδα ελέγχου κινητήρα (ECU). Η ECU είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ψεκασμού καυσίμων που καθορίζει τη σωστή παροχή καυσίμων που απαιτεί ο κινητήρας. Αυτό το σύστημα διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο στην λειτουργία του αυτοκινήτου. Βελτιστοποιώντας την ποσότητα και το χρόνο ψεκασμού του καυσίμου, βελτιώνονται συγχρόνως οι επιδόσεις οδήγησης και μειώνεται η ποσότητα επιβλαβών εκπομπών.

Για τη βελτιστοποίηση της ECU, ο Akira Okamoto, ο Assistant Manager of Product Design της DENSO, χρησιμοποίησε την τεχνολογία Generative Design (GD) για να επιτύχει δύο κρίσιμους στόχους: να κάνει το εξάρτημα ελαφρύτερο και να αυξήσει τη θερμική του απόδοση. Η θερμοκρασία ενός κινητήρα μπορεί να φτάσει τους 120°C. Για να λειτουργήσει χωρίς προβλήματα, η θερμοκρασία του ECU πρέπει να είναι χαμηλότερη από τη διαχέουσα θερμότητα στο σημείο επαφής του με τη μηχανή, όπου οι θερμοκρασίες φτάνουν περίπου τους 105°C. Στην έρευνά του, ο Okamoto χρησιμοποίησε τις δυνα-τότητες Generative Design (GD) παρόλο που η τεχνολογία αυτή δεν προσφέρει παραμέτρους που σχετίζονται με τη θερμότητα. Για να υπολογιστεί η θερμότητα, έγινε η υπόθεση πως θα αντιμετωπιστεί ως φορτίο. Προσθέτοντας φορτίο σε περιοχές που έπρεπε να διασκορπιστεί η θερμότητα, θα μπορεί να βρεθεί το βέλτιστο σχήμα του ECU.

Για αυτό το έργο, η ομάδα ενσωμάτωσε στοιχεία από παραγόμενα σχέδια Generative Design (GD) σε μέρη που θα μπορούσαν να παράχθούν με την συμβατική μεθοδο του die-cast molding. Κατασκευάστηκε επίσης ένα γεωμετρικού σχήματος κάλυμμα πλακέτας και ενσωματώθηκε σε ένα πλαίσιο που δημιουργήθηκε μέσω Generative Design (GD). Το Autodesk Alias SpeedForm και το Fusion 360 χρησιμοποιήθηκαν για να λεπτύνουν το συνολικό σώμα και να του δώσουν ένα λείο σχήμα. Επίσης, έγιναν προσαρμογές για την παραγωγή του εξαρτήματος με συμβατικές μεθόδους κατασκευής. Η μεταλλική μακέτα που ονομάζεται Direct Mounted ECU Concept είχε συνολική μείωση βάρους 12% και διατηρεί την ικανότητα διασποράς θερμότητας στα ίδια επίπεδα σε σχέση με το αρχικό σχέδιο.

Improving Safety: Η Edera Safety, μελέτησε ιατρικές έρευνες για τραυματισμούς που προκύπτουν στη σπονδυλική στήλη, καθορίζοντας πώς και πού εμφανίστηκαν, καθώς και τον τύπο τους, προκειμένου να δημιουργήσει ένα προστατευτικό κάλυμμα για την σπονδυλική στήλη. Η εταιρεία επικεντρώθηκε στους τραυματισμούς κατά την περιστροφή, οι οποίοι είναι πέντε φορές πιο συνηθισμένοι από τις άμεσες κρούσεις στη σπονδυλική στήλη. Το πρώτο βήμα ήταν να διευκρινίσουν πού ασκούνται οι βλαβερές δυνάμεις στη σπονδυλική στήλη όταν το σώμα κινείται με ακραίους ή ξαφνικούς τρόπους. Η ομάδα μετέπειτα επικεντρώθηκε στους σπονδύλους που ενώνουν τις θωρακικές-οσφυϊκές και οσφυϊκές-τραχηλικές περιοχές, όπου συμβαίνουν οι περισσότερες περιστροφές και τραυματισμοί.

