



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ, ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**



**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΚΑΜΠΑΡΔΩΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Α.Μ. 7325)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΗΣ**

**ΛΕΚΤΟΡΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στην σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, του τμήματος Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αφορά την κατασκευή ενός βιομηχανικού, προοδευτικού καλουπιού κοπής.

Για την κατασκευή βιομηχανικών εργαλείων απαιτείται ενδεδειγμένη έρευνα προτού αυτά να είναι έτοιμα να παράξουν τα επιθυμητά από εμάς προϊόντα. Αρχικά, απαιτείται βιβλιογραφική έρευνα για να γίνει ο σωστός σχεδιασμός των επιμέρους εξαρτημάτων του καλουπιού κοπής. Έπειτα, ακολουθεί η τρισδιάστατη σχεδίαση τους και η ανάλυση τους μέσω πεπερασμένων στοιχείων, με σκοπό να διαπιστώσουμε αν είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στις τάσεις που θα τους επιβληθούν. Τέλος, γίνεται η προσομοίωση της κατασκευής τους και ο υπολογισμός του συνολικού κόστους.

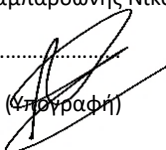
Σε αυτό το σημείο θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σωτήρη Τσίρκα, τόσο για την δυνατότητα που μου έδωσε να αναλάβω την παρακάτω εργασία εμπνευσμένη από το εργαστήριο Σχεδιασμού Καλουπιών, όσο και για την βοήθεια και καθοδήγησή του κατά την διάρκεια της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γραμματικόπουλο και τον κ. Ευθυμίου για τις γνώσεις που μου χάρισαν στους τομείς των CAM και CAD αντίστοιχα. Χρωστάω πολλά στους παραπάνω καθηγητές γιατί όχι μόνο με έμαθαν πολλά, αλλά χάρη σε αυτούς έμαθα με τι θέλω να ασχοληθώ επαγγελματικά.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής

Σκαμπαρδώνης Νικόλαος

.....  
  
(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αφορά τα βιομηχανικά εργαλεία και πιο συγκεκριμένα ένα προοδευτικό καλούπι κοπής αλλά και διαμόρφωσης. Παρά την μεγάλη ανάπτυξη και ευρεία χρήση των λέιζερ κοπής, τα καλούπια κοπής παραμένουν πιο αποτελεσματικά όσον αφορά τους υψηλούς ρυθμούς παραγωγής. Τα μεγάλα εργοστάσια προτιμούν τα καλούπια κοπής καθώς παρέχουν μεγάλο αριθμό τελικών τεμαχίων, παρά το γεγονός ότι απαιτούν ειδικό σχεδιασμό σε σχέση με την μεγάλη ευελιξία των λέιζερ.

Η παρακάτω εργασία περιέχει την μελέτη, τον σχεδιασμό, την ανάλυση και την κατασκευή ενός προοδευτικού καλουπιού κοπής και διαμόρφωσης. Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε 5 κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε όλη την ιστορία της παραγωγής. Από το πρώτο προοδευτικό καλούπι κοπής μέχρι τις σημερινές κατασκευαστικές διαδικασίες και το πως αυτές μπορούν να παράξουν σχεδόν ότι επιθυμεί ο πελάτης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνονται οι πρώτοι απαραίτητοι υπολογισμοί που αφορούν το υλικό που κατεργαζόμαστε πριν αρχίσει ο σχεδιασμός του καλουπιού όπως η δύναμη κοπής και η ελαστική επαναφορά ενώ δίνονται και πληροφορίες για το υλικό αυτό.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ο σχεδιασμός των επιμέρους εξαρτημάτων του καλουπιού με δεδομένα από βιβλιογραφική έρευνα και τυποποιημένους πίνακες κατά DIN και ISO . Επίσης γίνεται η επιλογή των κατάλληλων υλικών με βάση την καταπόνηση που θα δεχθούν κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση των εξαρτημάτων με λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων και ελέγχεται η παραμόρφωσή τους και η τάση Von-Mises που προκύπτει κατά την εφαρμογή τάσεων σε αυτά. Επίσης, ελέγχεται το αν αυτά θα αστοχήσουν ή όχι.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται η τελική κατασκευή των εξαρτημάτων με χρήση προγράμματος προσομοίωσης επεξεργασίας (CNC) καθώς επίσης υπολογίζονται μέσω ειδικού λογισμικού τα δεδομένα κοπής. Επίσης, υπολογίζεται το συνολικό κόστος κατασκευής του καλουπιού .

Πρόκληση στην παρούσα διπλωματική ήταν το να σχεδιαστεί ένα προοδευτικό καλούπι με όσον το δυνατόν λιγότερους σταθμούς και απλή μορφή με σκοπό να υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής του στο μηχανουργείο της σχολής και να μπορεί να εγκατασταθεί στην υπάρχουσα πρέσα του τμήματος. Δυστυχώς αυτό δεν επιτεύχθηκε γιατί οι δυνάμεις που αναπτύσσονταν ήταν πολύ μεγάλες. Ωστόσο το συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι μπορεί να κατασκευαστεί ένα αρκετά απλοποιημένο προοδευτικό καλούπι που μπορεί να κατασκευαστεί εντός του τμήματος μας και να λειτουργήσει σε βιομηχανικούς ρυθμούς.



# Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	1
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ;.....	2
1.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	3
1.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ.....	5
1.4 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ .....	13
1.5 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΚΟΠΗΣ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	21
2.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ .....	22
2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ .....	23
2.2.1 ΔΥΝΑΜΗ ΚΟΠΗΣ .....	23
2.2.2 ΔΥΝΑΜΗ ΛΥΓΙΣΜΟΥ “U” .....	24
2.2.3 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	25
2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (SPRINGBACK) ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΛΥΓΙΣΜΟ .....	25
2.4 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ .....	27
2.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	31
3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΗΤΡΑΣ .....	32
3.1.1 ΥΛΙΚΟ ΜΗΤΡΑΣ .....	32
3.1.2 ΕΝΕΡΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΗΤΡΑΣ .....	33
3.1.3 ΠΑΧΟΣ ΜΗΤΡΑΣ .....	33
3.1.4 ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΜΗΤΡΑΣ .....	33
3.1.5 ΔΙΑΚΕΝΟ ΕΜΒΟΛΟΥ - ΜΗΤΡΑΣ .....	34
3.1.6 ΚΟΧΛΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΟΙ .....	35
3.1.7 ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΣ ΜΗΤΡΑΣ.....	37
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΟΛΚΕΑ .....	37
3.2.1 ΥΛΙΚΟ ΕΞΟΛΚΕΑ .....	38
3.2.2 ΥΨΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ .....	38
3.2.3 ΠΛΑΤΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ .....	38
3.2.3 ΥΨΟΣ ΕΞΟΛΚΕΑ.....	39
3.2.4 ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	39
3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ .....	39
3.3.1 ΥΛΙΚΟ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ .....	39
3.3.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ.....	40
3.3.3 ΠΑΧΟΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ .....	40

<b>3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ .....</b>	<b>40</b>
3.4.1 ΥΛΙΚΟ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΕΩΝ .....	41
3.4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΕΩΝ .....	41
<b>3.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ.....</b>	<b>41</b>
3.5.1 ΥΛΙΚΟ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ .....	41
3.5.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ .....	42
<b>3.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....</b>	<b>42</b>
3.6.1 ΥΛΙΚΟ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	43
3.6.2 ΕΜΒΟΛΑ ΤΡΥΠΗΜΑΤΟΣ .....	43
3.6.3 ΕΜΒΟΛΑ ΕΚΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΥΓΙΣΜΟΥ .....	44
3.6.4 ΜΗΚΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	45
<b>3.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....</b>	<b>46</b>
3.7.1 ΥΛΙΚΟ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	46
3.7.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ.....	46
3.7.3 ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	47
<b>3.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ .....</b>	<b>47</b>
3.8.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ .....	47
3.8.2 ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....	48
<b>3.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ .....</b>	<b>49</b>
3.9.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ .....	49
3.9.2 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ .....	49
<b>3.10 ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ .....</b>	<b>50</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....</b>	<b>52</b>
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΤΡΑΣ .....	53
4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΟΛΚΕΑ .....	55
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ.....	57
4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ .....	59
4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ .....	61
4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ.....	63
4.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	65
4.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	67
4.10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΩΝ ΟΔΗΓΗΣΗΣ .....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b>77</b>
5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ.....	78
5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ.....	89
5.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ .....	108
5.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΠΛΑΚΑΣ .....	125

<b>5.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ .....</b>	<b>140</b>
<b>5.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΟΛΚΕΑ .....</b>	<b>161</b>
<b>5.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΤΡΑΣ .....</b>	<b>180</b>
<b>5.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΜΒΟΛΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ.....</b>	<b>201</b>
<b>5.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΜΒΟΛΟΥ ΚΟΠΗΣ.....</b>	<b>212</b>
<b>5.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....</b>	<b>223</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>224</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

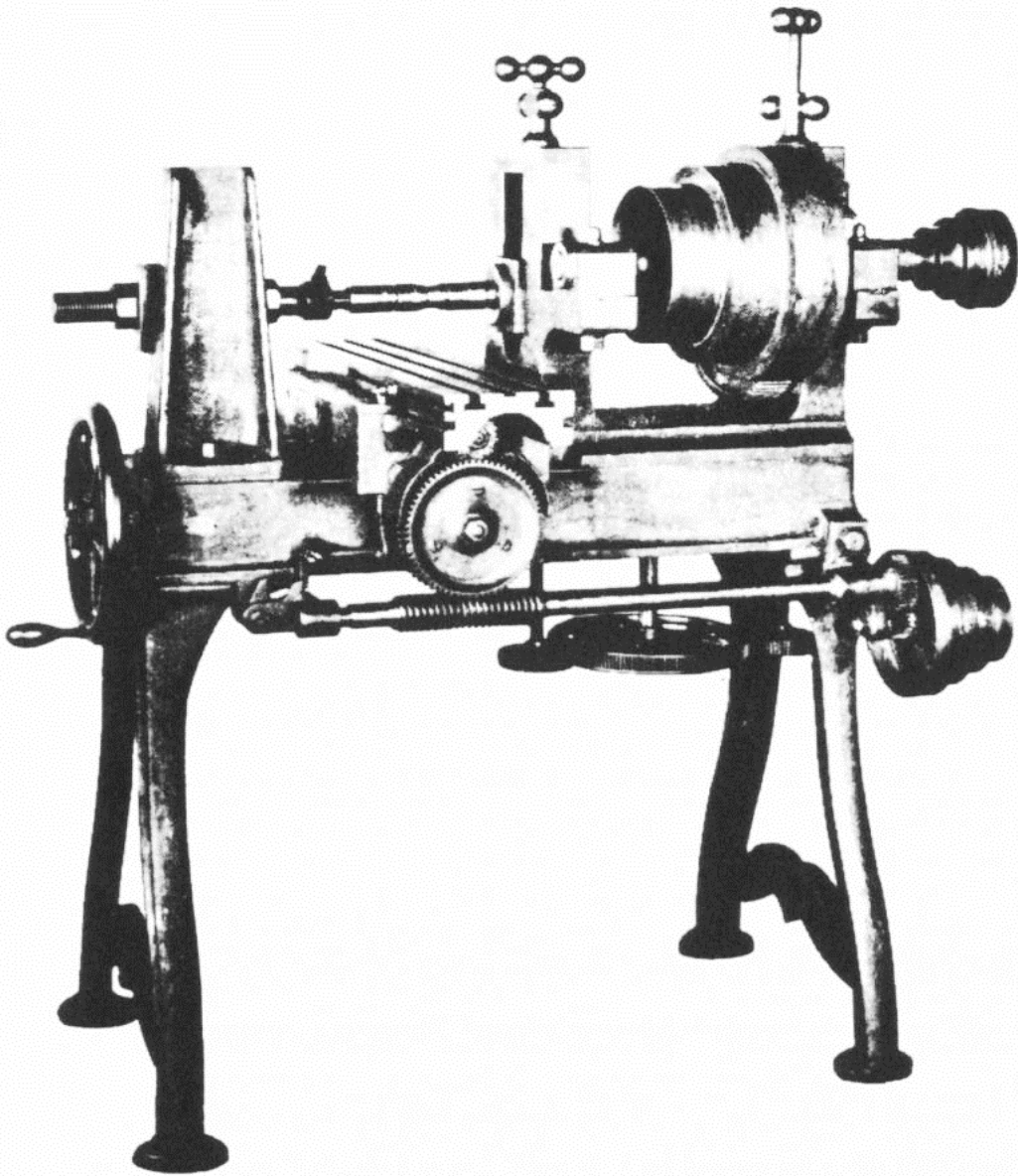


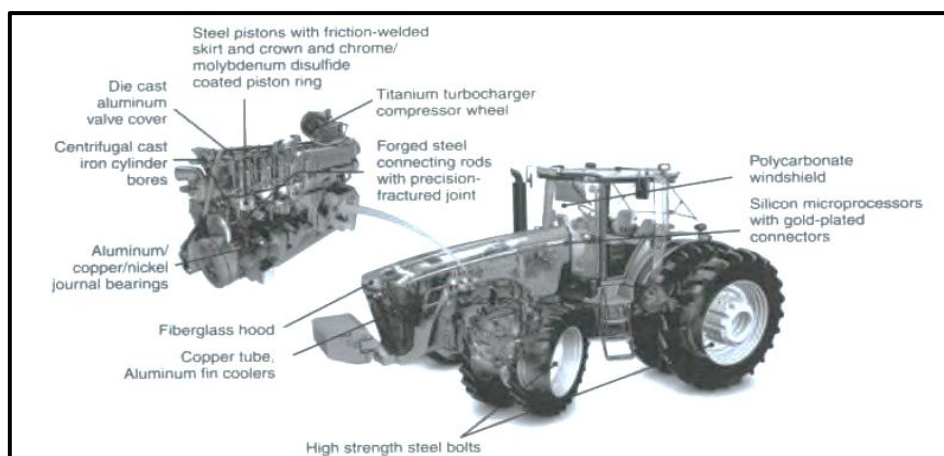
FIG. 9. THE LINCOLN MILLER OF 1855.  
The first production milling machine.  
(Pratt & Whitney)

## 1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ;

Πριν αρχίσουμε να αυτό το κεφάλαιο, ας πάρουμε λίγο χρόνο να παρατηρήσουμε διάφορα αντικείμενα γύρω μας : το μηχανικό μολύβι, η βάση του φωτιστικού, η καρέκλα, το κινητό, ο υπολογιστής κ.α. Σύντομα θα παρατηρήσουμε ότι όλα αυτά τα αντικείμενα και τα πολυάριθμα εξαρτήματα που τα αποτελούν, είναι φτιαγμένα από μια ποικιλία υλικών και έχουν παραχθεί και συναρμολογηθεί στα αντικείμενα που τώρα βλέπουμε. Επίσης παρατηρούμε ότι κάποια αντικείμενα, όπως ο συνδετήρας, το καρφί, το κουτάλι, το κλειδί, είναι φτιαγμένα σαν μεμονωμένα αντικείμενα. Όπως βλέπουμε στον πίνακα 1, η πλειοψηφία των αντικειμένων τριγύρω μας, αποτελούνται από πολυάριθμα ξεχωριστά κομμάτια τα οποία είναι κατασκευασμένα και συναρμολογημένα από ένα συνδυασμό διαδικασιών. Αυτό λέγεται παραγωγή. Αυτό φαίνεται και από το τρακτέρ στην εικόνα 1 , με αρκετά εξαρτήματα και τα υλικά τους υπογραμμισμένα.

Πίνακας 1. Εξαρτήματα προϊόντων

Προσεγγιστικός Αριθμός Εξαρτημάτων σε Προϊόντα	
Μολύβι	4
Μηχανή γκαζόν	300
Πιάνο	12.000
Αυτοκίνητο	15.000
Boeing 747-400	6.000.000



Εικόνα 1. Τρακτέρ John Deere 8430

Η αγγλική μετάφραση της λέξης παράγω, manufacture, εμφανίστηκε πρώτη φορά το 1567, και προέρχεται από την Λατινική λέξη *manu factus*, που σημαίνει χειροποίητο. Η λέξη κατασκευή πρωτοεμφανίστηκε το 1683, ενώ η λέξη παραγωγή εμφανίστηκε κάποια στιγμή

τον 15<sup>ο</sup> αιώνα. Ένα κατασκευασμένο προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο για να παράξει άλλα προϊόντα όπως, (a) μια μεγάλη πρέσα, για να σχηματίσει ένα έλασμα σε μέρος αυτοκινήτου, (b) ένα τρυπάνι για να κάνει οπές, (c) μια βιομηχανική ραπτομηχανή για να παράξει ρούχα σε υψηλούς ρυθμούς και (d) μηχανήματα για να παράξουν μια ατέλειωτη ποικιλία αντικειμένων, από χορδές κιθάρας μέχρι πιστόνια μηχανών.

Αντικείμενα όπως καρφιά, βίδες, μπουλόνια, παξιμάδια και συνδετήρες είναι ξεχωριστά προϊόντα, που σημαίνει ξεχωριστά αντικείμενα. Αντιθέτως, ένα καρούλι σύρμα, ένας μεταλλικός ή πλαστικός σωλήνας και ένα ρολό αλουμινόχαρτο είναι συνεχή προϊόντα, τα οποία κόβονται αργότερα σε μικρότερα κομμάτια ανάλογα με την χρήση τους.

Επειδή ένα κατασκευασμένο αντικείμενο συνήθως προέρχεται από ακατέργαστα υλικά, τα οποία υποβάλλονται σε μια αλληλουχία διαδικασιών για να φτιαχτούν μεμονωμένα προϊόντα, έχει μια ορισμένη τιμή. Για παράδειγμα, ο πηλός έχει μια ορισμένη τιμή μόλις εξορυχθεί αλλά όταν διαμορφωθεί σε κάποιο προϊόν όπως μαγειρικό σκεύος, κεραμικά, ηλεκτρικούς μονωτές ή κοπτικό εργαλείο, η τιμή του πηλού αυξάνεται. Ομοίως, ένα καρφί έχει μεγαλύτερη τιμή από ένα μικρό κομμάτι σύρμα από το οποίο φτιάχνεται. Προϊόντα όπως chips υπολογιστών, ηλεκτρικοί κινητήρες, ιατρικά εμφυτεύματα, και αεροσκάφη είναι γνωστά σαν προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας.

## 1.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η παραγωγή χρονολογείται πίσω στην περίοδο 5.000 – 4.000 π.Χ. , έτσι είναι σίγουρα παλιότερη από την καταγεγραμμένη ιστορία την οποία ξεκίνησαν οι Σουμέριοι το 3.500 π.Χ.. Οι πρωτόγονες τοιχογραφίες σε σπηλιές, όπως επίσης τα σημάδια σε πήλινες πλάκες ή πέτρες χρειάζονταν (a) κάποια μορφή πινέλου και κάποια μορφή βαφής, όπως στις προϊστορικές σπηλαιογραφίες στο Lascaux της Γαλλίας, οι οποίες σύμφωνα με εκτιμήσεις είναι 16.000 ετών, (b) κάποια μέσα για την χάραξη των πήλινων πλακών και το ψήσιμό τους και (c) κάποια απλά εργαλεία για να κάνουν τομές και να σκαλίζουν σε πέτρινες επιφάνειες, όπως τα ιερογλυφικά στην αρχαία Αίγυπτο.

Η κατασκευή αντικειμένων για συγκεκριμένη χρήση ξεκίνησε με την παραγωγή διαφόρων χειροποίητων έργων για τα νοικοκυριά, συνήθως φτιαγμένα από ξύλο, πέτρα ή μέταλλο. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν πρώτα για την κατασκευή σκευών και διακοσμητικών αντικειμένων ήταν ο χρυσός, ο χαλκός και ο σίδηρος, και έπειτα χρησιμοποιήθηκε ασήμι, μόλυβδος, κασίτερος και μπρούντζος. Οι μέθοδοι επεξεργασίας αρχικά περιλάμβαναν κυρίως την σφυρηλάτηση και την χύτευση γιατί ήταν σχετικά εύκολα να πραγματοποιηθούν. Με το πέρασμα των αιώνων, αυτές οι απλές διαδικασίες άρχισαν να αναπτύσσονται σταδιακά σε όλο και πιο περίπλοκες διεργασίες, με αυξημένους ρυθμούς παραγωγής και με υψηλότερα επίπεδα ποιότητας του προϊόντος.

Παρόλο που η σιδηρουργία ξεκίνησε στην Μέση Ανατολή περίπου το 1.100 π.Χ., το ορόσημο ήταν η παραγωγή σιδήρου στην Ασία την περίοδο 600 – 800 μ.Χ.. Μια ευρεία ποικιλία υλικών ξεκίνησε να αναπτύσσεται. Σήμερα, αμέτρητα μεταλλικά και μη-μεταλλικά υλικά με μοναδικές ιδιότητες είναι διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένου τεχνικά υλικά και διάφορα άλλα προηγμένα. Μεταξύ των υλικών, πλέον είναι διαθέσιμα υψηλής τεχνολογίας κεραμικά, ενισχυμένα πλαστικά, σύνθετα υλικά και νανουλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται σε μια εκτενή ποικιλία προϊόντων, από προσθετικές συσκευές και υπολογιστές μέχρι υπερηχητικά αεροσκάφη.

Μέχρι την Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία ξεκίνησε στην Αγγλία το 1.750, τα αγαθά κατασκευάζονταν σε παρτίδες που απαιτούσαν υψηλή εξάρτηση σε χειρωνακτική εργασία σε όλες της φάσης παραγωγής. Η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση θεωρείται από μερικούς ότι ξεκίνησε στα μέσα του 20<sup>ου</sup>, με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συσκευών και των υπολογιστών. Ο εκμηχανισμός ξεκίνησε στην Αγγλία και σε άλλες χώρες τις Ευρώπης, με την ανάπτυξη μηχανημάτων κλωστοϋφαντουργίας και εργαλείων κοπής μετάλλων. Αυτή η τεχνολογία μεταφέρθηκε σύντομα στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου αναπτύχθηκε περαιτέρω.

Μια μεγάλη καινοτομία στην παραγωγή ξεκίνησε στις αρχές του 1800, με την σχεδίαση, παραγωγή και χρήση ανταλλακτικών εξαρτημάτων, ιδέα του Αμερικανού παραγωγού και εφευρέτη E. Whitney (1765–1825). Πριν την παραγωγή ανταλλακτικών εξαρτημάτων, ήταν απαραίτητη η προσαρμογή γιατί δύο εξαρτήματα ποτέ δεν είχαν όμοιες διαστάσεις. Αντιθέτως, τώρα θεωρείται πια δεδομένο ότι μια σπασμένη βίδα μπορεί να αντικατασταθεί εύκολα με μια ίδια, φτιαγμένη δεκαετίες αργότερα από την πρωτότυπη. Σύντομα ακολούθησαν περαιτέρω εξελίξεις, που οδήγησαν σε αμέτρητα καταναλωτικά και βιομηχανικά προϊόντα που τώρα δεν φανταζόμαστε πως θα ήμασταν χωρίς αυτά.

Για παράδειγμα, στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, περίπου το 500 π.Χ. με 476 μ.Χ. , τα εργοστάσια είχαν την δυνατότητα μαζικής παραγωγής υαλικών. Ωστόσο οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν ήταν πολύ αργές και ήταν απαραίτητος μεγάλος αριθμός ανθρώπινου δυναμικού για να λειτουργεί τα μηχανήματα και να χειρίζεται τα κομμάτια. Σήμερα, η παραγωγική διαδικασία έχει προχωρήσει σε τέτοιο επίπεδο που (a) τα κουτάκια αναψυκτικών από αλουμίνιο φτιάχνονται με ρυθμούς άνω των 500 το λεπτό με το κάθε κουτάκι να κοστίζει 4 cent, (b) οι τρύπες σε ελάσματα γίνονται με ρυθμούς 800 σπών το λεπτό, και (c) οι λάμπες φτιάχνονται με ρυθμούς υψηλότερους των 2000 το λεπτό.

Η περίοδος από το 1940 μέχρι το 1990 περίπου, χαρακτηρίστηκε από την μαζική παραγωγή και την επέκταση των παγκόσμιων αγορών. Αρχικά, οι Η.Π.Α. ήταν σε κυρίαρχη θέση, καθώς ήταν το μόνο ανεπτυγμένο έθνος με ακέραιες υποδομές μετά το πέρας του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου. Ωστόσο, αυτό το πλεονέκτημα χάθηκε μέχρι το 1960. Η ποιοτική επανάσταση άρχισε να αλλάζει την παραγωγή τις δεκαετίες των 60' και 70' και οι προγραμματίσιμοι υπολογιστές άρχισαν να εφαρμόζονται ευρέως το 80'.

Η εποχή της ψηφιακής παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι ξεκίνησε περίπου το 1990. Οι ισχυροί υπολογιστές και τα λογισμικά ενσωματώθηκαν πλήρως στην βιομηχανία φέρνοντας μια ριζική αλλαγή στις παραγωγικές διαδικασίες. Η εξέλιξη στην επικοινωνία και το διαδίκτυο οδήγησαν σε ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση στην οργάνωση και τις δυνατότητες. Οι

επιδράσεις είναι πιο εντυπωσιακές αν αναλογιστούμε την προέλευση της ταχείας πρωτοτυποποίησης . Πριν το 1990, το πρωτότυπο ενός εξαρτήματος μπορούσε να παραχθεί μόνο μέσω εντατικής προσπάθειας και κοστοβόρων παραγωγικών προσεγγίσεων, οι οποίες απαιτούσαν εξαιρετικές ικανότητες από τον χειριστή. Σήμερα, ένα εξάρτημα μπορεί να σχεδιαστεί σε ένα λογισμικό CAD και μετά να παραχθεί σε διάστημα μερικών λεπτών ή ωρών (ανάλογα με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα) , χωρίς την ανάγκη εργαλείων ή απαιτητική εργασία. Με το πέρασμα του χρόνου, τα συστήματα πρωτοτυποποίησης έχουν γίνει πιο οικονομικά και γρήγορα και χρησιμοποιούν βελτιωμένα υλικά. Ο όρος ψηφιακή παραγωγή έχει εφαρμοστεί για να αντικατοπτρίσει την αντίληψη, ότι η παραγωγή εξαρτημάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί αποκλειστικά με ψηφιακά καθοδηγούμενα μηχανήματα παραγωγής.

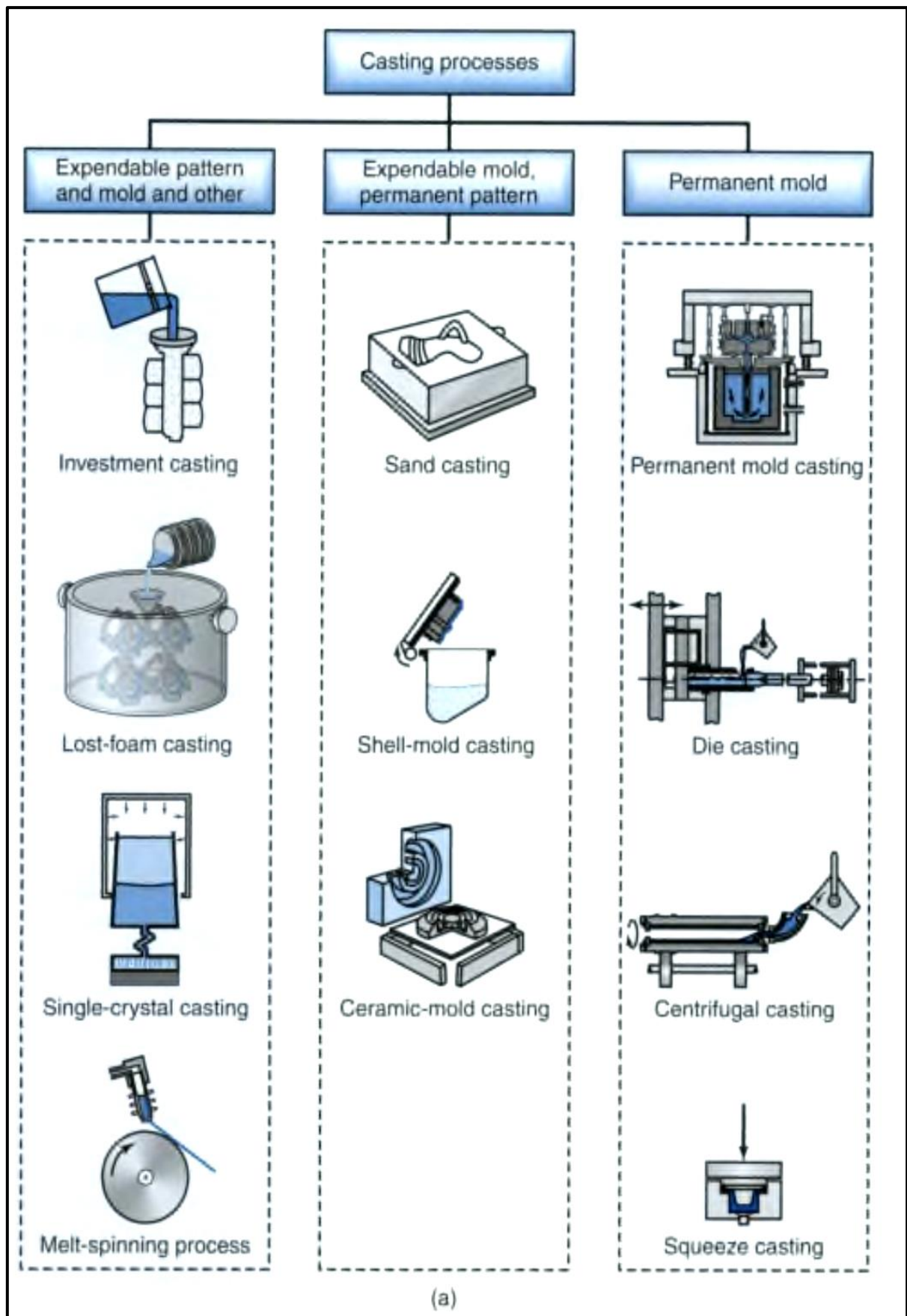
### 1.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Υπάρχουν συχνά παραπάνω από μία μέθοδοι, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενός εξαρτήματος από κάποιο συγκεκριμένο υλικό. Οι παρακάτω ευρείες κατηγορίες κατασκευαστικών μεθόδων μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε μεταλλικά όσο και σε μη-μεταλλικά υλικά :

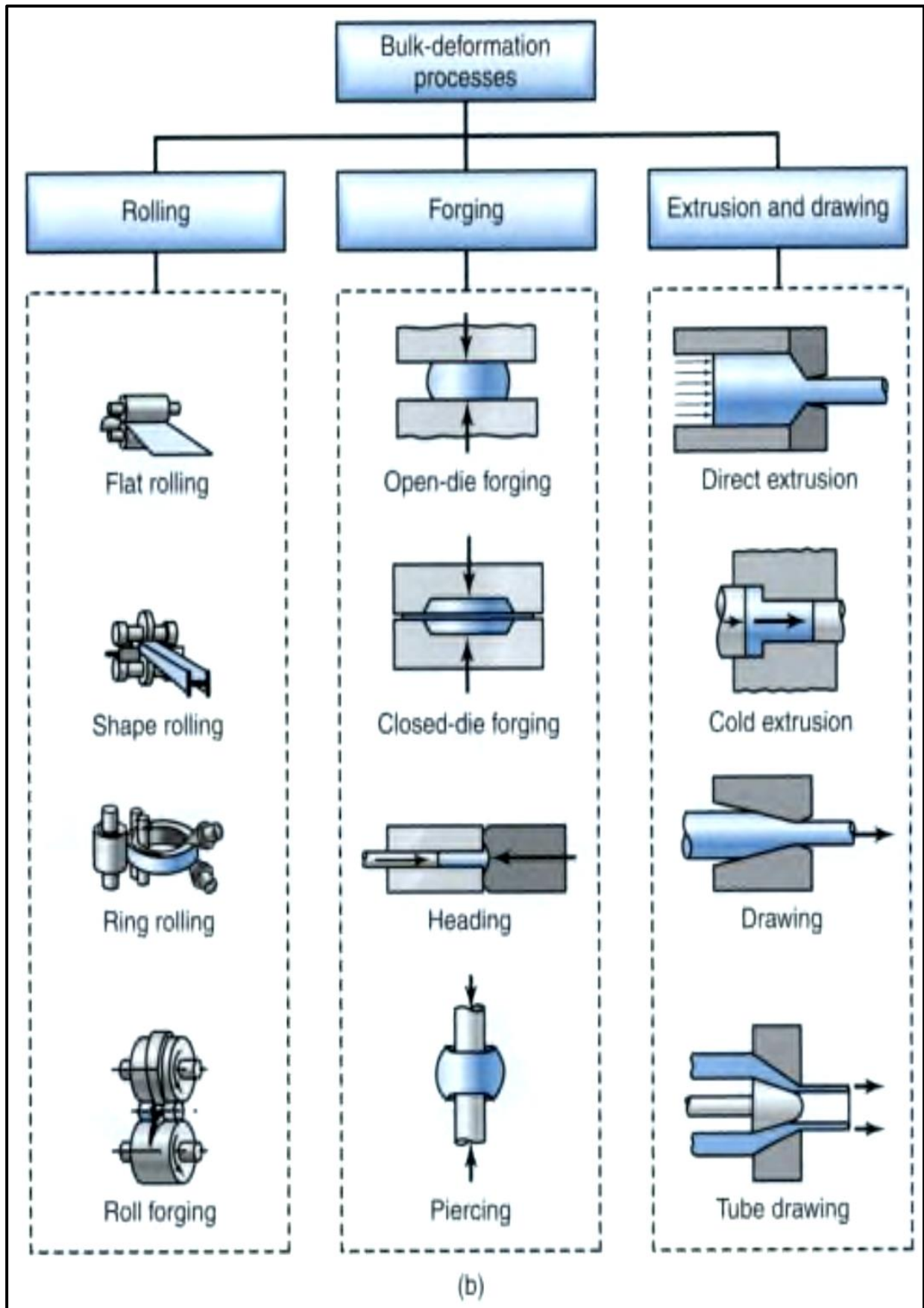
1. Χύτευση (εικ.2 )
2. Μορφοποίηση και διαμόρφωση (εικ.3-5)
3. Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη
4. Συνδέσεις
5. Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη
6. Μικροκατασκευές και νανοκατασκευές : Τεχνολογίες που είναι ικανές να παράξουν εξαρτήματα που έχουν διαστάσεις σε τάξη μεγέθους  $10^{-6}$  m (=1  $\mu$ m) και  $10^{-9}$  m (=1 nm). Η παραγωγή μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS) και νανοηλεκτρομηχανικών συστημάτων (NEMS), συνήθως περιλαμβάνουν διαδικασίες όπως η λιθογραφία, η χάραξη, LIGA και διάφορες άλλες ειδικές μεθόδους.

**Επιλογή Κατεργασίας.** Η επιλογή μια συγκεκριμένης παραγωγικής κατεργασίας ή, πιο συχνά, μια σειράς κατεργασιών, εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εξαρτημάτων προς παραγωγή, συμπεριλαμβανομένου των ανοχών και το φινίρισμα της επιφάνειας που απαιτείται, καθώς και σε πολλούς παράγοντες που αφορούν το ίδιο το υλικό και τις κατεργαστικές ιδιότητές του

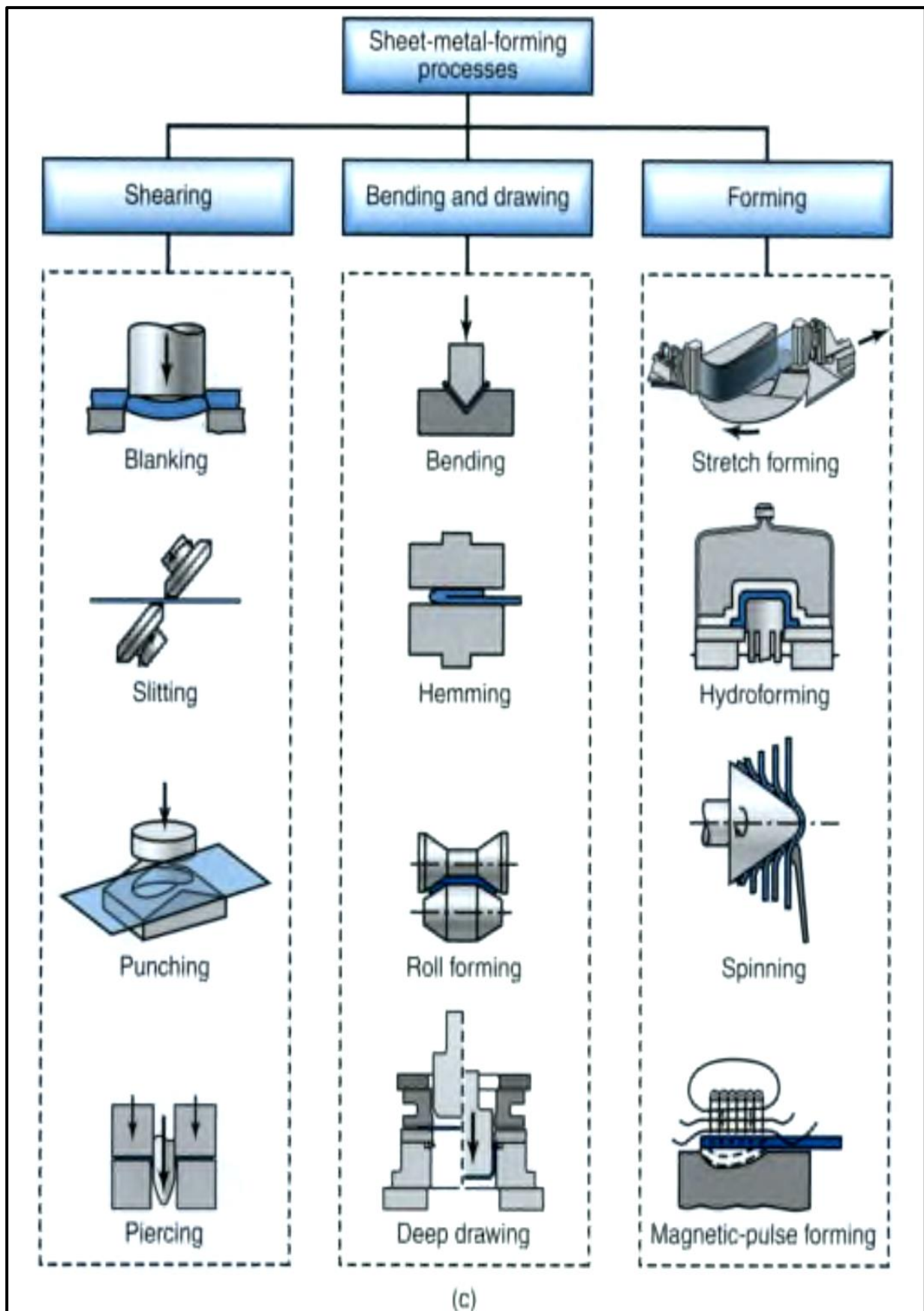




Εικόνα 2. Σχηματικές απεικονίσεις διαφόρων μεθόδων χύτευσης

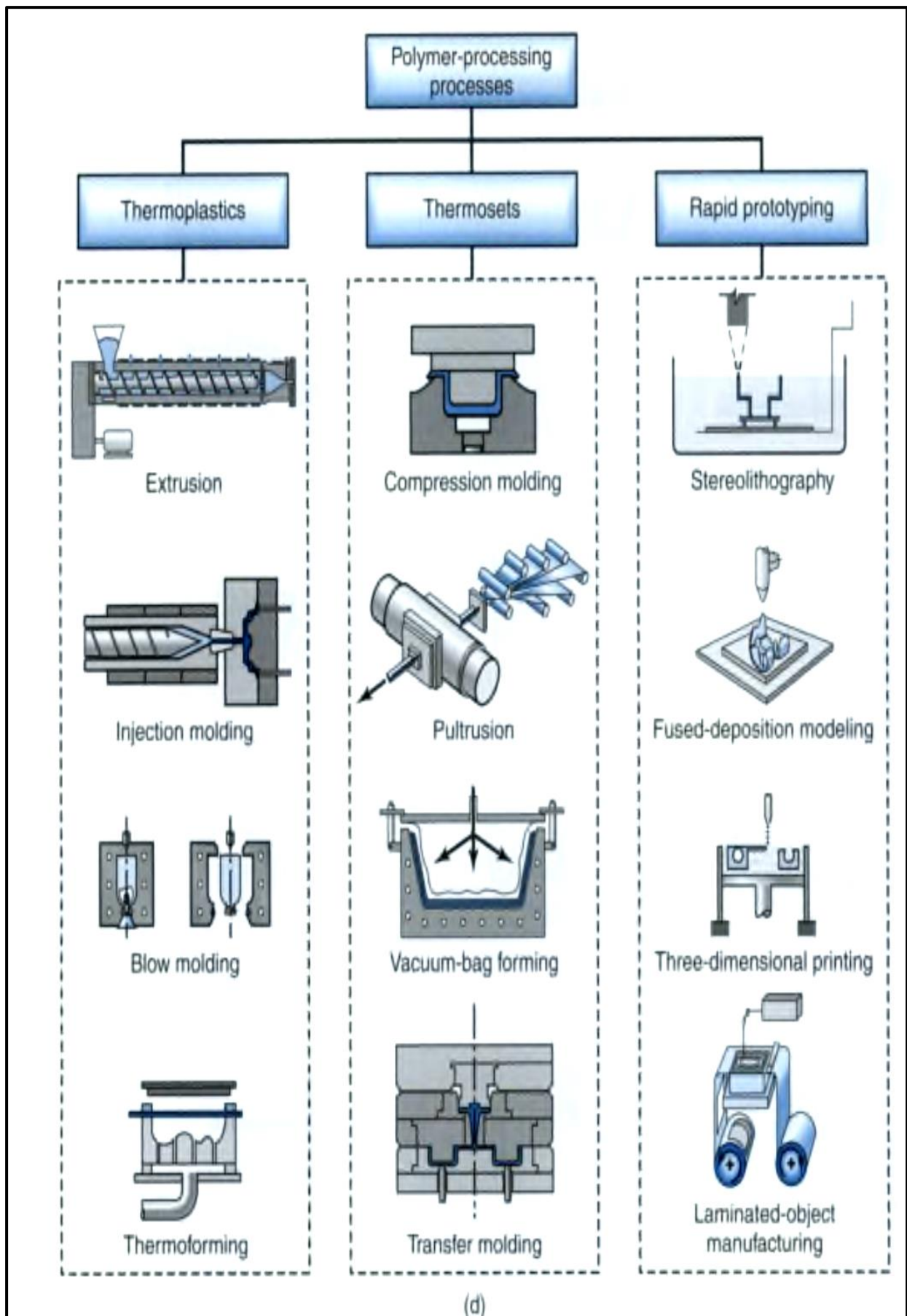


Εικόνα 3. Σχηματικές απεικονίσεις διάφορων μεθόδων μορφοποίησης

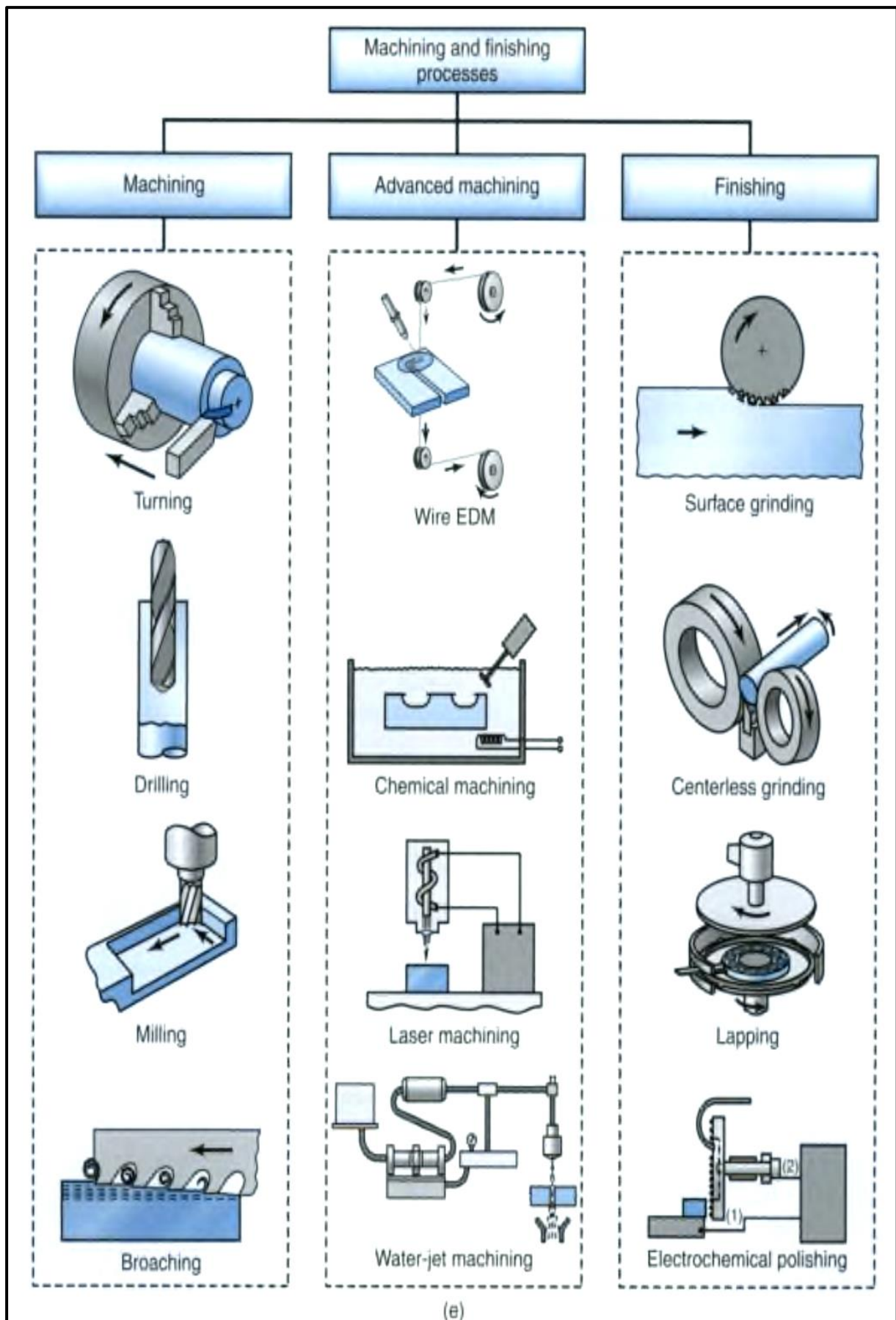


Εικόνα 4. Σχηματικές απεικονίσεις διαφόρων μεθόδων μορφοποίησης ελασμάτων

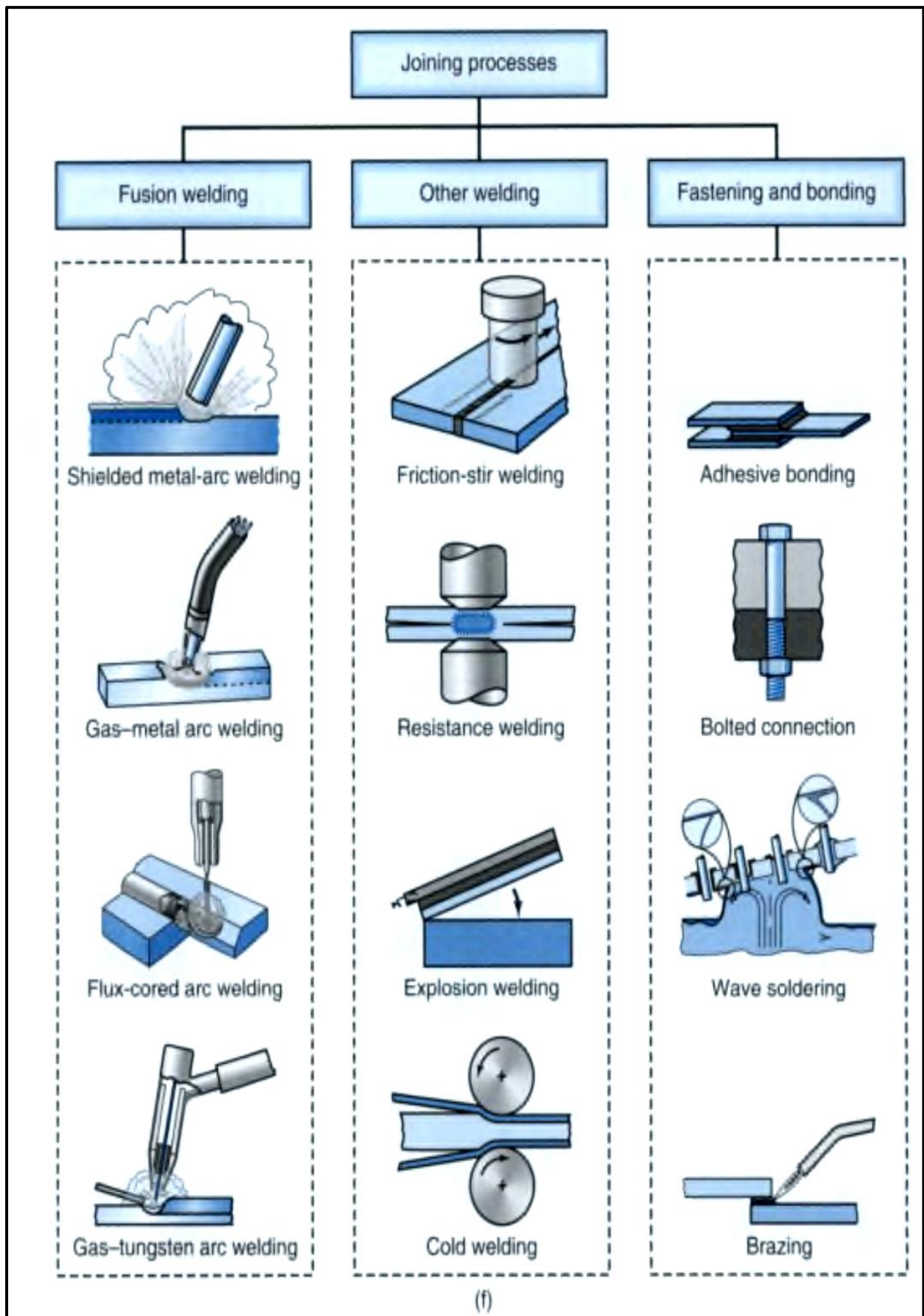




Εικόνα 5. Σχηματικές απεικονίσεις διαφόρων μεθόδων μορφοποίησης πολυμερών



Εικόνα 6. Σχηματικές απεικονίσεις διαφόρων μεθόδων αφαίρεσης υλικού



Εικόνα 7. Σχηματικές απεικονίσεις διαφόρων μεθόδων σύνδεσης.