Μια κρίσιμη ανακάλυψη ήταν το φυσικό όριο της σπονδυλικής στήλης όταν κάνει δύο τύπους κίνησης: μία κίνηση που διαχειρίζεται από το μυϊκό σύστημα του σώματος και μία που γίνεται από τις συνδέσεις μεταξύ των οστών. Το ανθρώπινο σώμα μπορεί να φτάσει μόνο το 60% περίπου του εύρους κίνησής του χρησιμοποιώντας ενεργή μυϊκή δύναμη. Το υπόλοιπο γίνεται παθητικά μέσω κινήσεων των οστών όπως η περιστροφή της σπονδυλικής στήλης. Έτσι, το σημαντικό δεν ήταν να περιοριστεί η ενεργητική κίνηση που γίνεται κατευθύνοντας τους μύες, αλλά να σταματάει η κίνηση όταν η παθητική κίνηση των οστών γίνεται υπερβολική.

Η ομάδα του έργου χρησιμοποίησε το λογισμικό Generative Design (GD) για να εισάγουν δεδομένα σε μία προσομοίωση, αναπτύσσοντας με αυτό τον τρόπο ένα πρωτότυπο. Μετέπειτα, ενσωμάτωσαν σε αυτό το πρωτότυπο περισσότερους αισθητήρες και μια εφαρμογή καταγράφει με ακρίβεια όλες τις σχετικές δυνάμεις. Στη συνέχεια, τις τροφοδοτούνταν τα αποτελέσματα στον Generative-Design (GD) αλγόριθμο. Το επόμενο βήμα ήταν να αξιολογηθούν τις παραγόμενες γεωμετρικές που παράχθηκαν από το λογισμικό και να κριθεί ποιο είναι η καλύτερη σχεδιαστική λύση. Τέλος, η ομάδα έκανε αισθητικές παρεμβάσεις επί του τελικού σχεδίου, προκειμένου να μπορεί να γίνει ελκυστικό προς τους υποψήφιους αγοραστές.

Digital Transformation: Η Claudius Peters είναι μια εταιρεία 113 χρόνων που κατασκευάζει εξοπλισμό επεξεργασίας υλικών και έκανε αλματώδεις προσπάθειες για να μετασχηματιστεί ψηφιακά, προκειμένου να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του 21ου αιώνα.

Προσαρμόζοντας την τεχνολογία Generative Design (GD) — η οποία συνήθως είναι συμβιβασμένη με την τρισδιάστατη εκτύπωση — σε παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής, η εταιρεία κατασκεύασε πιο οικονομικά προϊόντα για τη βιομηχανική αγορά, στην οποία και απευθύνεται. Το Generative Design (GD) βοήθησε στη μείωση του κόστους των παραγόμενων υλικών, της ενέργειας και των χρόνων παράδοσης.

Η Claudius Peters ξεκίνησε το ταξίδι καινοτομίας της το 2014, θέλωντας να ανανεώσει και βελτιώσει το επιχειρηματικό της μοντέλο, θέτοντας στόχους αναφορικά με το κόστος και την ποιότητα των προϊόντων της, την ταχύτητα παράδοσής τους και την ικανοποίηση των πελατών της. Αφού τα στελέχη της εταιρείας πειραματίστηκαν με την τεχνολογία του Generative Design (GD), αποφάσισαν να την υιοθετήσουν. Ένα από τα κύρια προϊόντα που βελτιστοποίησαν με την τεχνολογία αυτή αυτή είναι το clinker cooler.

9.4. Οι Προκλήσεις Υιοθέτησης της Τεχνολογίας Generative Design από τον Κλάδο Βιομηχανικής Κατασκευής

Οι σημερινοί ηγέτες στον τομέα της κατασκευής προϊόντων αναγνωρίζουν πως οι τεχνολογίες Generative Design (GD) παρουσιάζουν μια σειρά κοινωνικών, οργανωσιακών και ανταγωνιστικών προκλήσεων.