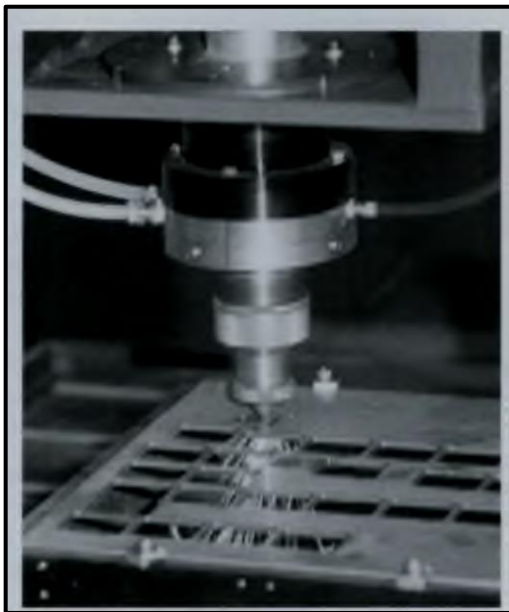
Για να δώσουμε έμφαση στις δυσκολίες που περιέχονται, σκεφτείτε τα εξής σενάρια:

1. Τα ψαθυρά και σκληρά υλικά δεν μπορούν να διαμορφωθούν χωρίς το ρίσκο της αστοχίας, εκτός αν πραγματοποιηθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, όπου αυτά τα υλικά μπορούν να χυτευτούν και να κατεργαστούν με σχετική ευκολία.

2. Τα μέταλλα που έχουν προδιαμορφωθεί σε θερμοκρασία δωματίου, γίνονται λιγότερο κατεργάσιμα κατά την διάρκεια επακόλουθων κατεργασιών, το οποίο στην πράξη είναι αναγκαίο, καθώς είναι συχνά απαραίτητο το φινίρισμα του εξαρτήματος. Αυτό γίνεται γιατί τα μέταλλα γίνονται σκληρότερα και λιγότερο αγωγίμα από ότι ήταν πριν διαμορφωθούν.

Υπάρχει μια συνεχής ζήτηση για νέες προσεγγίσεις στις προκλήσεις της παραγωγής και ειδικά στην μείωση του κόστους κατασκευής. Για παράδειγμα, τα εξαρτήματα από μεταλλικά ελάσματα παραδοσιακά κόβονται και κατασκευάζονται με την χρήση κοινών μηχανικών εργαλείων, όπως τα έμβολα και οι μήτρες. Παρόλου που χρησιμοποιούνται ευρέως, μερικές διεργασίες έχουν αντικατασταθεί από την κοπή με λέιζερ. Αυτή η μέθοδος αποκλείει την ανάγκη για βαριά εργαλεία, τα οποία έχουν συνήθως σταθερό σχήμα και η κατασκευή τους είναι δαπανηρή και χρονοβόρα.

Η τροχιά του λέιζερ σε αυτή την κατεργασία κοπής ελέγχεται από υπολογιστή, με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ευελιξία και η δυνατότητα παραγωγής μιας απεριόριστης ποικιλίας



Εικόνα 8. Κοπή ελάσματος με λέιζερ

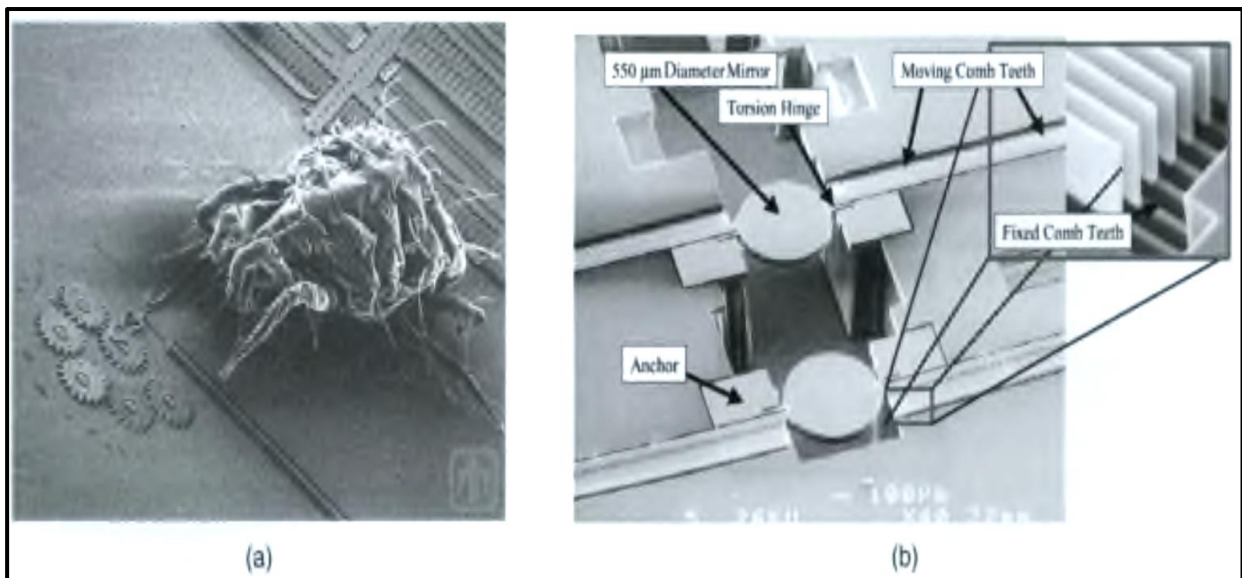
σχημάτων με ακρίβεια, επαναληψιμότητα και οικονομία. Εξαιτίας της υψηλής θερμότητας που εξάγεται με την χρήση λέιζερ, η επιφάνειες που προκύπτουν μετά την κοπή έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά (όπως η επιφανειακή τραχύτητα και ο αποχρωματισμός) από αυτά που παράγονται με τις τυπικές μεθόδους. Αυτή η διαφορά μπορεί να έχει εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις στο προϊόν, όχι μόνο στην εμφάνιση αλλά κυρίως στις επακόλουθες διεργασίες. Επιπλέον, προκύπτει αυξημένη ευελιξία του προϊόντος, επειδή η κοπή με λέιζερ διαρκεί περισσότερο από τις συμβατικές μεθόδους.

Αρκετές παράμετροι μπορεί να παίξουν ρόλο στην επιλογή διεργασίας, συμπεριλαμβανομένου το μέγεθος, η πολυπλοκότητα του σχήματος του, η διαστασιακή ακρίβεια καθώς και ποιότητα επιφάνειας του τελικού προϊόντος. Για παράδειγμα :

- Τα επίπεδα εξαρτήματα και οι λεπτές διατομές είναι δύσκολες για χύτευση
- Τα σύνθετα εξαρτήματα δεν μπορούν να διαμορφωθούν εύκολα και οικονομικά με μεταλλουργικές τεχνικές όπως η σφυρηλάτηση ενώ ανάλογα με το μέγεθος και το επίπεδο πολυπλοκότητας, τα εξαρτήματα μπορούν να κατασκευαστούν με χύτευση ακριβείας και να συναρμολογηθούν από ξεχωριστά κομμάτια.
- Οι ανοχές και το επιφανειακό φινίρισμα στις εν θερμώ διεργασίες δεν είναι τόσο καλά όσο αυτά των διαδικασιών που γίνονται εν ψυχρώ, καθώς έχουμε αλλαγές στις

διαστάσεις, διαστρεβλώσεις, παραμορφώσεις και οξείδωση της επιφάνειας εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών.

Το μέγεθος των παραγομένων προϊόντων, και τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός που τα επεξεργάζονται, ποικίλουν ευρέως, από μικροσκοπικά γρανάζια και μηχανισμοί σε μέγεθος μικρομέτρου μέχρι τον κύριο μηχανισμό προσγείωσης ενός αεροσκάφους Boeing 777, ο οποίος έχει ύψος 4,3 m και περιλαμβάνει 3 άξονες και 6 τροχούς, και τον ρότορα μια τουρμπίνας ατμού ο οποίος ζυγίζει 300 τόνους.

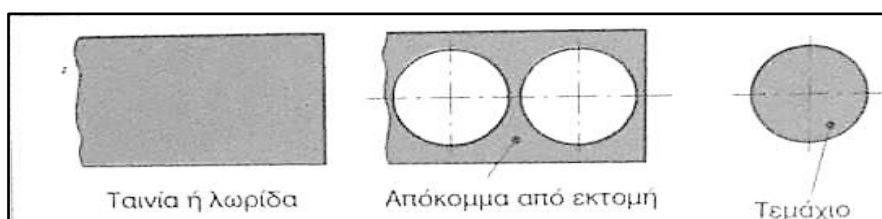


Εικόνα 9. (α) μικροσκοπικά γρανάζια δίπλα σε παράσιτο, (β) κινητός μικροκαθρέπτης ενός αισθητήρα φωτός

## 1.4 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ

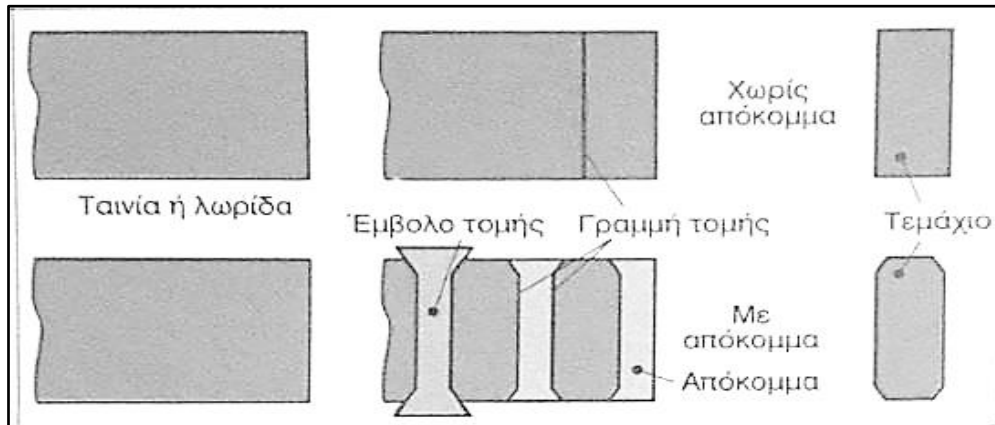
Στην παρακάτω εργασία εμείς θα ασχοληθούμε με κατεργασίες τεμαχισμού ή αλλιώς ψαλιδισμού. Ψαλιδισμός είναι ο τεμαχισμός αντικειμένων από δύο κόψεις, οι οποίες διέρχονται η μία παραπλεύρως της άλλης. Οι μέθοδοι ψαλιδισμού μπορούν να καταταγούν, εκτός των άλλων και σύμφωνα με την θέση της γραμμής τομής. Οι επιμέρους μέθοδοι ονομάζονται:

- **Εκτομή** : είναι η τομή κατά μήκος μιας κλειστής γραμμής τομής για την κατασκευή της εξωτερικής μορφής αντικειμένου.





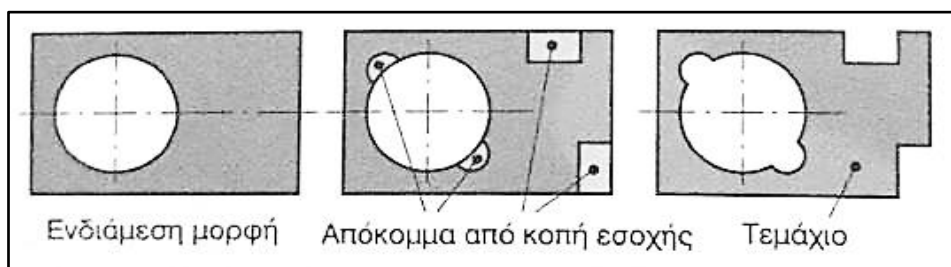
- **Απότμηση:** είναι η τομή κατά μήκος μιας ανοικτής γραμμής τομής. Η απότμηση μπορεί να γίνει με ή χωρίς αποκόμματα.



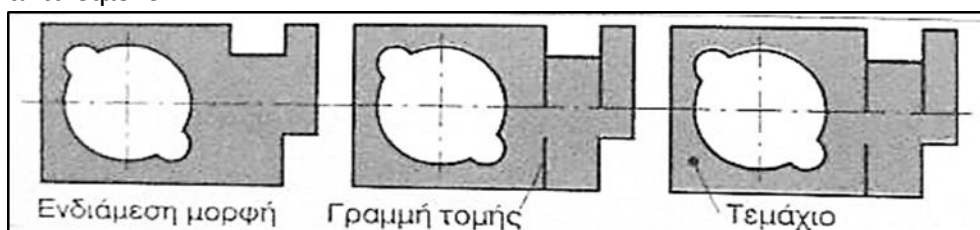
- **Τρύπημα:** είναι η τομή του υλικού κατά μήκος μιας κλειστής γραμμής για τη κάθε είδους εσωτερική μορφή.



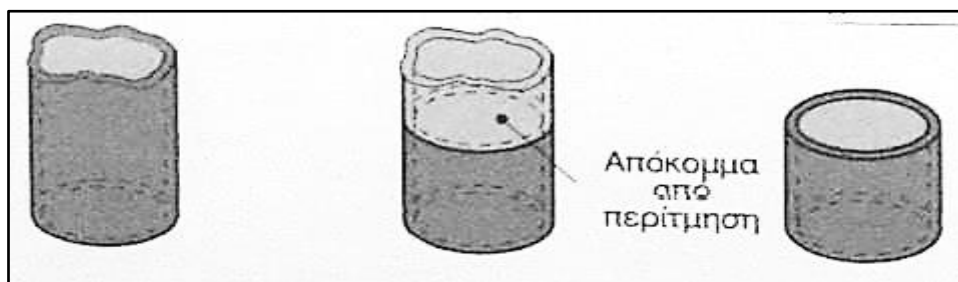
- **Κοπή εσοχής:** είναι η εκτομή τμημάτων επιφάνειας συνεχόμενων της εξωτερικής ή εσωτερικής μορφής κατά μήκος ανοικτής γραμμής.



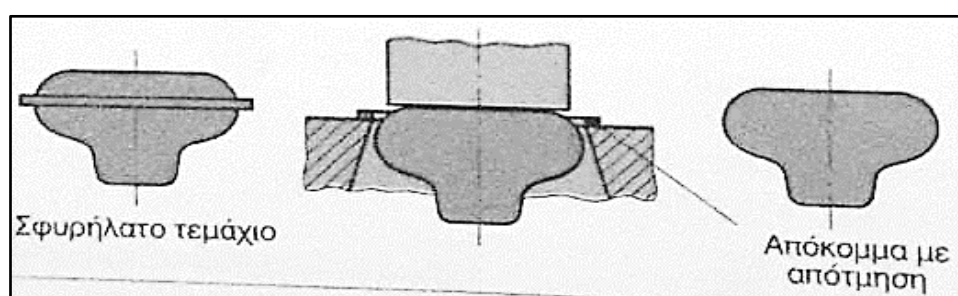
- **Εντομή:** είναι η μερική τομή κατά μήκος μια ανοικτής γραμμής στο άκρο ή μέσα στο αντικείμενο.



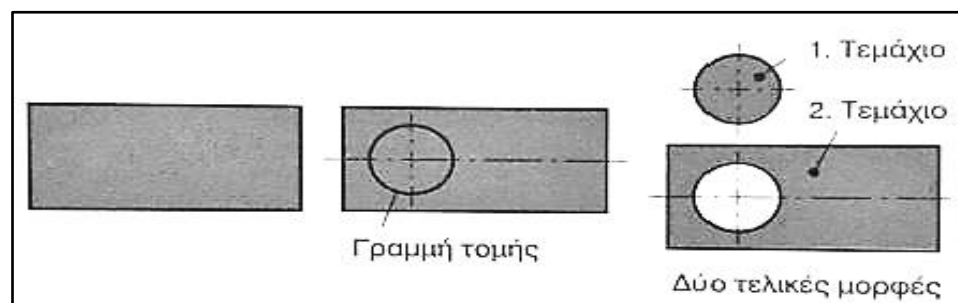
- **Περίτμηση:** είναι η κοπή προεκταμάτων στα άκρα ή προσαιξήσεων λόγω κατεργασίας σε αντικείμενα κατά μήκος μιας κλειστής ή ανοικτής γραμμής τομής.



- **Αφαίρεση προεκταμάτων:** είναι η απομάκρυνση των προεκταμάτων σε χυτά, χυτοπρεσαριστά ή σφυρήλατα αντικείμενα.



- **Κοπή διαχωρισμού:** είναι η τομή κατά μήκος μιας ανοικτής ή κλειστής γραμμής, όπου από την αρχική μπορούν να κατασκευαστούν περισσότερα τεμάχια.



Σε αυτή την πτυχιακή εργασία, οι μέθοδοι ψαλιδισμού που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

1. Εκτομή
2. Τρύπημα
3. Απότμηση

## 1.5 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΚΟΠΗΣ

### ΙΣΤΟΡΙΑ:

Πριν την ανακάλυψη των μετάλλων, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν απλά εργαλεία φτιαγμένα από κόκκαλα, πέτρα και ξύλο. Με την ανακάλυψη της φωτιάς, οι άνθρωποι έμαθαν ότι θερμαίνοντας ορισμένες πέτρες (μεταλλεύματα) απελευθερώνεται το μέταλλο. Τελικά, η τέχνη του να εξάγεις και να τήκεις μέταλλα και η μορφοποίηση τους σε χρήσιμα αντικείμενα εξελίχθηκε σε αυτό που λέμε σήμερα μεταλλουργία.

Οι μεταλλουργοί ήταν πολύτιμα μέλη των κοινωνιών. Καθώς όλο και περισσότερα εργαλεία και προϊόντα ξεκίνησαν να φτιάχνονται από μέταλλο, οι κοινωνίες χρειαζόντουσαν περισσότερους τεχνίτες. Αντικείμενα φτιαγμένα από μέταλλο ήταν αναγκαία στην βιομηχανία, στην γεωργία, στην κοσμηματοποιία και σε αμυντικούς σκοπούς.

Παλιά νομίσματα αποκαλύπτουν ότι η τέχνη της αποτύπωσης σφραγίδων- μια διαδικασία που δημιουργεί κοιλότητες ή ανοίγματα, με καθορισμένο μέγεθος και σχήμα για χύτευση ή σφυρηλάτηση- ήταν γνωστή στους αρχαίους Έλληνες τουλάχιστον πριν το 800 π.Χ.. Ωστόσο, αυτά τα χειροποίητα αντικείμενα δεν αποκαλύπτουν ότι η χρήση καλουπιών και εμβόλων ήταν γνωστή.



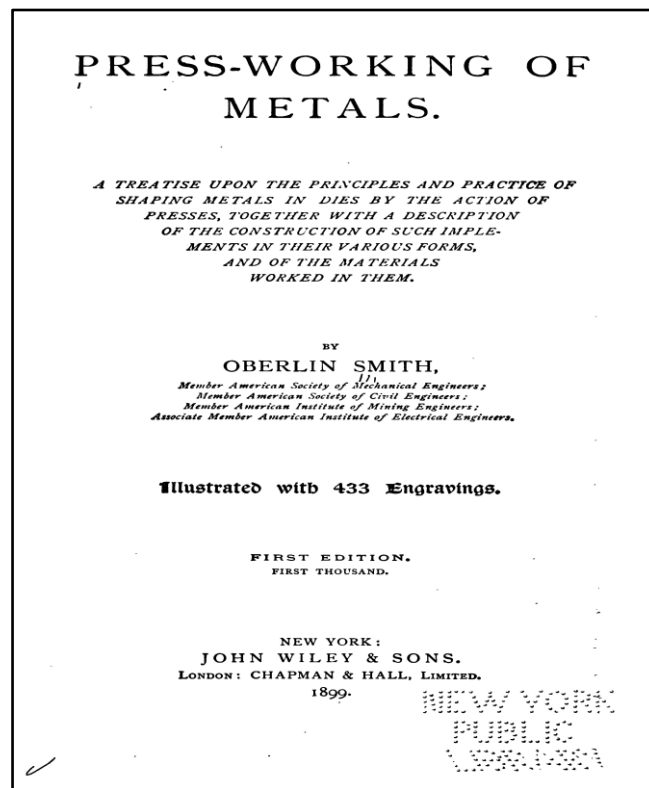
Εικόνα 10. Αρχαία Ελληνικά νομίσματα

Τελικά, τα νομίσματα φτιάχτηκαν με την χρήση δύο μητρών: μίας κάτω μήτρας που σημάδευε το νόμισμα με συμπίεση και μίας άνω. Ο τεχνίτης τοποθετούσε ένα πρόπλασμα μεταξύ αυτών των μητρών και το χτύπαγε με ένα βαρύ σφυρί. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε ευρέως τον Μεσαίωνα.

Η πρώτη καταγραφή μήτρας και εμβόλου, ήταν η χρήση τους σε ένα μηχάνημα με οδηγούς για να εξασφαλιστεί η ευθυγράμμιση τους, εμφανίστηκε τον 15<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ένας Γερμανός κλειδαράς χρησιμοποίησε αυτή την μέθοδο για να φτιάξει μεντεσέδες. Το 1796, ένας Γάλλος ονόματι DeVere κατοχύρωσε την πατέντα “ Μήτρες για ζουμπάδες και εξέλαση ελασμάτων” , ίσως την πρώτη του είδους.

Μια σημαντική πρόοδος, στην διαδικασία τύπωσης μετάλλου, ήρθε με εξέλιξη του προοδευτικού καλουπιού. Ένα βιβλίο του Oberlin Smith με τίτλο “The Press Working of Metals (Wiley and Sons, 1896)”, περιγράφει κάποιο “επακόλουθο εργαλείο” και μια

“διαδοχική ομαδική κοπή” με ένα τρόπο που ίσως να υποδηλώνει μια πρώιμη μορφή προοδευτικού καλουπιού.



Εικόνα 11. Σελίδα βιβλίου Oberlin Smith

Η χρήση των προοδευτικών καλουπιών κατά την διάρκεια του πρώτου μισού του 20<sup>ου</sup> αιώνα ήταν περιορισμένη σε εταιρίες που παρήγαγαν τα δικά τους προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες όπως για παράδειγμα εξαρτήματα ηλεκτροκινητήρων. Η πρώτη έκδοση του Εγχειριδίου Σχεδιασμού Καλουπιού (American Society of Tool and Manufacturing, 1955), περιέχει ένα ολόκληρο κεφάλαιο για τα προοδευτικά καλούπια και προσφέρει πολυάριθμα παραδείγματα και εικόνες σχεδίων και εξαρτημάτων.

Μετά τον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο, η οικονομία των Η.Π.Α. εκτοξεύτηκε. Οι περισσότεροι παραγωγοί της εποχής κατασκεύαζαν τυπωμένα μέταλλα σε μια διεργασία καλουπιού και πρέσας. Οι χειριστές εφοδίαζαν χειροκίνητα λωρίδες ελασμάτων σε πρέσες εξοπλισμένες με καλούπια κοπής. Τα κομμάτια έπεφταν σε κάδους οι οποίοι έπειτα δίνονταν σε επακόλουθες διεργασίες μορφοποίησης και κοπής.

Με την αύξηση της ζήτησης της παραγωγής, η ταχύτητα έγινε πολύ σημαντική. Ταυτόχρονα, αυξήθηκε η ανησυχία για την ασφάλεια του χειριστή, καθώς το χειροκίνητο φόρτωμα και ξεφόρτωμα των κομματιών από τα καλούπια προκαλούσε ατυχήματα. Μέχρι το 1950, οι διεργασίες με μονές πρέσες δεν μπορούσαν να ακολουθήσουν την αυξημένη ζήτηση.

Το 1953, ο Ed Stouten και ο συνεργάτης του ξεκίνησαν μια επιχείρηση σχεδιασμού καλουπιών με όνομα Capitol Engineering Company, στο Grand Rapids, MI. Ο Stouten, έψαξε για τρόπους που θα ξεπεράσουν της δυσκολίες στην ασφάλεια, την απόδοση και την

παραγωγικότητα, με την χρήση καλουπιών μονής κρούσης. Ξεκίνησε να προωθεί την ιδέα, του να αφήνει υλικό μεταξύ των κομματιών, που θα τα μεταφέρει μια λωρίδα μέσω ενός καλουπιού πολλαπλών σταθμών. Αυτή η ιδέα ήταν άγνωστη στις περισσότερες εταιρίες εργαλείων και καλουπιών.



Εικόνα 12. Σύγχρονο προοδευτικό καλούπι κοπής

Πολλοί πελάτες του Stouten χλεύασαν τη ιδέα του και δεν ήταν πρόθυμοι να ρισκάρουν χρόνο, χρήματα ή την φήμη τους. Μετά από πολλές προσπάθειες, βρήκε τελικά έναν κατασκευαστή πρόθυμο να δοκιμάσει την ιδέα του. Ο Stouten έφτιαξε μια λωρίδα από χαρτί και την έδειξε στον πελάτη, ο οποίος συμφώνησε και σε περίπτωση που δεν λειτουργούσε θα πλήρωνε ο ίδιος. Καθώς ο Stouten συμφώνησε να ρισκάρει, το καλούπι δούλεψε τέλεια. Δεν είχε ιδέα πόσο γρήγορα θα διαδοθεί η ιδέα του προοδευτικού καλουπιού στα γύρω μαγαζιά και οι μεγάλες εταιρίες άρχισαν να επιθυμούν αυτή την νέα ανακάλυψη. Ωστόσο οι σχεδιαστές καλουπιών εκείνη την εποχή δεν ήξεραν πως να σχεδιάζουν προοδευτικά καλούπια . Έτσι ο Stouten ξεκίνησε σεμινάρια σε όλη την Αμερική και όχι μόνο.

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ:**

Η κοπή με προοδευτικό καλούπι είναι μια απαιτητική διεργασία επεξεργασίας του μετάλλου συμπεριλαμβάνει όχι μόνο την αποτύπωση, αλλά και την κοπή, τον λυγισμό και αρκετούς άλλους τρόπους μορφοποίησης διαφόρων τύπων μετάλλου, σε συνδυασμό με αυτοματοποιημένο σύστημα τροφοδότησης.

Τα προοδευτικά καλούπια κοπής κατασκευάζονται από εργαλειοχάλυβες για να αντέχουν τα υψηλά φορτία, να διατηρούν την απαιτούμενη κοπτική ακμή αιχμηρή, και να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε δύναμη τριβής που εμφανίζεται. Τα καλούπια τοποθετούνται σε παλινδρομικές πρέσες αποτύπωσης. Καθώς η πρέσα κινείται προς τα πάνω, το άνω μέρος

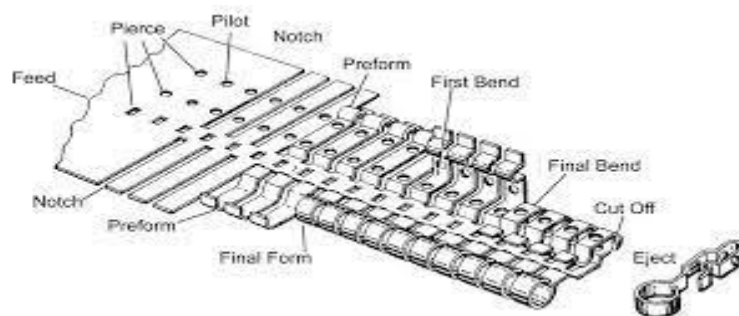


του καλούπιού ανεβαίνει και έτσι επιτρέπει την τροφοδοσία του υλικού. Όταν το καλούπι κινηθεί προς τα κάτω, το καλούπι κλείνει και πραγματοποιεί την προοδευτική διεργασία. Με κάθε κτύπημα της πρέσας, ένα ολοκληρωμένο κομμάτι αποκόπτεται.



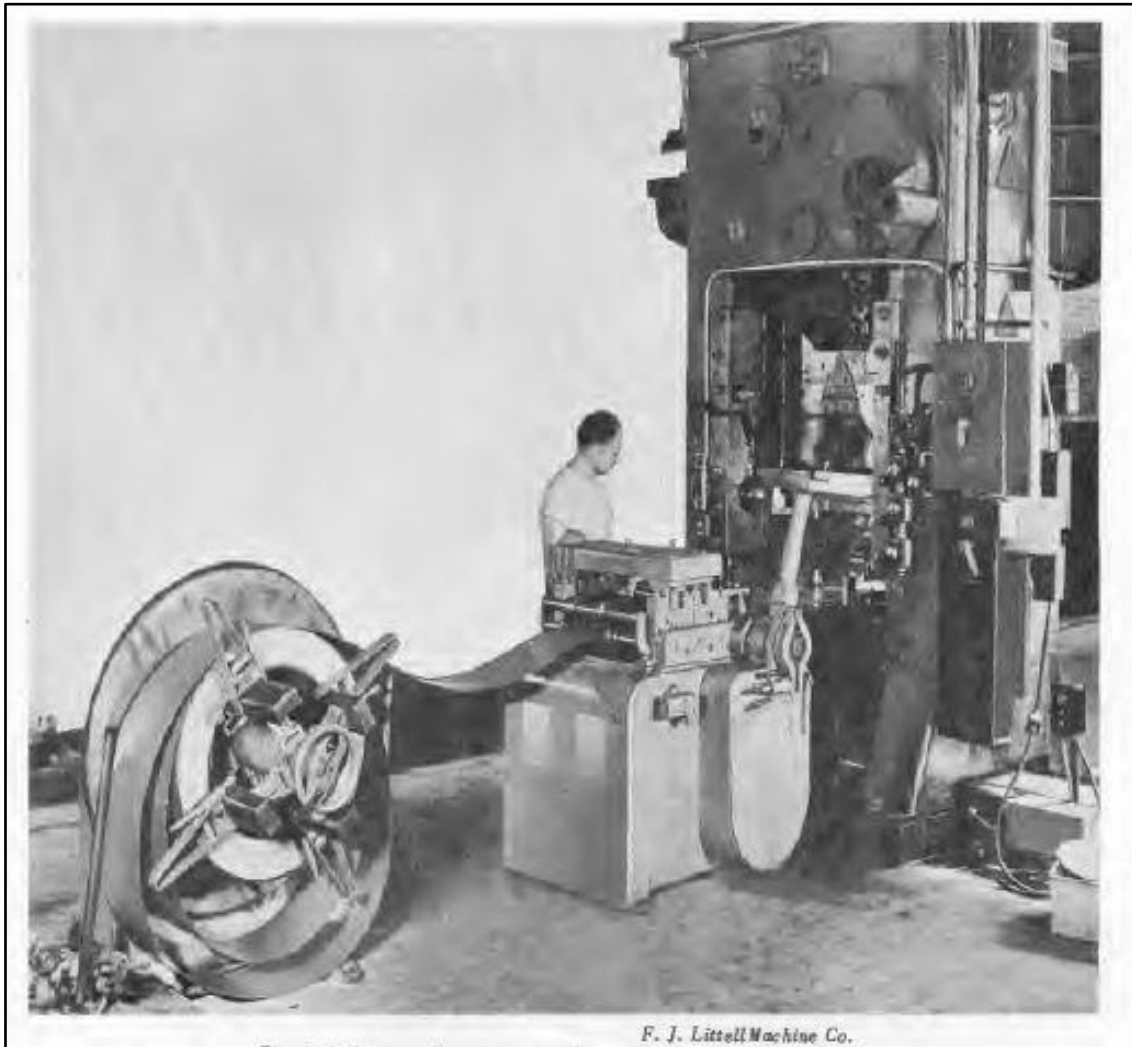
Εικόνα 13. Προοδευτικό καλούπι κοπής Toyota

Ένα σύστημα τροφοδοσίας σπρώχνει μια ελασματοταινία και καθώς αυτή ξεδιπλώνεται από ένα καρούλι, μορφοποιείται από τους σταθμούς του προοδευτικού καλούπιού. Κάθε σταθμός εκτελεί μια ή παραπάνω διεργασίες μέχρι να κατασκευαστεί το τελικό εξάρτημα. Η ταινία πρέπει να προχωρά με ακρίβεια έτσι ώστε να ευθυγραμμίζεται με ακρίβεια χιλιοστού του χιλιοστού καθώς κινείται από σταθμό σε σταθμό. Κωνικοί πιλότοι εξασφαλίζουν την ευθυγράμμιση σε περίπτωση που η αυτοματοποιημένη τροφοδοσία δεν μπορεί να την εξασφαλίσει. Ο τελευταίος σταθμός του προοδευτικού καλούπιού είναι ο σταθμός απότμησης, ο οποίος χωρίζει το τελειωμένο κομμάτι από την λωρίδα μεταφοράς. Η λωρίδα μεταφοράς που μένει και τα αποκόμματα μεταφέρονται σε κάδους για να ανακυκλωθούν.



Ο αριθμός των χαρακτηριστικών του εξαρτήματος καθορίζει τα εργαλεία και το πόσους σταθμούς θα έχει το προοδευτικό καλούπι. Πολλές εταιρίες προτείνουν να κρατάμε τα χαρακτηριστικά όσο πιο λίγα και απλά γίνεται, έτσι ώστε το κόστος κατασκευής του να είναι χαμηλό. Μπορεί να απαιτείται επιπλέον διάκενο για το έμβολο, το οποίο θα προκαλέσει την δημιουργία ενός επιπλέον σταθμού. Οι περιορισμένες κοπές και οι προεξοχές μπορούν να

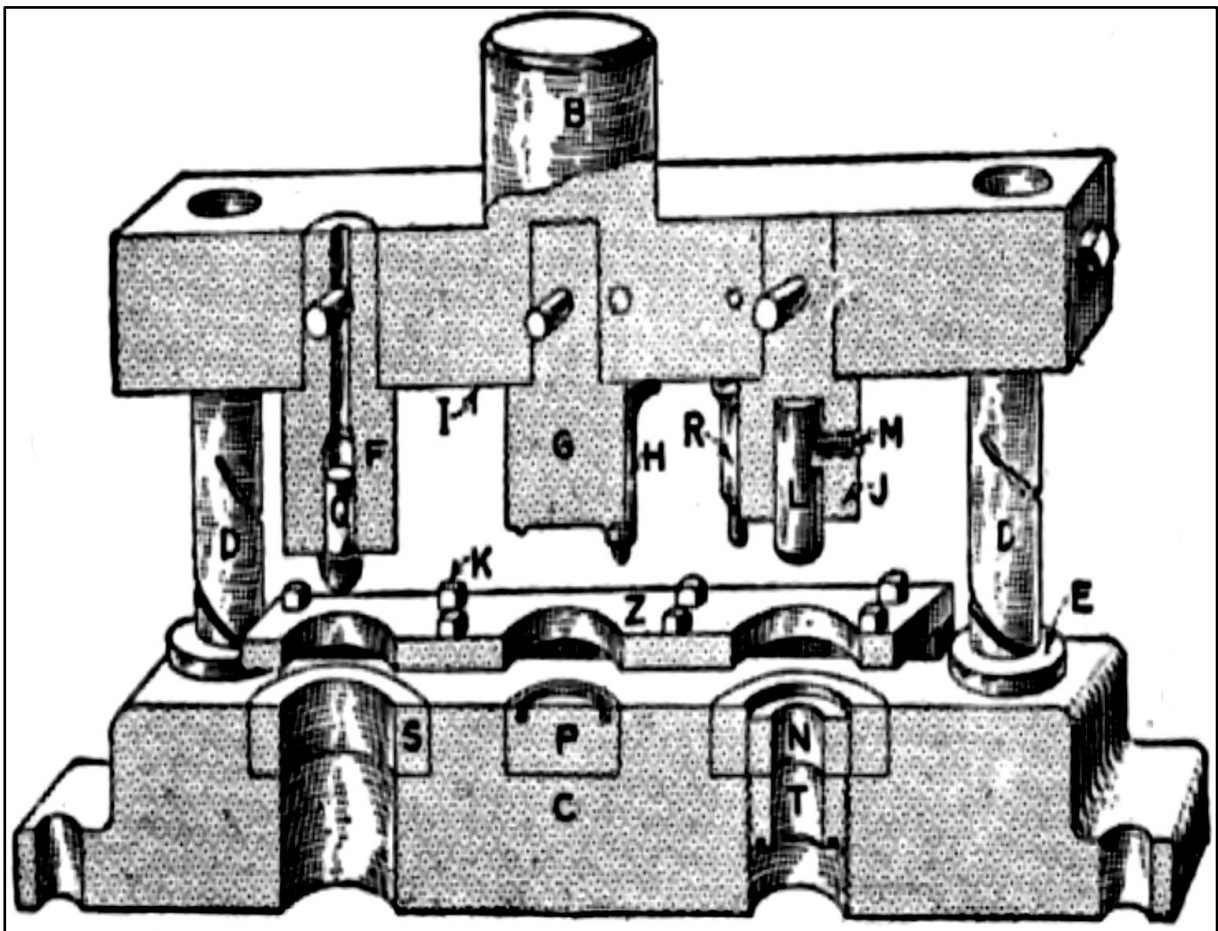
προκαλέσουν περαιτέρω προβλήματα. Αυτό δεν είναι πρακτικό καθώς το εξάρτημα μπορεί να χρειάζεται να έχει χαρακτηριστικά κοντά το ένα με το άλλο. Το σχέδιο του προοδευτικού καλουπιού κοπής δεν πρέπει να αντικατοπτρίζει τους περιορισμούς του σχεδιαστή.



Εικόνα 14. Πρέσα με αυτοματοποιημένη τροφοδοσία και μηχανή ισώματος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ





## 2.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ

Με δεδομένο ότι το τελικό προϊόν που θα προκύψει από το καλούπι αποτελεί μέρος μηχανισμού σκανδάλης ενός ψαροντούφεκου και με την συμβουλή του συντονιστή της εργασίας, το υλικό που επιλέξαμε είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας 316L των 2 mm.

Ο τύπος 316L ανήκει στους μολυβδενιούχους χάλυβες και με βάση το κυρίαρχο συστατικό της φάσης της μικροδομής υπάγεται στην κατηγορία των ωστενιτικών χαλύβων. Έχει υψηλότερη αντοχή στην διάβρωση σε διάφορα περιβάλλοντα σε σύγκριση με τον συμβατικό νικελοχρωμιούχο ανοξείδωτο χάλυβα όπως ο 302 και ο 304. Έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

- Υψηλή αντοχή στον ερπυσμό
- Εξαιρετική διαμορφωσιμότητα
- Εφελκυστική αντοχή και αντοχή θραύσης σε υψηλές θερμοκρασίες
- Αντοχή στην διάβρωση και στην δημιουργία επιφανειακών κοιλιοτήτων

**Πίνακας 2. Εύρος σύστασης**

Τύπος		C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
316L	Min	-	-	-	-	-	16,0	2,0	10,0	-
	max	0,03	2,0	0,75	0,045	0,03	18,0	3,0	14,0	0,10

**Πίνακας 3. Μηχανικές ιδιότητες**

Τύπος	Αντοχή σε εφελκυσμό, $f_t$ [MPa]	Αντοχή σε διάτμηση, $f_s$ [MPa]	Αντοχή σε διαρροή, $f_y$ [MPa]	Ολκιμότητα [%EL σε 50mm]	Σκληρότητα	
					Rockwell B	Brinell HB
316L	558	418	290	40	95	217

**Πίνακας 4. Φυσικές ιδιότητες**

Τύπος	Πυκνότητα [kg/m <sup>3</sup> ]	Μέτρο ελαστικότητας [GPa]
316L	8.000	193

**Πίνακας 5. Διεθνείς τυποποιήσεις και ονοματολογία**

Υλικό No.	ΗΠΑ		Γερμανία DIN	Σουηδία SS	Μεγ.Βρετανία BS	Ιαπωνία JIS
	SAE	UNS				
1.4404	316L	S31603	X2CrNiMo 18 10	2343/2348	316S12	SUS316

## 2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

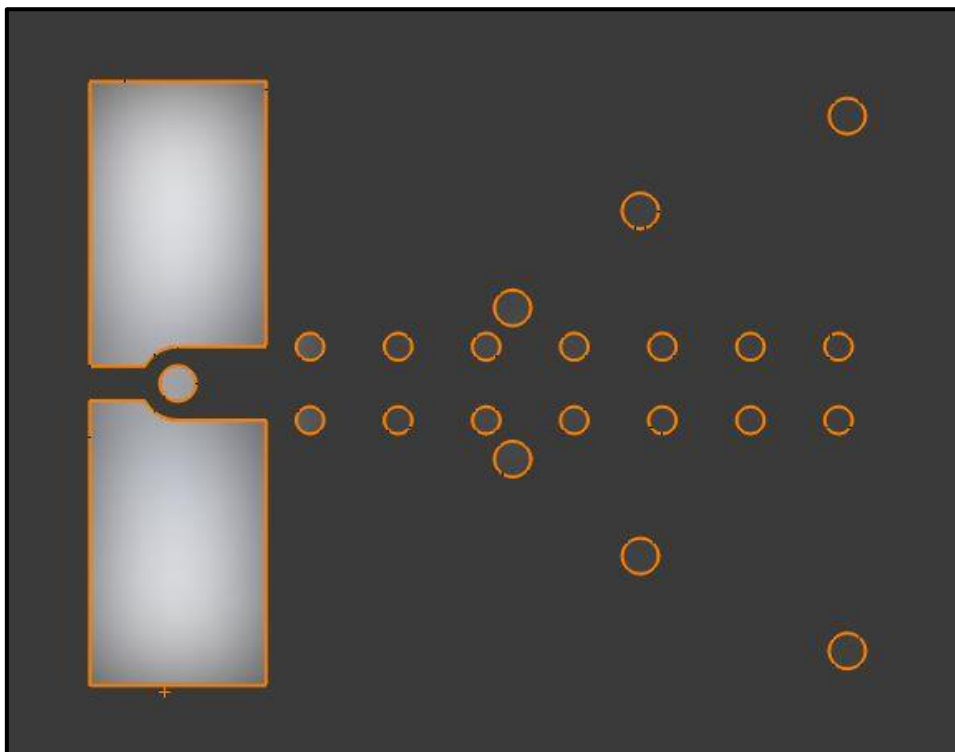
### 2.2.1 ΔΥΝΑΜΗ ΚΟΠΗΣ

Η δύναμη κοπής που εφαρμόζεται στο έμβολο για να εκτελέσει διαδικασίες όπως το τρύπημα και η εκτομή στο αρχικό υλικό, μπορεί να υπολογιστεί από την διατμητική αντοχή και την επιφάνεια του υλικού με την χρήση του τύπου :

$$P_c = f_s \times L_s \times t$$

Οι παράμετροι της δύναμης κοπής είναι:

- $f_s$  = διατμητική αντοχή ελάσματος σε  $N/mm^2$
- $L_s$  = μήκος κοπής σε mm
- $t$  = πάχος ελάσματος σε mm



Εικόνα 15. Περίγραμμα κοπής

Υπολογισμός μήκους κοπής :

1.  $\Pi_1 = \pi \times 4 \times 7 = 87,99 \text{ mm}$
2.  $\Pi_2 = \pi \times 3 \times 14 = 131,88 \text{ mm}$
3.  $\Pi_3 = 169,18 + 4,16 + 4 = 177,34 \text{ mm}$

Σύνολο :  $L_s = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 = 397,21 \text{ mm}$

Έτσι, η δύναμη κοπής ισούται με:

$$P_c = f_s \times L_s \times t \Rightarrow P_c = 418 \frac{N}{mm^2} \times 397,21 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \Rightarrow \\ \Rightarrow P_c = 332.068 \text{ N} = 33,86 \text{ tn}$$

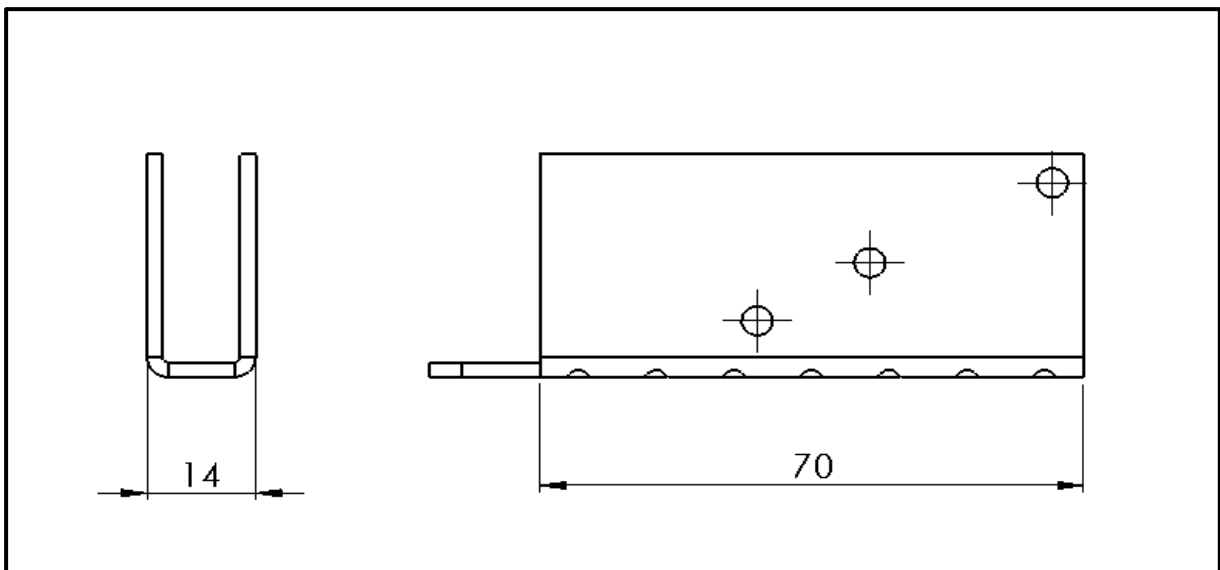
### 2.2.2 ΔΥΝΑΜΗ ΛΥΓΙΣΜΟΥ “U”

Η δύναμη που απαιτείται για την διαδικασία μορφοποίησης μετριέται από την γωνία και το μήκος του λυγισμού, τις ιδιότητες του υλικού και την διεύθυνση του λυγισμού σε σχέση τους κρυστάλλους. Ο τύπος για την δύναμη λυγισμού U είναι:

$$P_b = \frac{2,66 \times L \times t^2 \times f_t}{W}$$

Οι παράμετροι της δύναμης λυγισμού είναι:

- $f_t$  = εφελκυστική αντοχή ελάσματος σε  $N/mm^2$
- $L$  = μήκος λυγισμού σε mm
- $t$  = πάχος ελάσματος σε mm
- $W$  = πλάτος μήτρας



Εικόνα 16. Δεδομένα υπολογισμού από το τελικό προϊόν

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η δύναμη λυγισμού ισούται με:

$$P_b = \frac{2,66 \times L \times t^2 \times f_t}{W} \Rightarrow P_b = \frac{2,66 \times 70 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}^2 \times 558 \frac{N}{mm^2}}{14 \text{ mm}} \Rightarrow \\ \Rightarrow P_b = 29.686 \text{ N} = 3,03 \text{ tn}$$

### 2.2.3 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αν ληφθεί υπόψη και η τριβή μεταξύ εμβόλου και πλάκας οδηγήσεως, εμβόλου και ελάσματος ή το στόμωμα των εργαλείων, καθώς και οι ανοχές του πάχους του ελάσματος, τότε προσαυξάνεται κατά 20% η δύναμη κοπής.

$$P_{c_{final}} = P_c + P_c \times 20\% = 332.068 + 66.414 = 398.482 \text{ N} = 40,63 \text{ tn}$$

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δεδομένα η συνολική δύναμη που απαιτείται για να γίνει η μορφοποίηση του προϊόντος είναι ίση με:

$$P_{total} = P_{c_{final}} + P_b = 398.482 + 29.686 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{total} = 428.168 \text{ N} = 428 \text{ kN} = 43,66 \text{ tn}$$

### 2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (SPRINGBACK) ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΛΥΓΙΣΜΟ

Η ελαστική επαναφορά προκύπτει όταν ένα μέταλλο υποστεί λυγισμό και έπειτα προσπαθεί να επιστρέψει στο αρχικό του σχήμα. Μετά την διαδικασία του λυγισμού, οι παραμένουσες τάσεις θα προκαλέσουν στο έλασμα να κάνει springback. Εξαιτίας αυτού, είναι αναγκαίο να λυγίσουμε παραπάνω το έλασμα τόσο ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή γωνία και ακτίνα λυγισμού. Η τελική ακτίνα και γωνία λυγισμού μπορεί να υπολογιστεί από το πάχος του ελάσματος, το όριο διαρροής του υλικού, το μέτρο ελαστικότητας και την αρχική ακτίνα και γωνία λυγισμού. Η τελική ακτίνα θα είναι μεγαλύτερη μετά την μορφοποίηση και η τελική γωνία θα είναι μικρότερη.

Ο συντελεστής ελαστικής επαναφοράς, συχνά συμβολίζεται με  $K_s$ , συνδέει την αρχική με την τελική γωνία. Όταν ο συντελεστής είναι  $K_s=1$  σημαίνει ότι δεν υπάρχει springback ενώ όταν είναι 0 σημαίνει ολική επαναφορά.

Η τελική ακτίνα καμπυλότητας προκύπτει από την σχέση:

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \times \left( \frac{f_y \times R_i}{E \times t} \right)^3 - 3 \times \left( \frac{f_y \times R_i}{E \times t} \right) + 1$$

Όπου:

- $R_i$  = αρχική ακτίνα καμπυλότητας σε mm
- $R_f$  = τελική ακτίνα καμπυλότητας σε mm

- $t$  = πάχος ελάσματος σε mm
- $f_y$  = όριο διαρροής του υλικού σε MPa
- $E$  = μέτρο ελαστικότητας σε MPa

Με βάση τον παραπάνω τύπο, προκύπτει ότι η τελική ακτίνα καμπυλότητας είναι ίση με :

$$\frac{1,74}{R_f} = 4 \times \left( \frac{290 \times 1,74}{193.000 \times 2} \right)^3 - 3 \times \left( \frac{290 \times 1,74}{193.000 \times 2} \right) + 1 \Rightarrow \frac{1,74}{R_f} = 0,9961 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_f = 1,747 \text{ mm}$$

\*(το  $R_i$  έχει μετρηθεί από το σχέδιο στο Solidworks)

Η τελική γωνία προκύπτει από την σχέση:

$$\alpha_f = \frac{R_i + \frac{t}{2}}{R_f + \frac{t}{2}} \times \alpha_b$$

Όπου:

- $R_i$  = αρχική ακτίνα καμπυλότητας σε mm
- $R_f$  = τελική ακτίνα καμπυλότητας σε mm
- $t$  = πάχος ελάσματος σε mm
- $\alpha_b$  = αρχική γωνία σε °

Με βάση τον παραπάνω τύπο, προκύπτει ότι η τελική γωνία είναι ίση με :

$$\alpha_f = \frac{1,74 + \frac{2}{2}}{1,747 + \frac{2}{2}} \times 90^\circ \Rightarrow \alpha_f = 89,77^\circ$$

Αφού υπολογίστηκαν η αρχική και η τελική γωνία μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή ελαστικής επαναφοράς  $K_s$  :

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_b} = \frac{89,77^\circ}{90^\circ} \Rightarrow K_s = 0,997$$

Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ελαστικής επαναφοράς είναι πολύ κοντά στην μονάδα συνεπώς μπορούμε ασφαλώς να πούμε ότι κατά τον λυγισμό δεν θα υπάρξει καθόλου springback και άρα δεν θα χρειαστεί και ο υπερλυγισμός για να επιτύχουμε την επιθυμητή γωνία.

## 2.4 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

Η οικονομική εκμετάλλευση των λωρίδων του υλικού εξαρτάται σημαντικά από το εξωτερικό σχήμα των αποκοπτομένων τεμαχίων και από την θέση αυτού του σχήματος ως προς τη διεύθυνση προωθήσεως της λωρίδας. Το έμβολο και το άνοιγμα της μήτρας τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο στο εργαλείο, ώστε τα αποκόμματα να είναι κατά το δυνατόν ελάχιστα.

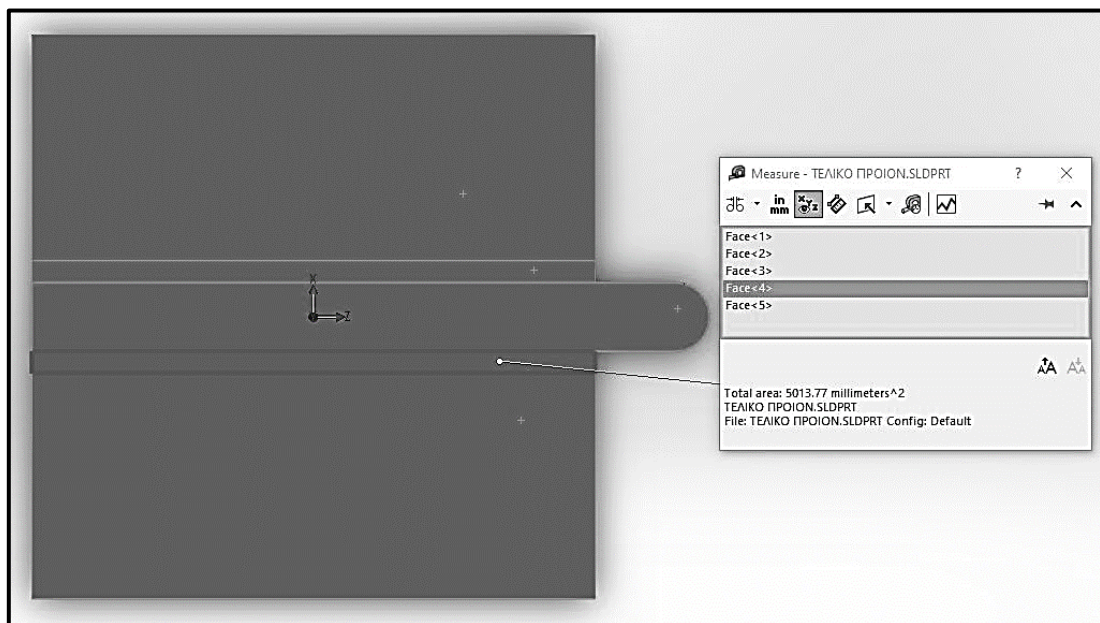
Τετραγωνικά ή ορθογώνια τεμάχια όπως στην περίπτωση μας, μπορεί κανείς να τα αποκόψει κατευθείαν από την λωρίδα ή την ταινία εφόσον δεν υπάρχουν απαιτήσεις σχετικά με την ακρίβεια των διαστάσεων και την θέση των γρεζιών.

Ο βαθμός εκμεταλλεύσεως υπολογίζεται από τον τύπο:

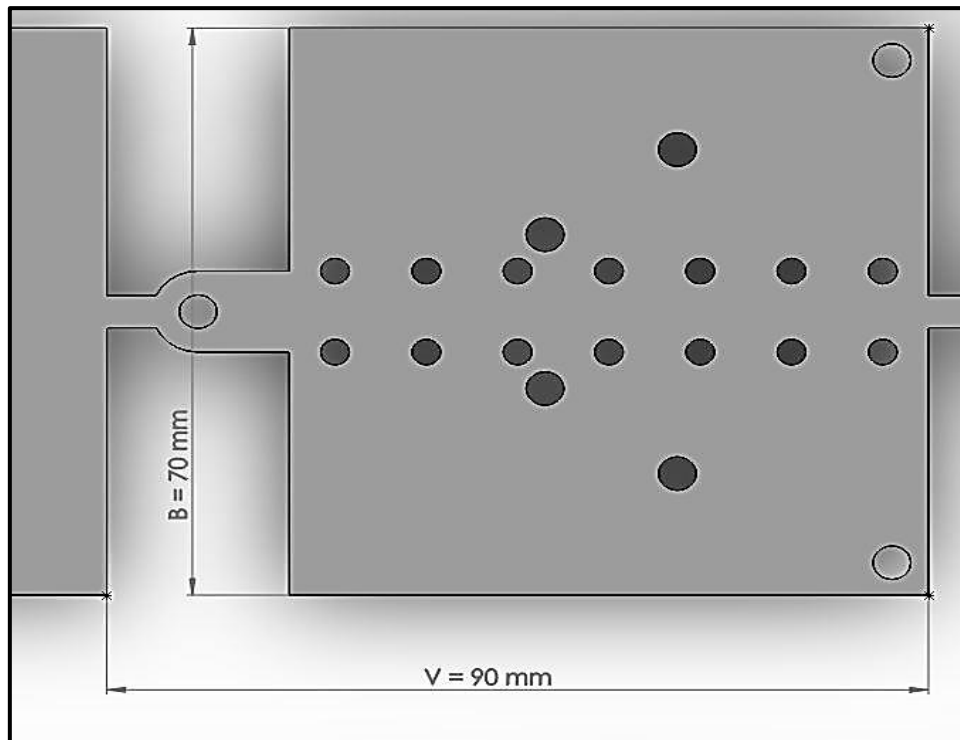
$$\eta = \frac{A \times R}{B \times V}$$

Όπου:

- B = Πλάτος λωρίδας
- V = Πρόωση
- A = Εμβαδό ενός τεμαχίου χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τρυπήματα
- R = Αριθμός σειρών



Εικόνα 17. Επιφάνεια τελικού τεμαχίου



Εικόνα 18. Πρόωση και πλάτος λωρίδας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι ο βαθμός εκμετάλλευσης ισούται με:

$$\eta = \frac{5.013,77 \text{ mm}^2 \times 1}{70,0 \text{ mm} \times 90,0 \text{ mm}} \Rightarrow \eta = 0,796 \Rightarrow \eta = 79,6\%$$

## 2.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Κατά την διάρκεια των κατεργασιών της διατμητικής κοπής και του λυγισμού του προοδευτικού καλούπιού, η θέση εφαρμογής της συνισταμένης έχει άμεση επίδραση στο αν το καλούπι μπορεί να δουλέψει με ακρίβεια σε ισορροπία. Αν το καλούπι καταπονείται επειδή είναι έκκεντρο, η περιοχή κοντά στις ακμές του προϊόντος μπορεί να είναι τραχιά. Με την ολοκλήρωση ενός αριθμού κύκλων διαδικασιών πρεσαρίσματος, θα υπάρξει μια μικρή κλίση στην επιφάνεια του τελικού τεμαχίου. Με το πέρασμα του χρόνου ο κύκλος ζωής του καλούπιού μειώνεται. Η συμβατική λύση για την ανισορροπία του καλούπιού είναι η εμπειρική μέθοδος του trial-and-error.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το μαθηματικό μοντέλο που βελτιώνει την ανισορροπία της ροπής σε ένα προοδευτικό καλούπι.

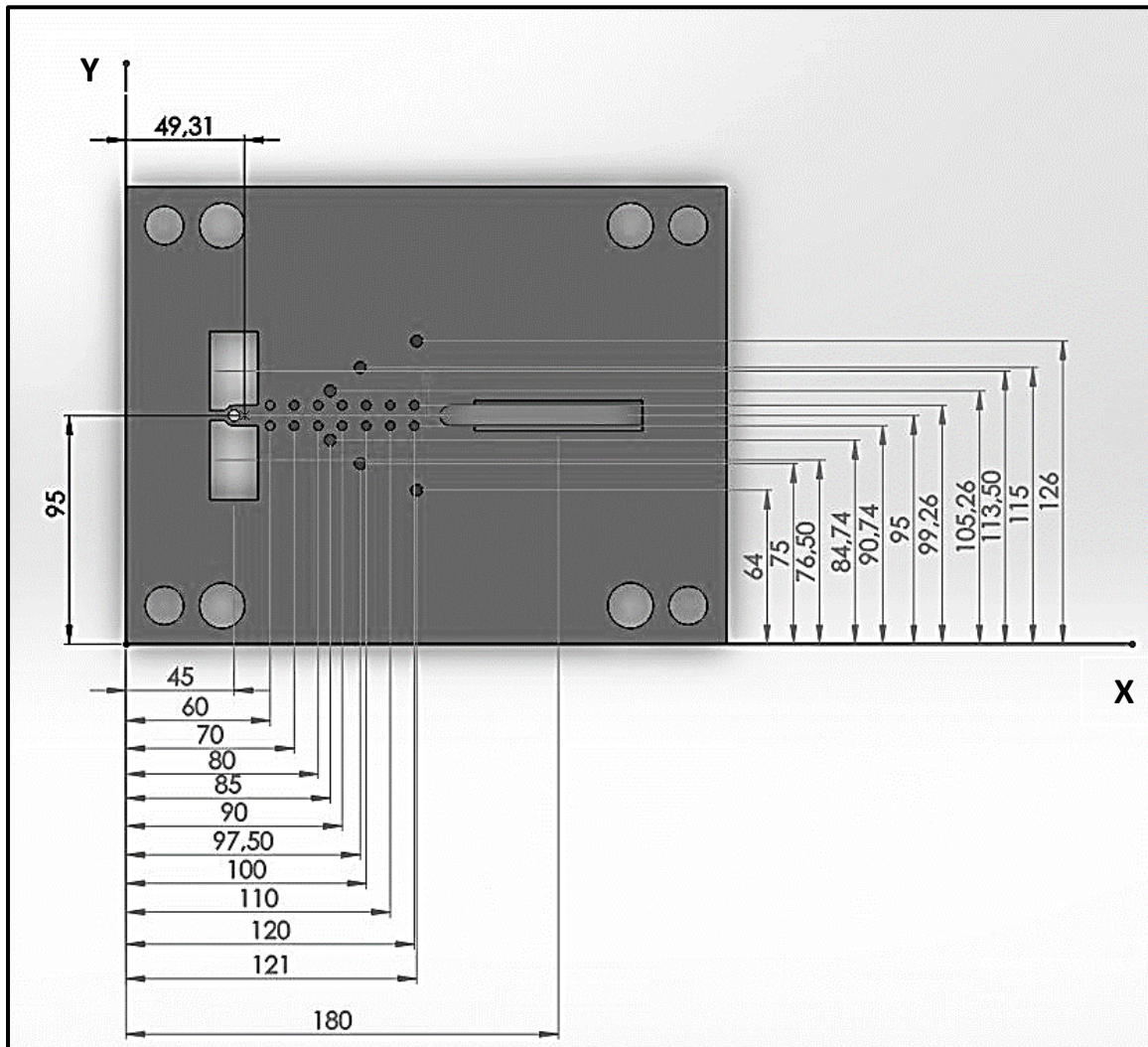
Όπως βλέπουμε στην εικόνα 5, αν διαφορετικού σχήματος τεμάχια αποτεμούνται από μία λωρίδα, η θέση της συνισταμένης δύναμης, δηλαδή οι αποστάσεις X και Y από τον άξονα, μπορούν να υπολογιστούν από τις παρακάτω εξισώσεις.

$$X = \frac{(\sum_{i=1}^n F_{mi}) \times X_i}{\sum_{i=1}^n F_{mi}} =$$

$$= \frac{F_{m1} \times X1 + F_{m2} \times X2 + F_{m3} \times X3 + \dots + F_{mn} \times Xn}{F_{m1} + F_{m2} + F_{m3} + \dots + F_{mn}}$$

$$Y = \frac{(\sum_{i=1}^n F_{mi}) \times Y_i}{\sum_{i=1}^n F_{mi}} =$$

$$= \frac{F_{m1} \times Y1 + F_{m2} \times Y2 + F_{m3} \times Y3 + \dots + F_{mn} \times Yn}{F_{m1} + F_{m2} + F_{m3} + \dots + F_{mn}}$$



Εικόνα 19. Αποστάσεις από το κέντρο των αξόνων



Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους, οι αποστάσεις από τους άξονες X και Y είναι :

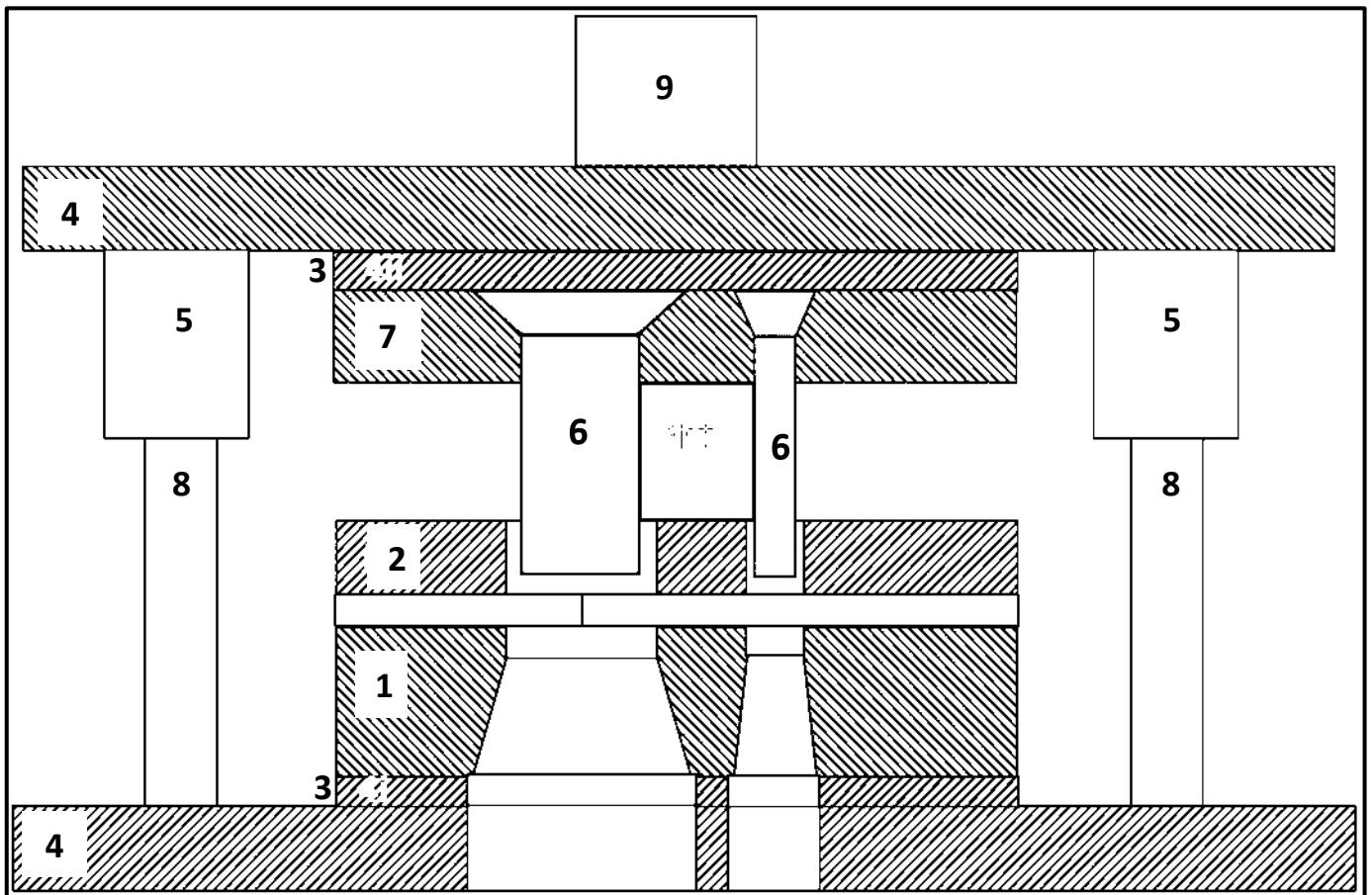
$$X = \frac{2 \times 7.875,12 \times (70+80+90+100+110+120) + 2 \times 10.508,52 \times (85+97,5+121) + 2 \times 45 \times 174.874,48 + 36.517,76 \times 180}{14 \times 7.875,12 + 7 \times 10.508,52 + 2 \times 174.874,48 + 36.507,76} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow X = 49,31$$

Επειδή στο άξονα Y οι δυνάμεις είναι συμμετρικές ως προς το κέντρο της μήτρας η συνισταμένη του Y θα είναι στο μέσο της μήτρας.

$$Y = 95,00$$

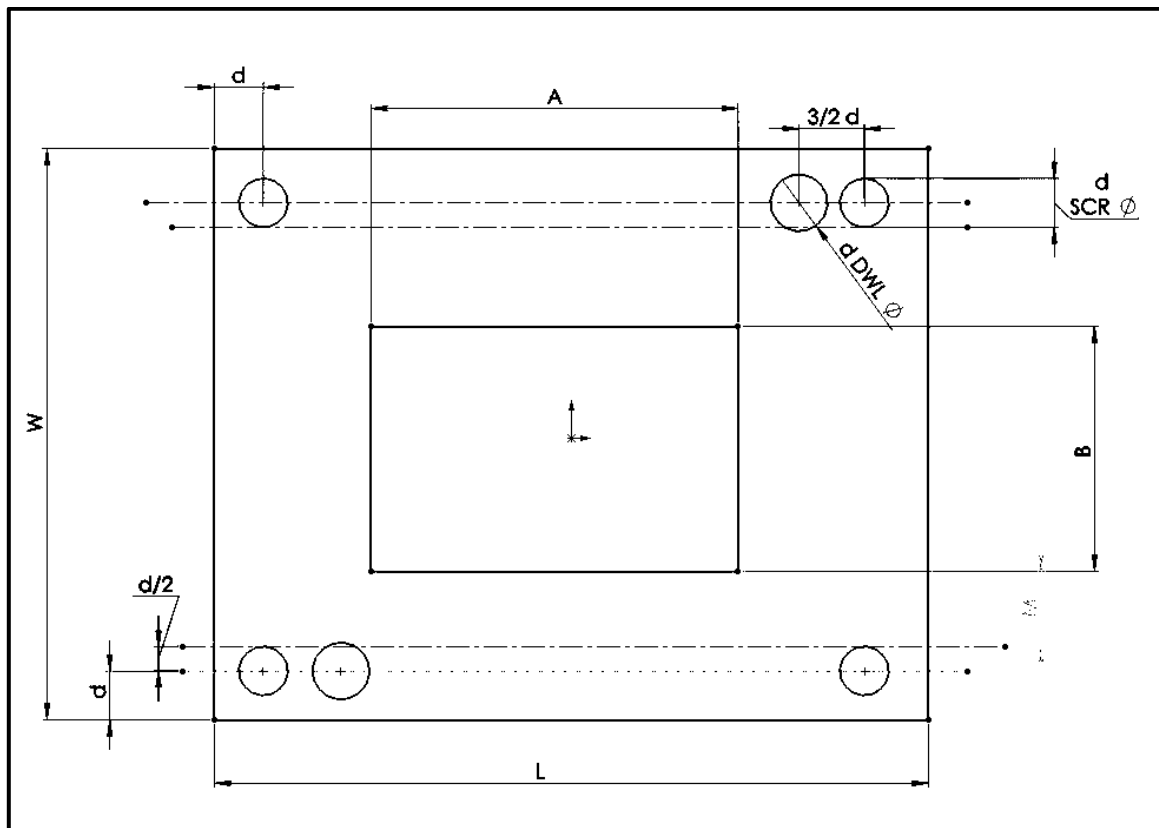
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ



### 3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΗΤΡΑΣ

Η μήτρα μαζί με τα έμβολα αποτελούν τα σημαντικότερα στοιχεία ενός καλουπιού. Περιλαμβάνει τα ανοίγματα για τα έμβολα των επιμέρους φάσεων κατεργασίας. Με βάση την μήτρα καθορίζεται το μέγεθος όλων των επιμέρους εξαρτημάτων.



Εικόνα 20. Διαστάσεις μήτρας

#### 3.1.1 ΥΛΙΚΟ ΜΗΤΡΑΣ

Πίνακας 6. Πληροφορίες υλικού μήτρας

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.2436	X210CrW12	400	Για περίπλοκα αντικείμενα, βαφή σε λάδι ή αέρα, δεν παρουσιάζει στρεβλώσεις, βαφή $60 \pm 2$ HR , για μέσες και υψηλές καταπονήσεις

### 3.1.2 ΕΝΕΡΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΗΤΡΑΣ

---

Σαν ενεργή επιφάνεια χαρακτηρίζουμε την περιοχή της μήτρας στην οποία γίνονται μορφοποιήσεις. Στην περίπτωση το καλούπι είναι προοδευτικό έτσι το ενεργό μήκος θα είναι μεγαλύτερο από τα απλά καλούπια κοπής. Συνεπώς με βάση τα παραπάνω προκύπτει:

B = ενεργό πλάτος = 70 mm

A = ενεργό μήκος = 2 × V = 2 × 90 = 180 mm

### 3.1.3 ΠΑΧΟΣ ΜΗΤΡΑΣ

Οι ορθογωνικές μήτρες είναι πιο κατάλληλες για ορθογωνικές εκτομές και τρυπήματα. Το πάχος των μητρών μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο :

$$h_r = \sqrt{\frac{3 \times P}{f_t} \times \left[ \frac{\left(\frac{B}{A}\right)^2}{1 + \left(\frac{B}{A}\right)^2} \right]}$$

όπου:

- P = κάθετη δύναμη σε N
- $f_t$  = εφελκυστική αντοχή μήτρας σε N/mm<sup>2</sup>
- B = ενεργό πλάτος σε mm
- A = ενεργό μήκος σε mm

Έτσι το πάχος της μήτρας θα είναι ίσο με:

$$h_r = \sqrt{\frac{3 \times 428.168 \text{ N}}{756 \text{ N/mm}^2} \times \left[ \frac{\left(\frac{70}{180}\right)^2}{1 + \left(\frac{70}{180}\right)^2} \right]} \Rightarrow T_r = 14,94 \approx 15 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_r = 15 + 3 = 18 \text{ mm}$$

\*Πρέπει να προστεθούν 3 mm για δυνατότητα επαναλείανσης της επιφάνειας

### 3.1.4 ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΜΗΤΡΑΣ

---

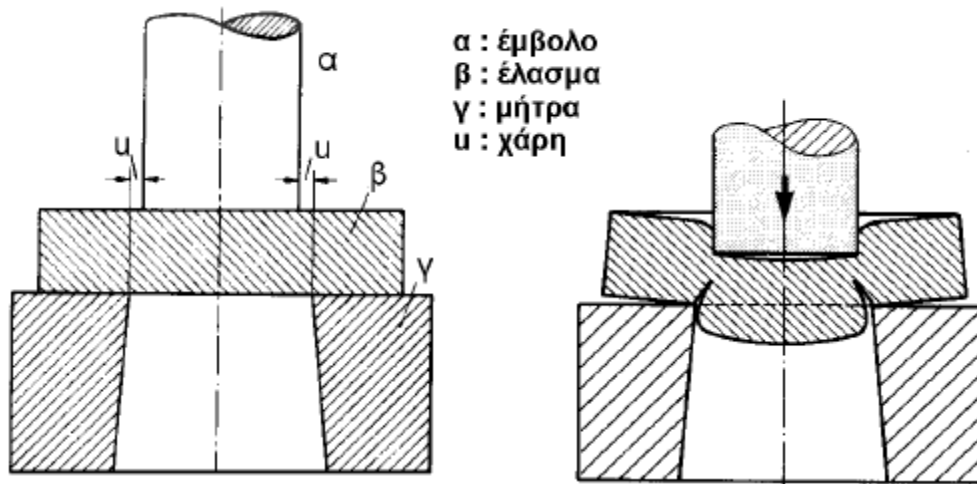
Το περιθώριο M, είναι η συμπαγής περιοχή γύρω από τις κοπτικές ακμές της μήτρας. Οι κοχλίες και οι πείροι θα πρέπει να τοποθετούνται εκτός του περιθωρίου έτσι ώστε να αποφευχθεί η αποδυνάμωση της μήτρας.

Το περιθώριο συνήθως κυμαίνεται μεταξύ μίας με δύο φορές το πάχος της μήτρας. Παίρνοντας την μέγιστη τιμή για ασφάλεια το περιθώριο είναι ίσο με:

$$M = 2 \times h_r \Rightarrow M = 2 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

### 3.1.5 ΔΙΑΚΕΝΟ ΕΜΒΟΛΟΥ - ΜΗΤΡΑΣ

Μεταξύ της κοπτικής ακμής του εμβόλου και της αντίστοιχης κοπτικής ακμής του ανοίγματος της μήτρας, πρέπει να υπάρχει ένα διάκενο κάθετο προς το επίπεδο κοπής. Το μέγεθος αυτού του διακένου εξαρτάται από το πάχος και την αντοχή του ελάσματος προς κοπή, καθώς και από την δομή του εργαλείου και την απαιτούμενη επιφάνεια κοπής. Από το μέγεθος και την θέση του διακένου εξαρτάται κυρίως η διάρκεια ζωής των εργαλείων.



Εικόνα 21. Διάκενο και χάρη

Πίνακας 7. Κατάλληλο διάκενο μήτρας (πηγή Mate precision tooling)

Είδος υλικού/ Αντοχή διάτμησης	Πάχος ελάσματος	Διάκενο μήτρας τρυπήματος %	Διάκενο μήτρας εκτομής %
Αλουμίνιο 216 – 245 N/mm <sup>2</sup>	<2,5 mm	15%	15%
	2,5 mm – 5,0 mm	20%	15%
	>5,0 mm	25%	20%
Μαλακός Χάλυβας 390 N/mm <sup>2</sup>	< 3,0 mm	20%	15%
	3,0 mm – 6,0 mm	25%	20%
	> 6,0 mm	30%	20%
Ανοξειδωτος Χάλυβας 585 N/mm <sup>2</sup>	< 1,5 mm	20%	15%
	1,5 mm – 2,8 mm	25%	20%
	2,8 mm – 4,0 mm	30%	20%

Το υλικό του ελάσματος μας είναι ανοξείδωτος χάλυβας 316L των 2 mm με αντοχή διάτμησης  $f_s = 418 \text{ N/mm}^2$ . Με βάση τον πίνακα 6, επιλέγουμε διάκενο 20% τόσο για το τρύπημα όσο και για την εκτομή γιατί είναι εντός προδιαγραφών και μας βοηθάει στους υπολογισμούς και τον σχεδιασμό. Συνεπώς το διάκενο θα είναι ίσο με:

$$u = 20\% \times t = 0,2 \times 2 = 0,4 \text{ mm}$$

### 3.1.6 ΚΟΧΛΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΟΙ

Οι κοχλίες που ασφαλίζουν το άνω και κάτω τμήμα του καλουπιού με τα υπόλοιπα στοιχεία πρέπει να είναι ικανοί να αντέξουν το φορτίο εξολκείσεως. Καθώς η δύναμη εξολκείσεως είναι περίπου το ένα δέκατο της κάθετης δύναμης P, οι κοχλίες θα πρέπει να αντέξουν το 10% της κάθετης δύναμης με ασφάλεια.

Οι πείροι θα πρέπει να αντέξουν την δύναμη διάτμησης εξαιτίας των οριζόντιων δυνάμεων που εξαρτώνται από το διάκενο εμβόλου- μήτρας. Οι οριζόντιες δυνάμεις μπορούν να εκφραστούν σαν ποσοστό της συνολικής κάθετης δύναμης. Το ποσοστό είναι ίσο με το ποσοστό του διάκενου. Έτσι έχουμε:

$$H = P \times 20\% = 428.168 \times 0,2 \Rightarrow H = 85.634 \text{ N}$$

Η δύναμη εξολκείσεως ισούται με:

$$S = P \times 10\% = 428.168 \times 0,1 \Rightarrow S = 42.817 \text{ N}$$

Η αντοχή σχεδιασμού για κοχλίες τύπου SHCS ή αλλιώς τύπου Allen κυμαίνεται μεταξύ των τιμών  $80 \text{ N/mm}^2 - 120 \text{ N/mm}^2$ , ενώ η διατμητική τάση στην οποία υποβάλλονται οι πείροι δεν ξεπερνά τα  $80 \text{ N/mm}^2$ .

- Το εμβαδόν του ποδιού ή του πυρήνα του κοχλία δίνεται από τον τύπο :

$$A = 0,7854 \times (D - 1,227 \times P)^2$$

**Πίνακας 8. Επιτρεπτά φορτία στις σπείρες σε τάση  $80 \text{ N/mm}^2$**

Μέγεθος x Βήμα	Ασφαλές φορτίο (N)	Μέγεθος x Βήμα	Ασφαλές φορτίο (N)
M5 x 0,8	1.000	M20 x 2,5	17.600
M6 x 1,0	1.380	M22 x 2,5	22.100
M8 x 1,25	2.550	M24 x 3,0	25.350
M10 x 1,5	4.050	M27 x 3,0	33.520
M12 x 1,75	5.950	M30 x 3,5	40.700
M16 x 2,0	11.300	M35 x 3,5	50.880

Για M16 x 2,0 :

$$A = 0,7854 \times (16 - 1,227 \times 2,0)^2 \Rightarrow A = 144,12 \text{ mm}^2$$

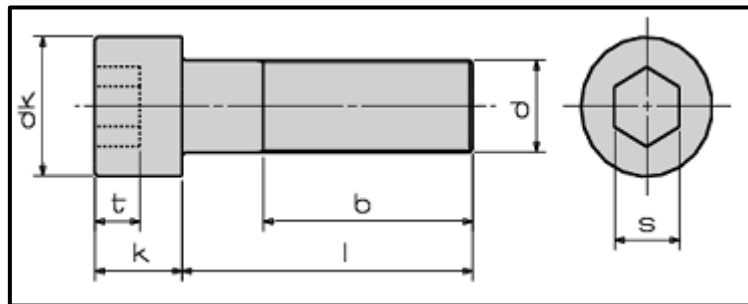
Δυνατότητα ανάληψης φορτίου στα 80 N/mm<sup>2</sup> :

$$K = 144,12 \text{ mm}^2 \times 80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow K = 11.530 \text{ N/κοχλία}$$

Τέσσερις κοχλίες μεγέθους M16 με σύνολο φορτίου τα 45.720 N είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι μπορούν να ανταπεξέλθουν στην δύναμη εξολκείσεως  $S = 42.817 \text{ N}$ .

#### Πίνακας 9. Διαστάσεις κοχλία

Μέγεθος	Κεφαλή		Μήκος Σπείρας b	Εύρος Μήκους Κοχλία l	Πλάτος s	Βάθος t
	Διάμετρος d <sub>k</sub>	Μήκος L (max)				
M16	24	16	38	30 - 150	14	8



Εικόνα 22. Σχέδιο κοχλία

- Έστω ότι θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε 4 πείρους:

$$\text{Φορτίο} / \text{Πείρο} = H/4 = \frac{85.634}{4} = 21.408 \text{ N}$$

$$\text{Εμβαδόν} = \frac{21.408 \text{ N}}{80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 267,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Διάμετρος Πείρου} = \sqrt{\frac{267,6}{0,7854}} = 18,4 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4 πείροι Φ20.

Η στρογγυλοποίηση έγινε γιατί υπάρχουν τυποποιημένοι πείροι Φ20 κατά DIN 6325.

### 3.1.7 ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΣ ΜΗΤΡΑΣ

Το συνολικό πλάτος της μήτρας δίνεται από τον τύπο:

$$W = B + 2 \times M + 3 \times d_k$$

Όπου:

- B = Ενεργό πλάτος
- M = Περιθώριο
- $d_k$  = Διάμετρος κεφαλής κοχλία (από πίνακα 8)

Το συνολικό πλάτος ισούται με:

$$W = 70 + 2 \times 36 + 3 \times 16 \Rightarrow W = 190 \text{ mm (min)}$$

Το συνολικό μήκος της μήτρας δίνεται από τον τύπο:

$$L = A + 2 \times M$$

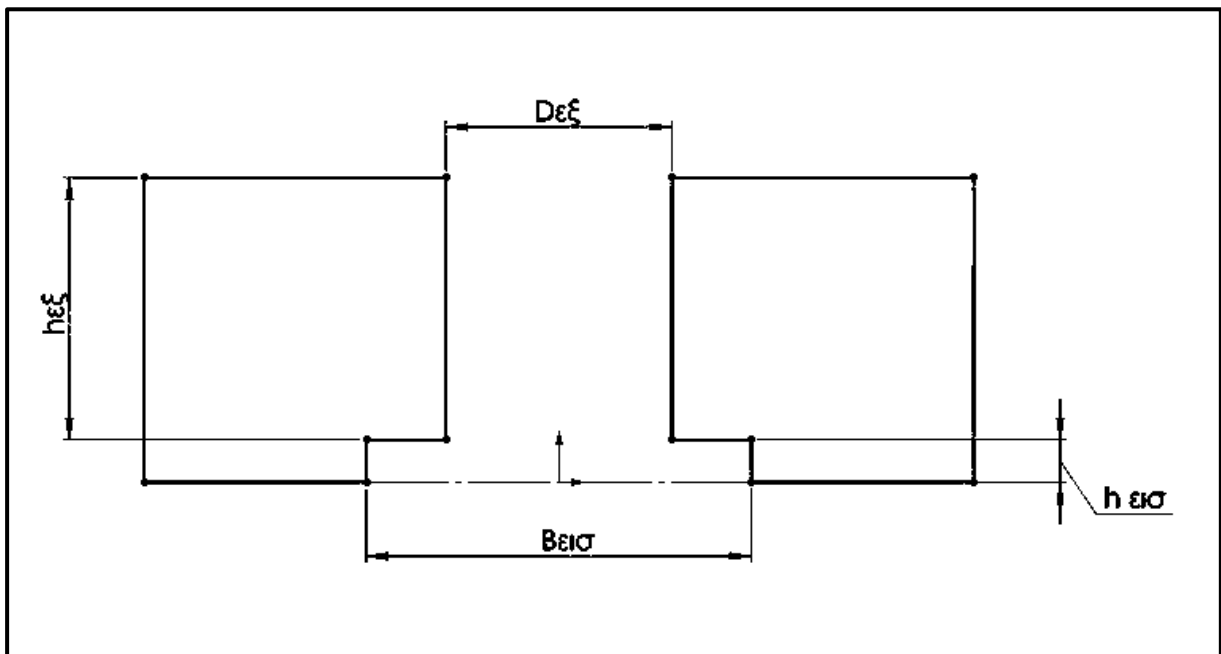
Όπου:

- A = Ενεργό μήκος
- M = Περιθώριο

Το συνολικό πλάτος ισούται με:

$$L = 180 + 2 \times 36 \Rightarrow L = 252 \text{ mm (min)}$$

### 3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΟΛΚΕΑ





### 3.2.1 ΥΛΙΚΟ ΕΞΟΛΚΕΑ

*Πίνακας 10. Πληροφορίες υλικού εξολκέα*

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.0050	St50-2	275	Βαμμένο για μεγάλο πλήθος τεμαχίων, 60 ±2 HRC

### 3.2.2 ΥΨΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ

Το ύψος εισόδου πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το πάχος της λαμαρίνας και μικρότερο από το πάχος ενός δακτύλου για να προστατεύεται ο χειριστής όταν η τροφοδοσία δεν είναι αυτοματοποιημένη.

$$2 \text{ mm} < h_{\text{εισ}} \leq 10 \text{ mm}$$

Επιλέγουμε ένα μέσο ύψος για την περίπτωση μας :  $h_{\text{εισ}} = 5 \text{ mm}$

### 3.2.3 ΠΛΑΤΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ

Στο πλάτος εισόδου της λαμαρίνας πρέπει να λάβουμε υπόψη την ανοχή στην είσοδο του εξολκέα για να μην υπάρχουν τριβές με τα τοιχώματα. Ωστόσο στην περίπτωση μας, θα έχουμε ανοχή στην μία πλευρά της λωρίδας γιατί θέλουμε να χρησιμοποιούμε την άλλη πλευρά σαν οδηγό γιατί η τροφοδότηση θα είναι χειροκίνητη.

$$B_{\text{εισ}} = B + W_{\text{εισ}}$$

Όπου :

- B = Πλάτος λωρίδας
- $W_{\text{εισ}}$  = Ανοχή εισόδου εξολκέα

*Πίνακας 11. Ανοχές με βάση το πάχος*

t (mm)	Χειροκίνητη τροφοδότηση
	$W_{\text{εισ}}$ (mm)
0 – 1,6	1,6
1,6 – 3,2	2,4
3,2 – 4,8	3,2
4,8 – 6,4	4,0
> 6,4	4,8

Σύμφωνα με το παραπάνω τύπο και τον πίνακα 10 το πλάτος εισόδου ισούται με:

$$B_{\text{εισ}} = 70,0 + 2,4 \Rightarrow B_{\text{εισ}} = 72,4 \text{ mm}$$

### 3.2.3 ΥΨΟΣ ΕΞΟΛΚΕΑ

Το ελάχιστο ύψος της πλάκας του εξολκέα εξαρτάται από το πλάτος και το πάχος της λωρίδας καθώς και το ύψος εισόδου λαμαρίνας. Το συνολικό ύψος της πλάκας δίνεται από τον τύπο:

$$h = h_{\text{εισ}} + h_{\text{εξ}} = \frac{1}{3} \times B + 2 \times t + h_{\text{εισ}} \Rightarrow h = 32,33 \approx 33 \text{ mm}$$

### 3.2.4 ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

Στις υποδοχές των εμβόλων στην πλάκα του εξολκέα πρέπει να υπάρχουν ανοχές οι οποίες πρέπει και να οδηγούν τα έμβολα αλλά και να μην δημιουργούν τριβές και καταπονείται το καλούπι.

$$D_{\text{εξ}} = D_{\text{εμβ}} + W_{\text{εξ}}$$

Όπου:

- $D_{\text{εμβ}}$  = Επιφάνεια εμβόλου
- $W_{\text{εξ}}$  = Ανοχή εμβόλων/εξολκέα, εύρος  $0,1 \text{ mm} < W_{\text{εξ}} < 2/3 \times t$

## 3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

Οι ενδιάμεσες πλάκες είναι απαραίτητες γιατί η καταπόνηση είναι δυνατόν να δημιουργήσει κοιλώματα στις άνω και κάτω βάσεις και η αντικατάστασή τους είναι δαπανηρή ενώ οι ενδιάμεσες πλάκες είναι πιο φθηνές και αναλώσιμες. Επίσης δεν πρέπει να είναι πολύ σκληρές διότι υπάρχει κίνδυνος θραύσης της κεφαλής των εμβόλων.