Μία από τις πρώτες προκλήσεις που παρουσιάζονται στην υιοθέτηση τεχνολογιών Generative Design (GD) είναι η αποδοχή από τα ενδιαφερόμενα μέλη των κατασκευασμένων τεχνουργημάτων που βασίστηκαν στην τεχνολογία αυτή, καθότι είναι ριζικά διαφοροποιημένα από τους προκατόχους τους, που σχεδιάστηκαν με συμβατικό τρόπο. Πολλοί από αυτούς μπορεί να τα θεωρήσουν οπτικά δυσάρεστα ή ακόμα και εξωγήινα. Αυτό μπορεί να παρεμποδίσει την αποδοχή τέτοιων παραγωγικών λύσεων, ακόμα και αν αυτές θεωρούνται τεχνικά ανώτερες. Η χρήση Generative Design (GD) τεχνολογιών για αντικείμενα που απευθύνονται σε καταναλωτές μπορεί να έχει παρόμοιες προκλήσεις αποδοχής, αν και μερικές εταιρείες ήδη προωθούν αυτή την ακραίως οπτικά διαφοροποιημένα αντικείμενα ως στοιχείο διαφοροποίησης από τους ανταγωνιστές τους.

Η δεύτερη πρόκληση που προκύπτει είναι επιχειρησιακή. Η ευρεία υιοθέτηση τεχνολογιών Generative Design (GD) μπορεί να στρέψει τις απαιτήσεις των εταιρειών προς νέο, εξειδικευμένο προσωπικό, αφήνοντας πίσω τους το προσωπικό που δεν μπόρεσε να προσαρμοστεί στις τεχνολογίες αυτές. Οι εταιρείες επίσης θα πρέπει να την έγχυσουν μεγάλο κεφάλαιο στη διαδικασία ανάπτυξης και παραγωγής νέων προϊόντων. Οι τεχνολογίες αυτές δεν θα επηρεάσουν μόνο τις διαδικασίες της αλυσίδας παραγωγής, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο θα παίρνονται αποφάσεις σε επιχειρησιακό επίπεδο. Το Generative Design (GD) μπορεί να ελέγξει πολύπλοκα δεδομένα και σαρώνοντας τα επαναληπτικά να εξάγει τις βέλτιστες αποφάσεις. Αυτό σημαίνει πως η γνώση για το πως λειτουργούν Generative Design λογισμικά θα είναι αναγκαία σε όλα τις βαθμίδες ενός οργανισμού.

Το τρίτο εμπόδιο αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες αυτές θα ενσωματωθούν στην αλυσίδα παραγωγής. Οι εταιρείες θα πρέπει να καταβάλλουν σκέψη για το πως το Generative Design (GD) θα συνδυαστεί με υπάρχουσες μηχανικές διαδικασίες, πλατφόρμες δεδομένων και αλυσίδες εργαλείων. Η ραγδαία ανάπτυξη του Generative Design (GD) προϋποθέτει πως οι εταιρείες θα πρέπει να έχουν μεγάλη ευελιξία ως προς τη χρήση διαφορετικών λογισμικών που μπορεί να είναι από διαφορετικούς προμηθευτές, και πως θα μπορούν να εναλλάξουν και να αναβαθμίζουν τις εργαλειοθήκες εύκολα τους καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται εκθετικά.

9.5. Συμπεράσματα

Το Generative Design (GD) έχει αρχίσει ήδη να χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικούς κλάδους. Από τις αυτοκινητοβιομηχανίες και της βιομηχανίες αεροναυπηγικής, μέχρι την παραγωγή καταναλωτικών και οικοδομικών προϊόντων.

Κατά τα επόμενα χρόνια, οι αλγοριθμικές διαδικασίες Generative Design (GD) θα συνεχίσουν να εξελίσσονται, να γίνονται πιο αποδοτικές, να γίνονται ευρέως εφαρμόσιμες και πιο εύκολες ως προς τη χρήση τους. Καθώς οι υπολογιστικές δυνατότητες γίνονται ολοένα και πιο ισχυρές, οι λειτουργίες Generative Design (GD) θα μπορούν να επεκταθούν και σε βελτιστοποιήσεις συναρμογών, ή ακόμα και ολόκληρων προϊόντων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις καθιστούν την συλλογή και επεξεργασία δεδομένων ως τον κύριο παρακίνητη αλλαγών στην βιομηχανία κατασκευής, καθιστώντας εφικτή τη προσφορά προϊόντων που είναι σχεδιασμένα και βελτιστοποιημένα για προσωπική χρήση, χάρη της ευελιξίας που προσφέρει η προσθετική κατασκευή.

Αρκετές εταιρείες έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούν το Generative Design (GD) πέρα της πιλοτικής φάσης και να το εφαρμόζουν σε όλες τις οργανωσιακές βαθμίδες τους. Αυτό βέβαια προαπαιτεί επενδύσεις σε εργαλεία, εκπαιδευτικά προγράμματα, και προγράμματα μεταστροφής της εργασιακής κουλτούρας. Αυτοί όμως που προτείνονται να δεσμευτούν στην χρήση του εργαλείου αυτού, θα έχουν θετικά αποτελέσματα στους χρόνους έγχυσης ενός προϊόντος στην αγορά, στο συνολικό κόστος του κύκλου ζωής του και στην απόδοσή του. Το σχεδιαστικό και μηχανολογικό τοπίο θα αλλάξει ριζικά τα επόμενα χρόνια, καθώς ολοένα και περισσότερες διαδικασίες εντός των τομέων αυτών αυτοματοποιούνται με ταχύτατους ρυθμούς, δημιουργώντας ανασφάλεια για την μελλοντική τους ανάγκη.

Το Generative Design (GD) μέσω της προσθετικής παραγωγής προϊόντων, έρχεται να δώσει απαντήσεις σε μία σειρά ερωτημάτων που αφορούν τη μελλοντική βιωσιμότητα του πλανήτη, και να συμβάλλει δραστικά στην προσπάθεια να επιτευχθούν οι ESG στόχοι, δημιουργώντας καινοτόμες σχεδιαστικές λύσεις που δεν θα μπορούσαν να είχαν συλληφθεί με τους συμβατικούς τρόπους σχεδίασης. που μειώνουν σε μεγάλο βαθμό. Τέλος, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα παραγωγής ενός τεχνουργήματος σε καθ'όλο τον κύκλο ζωής τους θα μειωθεί εντυπωσιακά χάρη στην τεχνολογία του Generative Design (GD).

- a,just%20like%20in%202D%20CAD.
Mike Howells. What is 3D CAD? <https://www.easytechjunkie.com/what-is-3d-cad.htm>
- Autodesk. 3D CAD Software. <https://www.autodesk.ae/solutions/3d-cad-software>
- Siemens. Glossary. 3D CAD Software. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/3d-cad/21907>
- Cnclathing. Difference Between 2D and 3D CAD Drawing. <https://www.cnclathing.com/guide/difference-between-2d-and-3d-cad-drawing-advantages-of-3d-cad-over-2d-cnclathing>
- Wikipedia. Freeform Surface Modeling. https://en.wikipedia.org/wiki/Freeform_surface_modeling
- Wikipedia. Wireframe Model. https://en.wikipedia.org/wiki/Wireframe_model
- Wikipedia. Solid Modeling. https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_modeling
- 3erp.com. What is Computer-Aided Design: Definition, Types, Applications & Advantages. <https://www.3erp.com/blog/computer-aided-design/#:~:text=Free form %20CAD%20tools%20>
- allow%20for,clothing%20or%20creating%20CGI%20characters. 3dp. Types of 3D Modeling. <https://all3dp.com/2/types-of-3d-modeling/>
- PTC. The Creo Model Tree: More Versatile Than You Ever Thought? <https://www.ptc.com/en/blogs/cad/creo-model-tree#:~:text=In%20Creo%20Parametric%2C%20the%20Model,in%20which%20they%20are%20re-generated.>
- teslamechanicaldesigns. Future of CAD and its Impact on Product Design. <https://www.teslamechanicaldesigns.com/blog/future-of-cad-and-its-impact-on-product-design/>
- digitiseit. The Future of CAD: Exploring the Latest Trends and Technologies in Computer-Aided Design. <https://digitiseit.co.in/2022/11/the-future-of-cad-exploring-the-latest-trends-and-technologies-in-computer-aided-design/>
- thomasnet. The History - and Future - of CAD/CAM Technology. <https://www.thomasnet.com/insights/the-history-and-future-of-cad-cam-technology/>
- poweredbyorange. What Is the Future of CAD Design? <https://poweredbyorange.com/what-is-the-future-of-cad-design/>
- future-of-cad-design/
pre-scient. The Future of CAD: Trends and Innovations in Product Development. <https://www.pre-scient.com/blogs/cad-software-development/the-future-of-cad-trends-and-innovations-in-product-development.html>
- assemblymag. Generative Design Software Is Transforming the Design Process. <https://www.assemblymag.com/articles/94984-generative-design-software-is-transforming-the-design-process>
- Michigan University. What Is the Difference Between CAD, CAE and CAM? <https://online.egr.msu.edu/articles/cad-vs-cae-vs-cam-what-is-the-difference/#:~:text=Major%20categories%20of%20CAE%20tools,prior%20to%20building%20physical%20prototypes.>
- Amir Sajjad Bahman, Francesco Iannuzzo. Computer-aided engineering simulations. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102094-4.00010-4>
- designtechcadacademy. Computer Aided Engineering (CAE). <https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/computer-aided-engineering>