### 3.3.1 ΥΛΙΚΟ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

*Πίνακας 12. Πληροφορίες υλικού ενδιάμεσων πλακών*

Υλικό Νο.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.0050	St50-2	275	Βαμμένο για μεγάλο πλήθος τεμαχίων, $60 \pm 2$ HRC

### 3.3.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

Το μήκος και το πλάτος των ενδιάμεσων πλακών ταυτίζονται με τις αντίστοιχες διαστάσεις της μήτρας, όπως επίσης και οι διάμετροι και οι θέσεις των οπών για τους κοχλίες και τους πείρους.

Οι διατομές αποβολής των αποκομμάτων θα πρέπει να διευρυνθούν έτσι ώστε να είναι εύκολη η απομάκρυνσή τους. Συνήθως, η διεύρυνση λαμβάνεται ίση με:  $\Delta = 1,6 \text{ mm}$

### 3.3.3 ΠΑΧΟΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

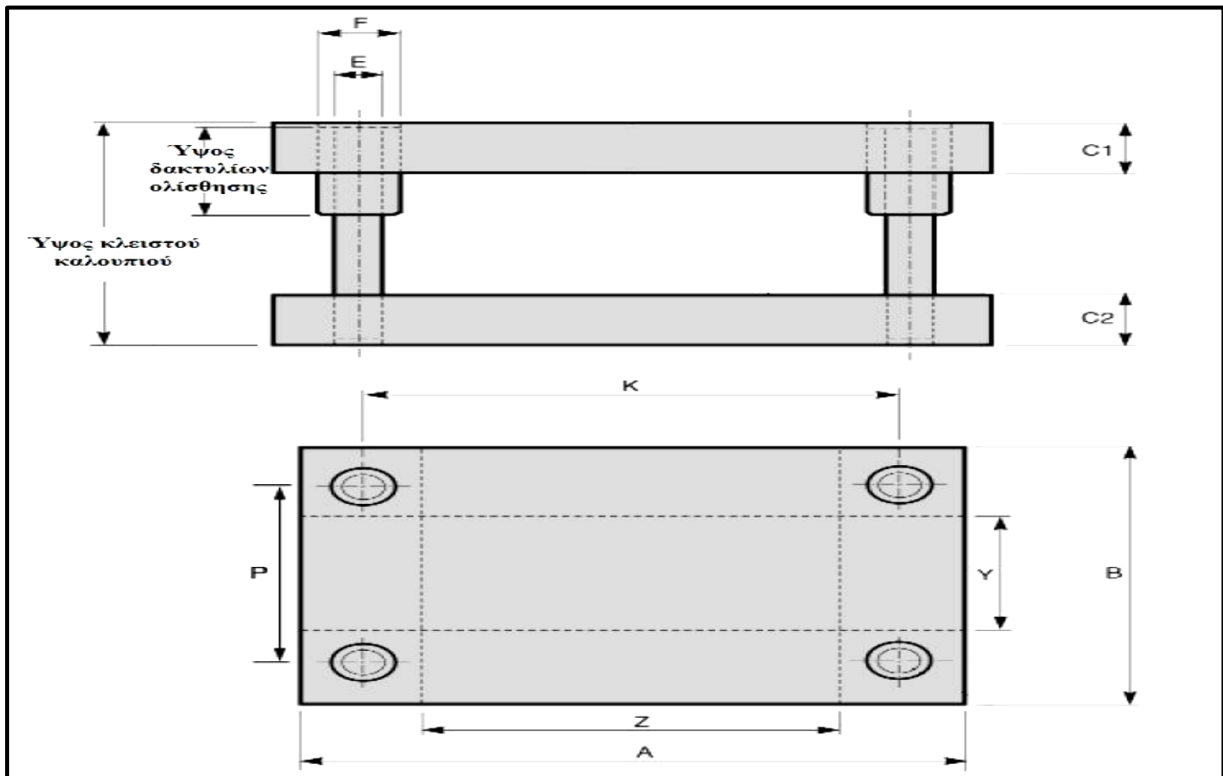
Το πάχος των ενδιάμεσων πλακών καθορίζεται εμπειρικά και εξαρτάται από τις δυνάμεις κοπής. Έτσι έχουμε:

*Πίνακας 13. Πάχος σε σχέση με τη δύναμη κοπής*

Δυνάμεις διαμόρφωσης	$h_{ενδ}$ (mm)
Τυπικές	10
Πολύ υψηλές	15

Από τον πίνακα 11 επιλέγουμε το πάχος των 15 mm καθώς η συνολική κάθετη δύναμη του καλουπιού είναι αρκετά υψηλή ( 44tn).

## 3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ



### 3.4.1 ΥΛΙΚΟ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΕΩΝ

Πίνακας 14. Πληροφορίες υλικού βάσεων

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.0037	St37-2	230	Χάλυβας για μεγάλα εργαλεία

### 3.4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΒΑΣΕΩΝ

Η επιλογή των διαστάσεων των βάσεων εξαρτάται από τις διαστάσεις της μήτρας έτσι ώστε να χωρά η μήτρα και να υπάρχει επαρκής χώρος για τους τέσσερις οδηγούς.

Πίνακας 15. Τυποποίηση χαλύβδινου σετ καλουπιών με 4 οδηγούς (mm)

Z x Y	A x B	E	F	K	P	C1	C2
100 x 120	250 x 270	25	38	170	190	35	45
135 x 110	300 x 275	32	46	210	185	40	50
135 x 165	300 x 325	32	46	210	235	40	50
190 x 215	350 x 380	32	46	260	290	45	55
215 x 125	400 x 315	38	55	300	215	45	55
265 x 125	450 x 315	38	55	350	215	45	55
<b>265 x 175</b>	<b>450 x 365</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>350</b>	<b>265</b>	<b>45</b>	<b>55</b>
290 x 125	500 x 315	38	55	400	215	45	55
290 x 165	500 x 375	44	65	380	255	50	60
290 x 215	500 x 425	44	65	380	305	50	60
290 x 315	500 x 525	44	65	380	405	50	60
390 x 190	600 x 410	50	73	480	290	55	65
495 x 190	700 x 410	50	73	580	290	55	65
595 x 295	800 x 510	50	73	680	390	55	65

Οι οριζόντιες διαστάσεις τόσο της μήτρας όσο και των υπόλοιπων πλακών είναι 250 x 190. Με βάση τον πίνακα 13 η πιο κοντινή και αποδεκτή τιμή είναι η **265 x 175**.

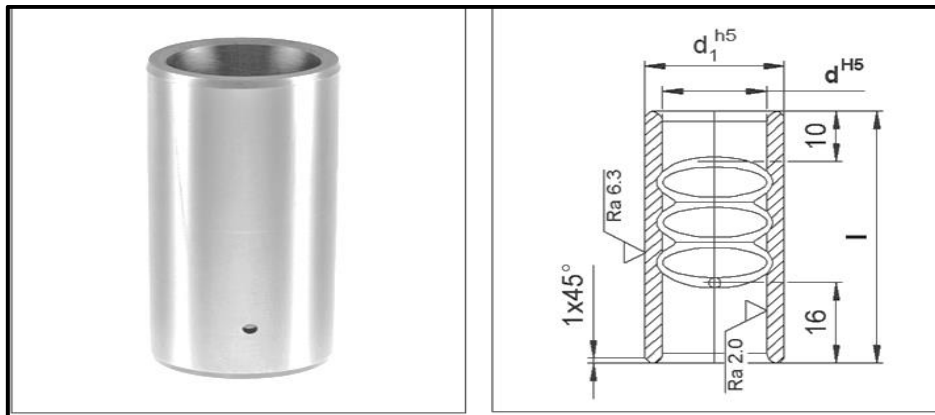
## 3.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

### 3.5.1 ΥΛΙΚΟ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Πίνακας 16. Πληροφορίες υλικού δακτυλίων ολίσθησης

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.6757	20 NiMoCr6-5	312	62 HRC, τυποποίηση κατά DIN 9831 ISO 9448

### 3.5.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ



Εικόνα 23. Διαστάσεις δακτυλίου

Πίνακας 17. Τυποποιημένες διαστάσεις δακτυλίων (πηγή Ramseier Normalien)

d	l		d <sub>1</sub>
18	50	70	25
19			
24	55	80	32
25			
30	60	90	38
32			40
<b>38</b>	67	100	50
42			<b>55</b>

Σύμφωνα με τον πίνακα 14 που αφορά τις σπές για τους δακτυλίους στην άνω βάση και τον πίνακα 16 που αφορά τις διαστάσεις τους επιλέγουμε δακτυλίους με :  $d = 38 \text{ mm}$  ,  $l = 85 \text{ mm}$  και  $d_1 = 55 \text{ mm}$  .

### 3.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

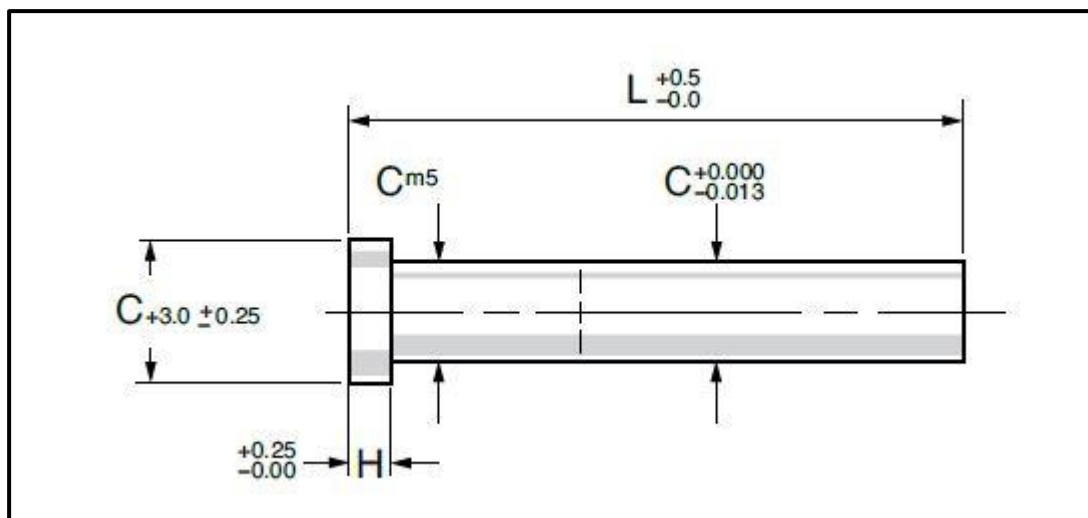
Το προσδευτικό καλούπι απαιτεί έμβολα για την κοπή όπου έχουμε τρύπημα και εκτομή και ένα έμβολο μορφοποίησης το οποίο θα κάνει τον λυγισμό τύπου U και την τελική απότμηση του τεμαχίου. Τα έμβολα τρυπήματος είναι τυποποιημένα και πληροφορίες για αυτά παίρνουμε από κατάλογο ενώ τα έμβολα εκτομής και λυγισμού απαιτούν ειδικό σχεδιασμό για την περίπτωσή μας.

### 3.6.1 ΥΛΙΚΟ ΕΜΒΟΛΩΝ

*Πίνακας 18. Πληροφορίες υλικού εμβόλων*

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Μέτρο ελαστικότητας, E [Gra]	Παρατήρηση
1.3343	S 6-5-2 (HSS)	390	200	Βαμμένο $62 \pm 2$ HRC, κεφαλή βαμμένη στα $45 \pm 5$ HRC, τυποποίηση κατά DIN ISO 8020

### 3.6.2 ΕΜΒΟΛΑ ΤΡΥΠΗΜΑΤΟΣ



*Εικόνα 24. Τυποποιημένες διαστάσεις εμβόλων*

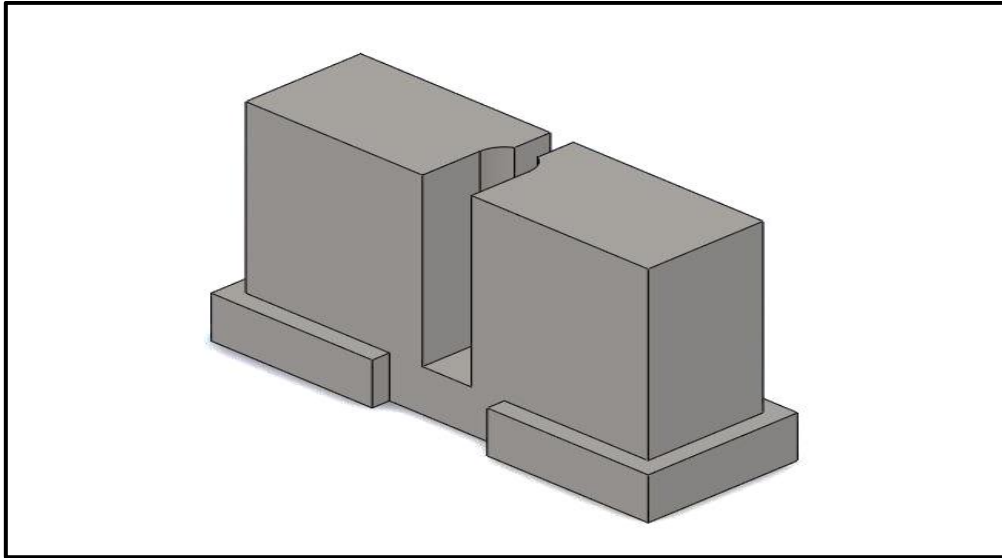
Για την παραγωγή του τελικού τεμαχίου απαιτούνται 14 έμβολα διαμέτρου 3 mm και 7 έμβολα διαμέτρου 4 mm.

*Πίνακας 19. Τυποποιημένες διαστάσεις εμβόλων (πηγή Ramseier Normalien)*

Συμβολισμός	Διάμετρος άξονα $\varnothing$ C	Ύψος κεφαλής H	Μήκος L
M3	3	5,0	50-125 ανά 5mm
M4	4	5,0	

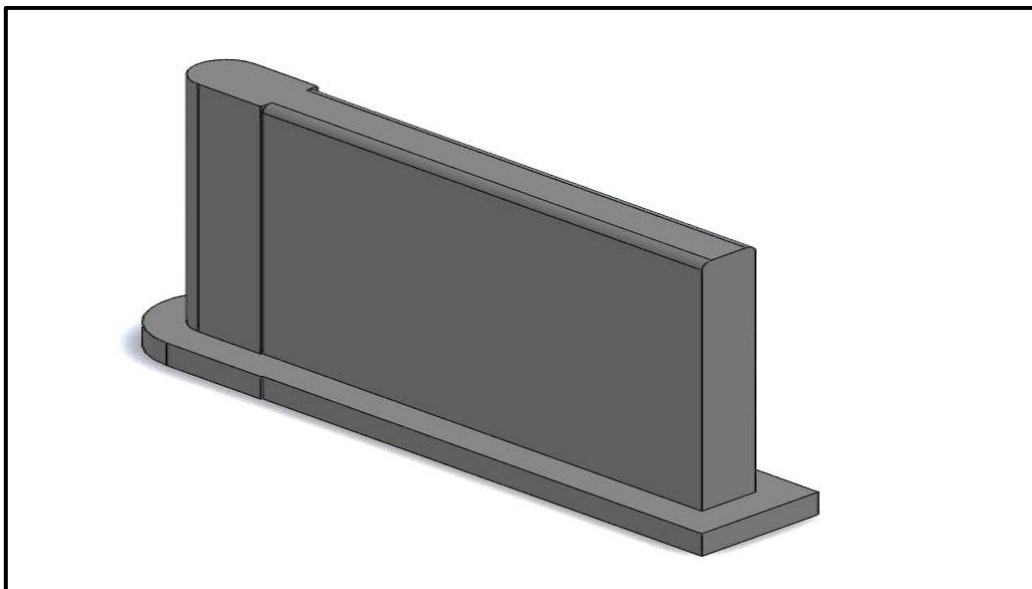
### 3.6.3 ΕΜΒΟΛΑ ΕΚΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΥΓΙΣΜΟΥ

Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 11, το έμβολο απότμησης δεν μπορεί να τυποποιηθεί και να βρεθεί από κάποιον κατάλογο. Πρέπει να σχεδιαστεί ειδικά για την παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος. Εξαιτίας της δύσκολης γεωμετρίας του, μπορεί να χωριστεί σε 2 μέρη για να είναι εφικτή η εύκολη κατασκευή του.



Εικόνα 25. Έμβολο απότμησης

Το έμβολο του λυγισμού που βλέπουμε στην εικόνα 12, θα πραγματοποιήσει και τον λυγισμό του τεμαχίου και την τελική απότμηση. Πρέπει και αυτό να παραχθεί ειδικά για την συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία.



Εικόνα 26. Έμβολο λυγισμού

### 3.6.4 ΜΗΚΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το κρίσιμο μήκος των εμβόλων δηλαδή το μέγιστο ενεργό μήκος πριν τα έμβολα υποστούν λυγισμό. Το μήκος των εμβόλων δίνεται από την εξίσωση του Euler.

$$L_{cr} = \sqrt{n \times \frac{\pi^2 \times E \times I}{P}}$$

Όπου,

- P = φορτίο σε N
- n = σταθερά που εξαρτάται από την συνθήκη του άκρου( =2 ,γιατί έχουμε πάκτωση-ελεύθερο άκρο)
- E = μέτρο ελαστικότητας σε MPa
- L = κρίσιμο μήκος ράβδου σε mm
- I = ροπή αδράνειας σε mm<sup>4</sup>

1.) Έμβολο τρυπήματος Ø3

$$L_{cr} = \sqrt{2 \times \frac{\pi^2 \times 200.000 \frac{N}{mm^2} \times 3,98 mm^4}{7.875,12 N}} = 44,7 mm$$

2.) Έμβολο τρυπήματος Ø4

$$L_{cr} = \sqrt{2 \times \frac{\pi^2 \times 200.000 \frac{N}{mm^2} \times 12,57 mm^4}{10.508,52 N}} = 68,7 mm$$

3.) Έμβολο εκτομής

$$L_{cr} = \sqrt{2 \times \frac{\pi^2 \times 200.000 \frac{N}{mm^2} \times 42420,31 mm^4}{141.434,48 N}} = 1.088,1 mm$$

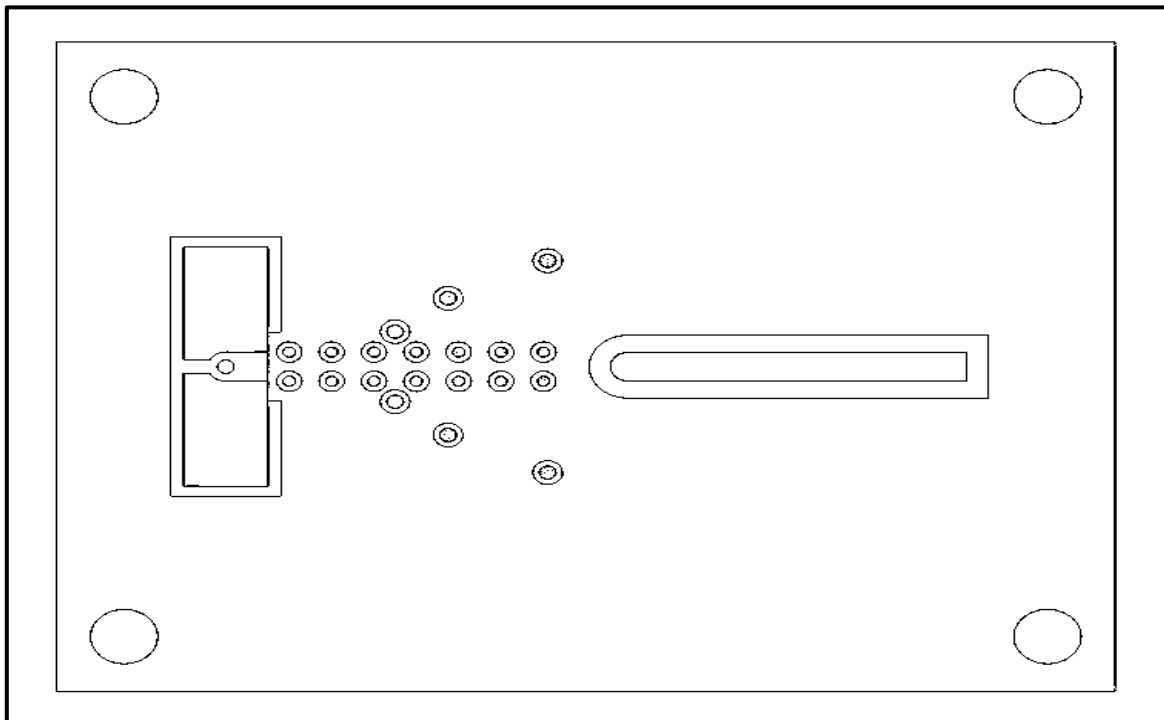
4.) Έμβολο λυγισμού-απότμησης

$$L_{cr} = \sqrt{2 \times \frac{\pi^2 \times 200.000 \frac{N}{mm^2} \times 1.755,02 mm^4}{36.507,76 N}} = 435,6 mm$$

Κατά την διάρκεια της παραγωγής, επιθυμούμε τα έμβολα να έχουν το ίδιο μήκος γιατί οι κατεργασίες πρέπει να γίνονται ταυτόχρονα ώστε να μην χαθεί το βήμα. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό και τα παραπάνω δεδομένα, το συνολικό μήκος των εμβόλων πρέπει να είναι τα 55 mm ωστόσο εξαιτίας του εξολκέα που οδηγεί και στηρίζει τα έμβολα μόνο τα 30 mm είναι ελεύθερα που είναι εντός των προδιαγραφών όλων των εμβόλων.



### 3.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ



Εικόνα 27. Σχέδιο πλάκας εμβόλου

#### 3.7.1 ΥΛΙΚΟ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

Πίνακας 20. Πληροφορίες υλικού πλάκας εμβόλων

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.0050	St50-2	275	Βαμμένο για μεγάλο πλήθος τεμαχίων, $60 \pm 2$ HRC

#### 3.7.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

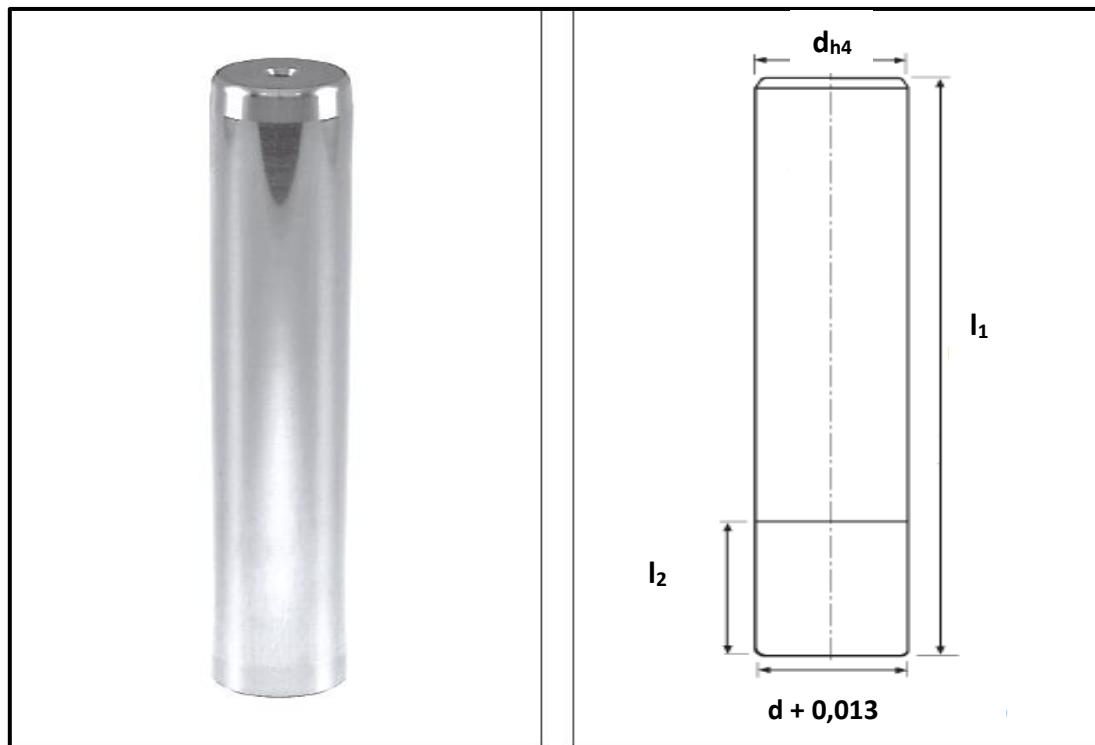
Το μήκος και το πλάτος της πλάκας εμβόλων ταυτίζεται με τις αντίστοιχες διαστάσεις της μήτρας και του εξολκέα, όπως επίσης και οι διάμετροι και οι θέσεις των οπών για τους κοχλίες.

Κάνουμε υποδοχές στην πλάκα εμβόλων για να ακουμπήσει η πατούρα των εμβόλων η οποία είναι 3 mm με 5 mm. Κάνουμε και μια επιπλέον προσαύξηση 0,40 mm γιατί με τις επαναλαμβανόμενες κρούσεις μπορεί να παραμορφωθούν και να σφηνώσουν μέσα στην πλάκα.

### 3.7.3 ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

Το πάχος της πλάκας εμβόλων κυμαίνεται από 12 mm μέχρι 25 mm. Εμείς θα βάλουμε 25mm γιατί οι δυνάμεις είναι μεγάλες.

### 3.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ



Εικόνα 28. Σχέδιο στήλης οδήγησης

### 3.8.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Πίνακας 21. Πληροφορίες υλικού πείρων οδήγησης

Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε εφελκυσμό, $f_t$ [MPa]	Μέτρο ελαστικότητας, $E$ [GPa]	Παρατήρηση
1.3505	100Cr6	1390	210	Υψηλή σκληρότητα, μικρή παραμόρφωση, υψηλή αντοχή σε κρούσεις, 62 HRC, τυποποίηση κατά DIN 9833/ISO 9182

### 3.8.2 ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Το μήκος των πείρων οδήγησης προκύπτει από το άθροισμα όλων των πλακών του καλουπιού. Έτσι λοιπόν στην περίπτωση μας θα ισούται με :

$$L_{καλ} = h_{άνω βάση} + 2 \times h_{ενδ.πλάκα} + h_{πλάκα εμβόλων} + h_{εξολκέας} + h_{μήτρα} + h_{κάτω βάση} \Rightarrow \\ \Rightarrow L = 45 + 2 \times 15 + 25 + 35 + 18 + 55 \Rightarrow L = 208 \text{ mm}$$

*Πίνακας 22. Τυποποιημένες διαστάσεις πείρων (πηγή Ramseier Normalien)*

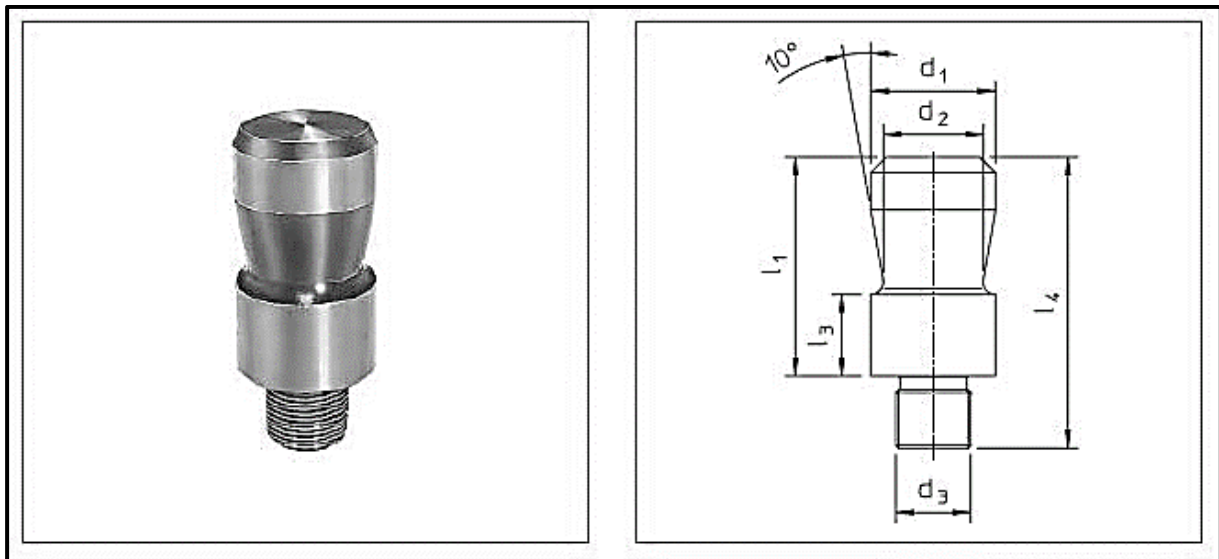
Διάμετρος d	Μήκος l <sub>1</sub>	Μήκος l <sub>2</sub>
38	160	43
	180	
	200	
	224	
	250	
	280	

Σύμφωνα με τον παραπάνω υπολογισμό και τον πίνακα 21 το τυποποιημένο μήκος των πείρων οδήγησης θα είναι 200 mm. Τα 8 mm που περισσεύουν χρησιμεύουν σαν απόσταση ασφαλείας των πείρων από το άνω μέρος του καλουπιού.

Το πάχος των πείρων οδήγησης είναι ήδη τυποποιημένο από τα δεδομένα της κάτω βάσης που υπολογίσαμε νωρίτερα (πιν.14).

Όσον αφορά τον έλεγχο στους πείρους, για να δούμε αν θα υπάρξει το φαινόμενο του λυγισμού εξαιτίας των οριζόντιων δυνάμεων, χρησιμοποιούνται οι τύποι των Euler-Bernoulli για δοκό πακτωμένη στο ένα άκρο και με βάση κύλισης στο άλλο. Επειδή η χάρη μεταξύ πείρου οδηγήσεως και δακτυλίου ολίσθησης είναι πολύ μικρή και σε συνδυασμό με την στήριξη που παρέχει ο δακτύλιος σαν να είχαμε κουζινέτο, η παραμόρφωση που θα υποστούν οι πείροι είναι μηδενική. Οι πράξεις έχουν γίνει μέσω έγκυρου, διαδικτυακού εργαλείου υπολογισμού δοκών, ωστόσο επειδή έχουν μεγάλη έκταση δεν υπάρχει λόγος να συμπεριληφθούν στην εργασία.

### 3.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ



Εικόνα 29. Σχέδιο πείρου συγκράτησης

#### 3.9.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ

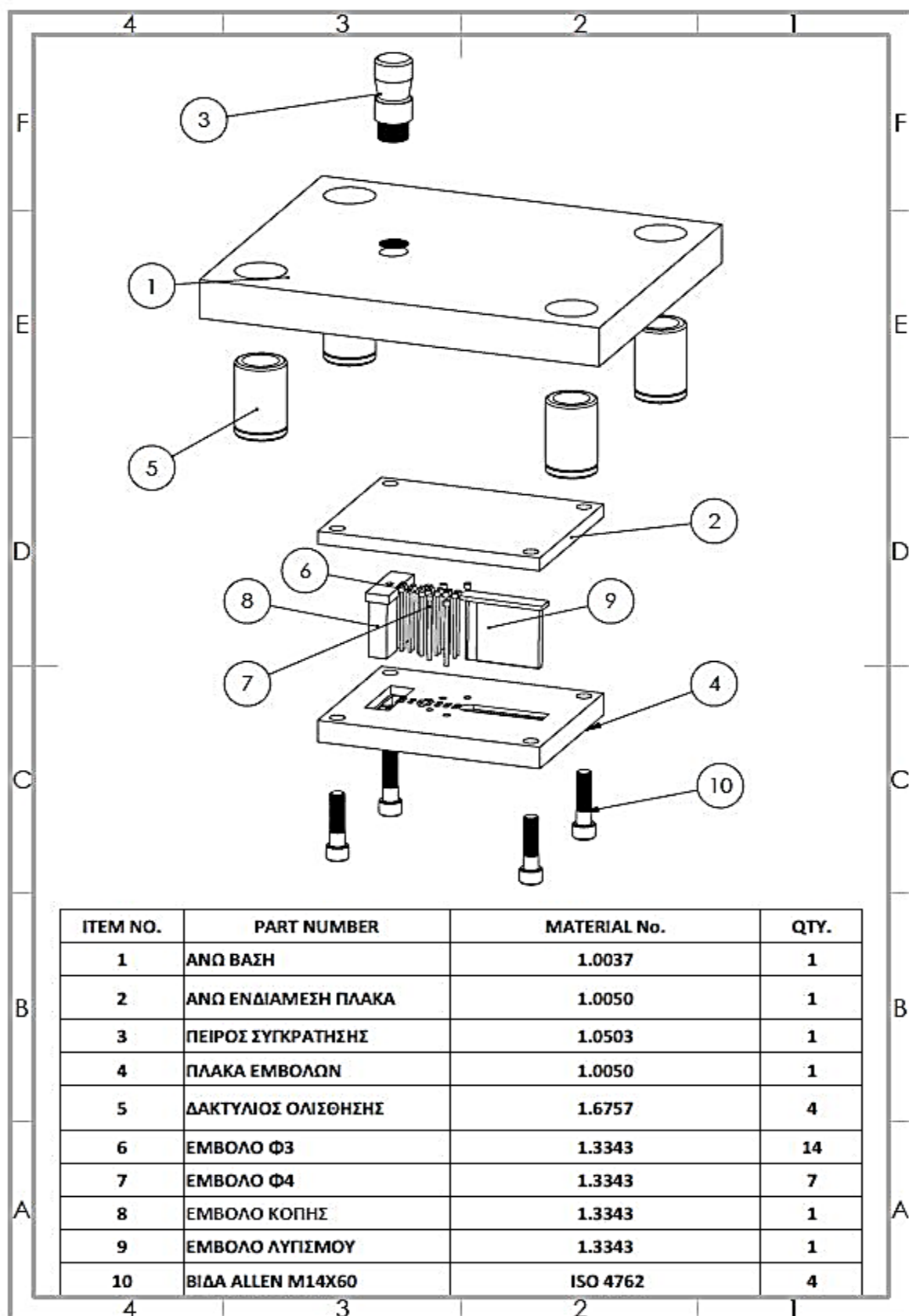
Υλικό No.	Γερμανία DIN	Αντοχή σε θλίψη, $f_y$ [MPa]	Παρατήρηση
1.0503	C 45	430	Τυποποίηση κατά DIN 9859/ISO 10242

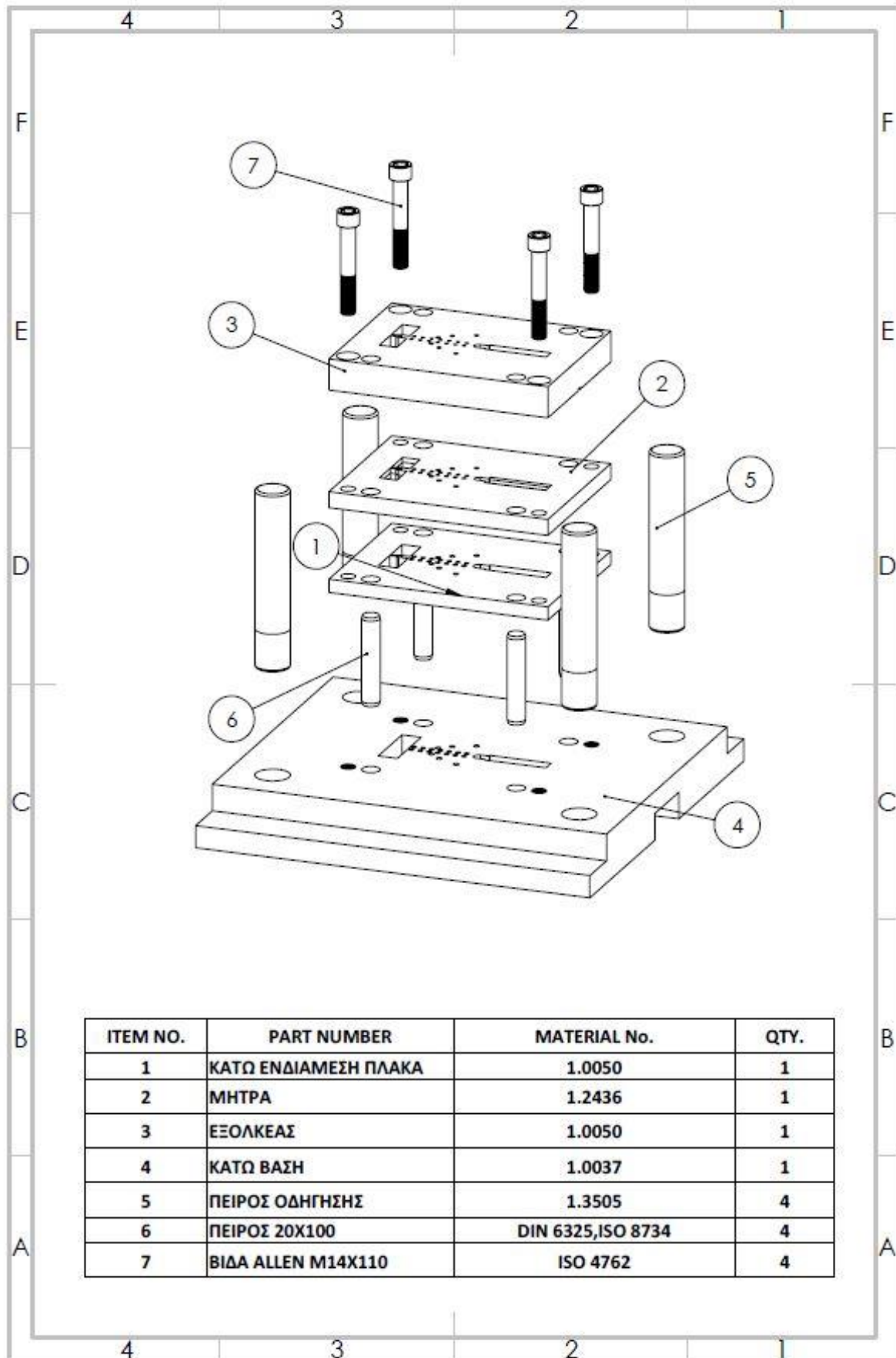
#### 3.9.2 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Πίνακας 23. Τυποποιημένες διαστάσεις πείρου συγκράτησης (πηγή D-M-E)

$d_3$	$l_4$	$d_1$	$d_2$	$l_1$	$l_3$
M16 1,5	58	20	15	40	12
M16 1,5	68	25	20	45	16
M20 1,5	68	25	20	45	16
M20 1,5	79	32	25	56	16
M24 1,5	79	32	25	56	16
M24 1,5	93	40	32	70	26
<b>M30 1,5</b>	<b>93</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>70</b>	<b>26</b>
M30 1,5	108	50	42	80	26

### 3.10 ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ



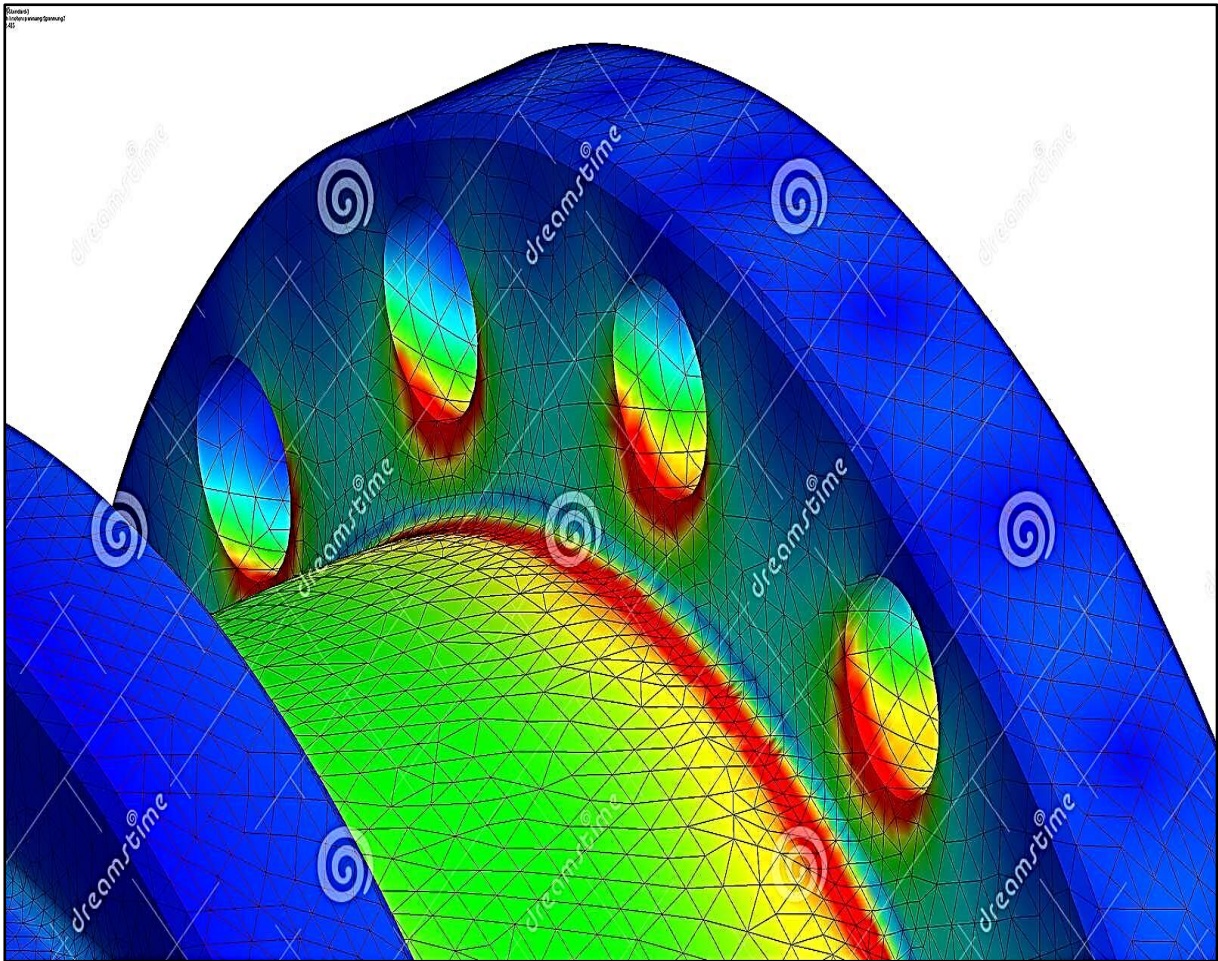


ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL No.	QTY.
1	ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΠΛΑΚΑ	1.0050	1
2	ΜΗΤΡΑ	1.2436	1
3	ΕΞΟΛΚΕΑΣ	1.0050	1
4	ΚΑΤΩ ΒΑΣΗ	1.0037	1
5	ΠΕΙΡΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	1.3505	4
6	ΠΕΙΡΟΣ 20X100	DIN 6325,ISO 8734	4
7	ΒΙΔΑ ALLEN M14X110	ISO 4762	4



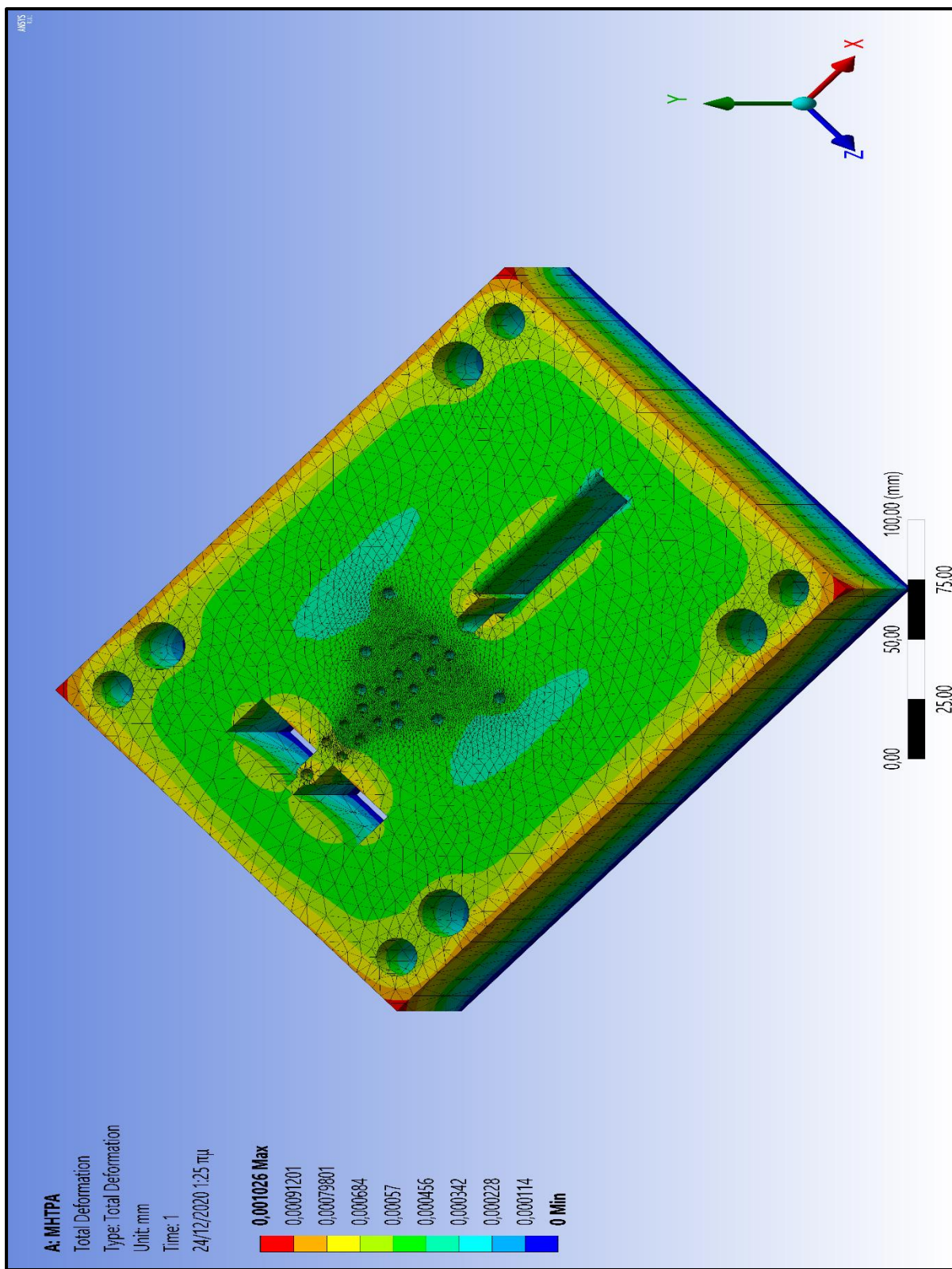
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ



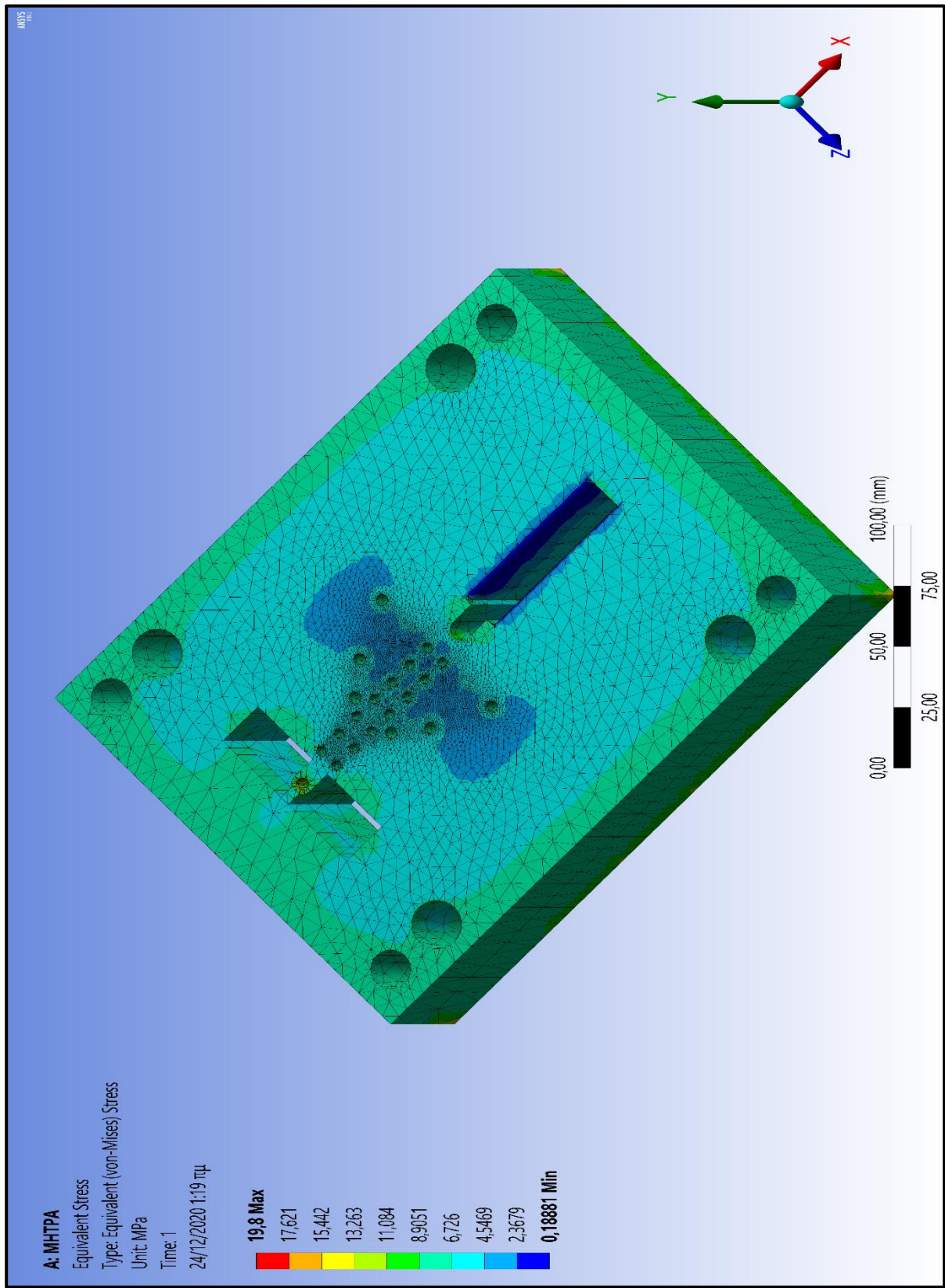
## 4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΤΡΑΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:





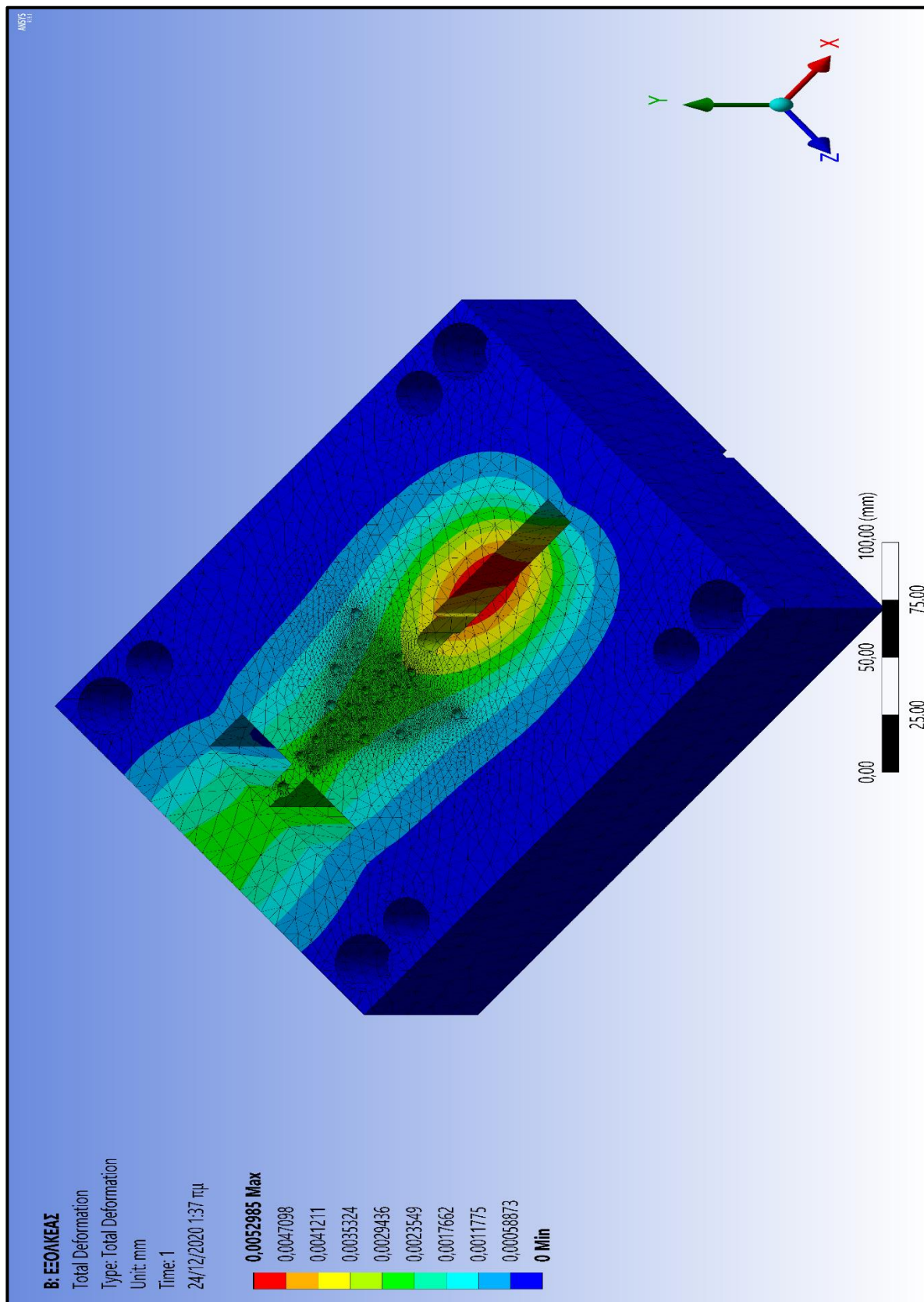
**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



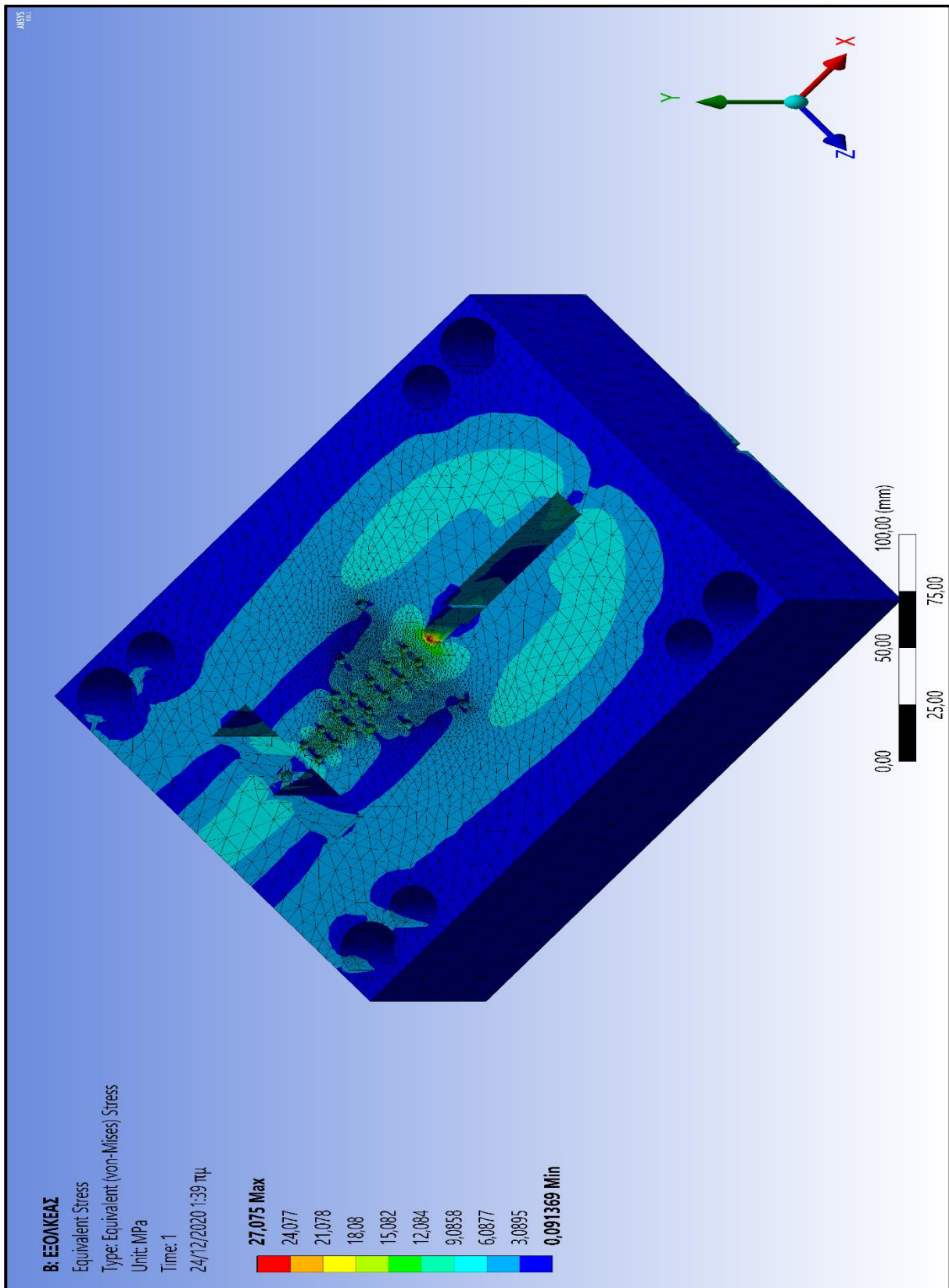
Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
860	19,8

## 4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΟΛΚΕΑΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:



**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

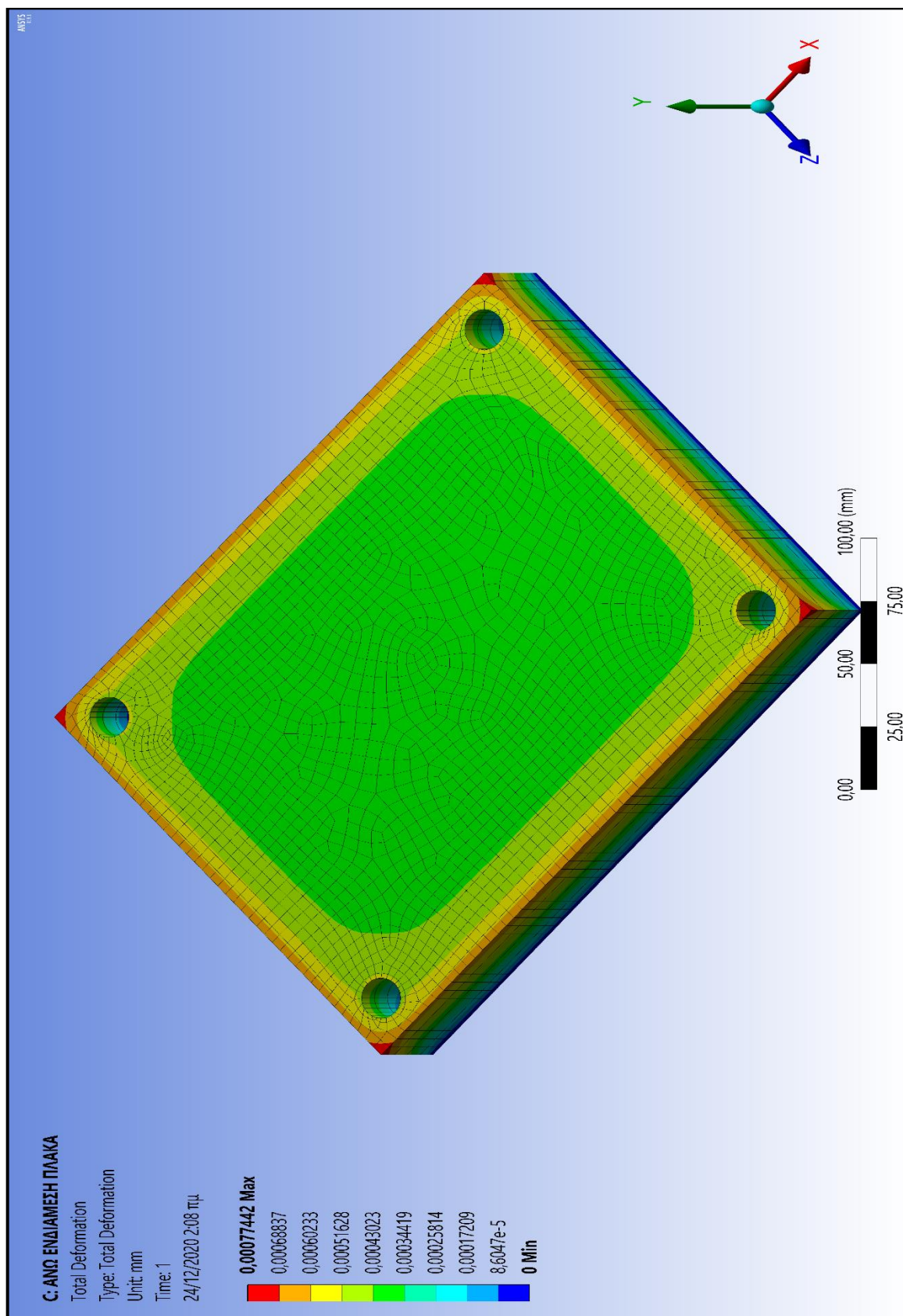


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
250	27,075

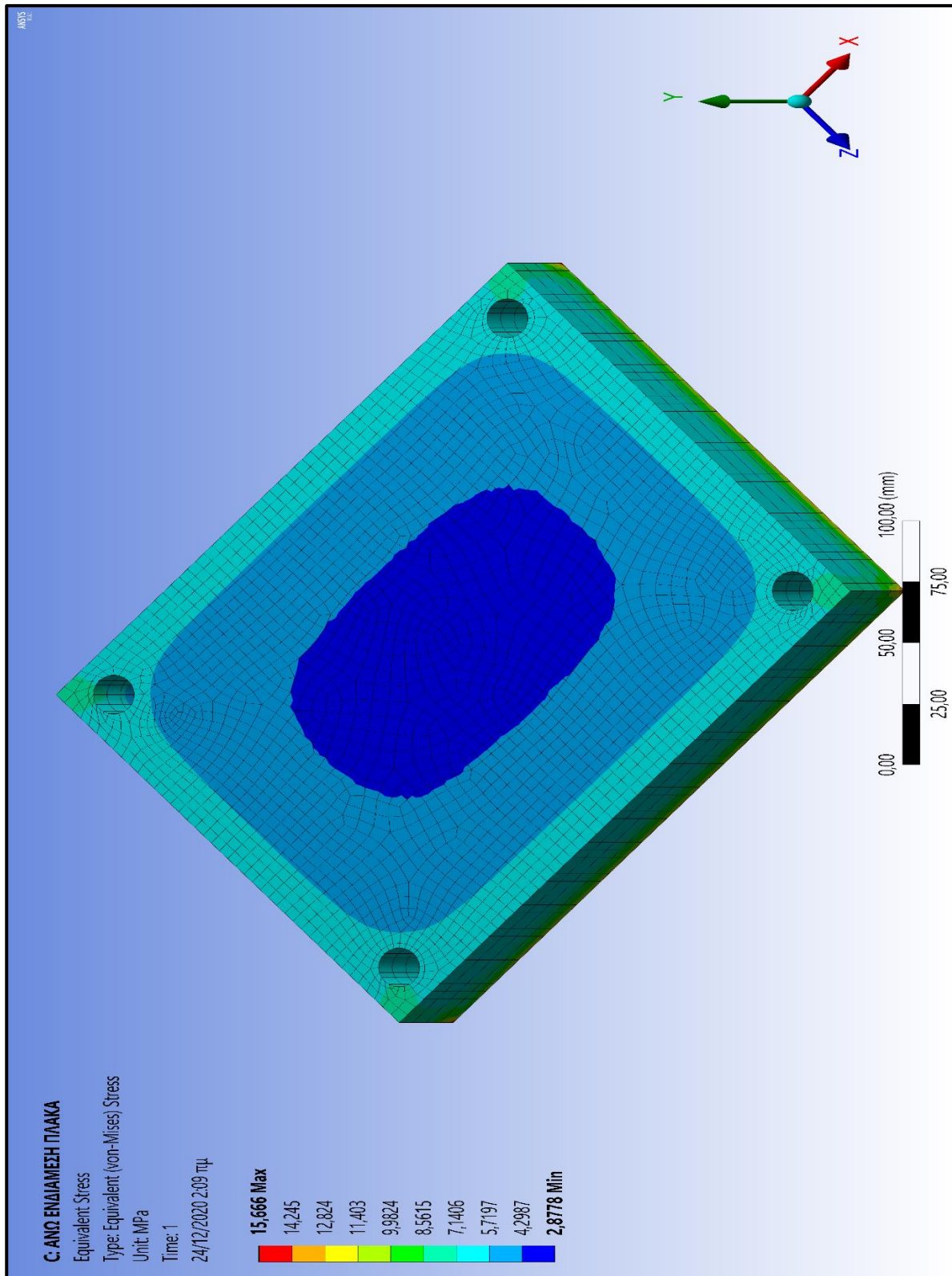


## 4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:



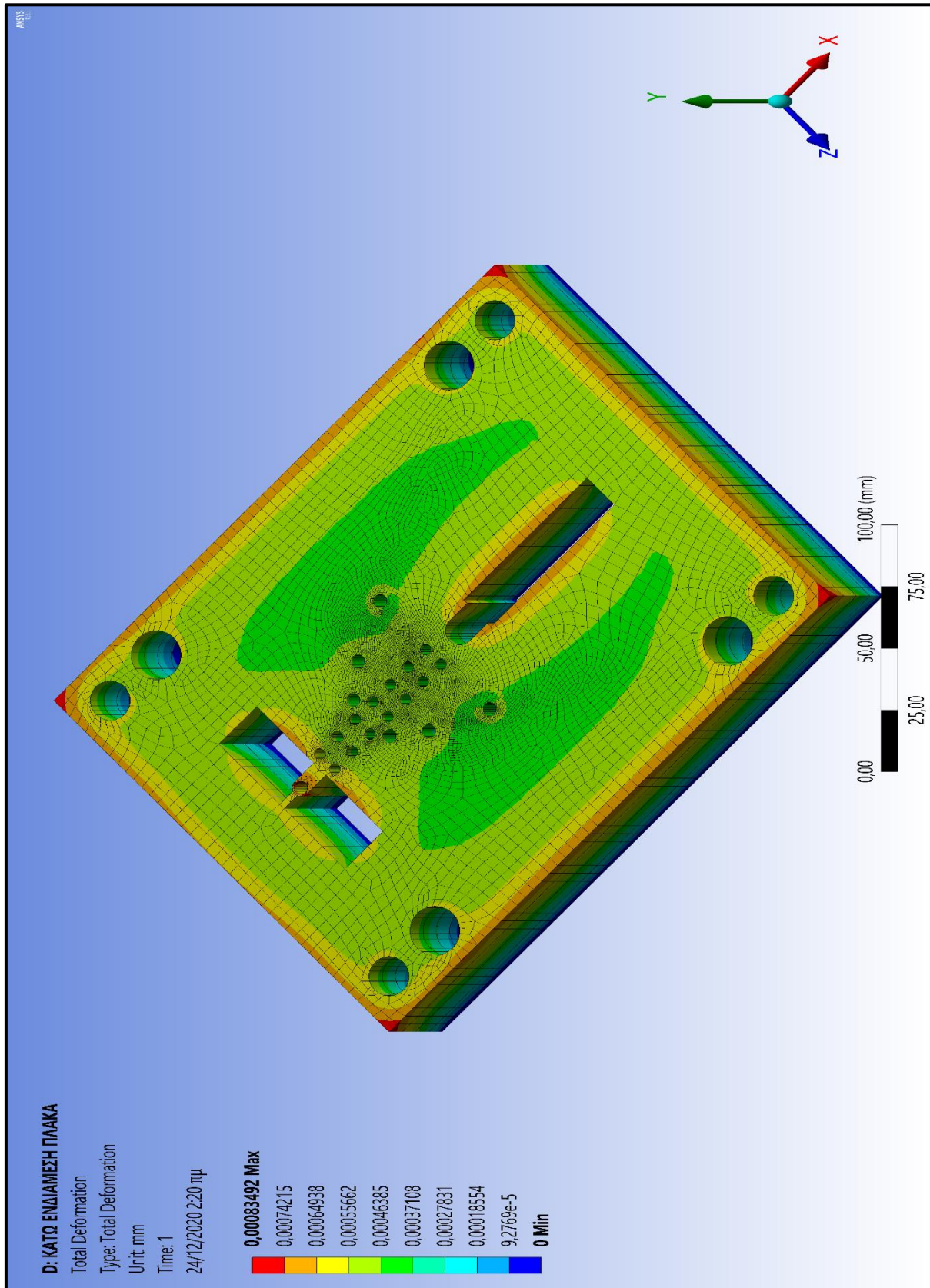
**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
250	15,666

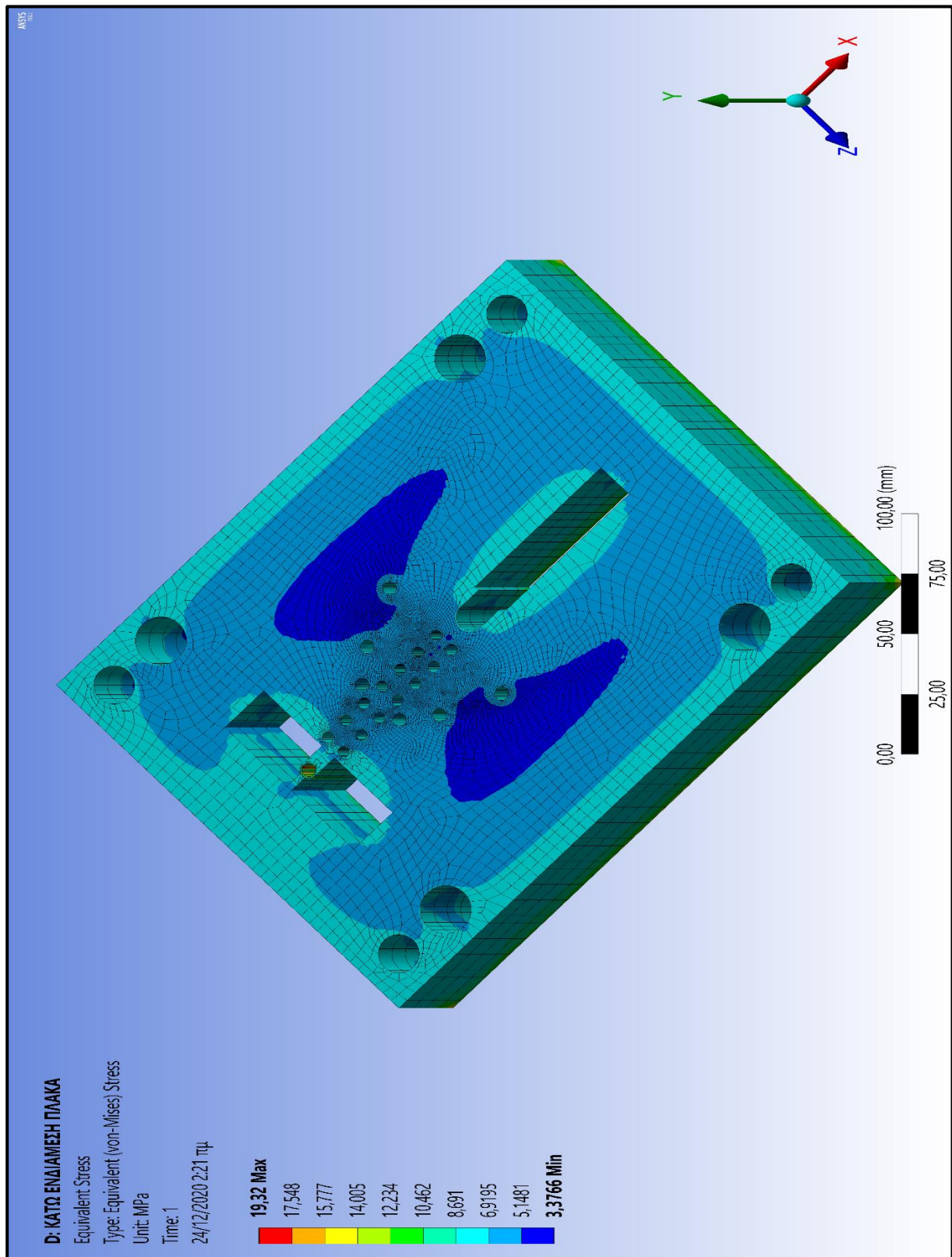
## 4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:





**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

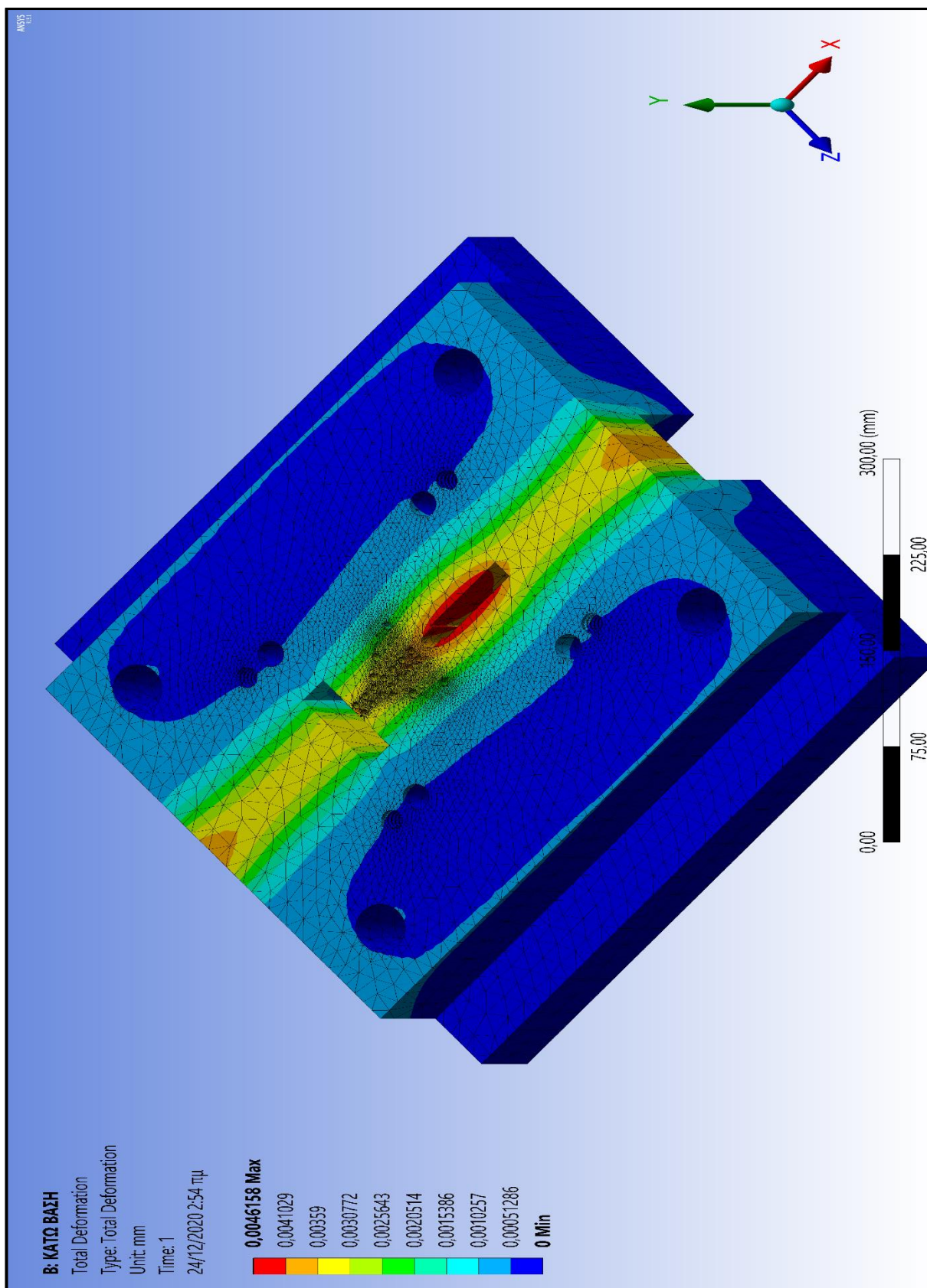


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
250	15,666

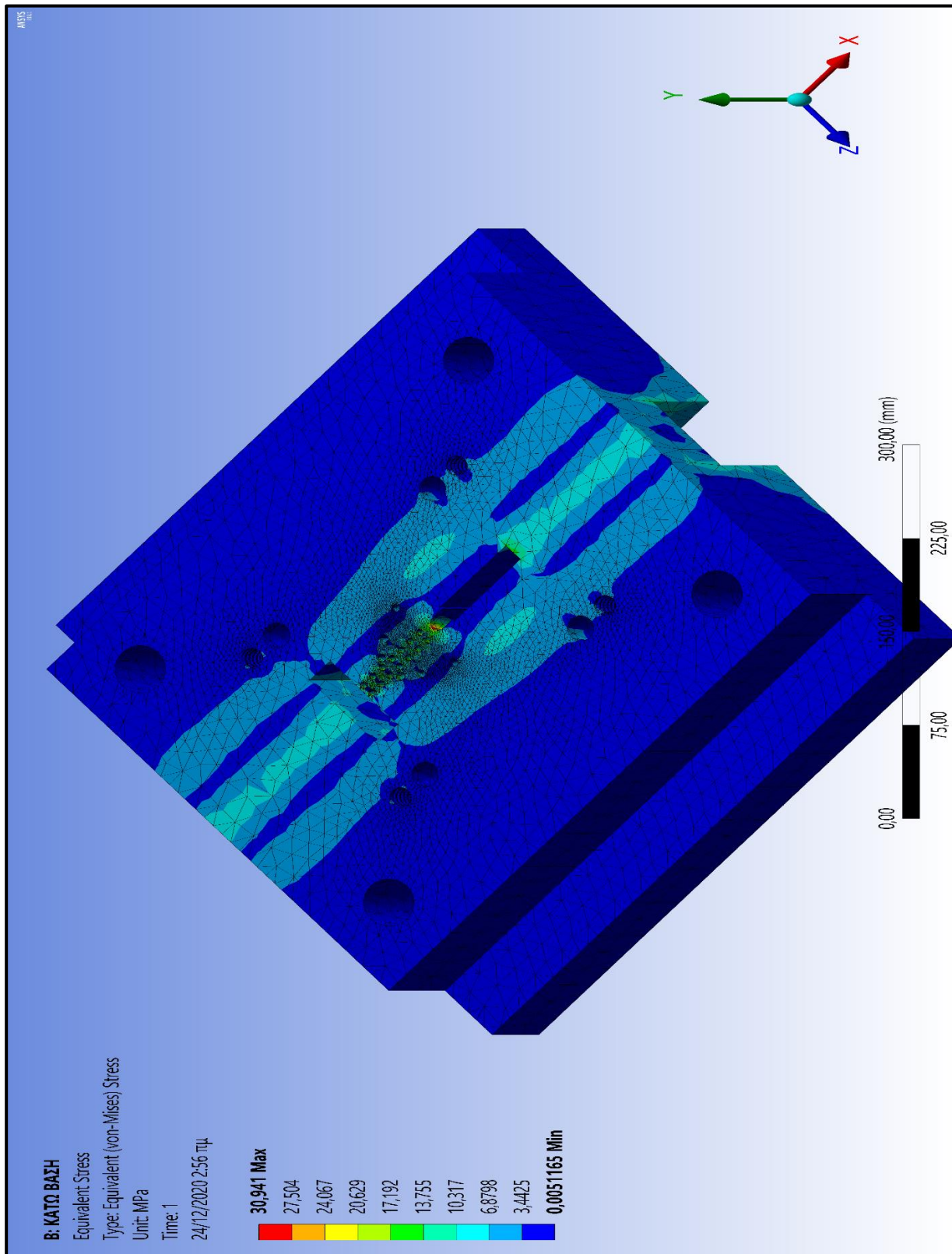


## 4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:



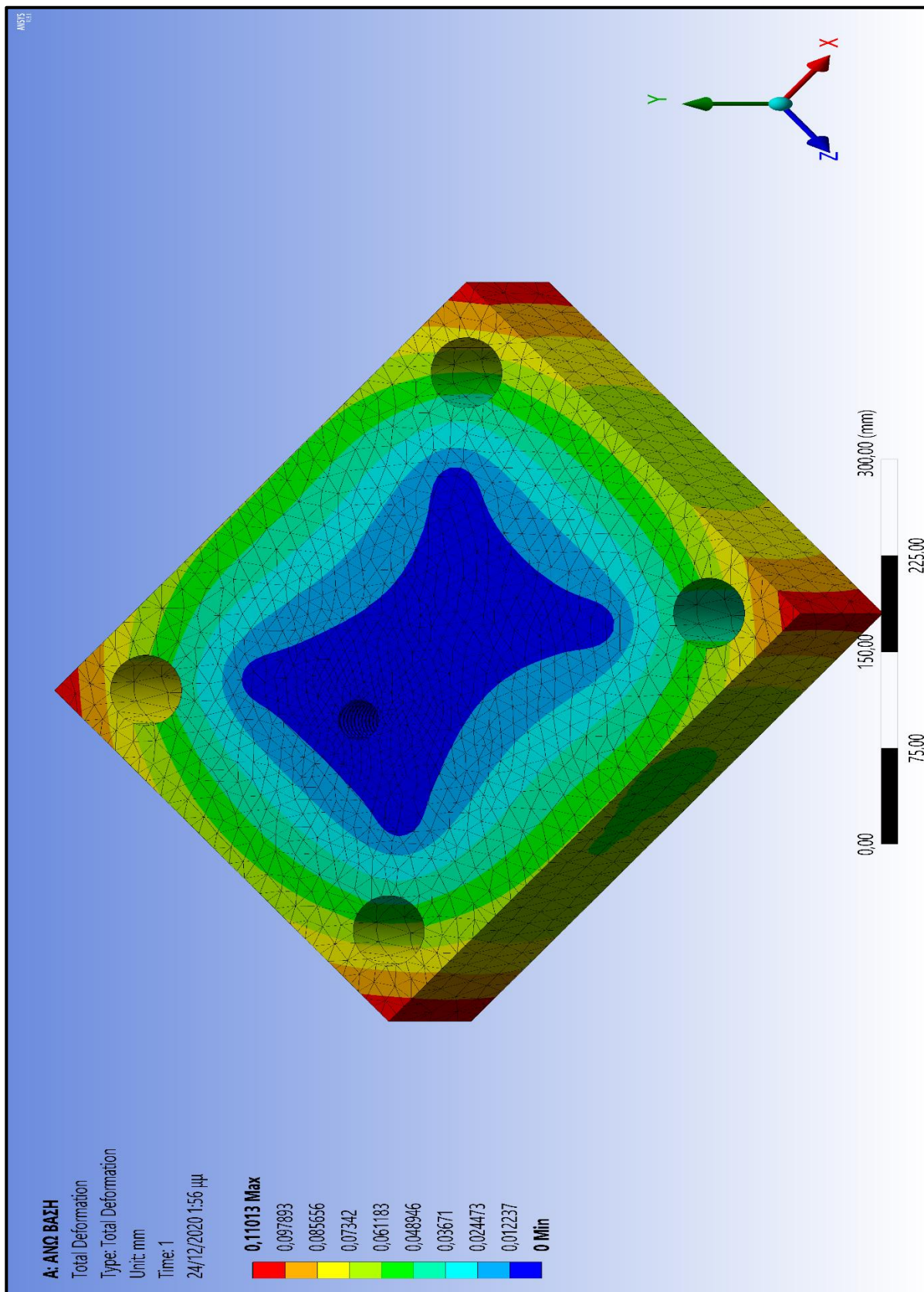
**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
225	30,941

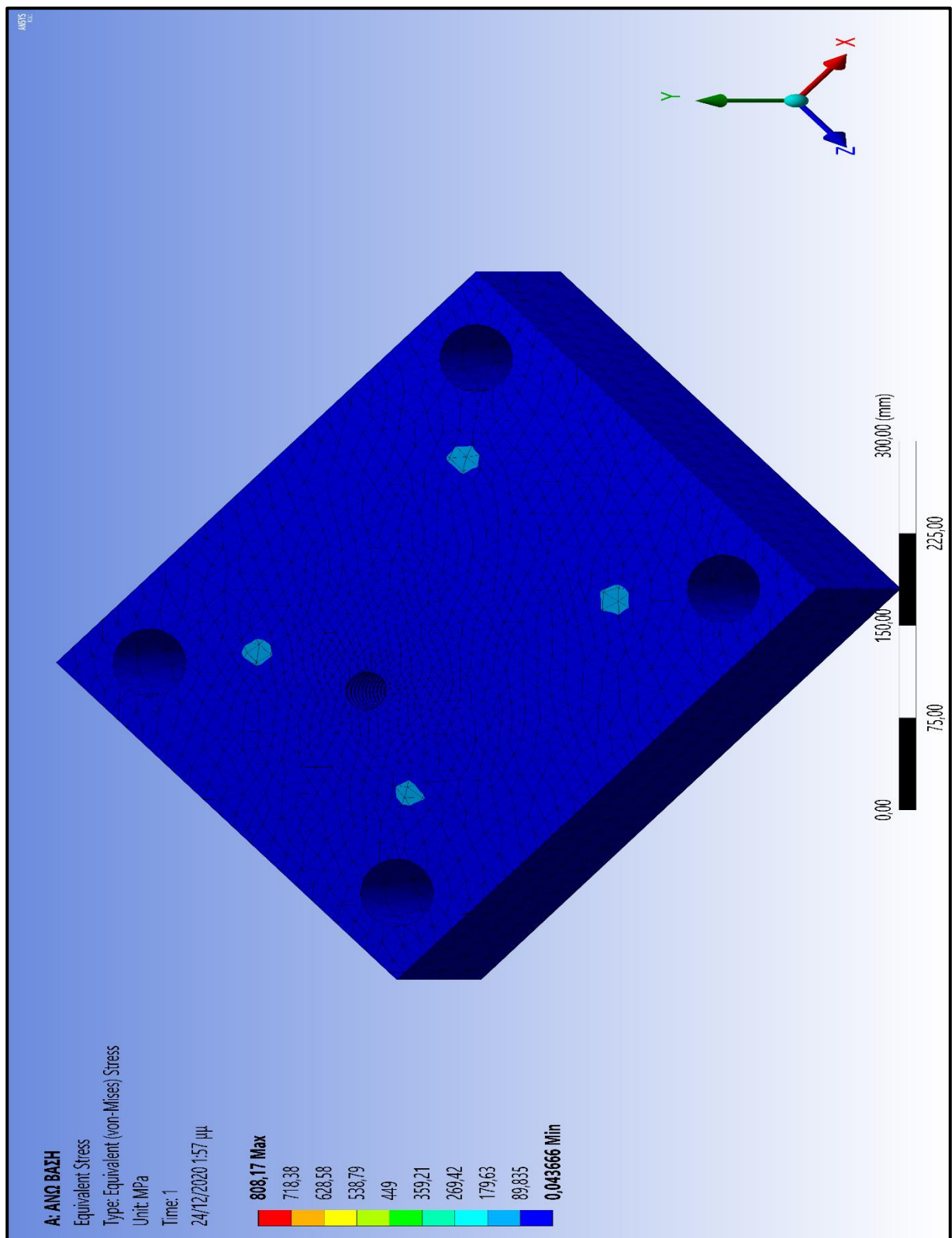
## 4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:





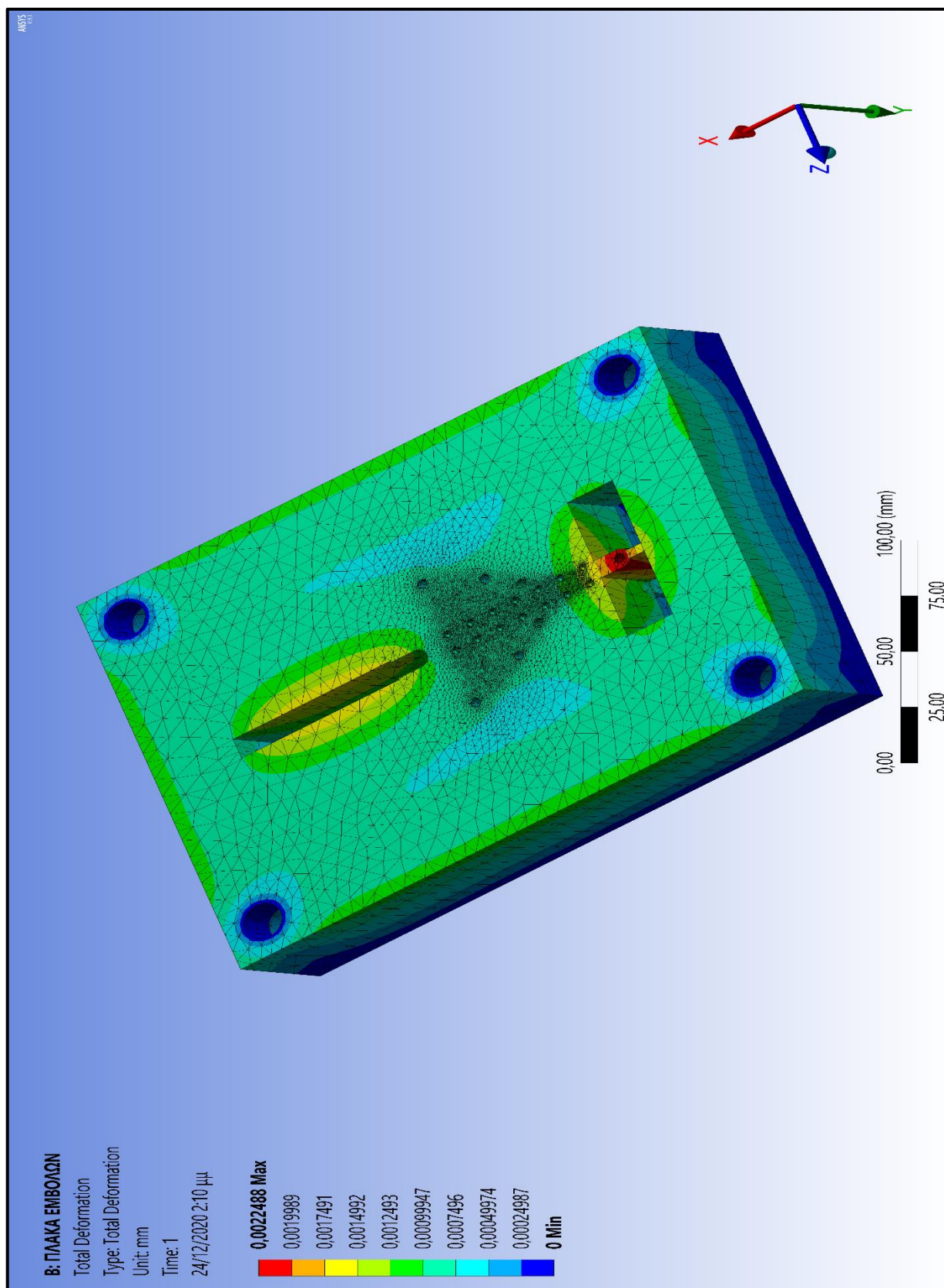
**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



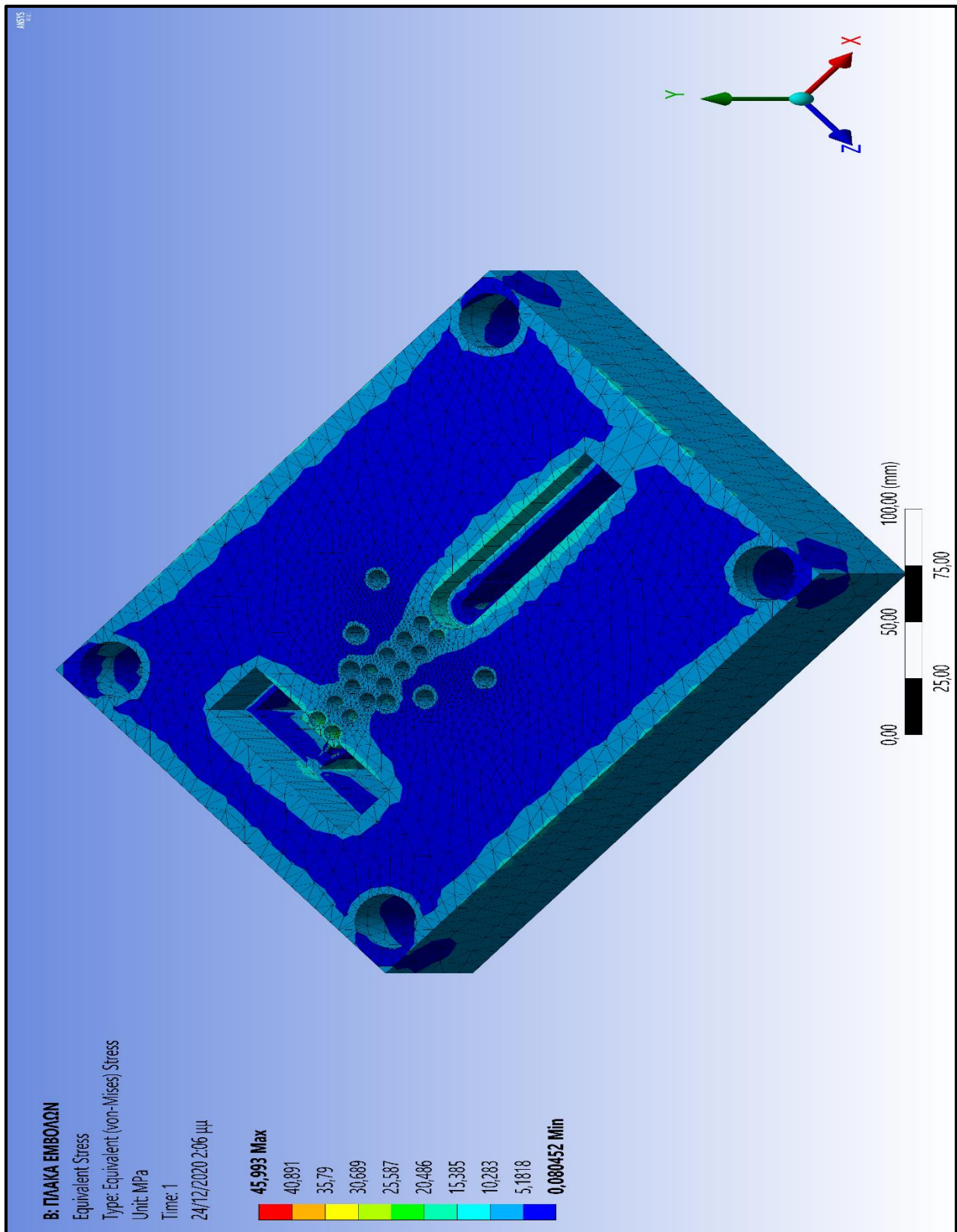
Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
225	180

## 4.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:



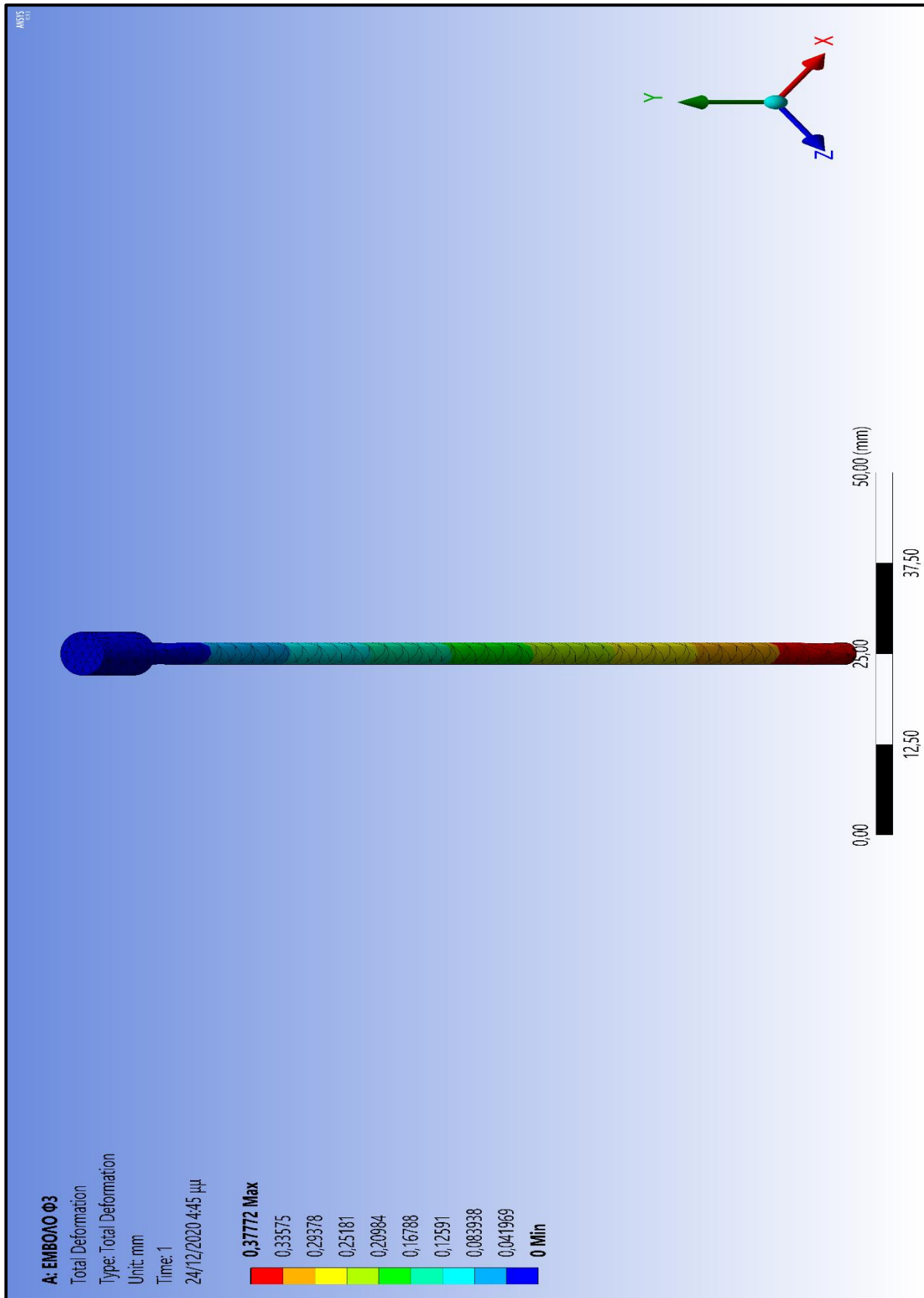
**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
250	45,993

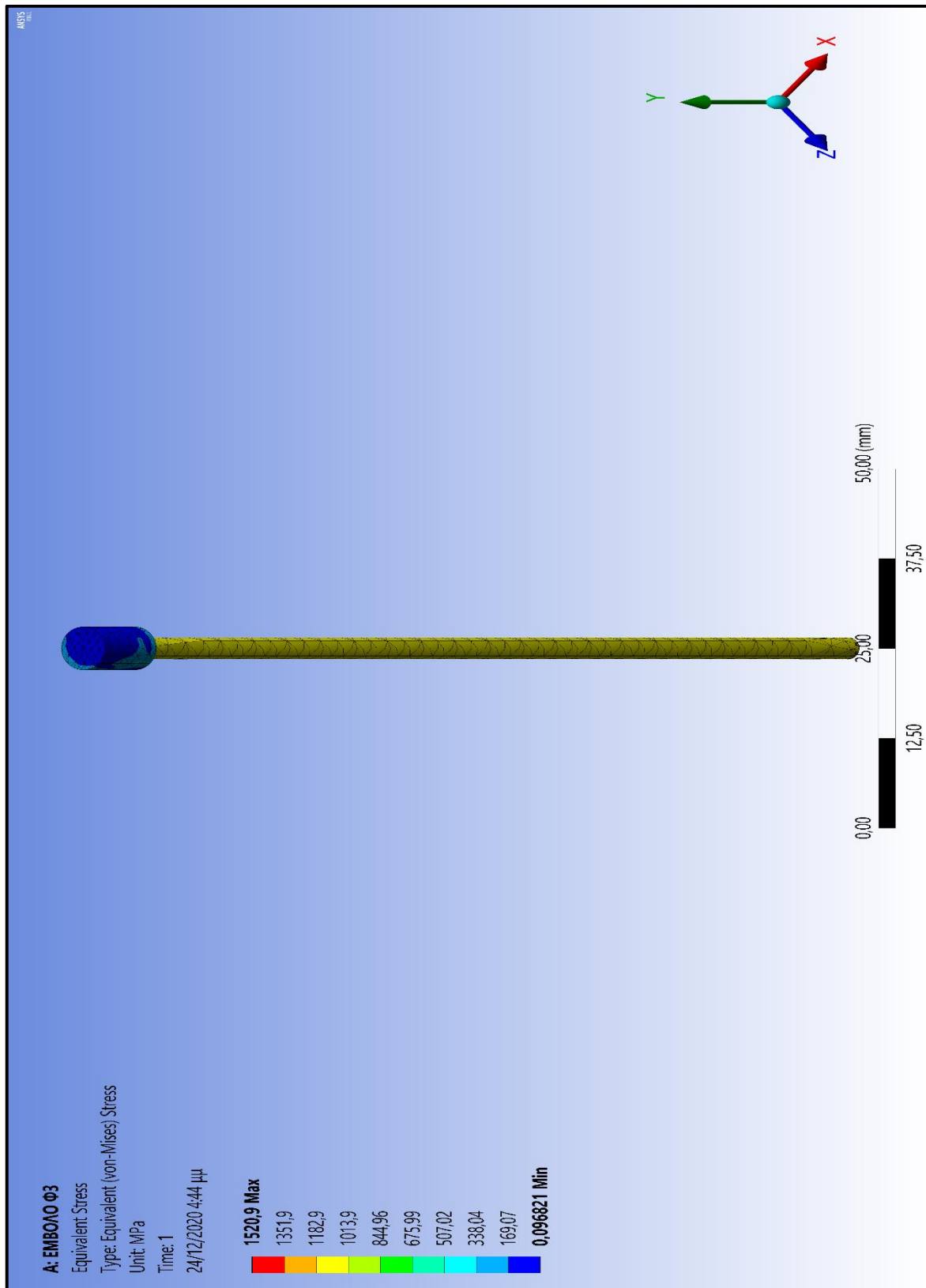
## 4.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΒΟΛΩΝ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:



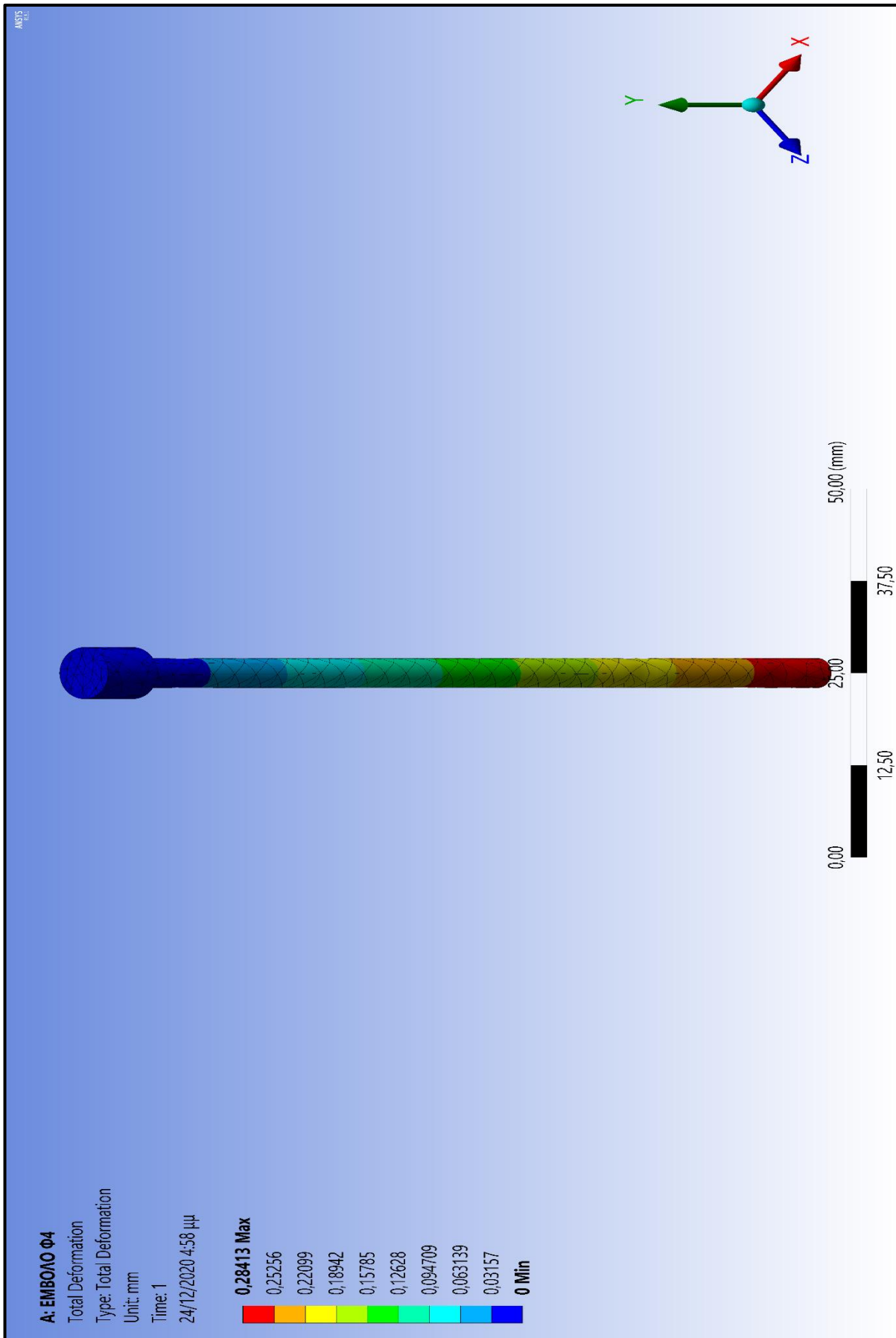


**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

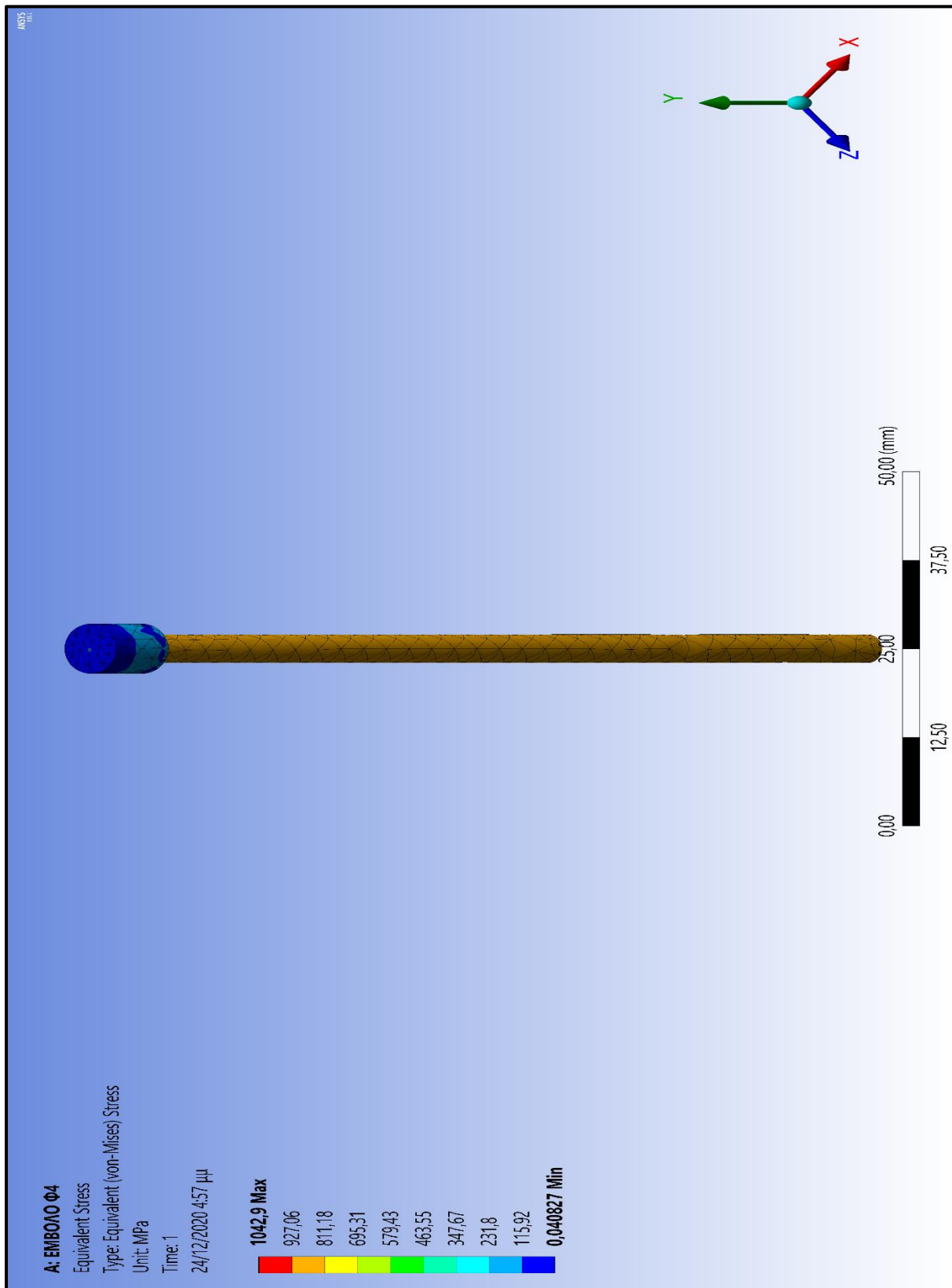


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
3.250	1.351,9

**ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:**

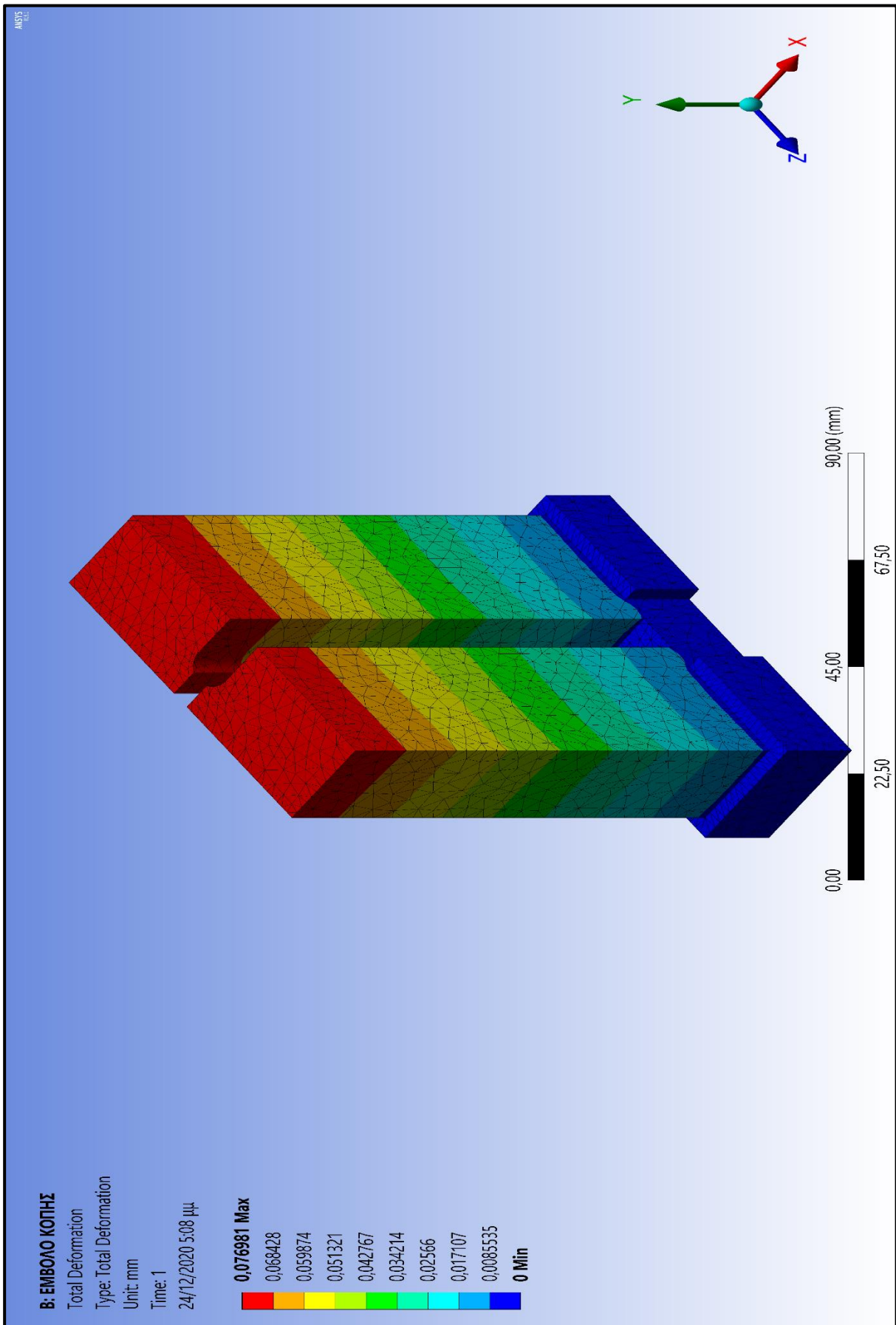


**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

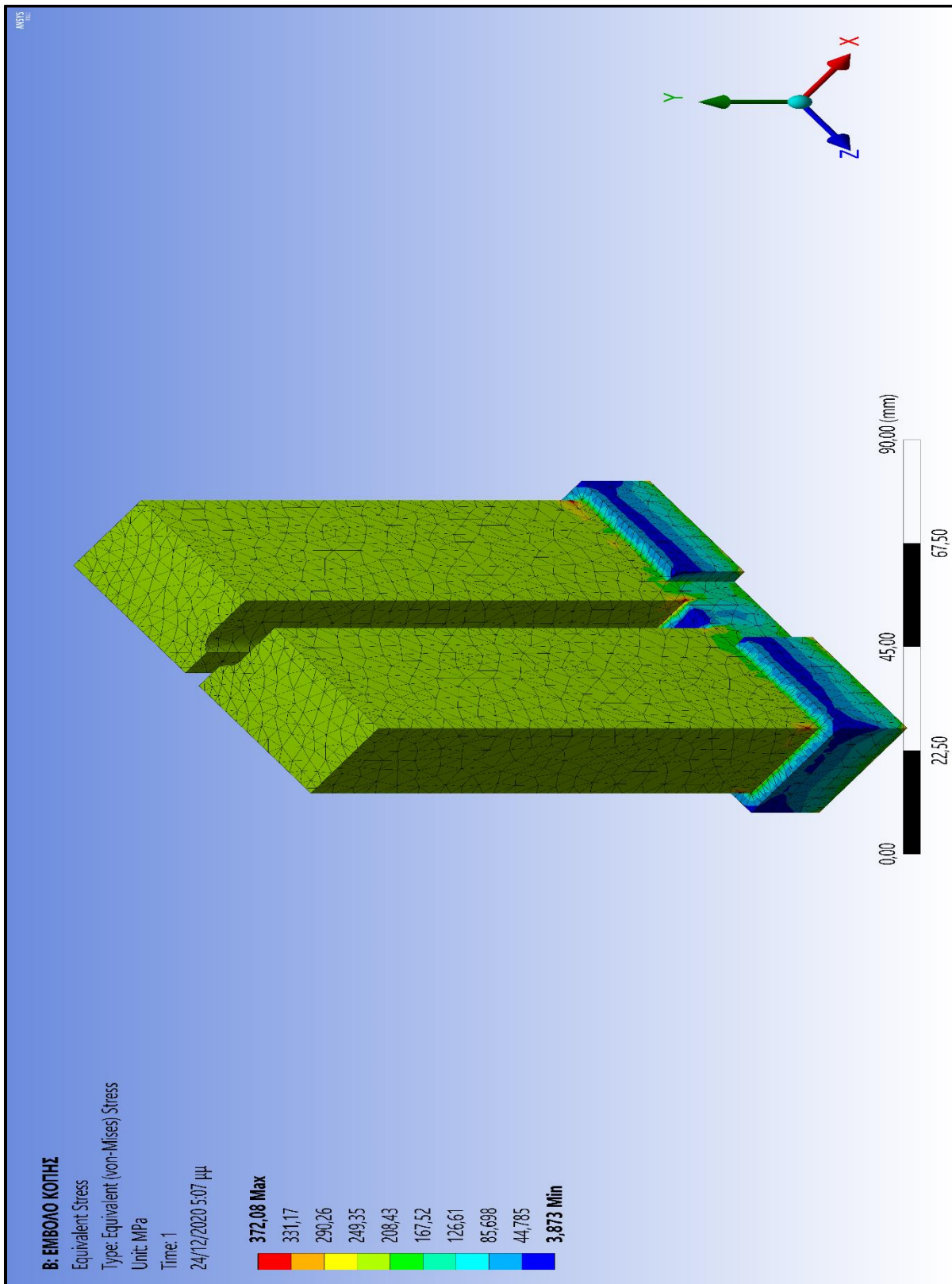


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
3.250	1.042,9

**ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:**

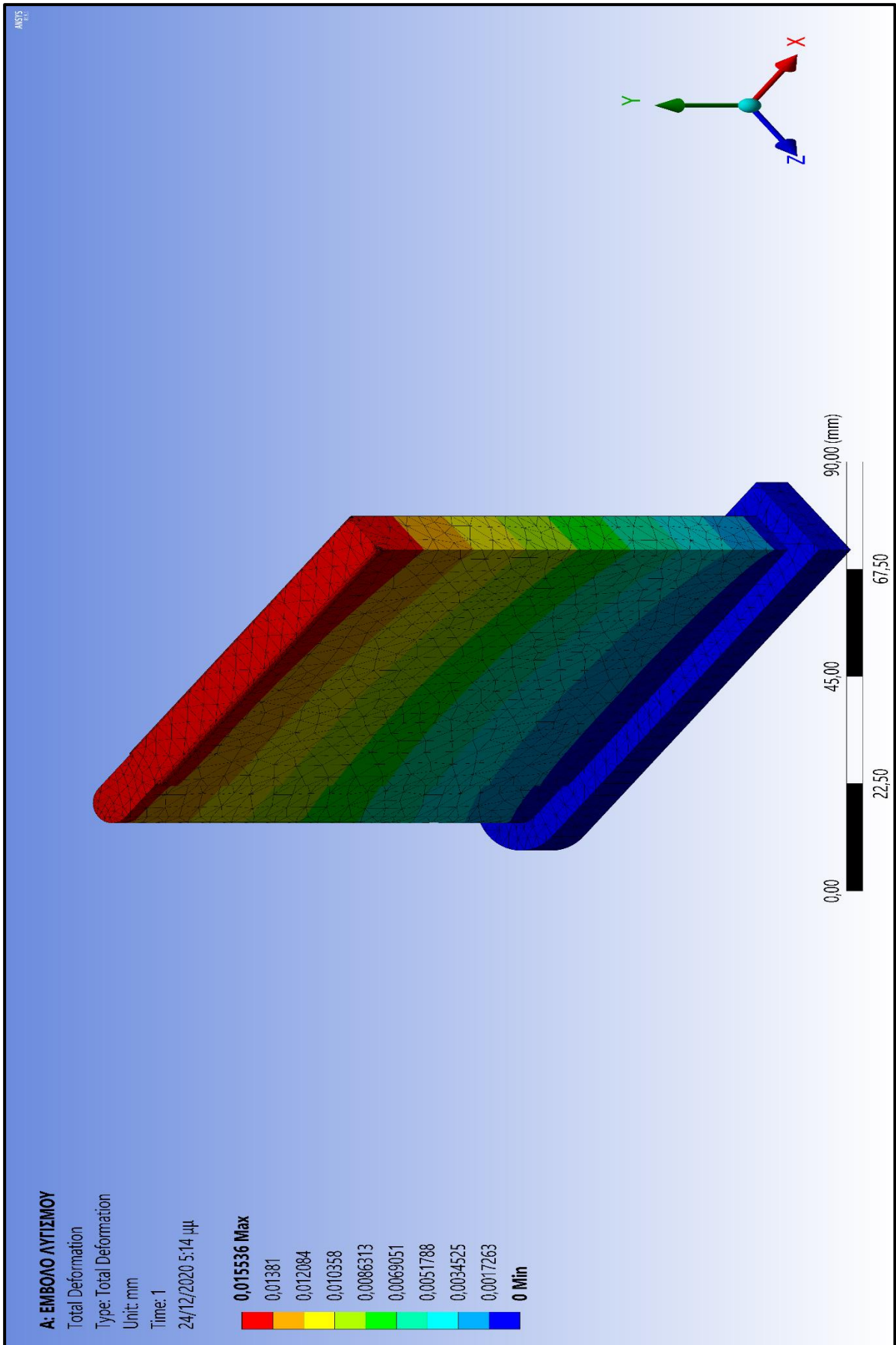


**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

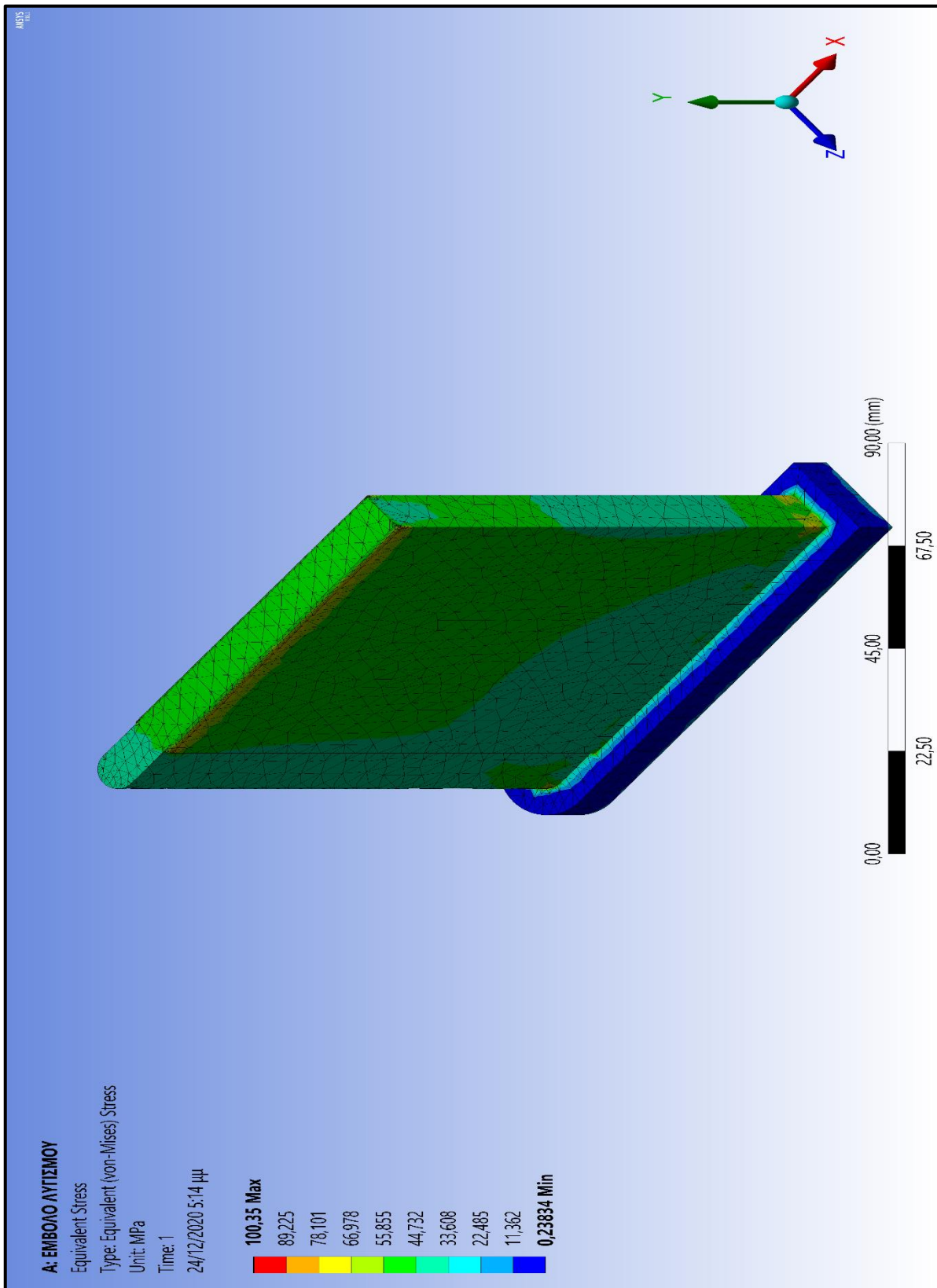


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
3.250	372,08

**ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:**



**ΤΑΣΗ VON-MISES :**

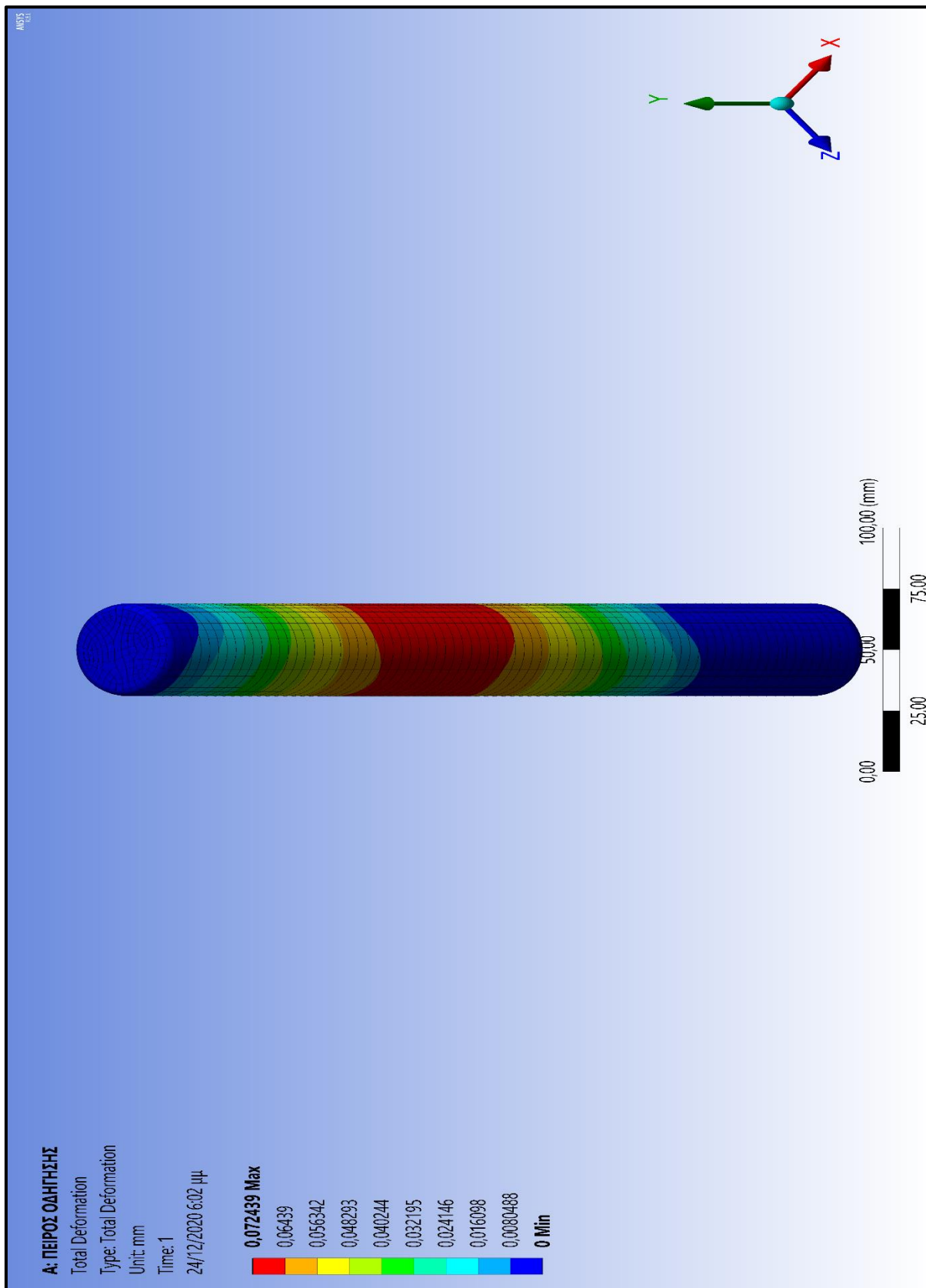


Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
3.250	100,35



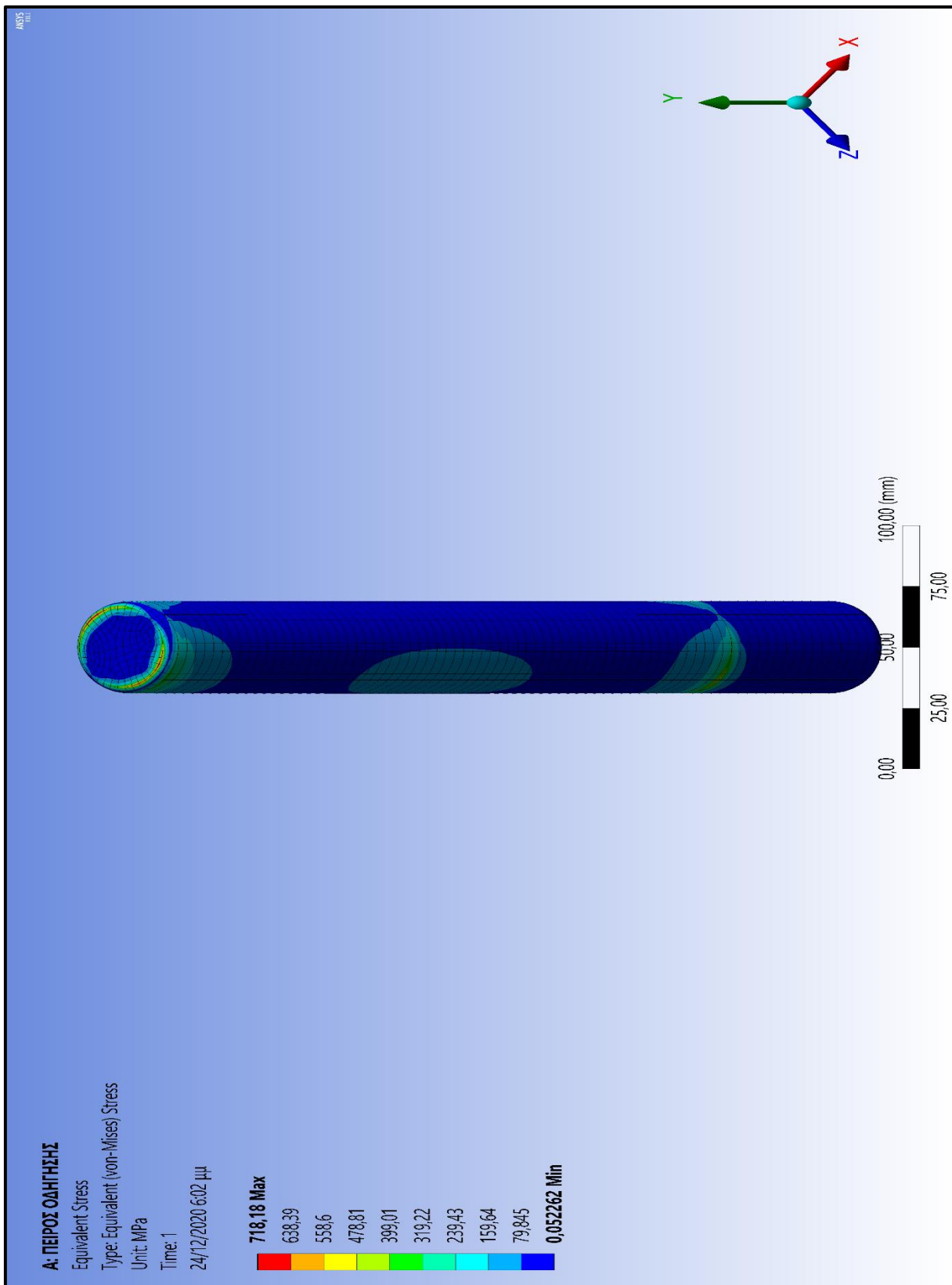
## 4.10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΩΝ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ:





**ΤΑΣΗ VON-MISES :**



Όριο διαρροής $S_y$ [MPa]	$\sigma_{max}$ [MPa]
1.390	718,18

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ SolidCAM

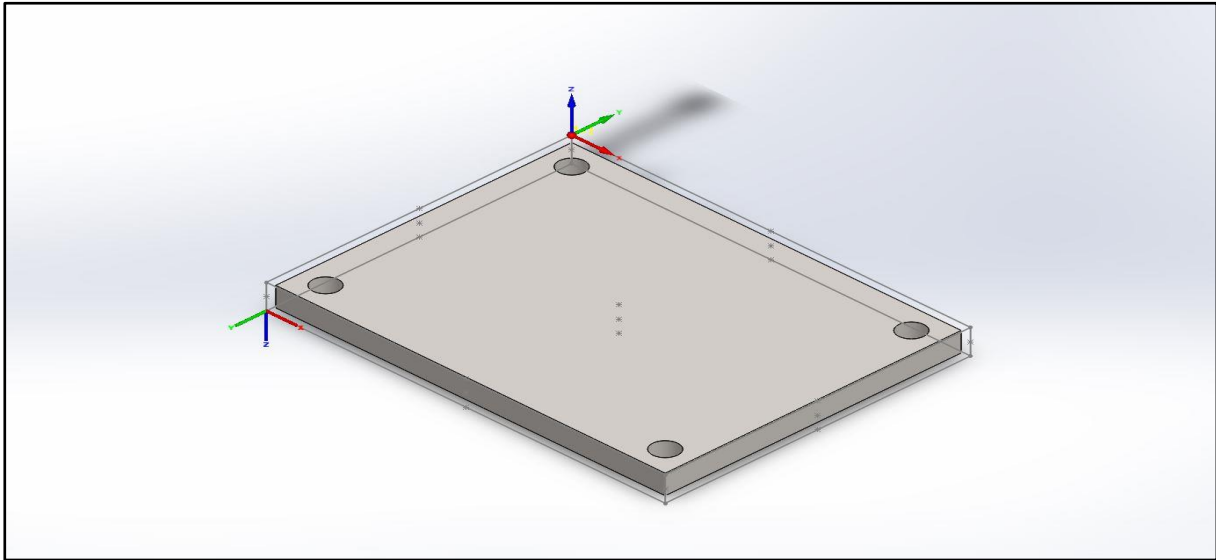


## 5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

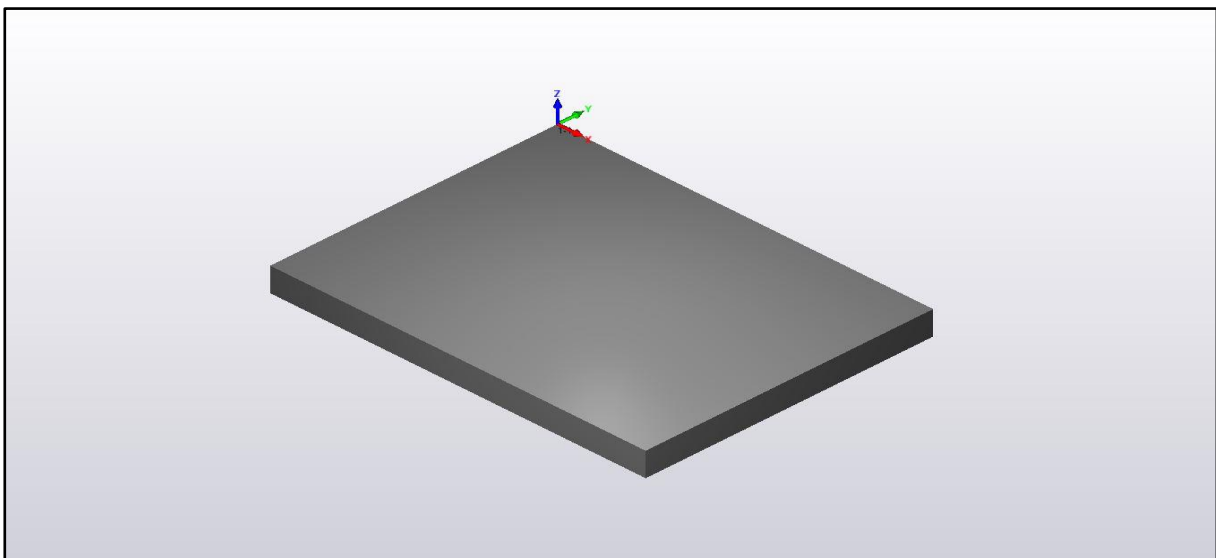
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της άνω ενδιάμεσης πλάκας.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
250x190x15	260x200x20



Εικόνα 30. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 31. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

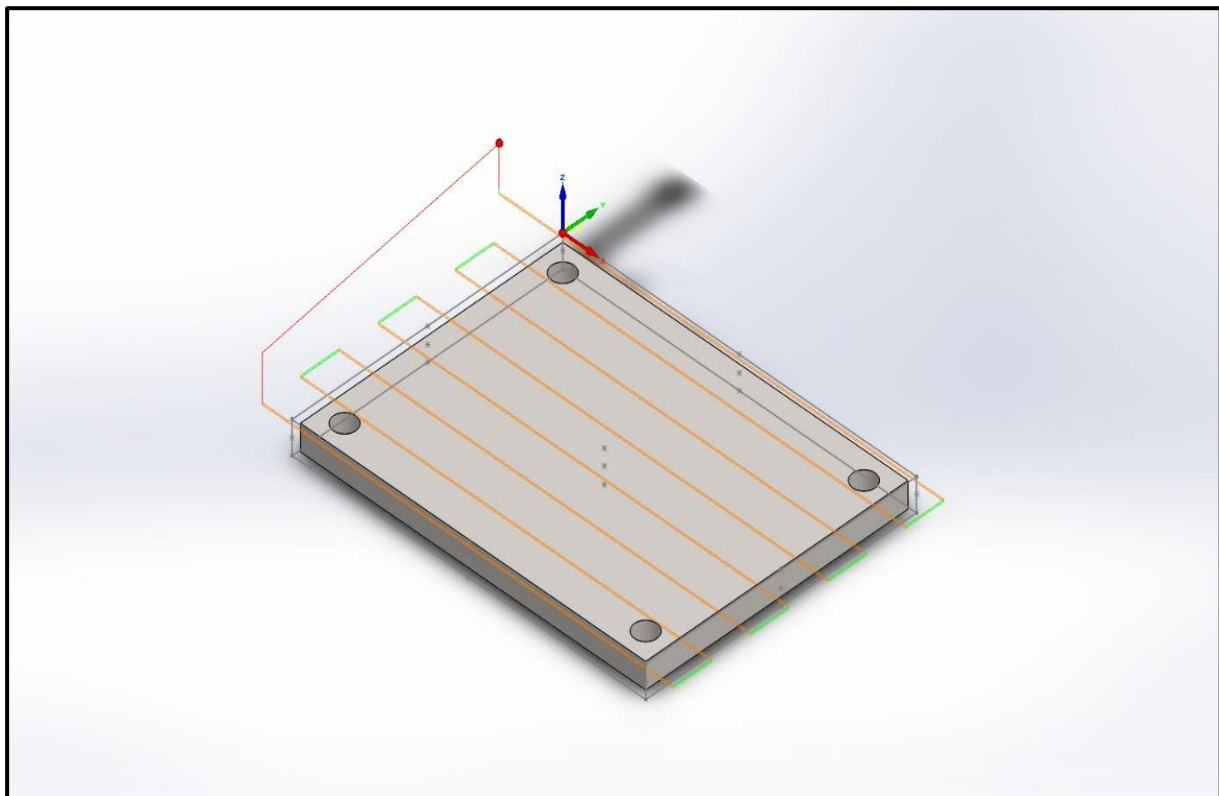
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

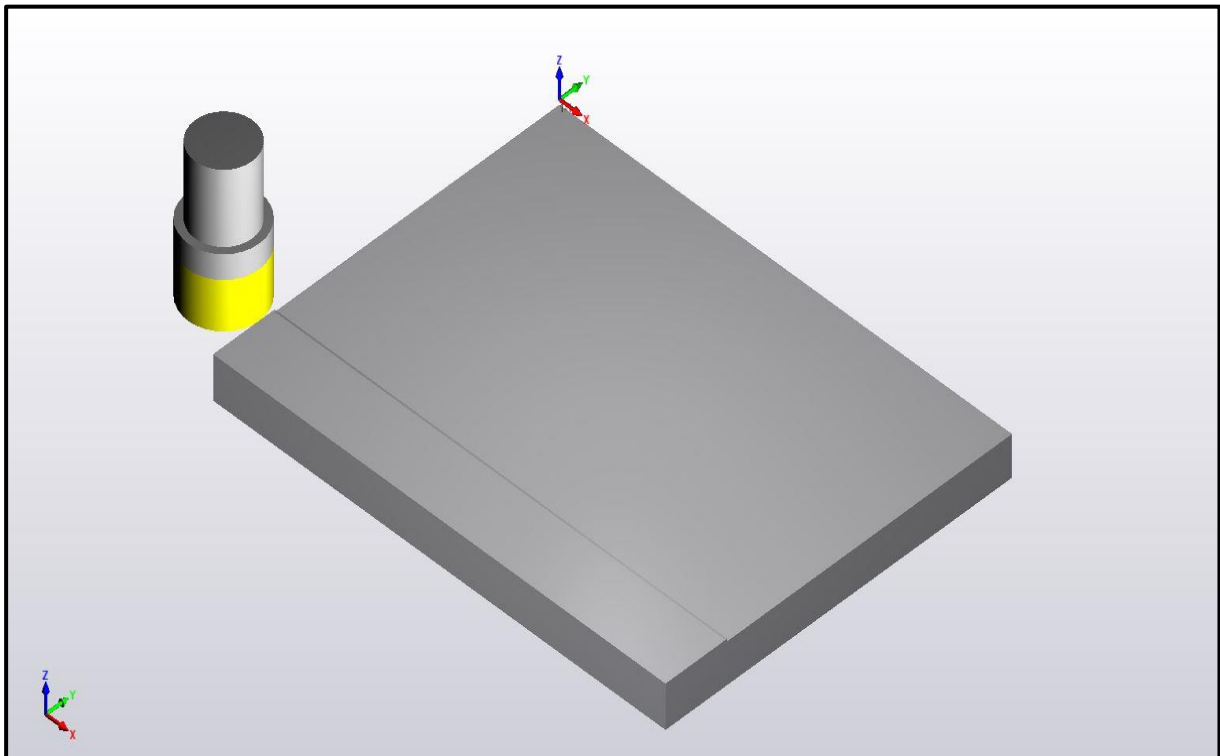
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



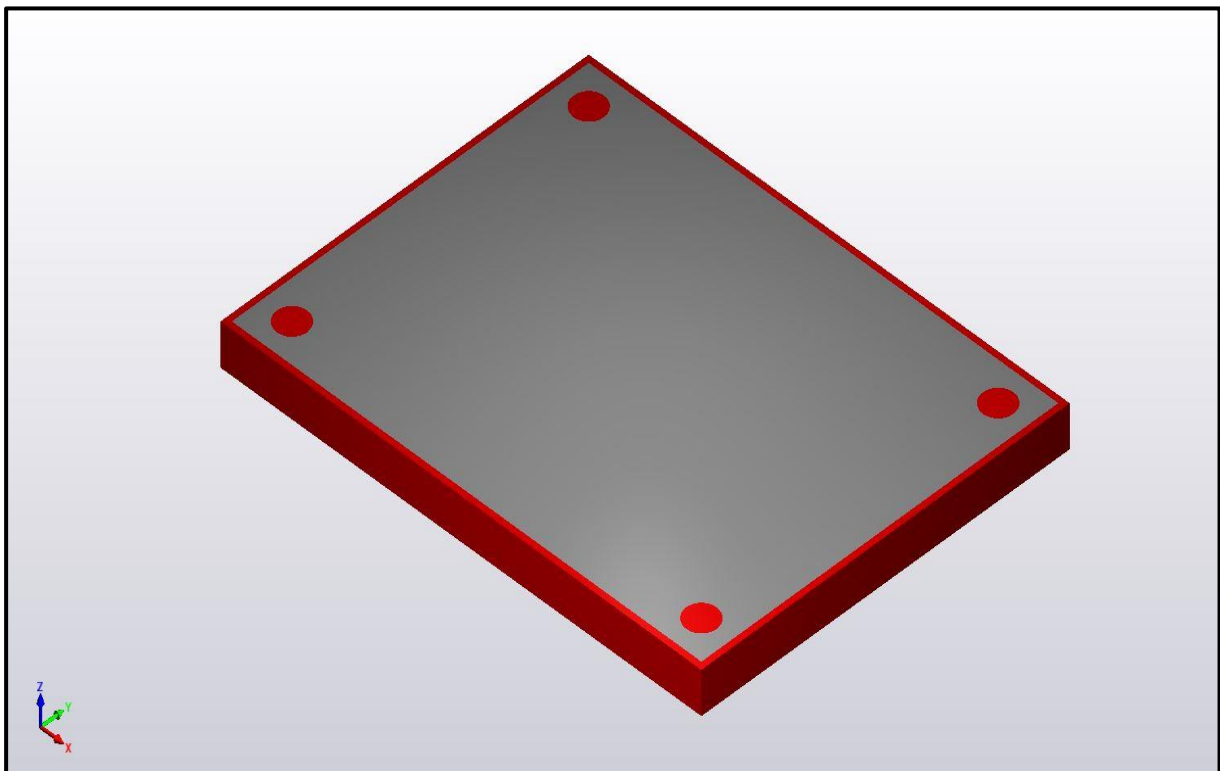
**Πίνακας 24. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



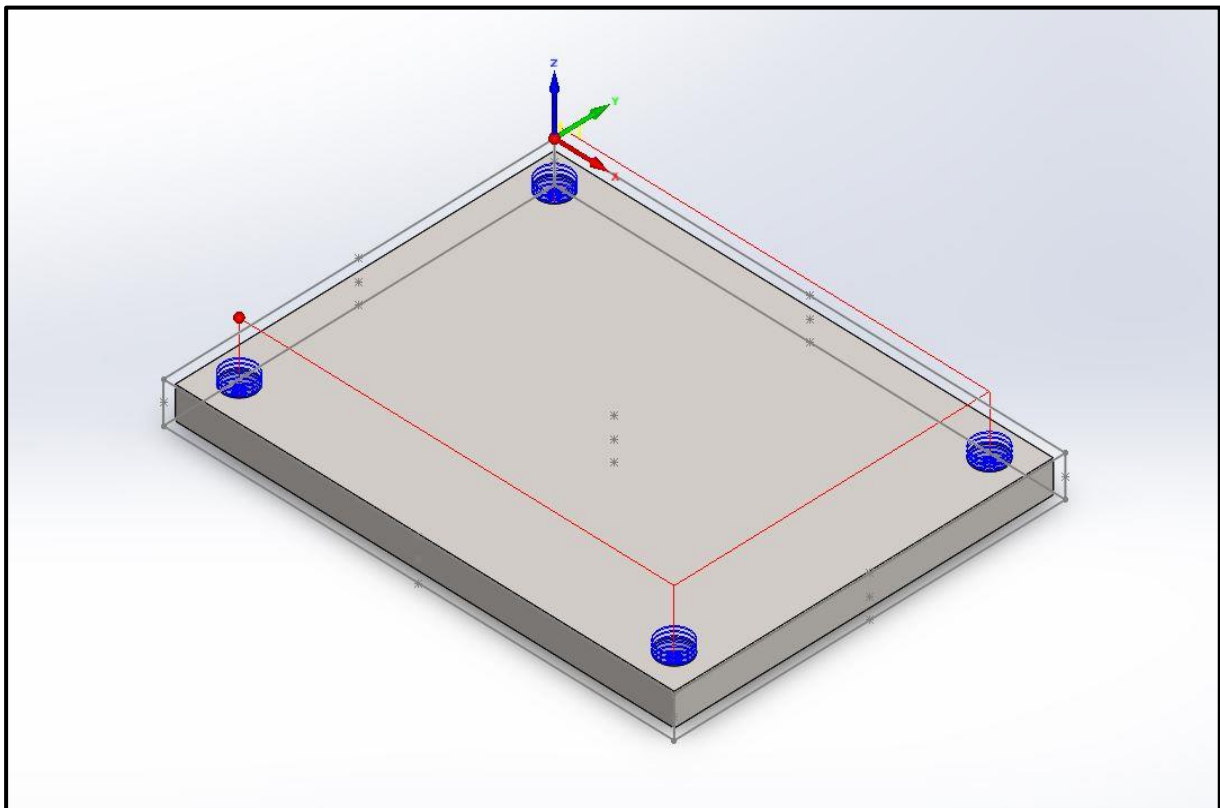
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø16:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	16

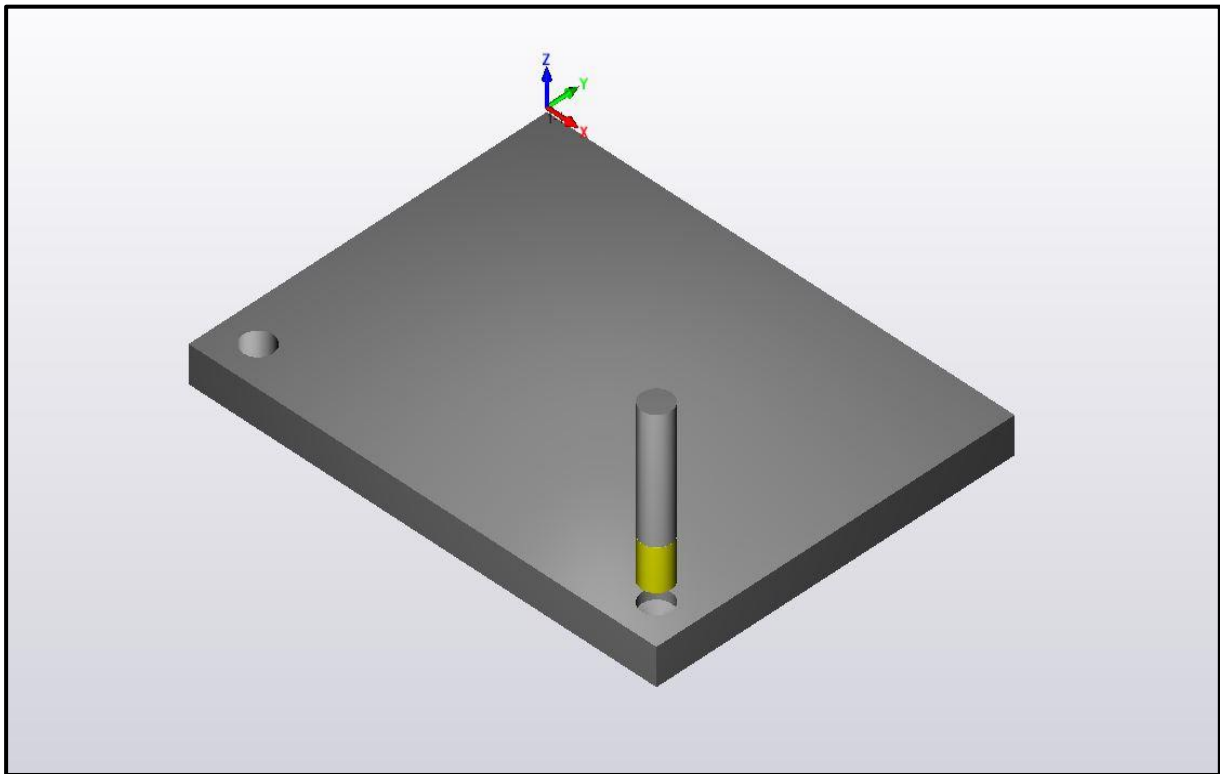
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



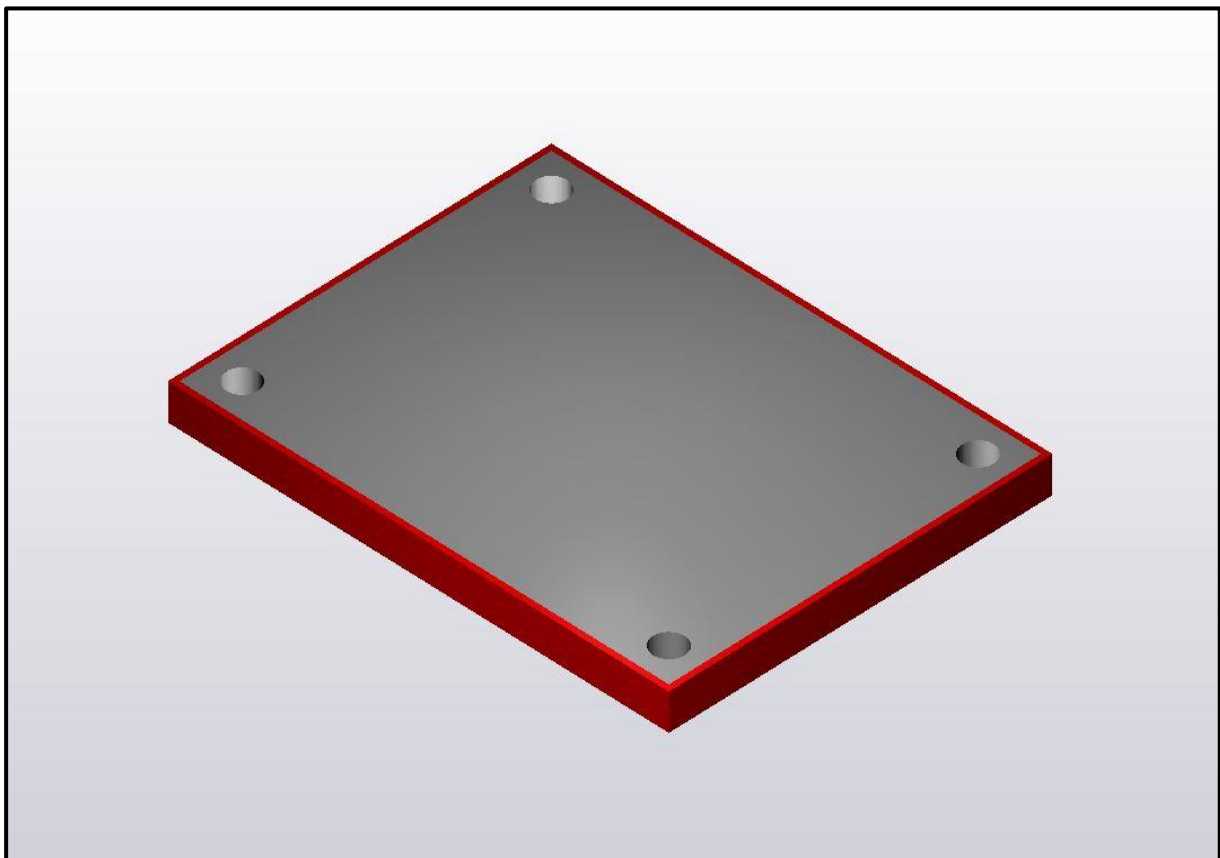
**Πίνακας 25.Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>580</b>	<b>163</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

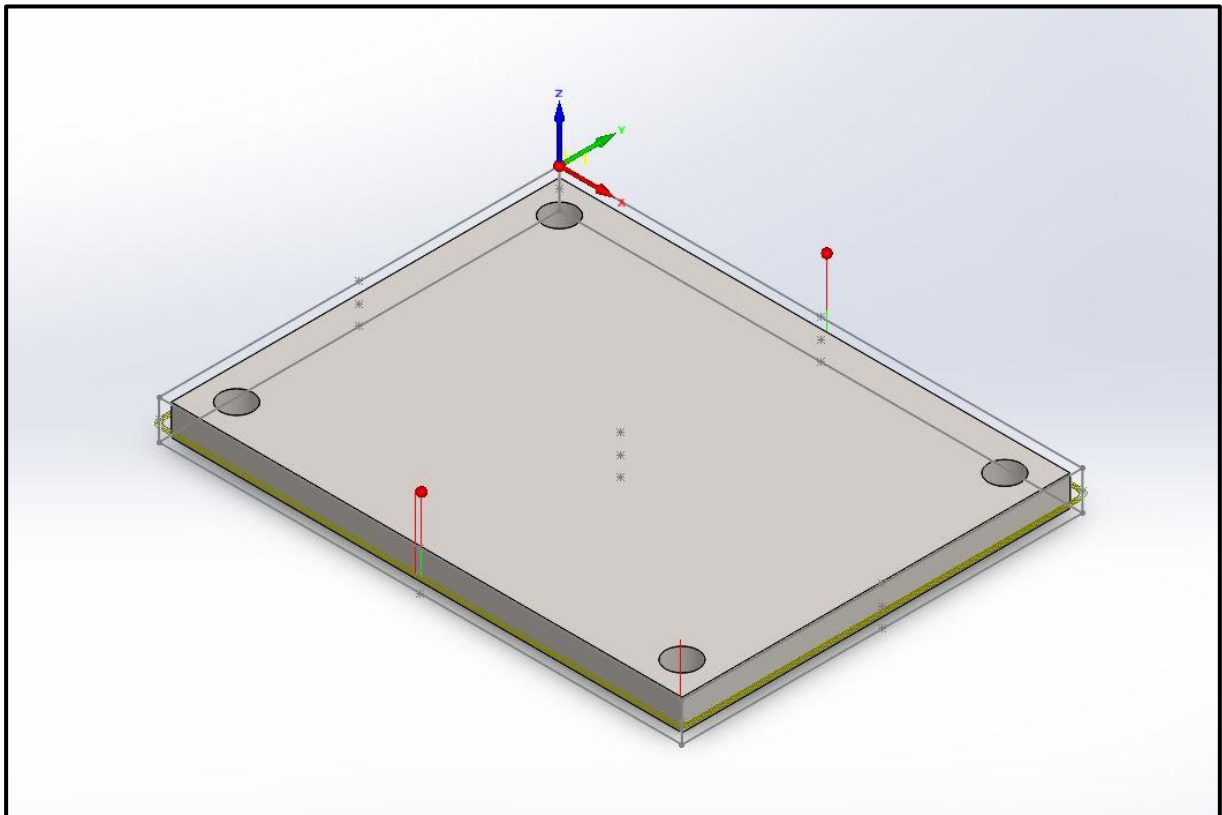




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

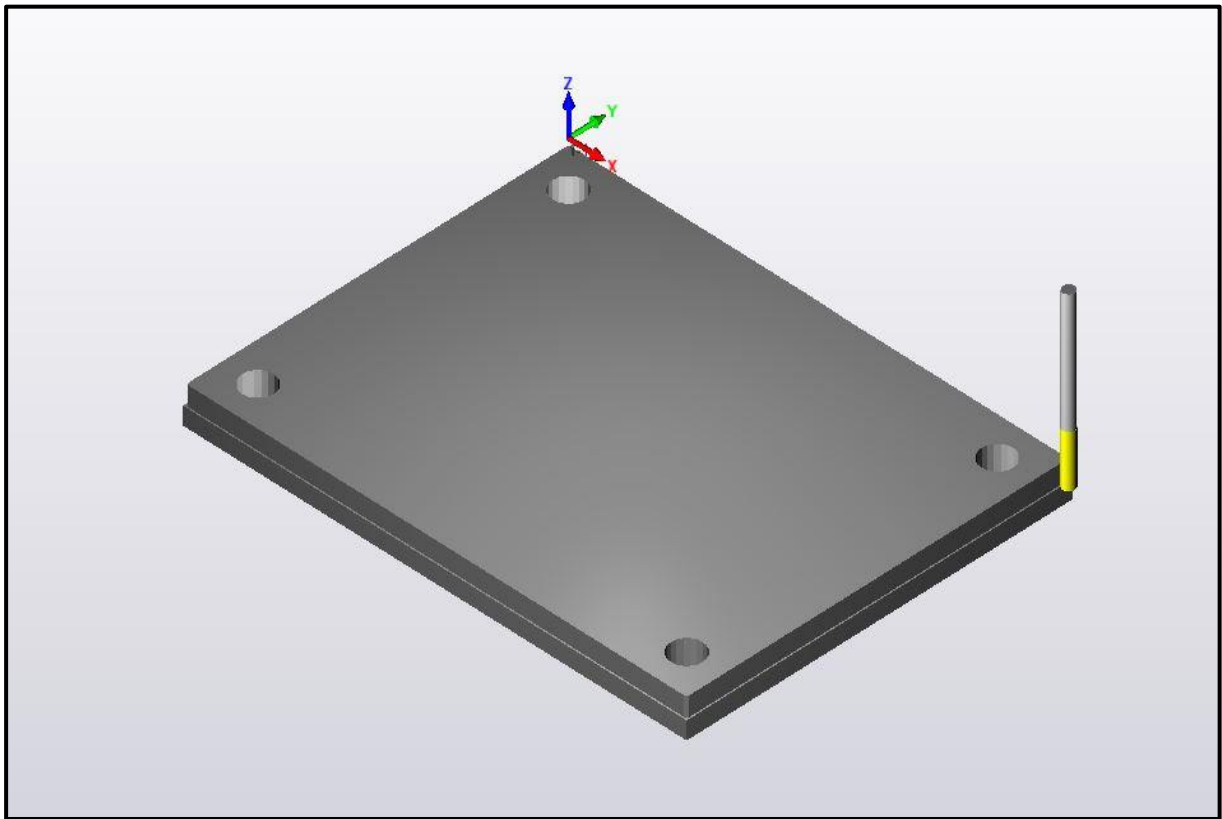
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



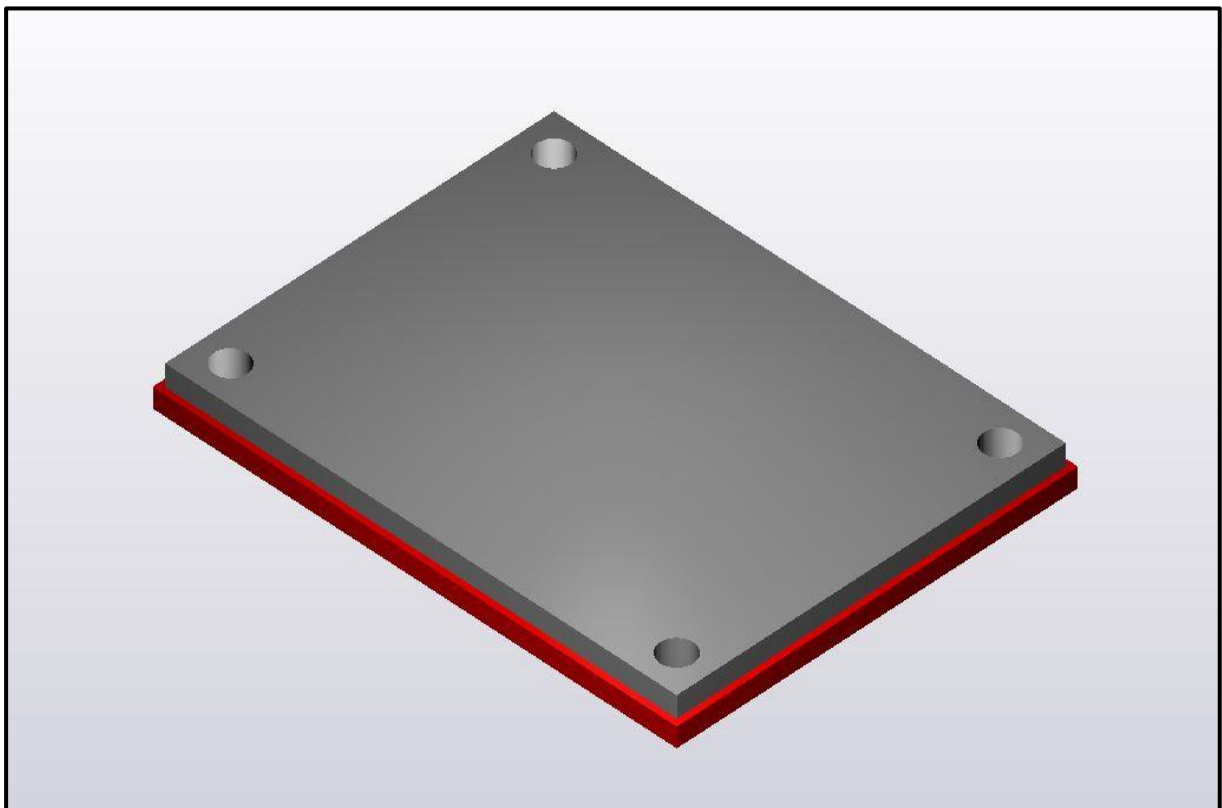
**Πίνακας 26. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.830</b>	<b>360</b>	<b>13,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



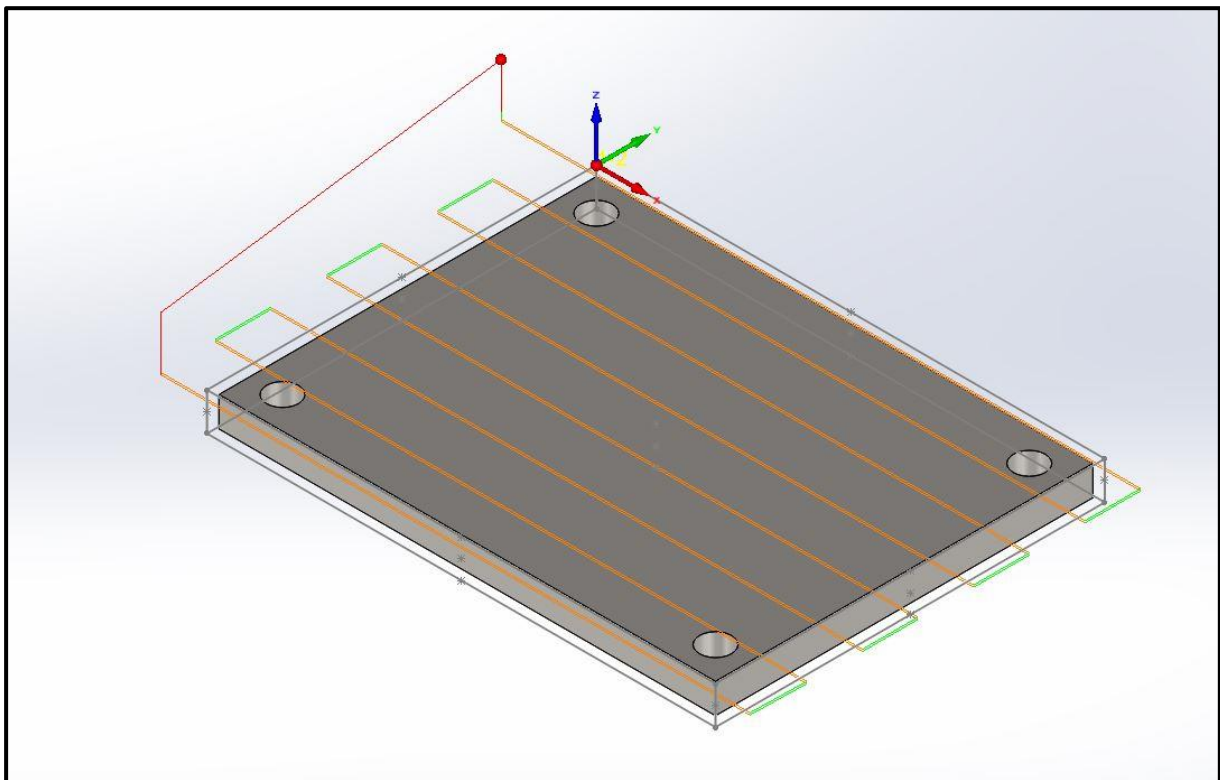
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

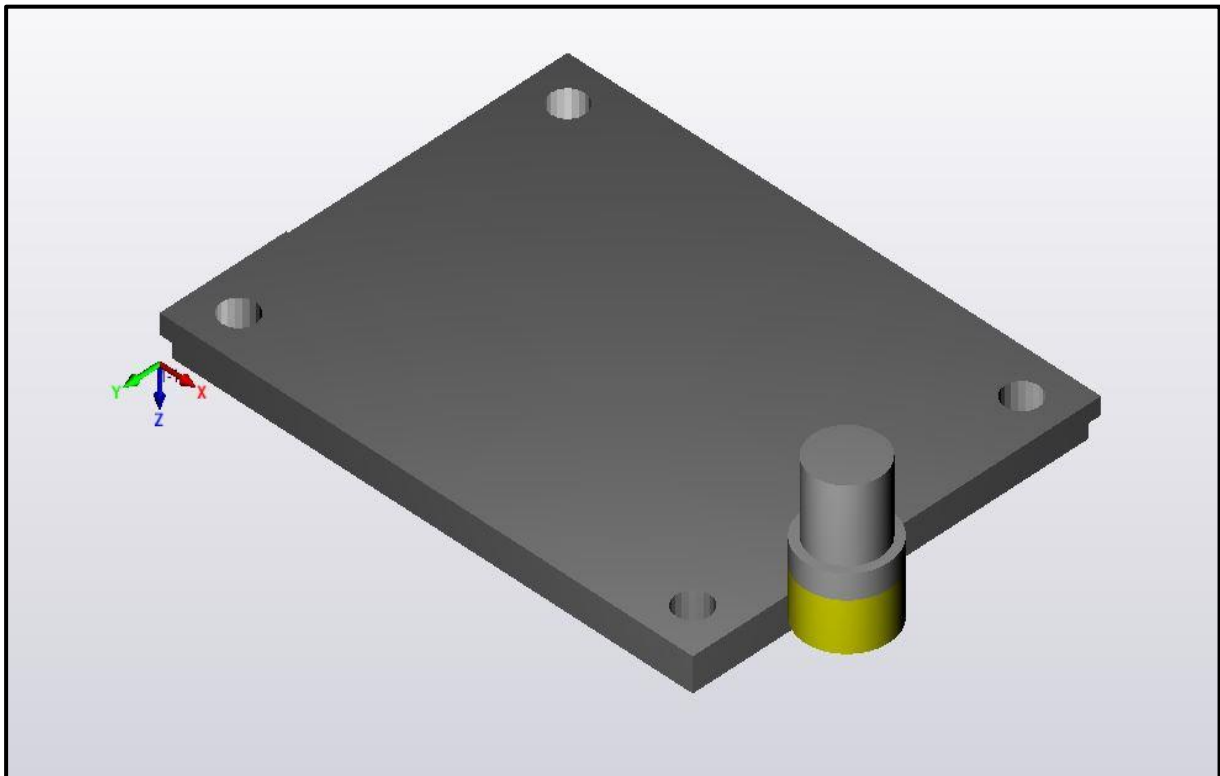
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



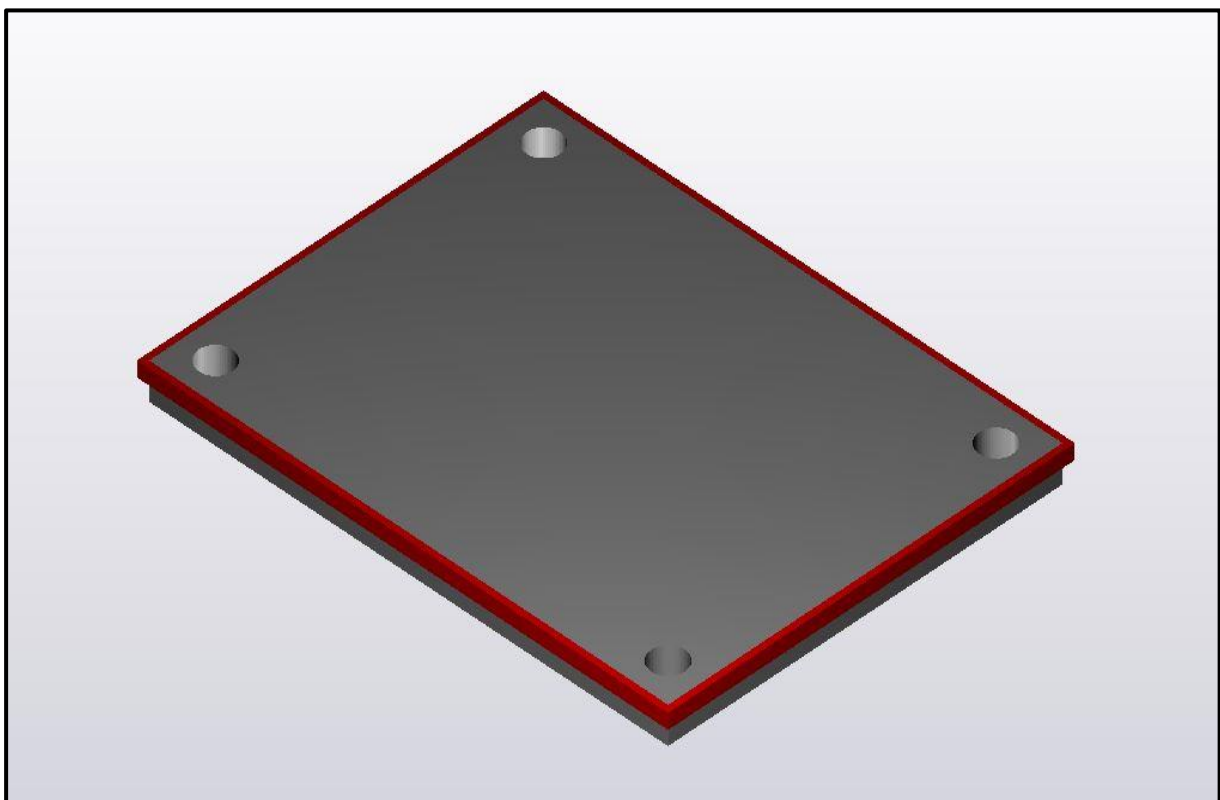
**Πίνακας 27. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



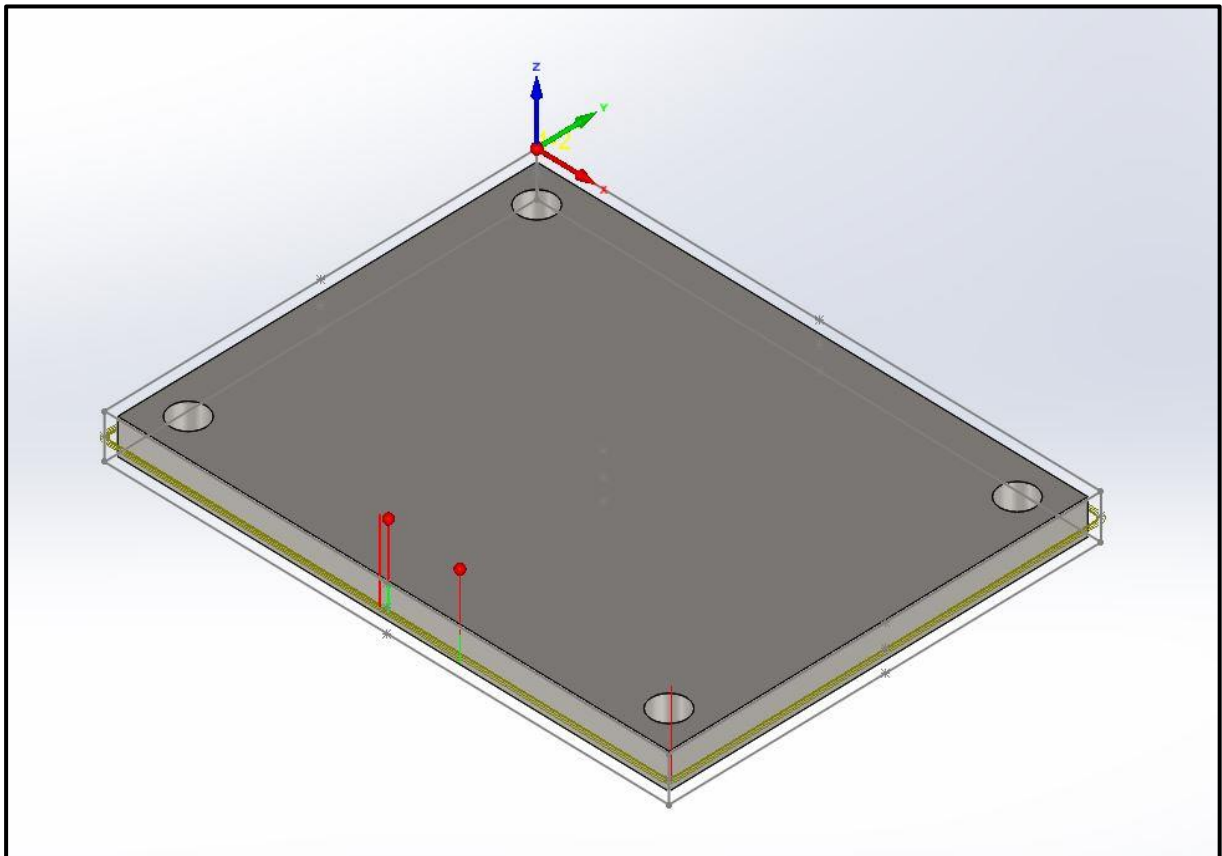
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

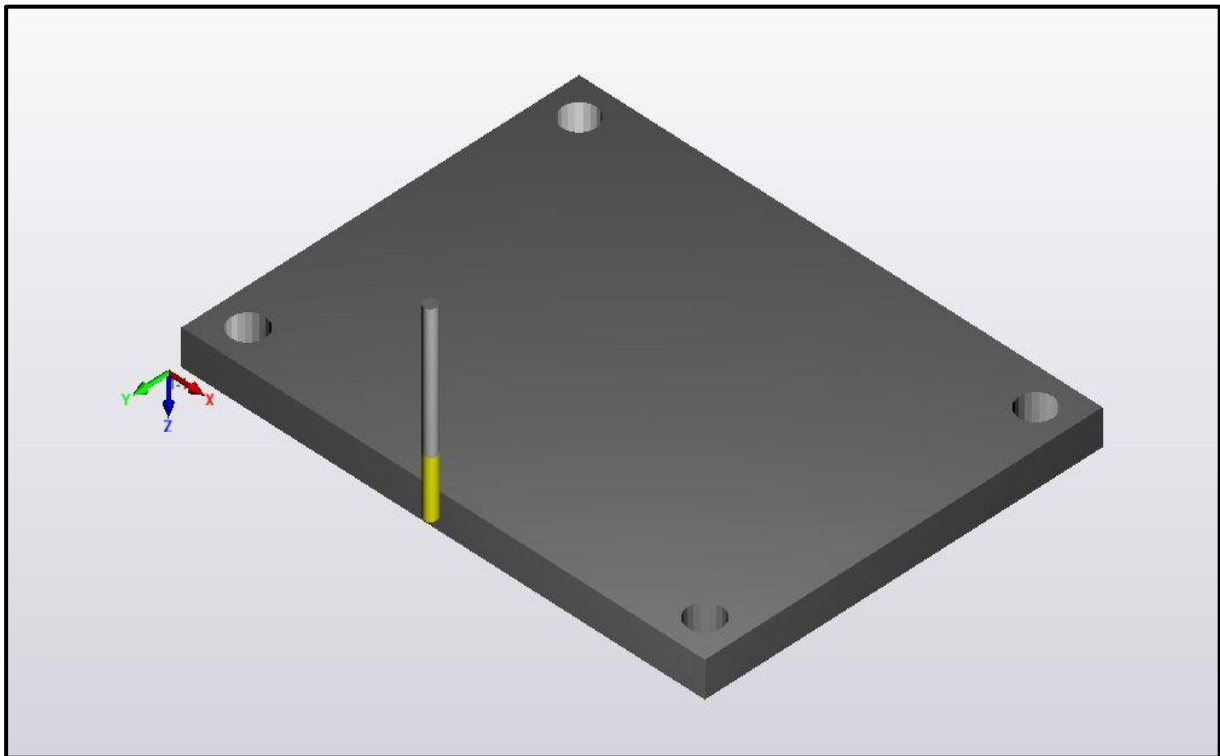
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



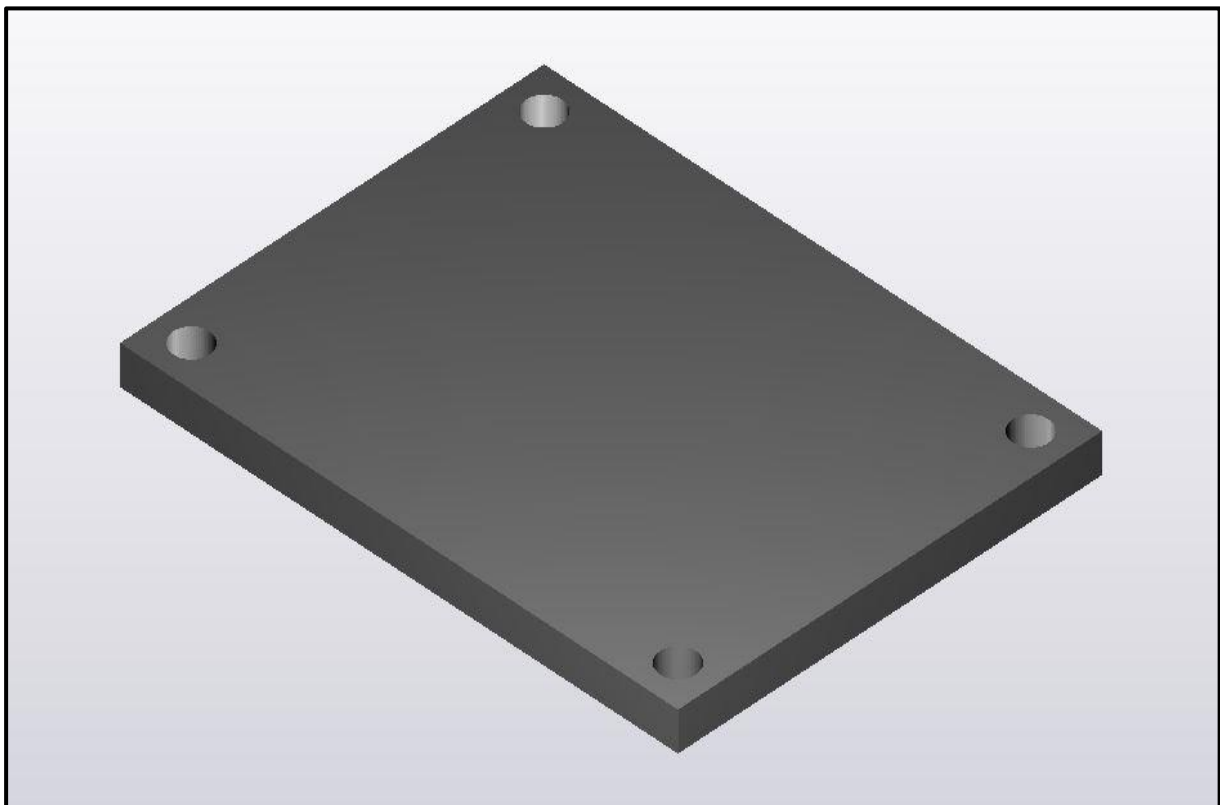
***Πίνακας 28 Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.830</b>	<b>360</b>	<b>13,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



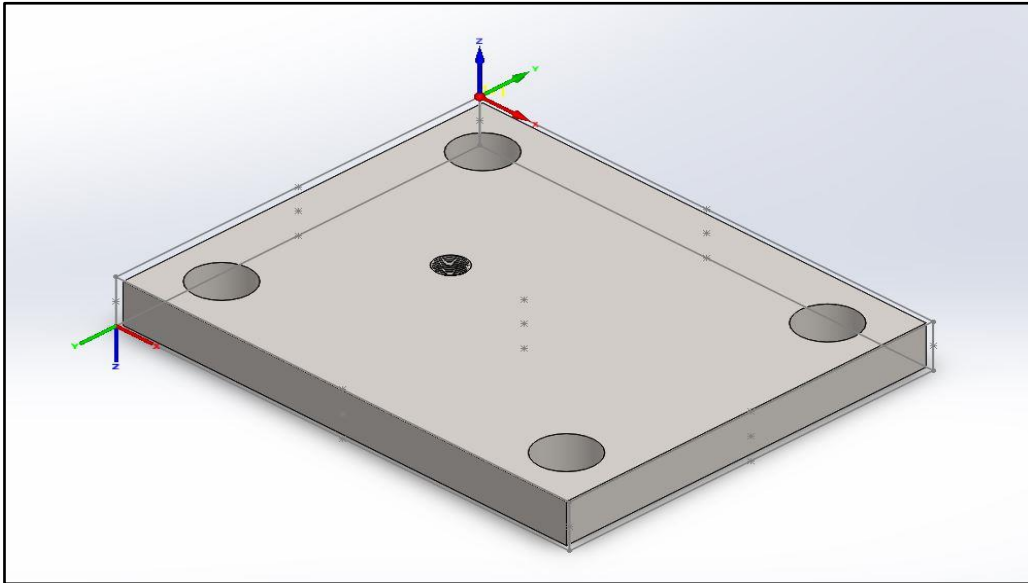


## 5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

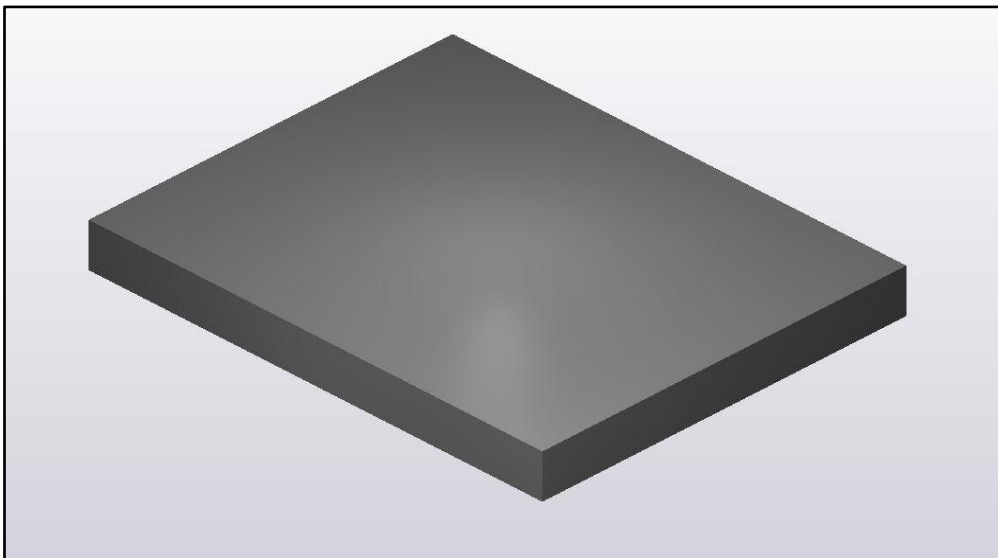
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της άνω βάσης.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
450x365x45	460x370x50



Εικόνα 32. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 33. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

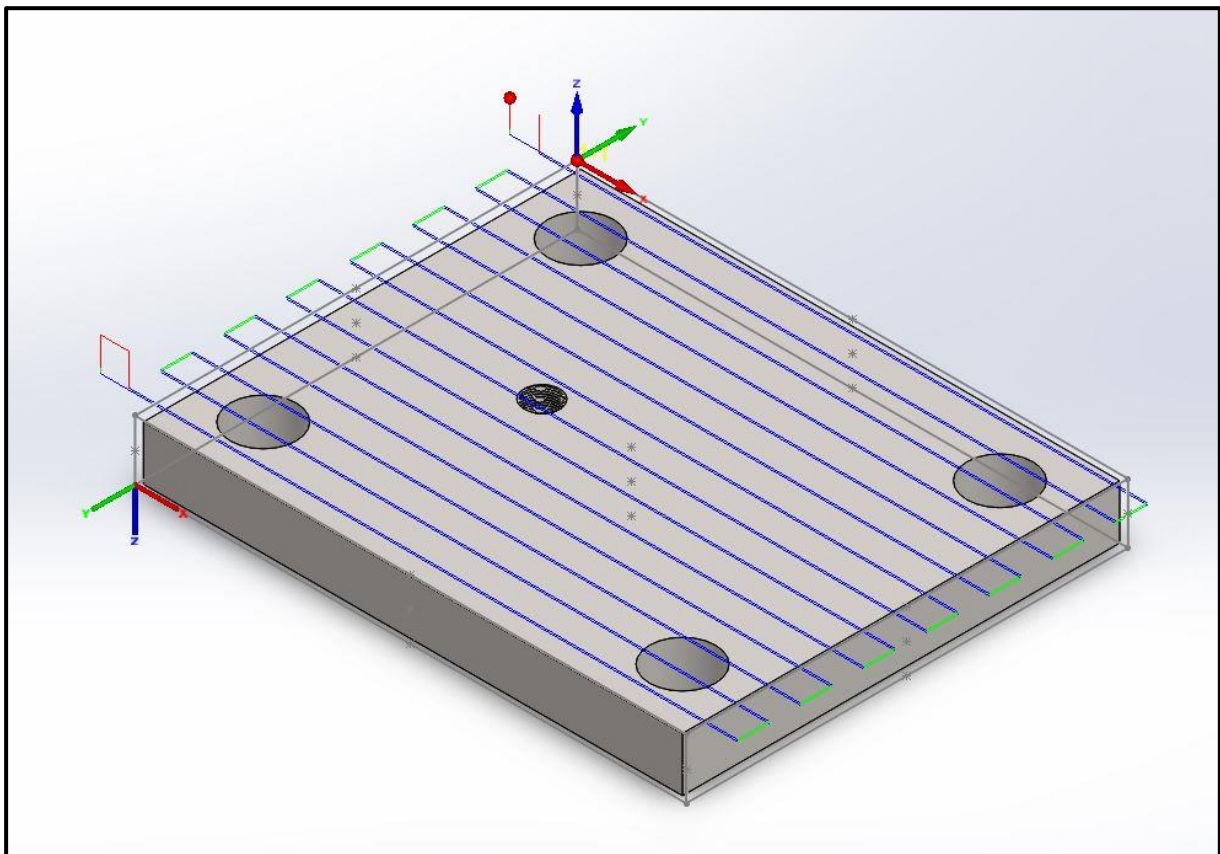
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

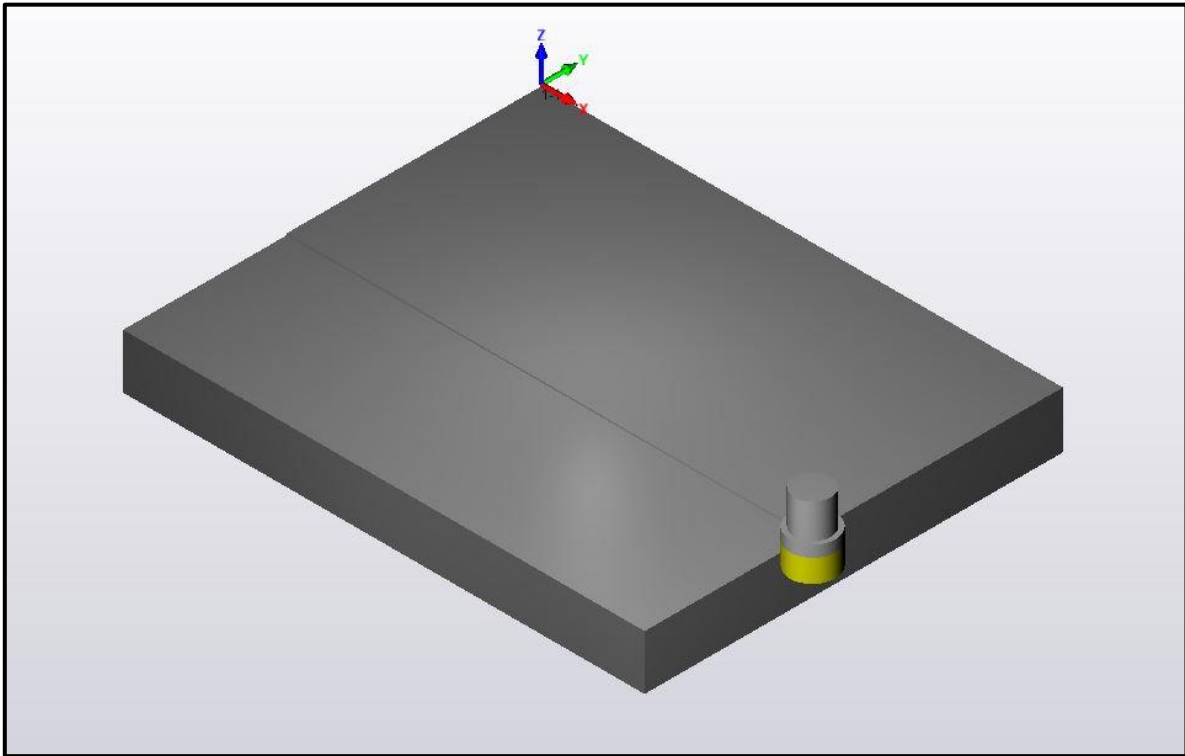
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



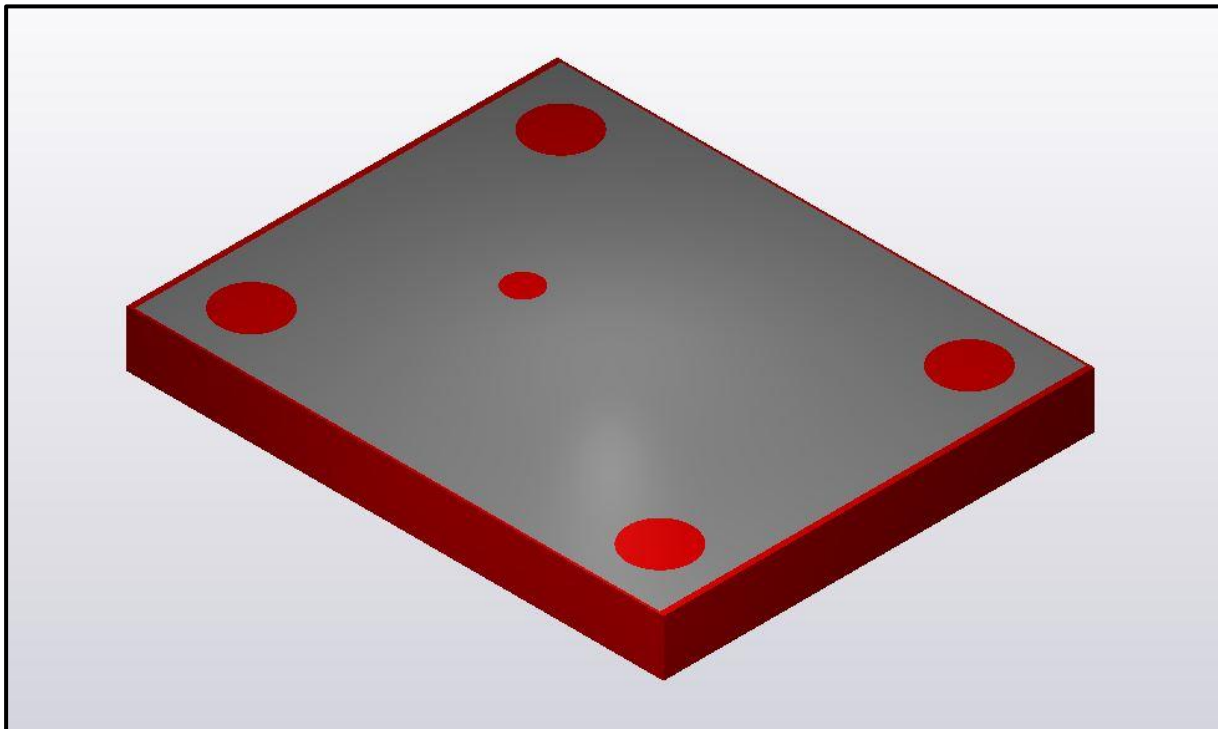
***Πίνακας 29. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΟΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



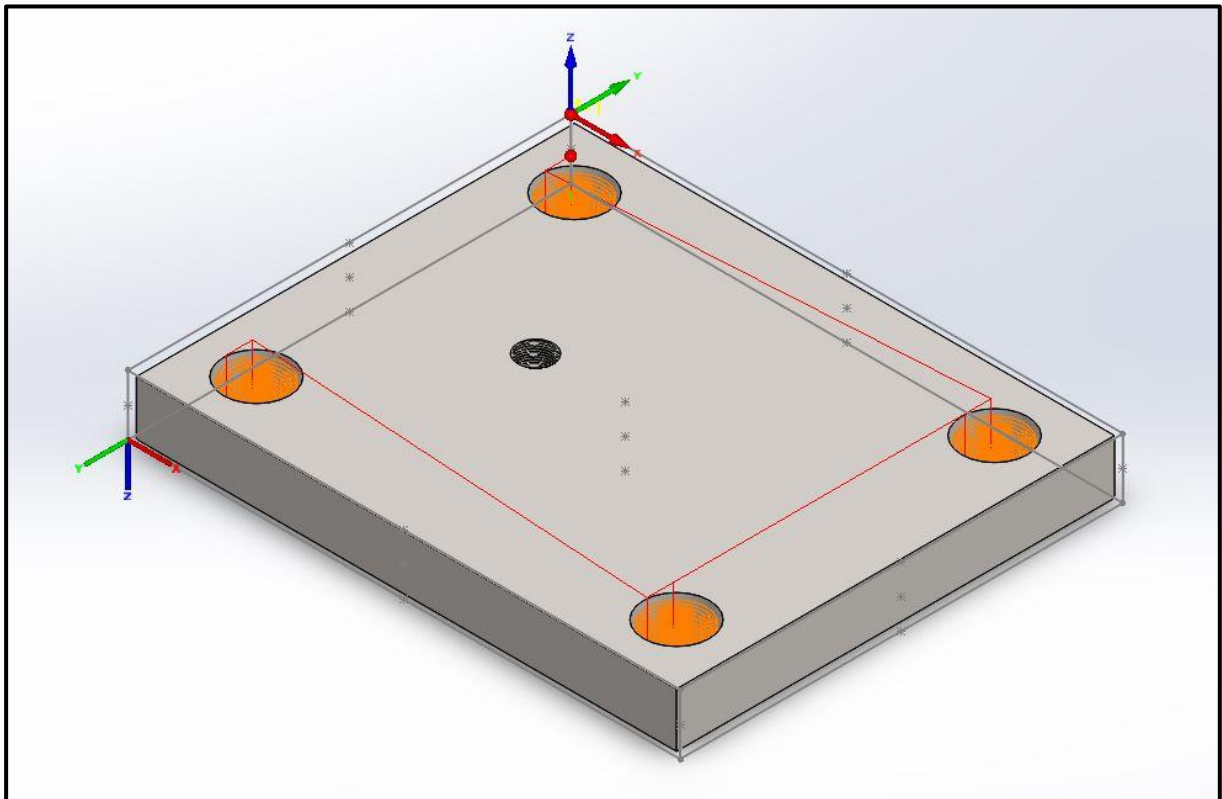
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø55

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	12

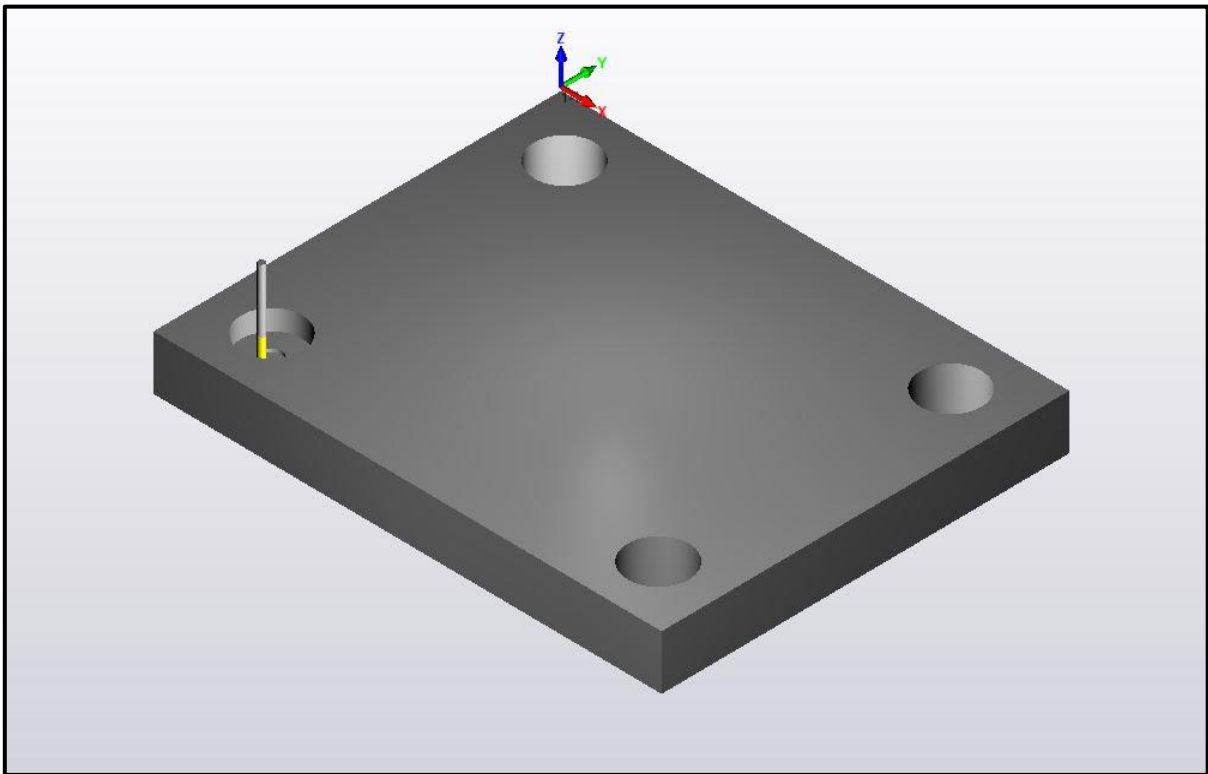
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



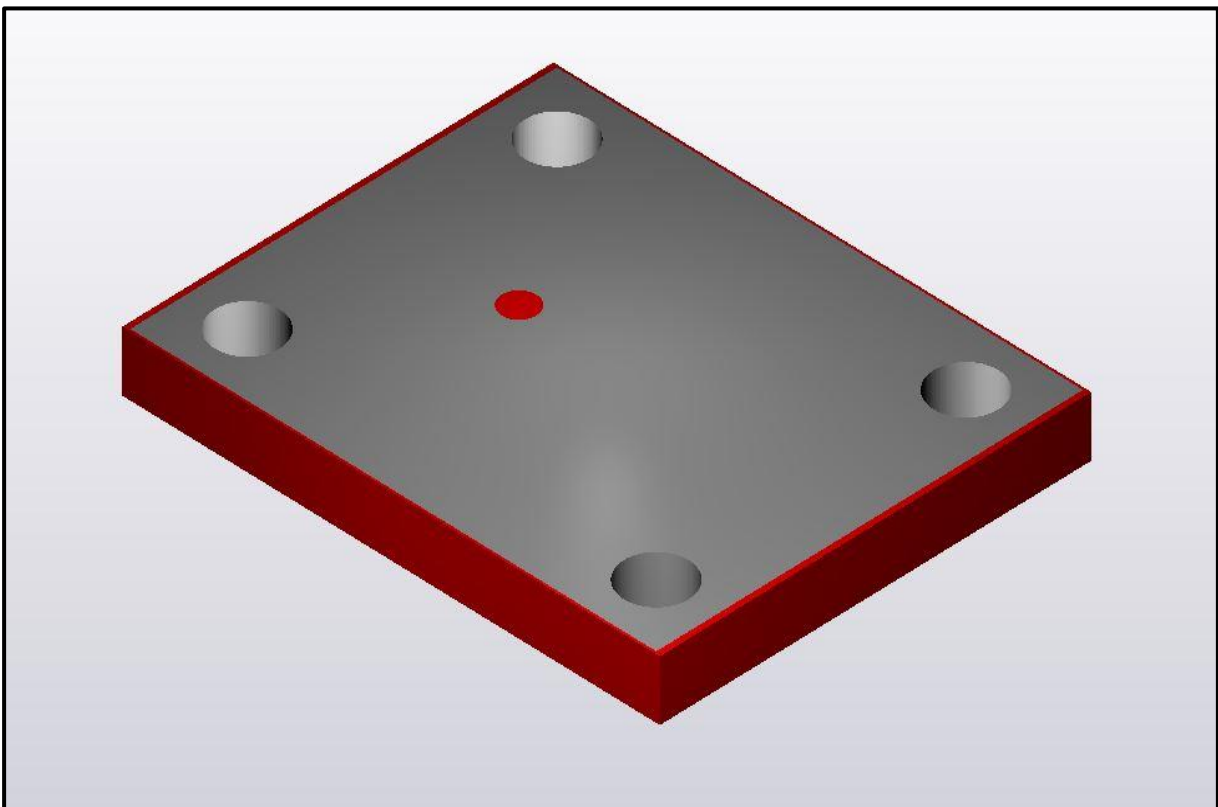
*Πίνακας 30. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.770</b>	<b>248</b>	<b>3,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



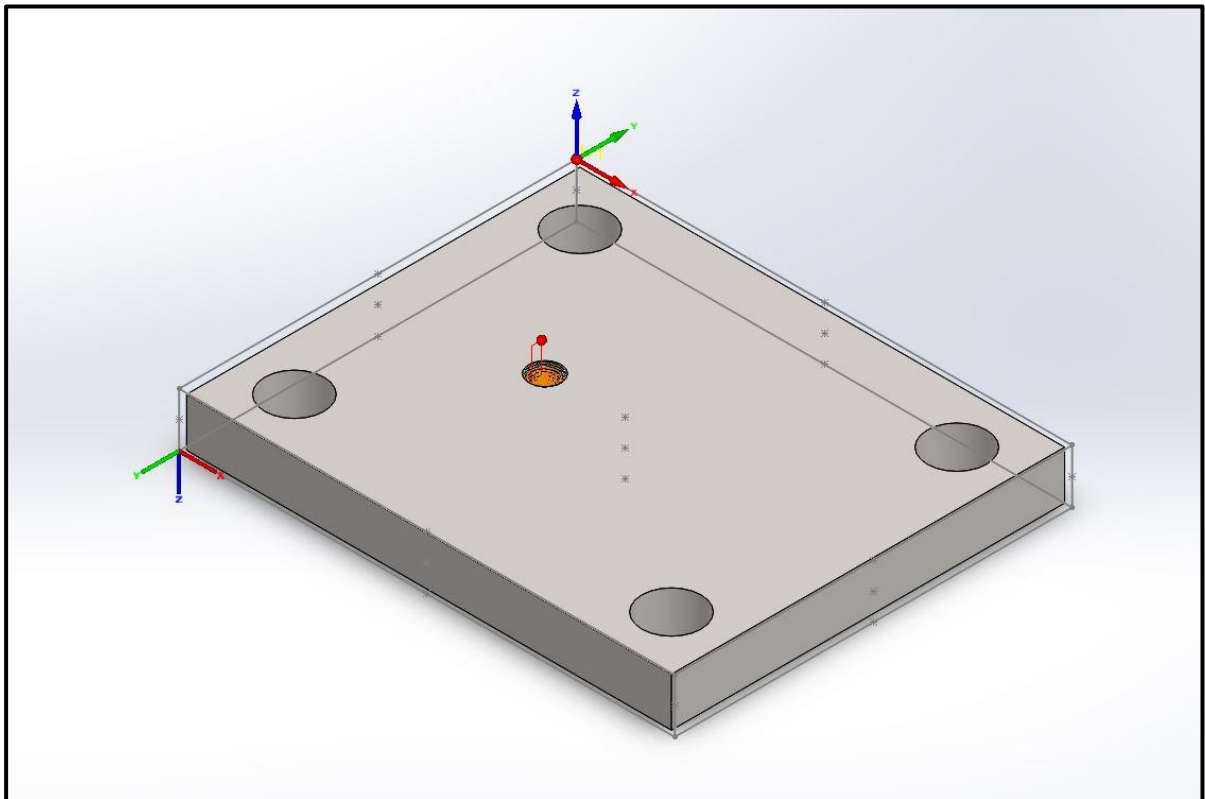
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΗΣ Ø28,5**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	12

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

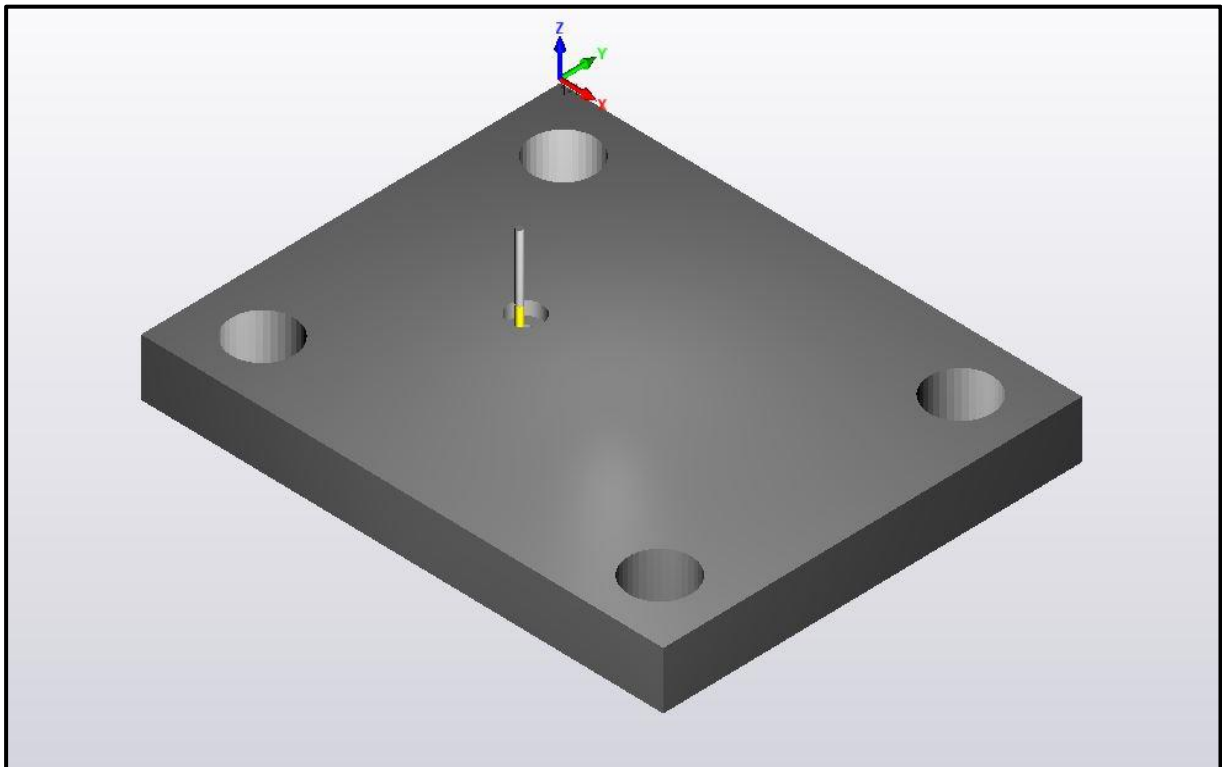


**Πίνακας 31. Δεδομένα κοπής**

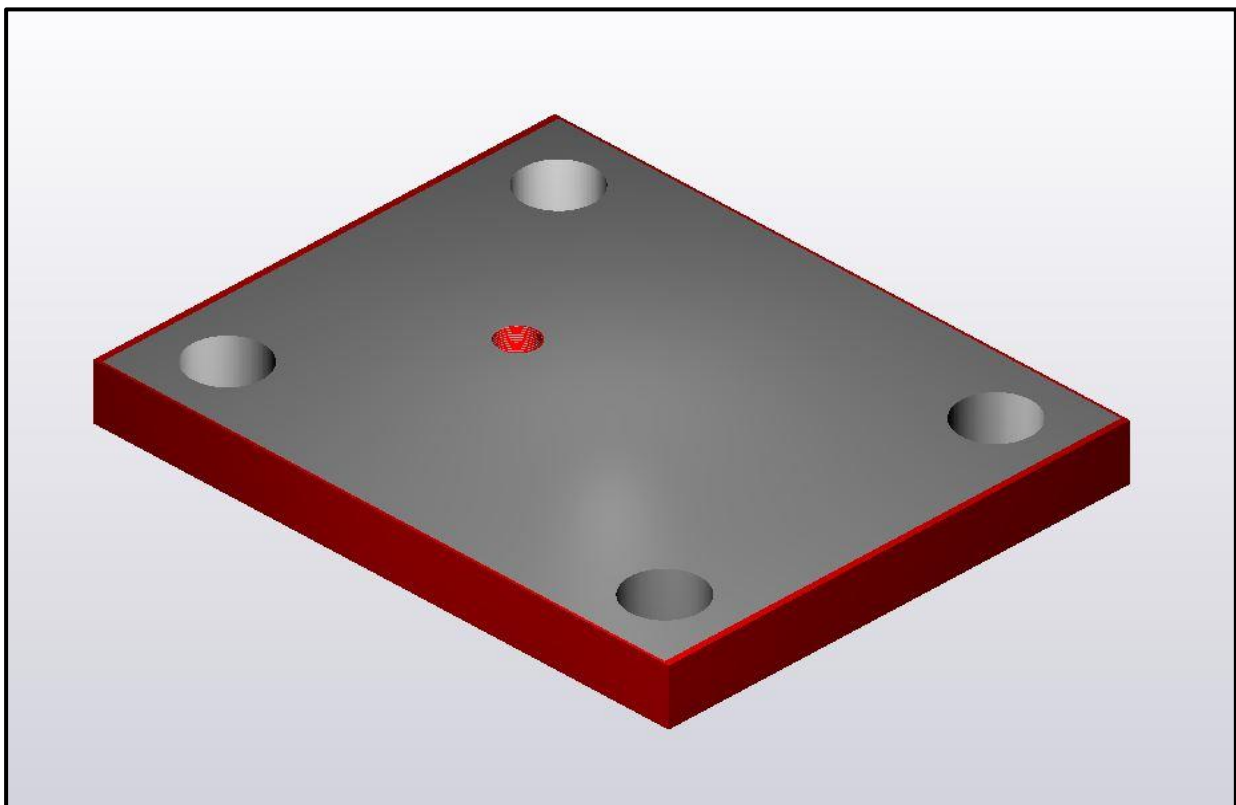
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.770</b>	<b>248</b>	<b>3,0</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



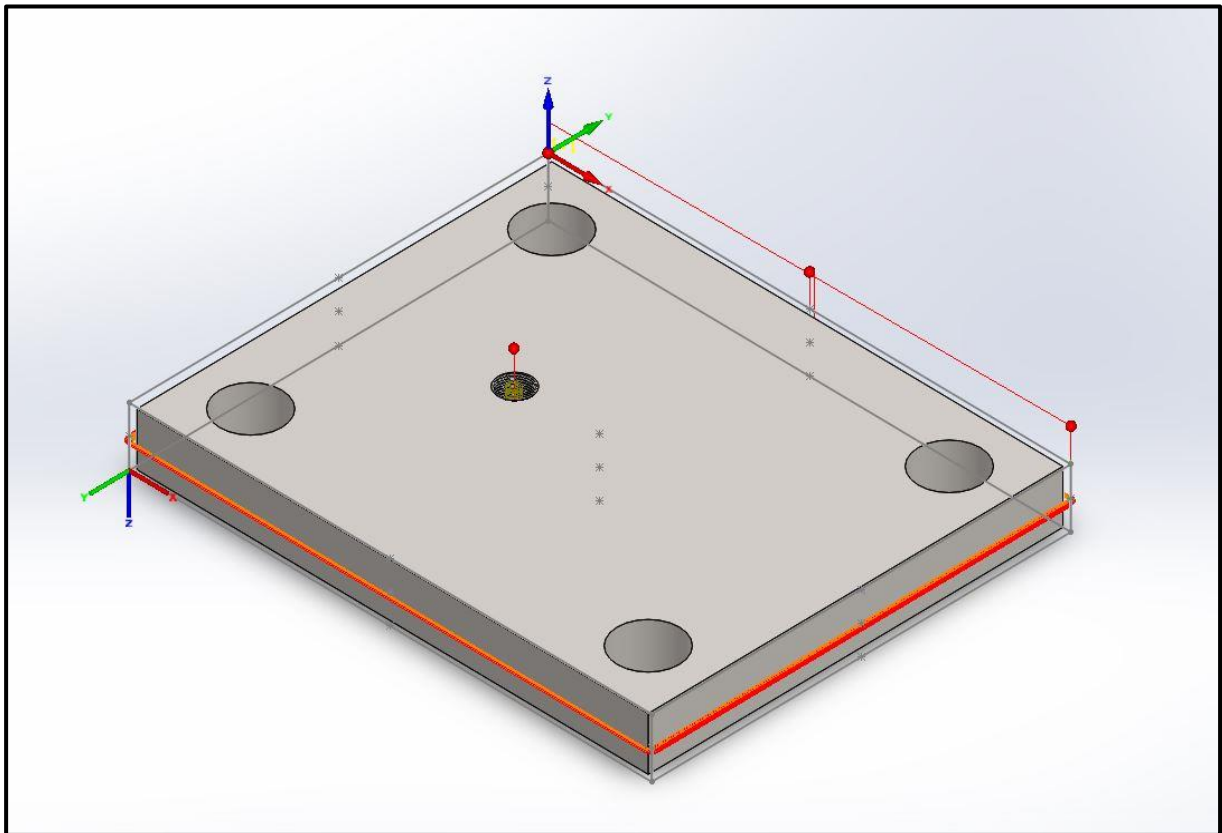
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



#### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	12

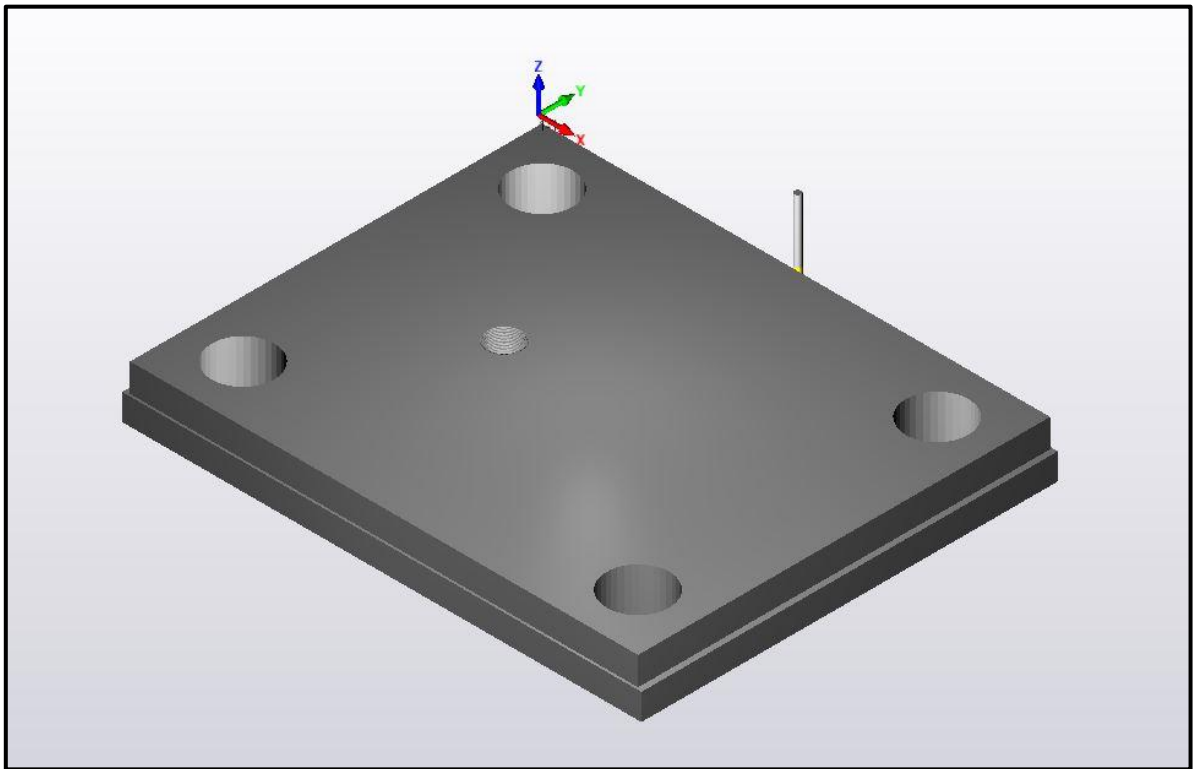
#### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



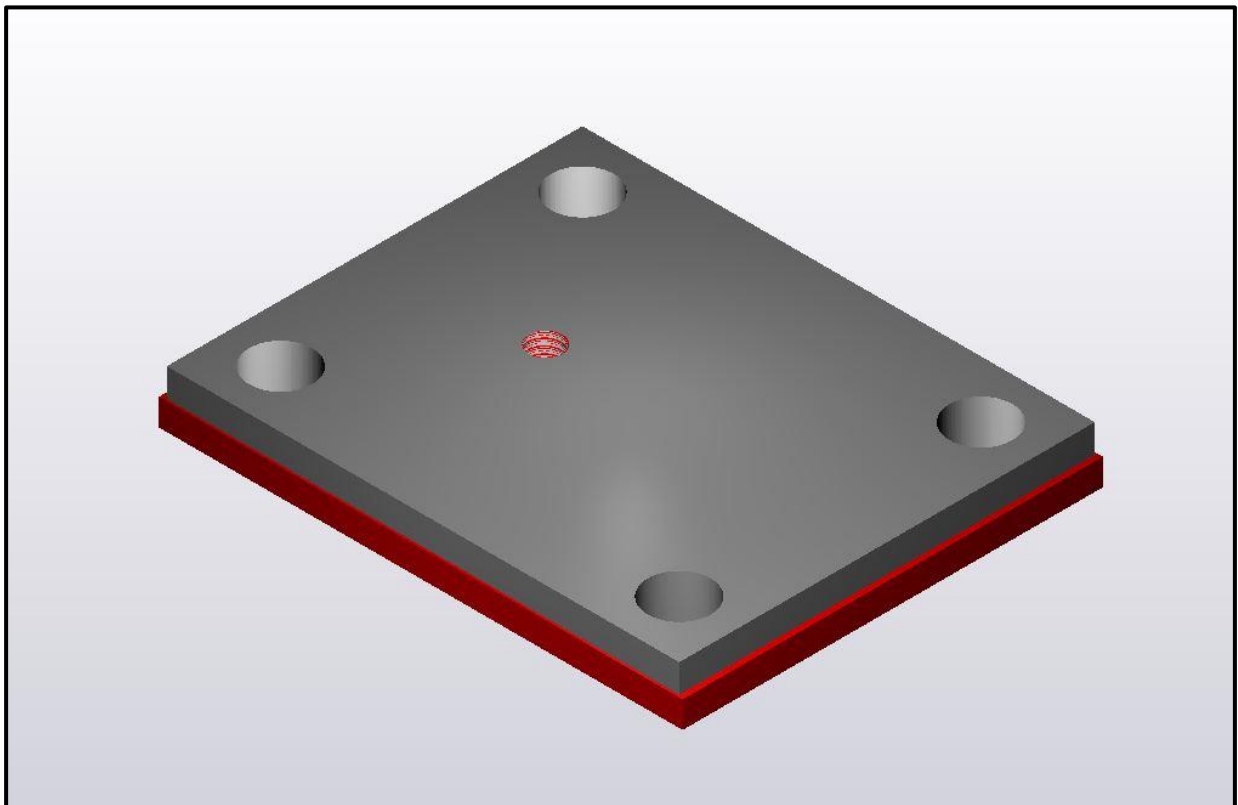
#### Πίνακας 302. Δεδομένα κοπής

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.920</b>	<b>540</b>	<b>23,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