- Rainer Stark. Major Technology 4: Computer Aided Engineering—CAE. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-64301-3_10
- Ming H. Wu, Hengchu Cao. Characterization of Biomaterials. <https://www.sciencedirect.com/book/9780124158009/characterization-of-biomaterials>
- Radu Crahmaliuc. What Everybody Needs to Know about CAE . <https://www.simscale.com/blog/what-everybody-needs-to-know-about-cae/>
- ts2. The Future of Computer-aided Engineering: Trends and Predictions for the Next Decade. [https://ts2.space/en/the-future-of-computer-aided-engineering-trends-and-predictions-for-the-next-decade/#:~:text=The%20Integration%20of%20Artificial%20Intelligence,machine%20learning%20\(ML\)%20technologies.](https://ts2.space/en/the-future-of-computer-aided-engineering-trends-and-predictions-for-the-next-decade/#:~:text=The%20Integration%20of%20Artificial%20Intelligence,machine%20learning%20(ML)%20technologies.)
- indo-industry. Powerful Cae Software Solution Is Driving Productivity Gains. <https://www.indo-industry.com/news/2095-powerful-cae-software-solution-is-driving-productivity-gains>
- Cat McClintock. A Beginner's Guide to Generative Design. <https://www.ptc.com/en/blogs/cad/beginner-guide-generative-design>
- ginner-guide-generative-design all3dp. The Best Generative Design Softwares. <https://all3dp.com/1/the-best-generative-design-software/>
- grabcad. GE jet engine bracket challenge. <https://grabcad.com/challenges/ge-jet-engine-bracket-challenge>
- Center for Advanced Engineering Software and Simulations. GE Jet Engine Bracket. https://www.caess.eu/site/docs/casestudy/Caess_GE_Bracket.pdf
- Carter, W.T., Erno, D.J., Abbott, D.H., Bruck, C.E., Wilson, G.H., Wolfe, J.B., Finkhousen, D.M., Tepper, A., Stevens, R.G.. The GE Aircraft Engine Bracket Challenge: .An Experiment in Crowdsourcing for Mechanical Design Concepts
- H.D. Morgan, H.U. Levatti, J. Sienz, A.J. Gil, D.C. Bould. GE Jet Engine Bracket Challenge: A Case Study in Sustainable Design. <https://core.ac.uk/download/pdf/227104343.pdf>
- Dessault. The Future of Manufacturing. https://discover.3ds.com/the-future-of-manufacturing?gclid=Cj0KCQjwvL-oBhCxARIsAHkOiu0AIOLSz5VRgieme4Qd-QDLZ7p_GAxZAMV0vfbCkK00vrLRXqEX3f84aAvsrEALw_wcB
- McKinsey & Company. How Generative Design Could Reshape the Future of Product Development. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-generative-design-could-reshape-the-future-of-product-development>
- autodesk. Generative Design: Redefining What's Possible in the Future of Manufacturing. <https://www.autodesk.com/design-make/e-books/future-of-manufacturing>
- Bonsa Regassa Hunde, Abraham Debebe Woldeyohannes. Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing.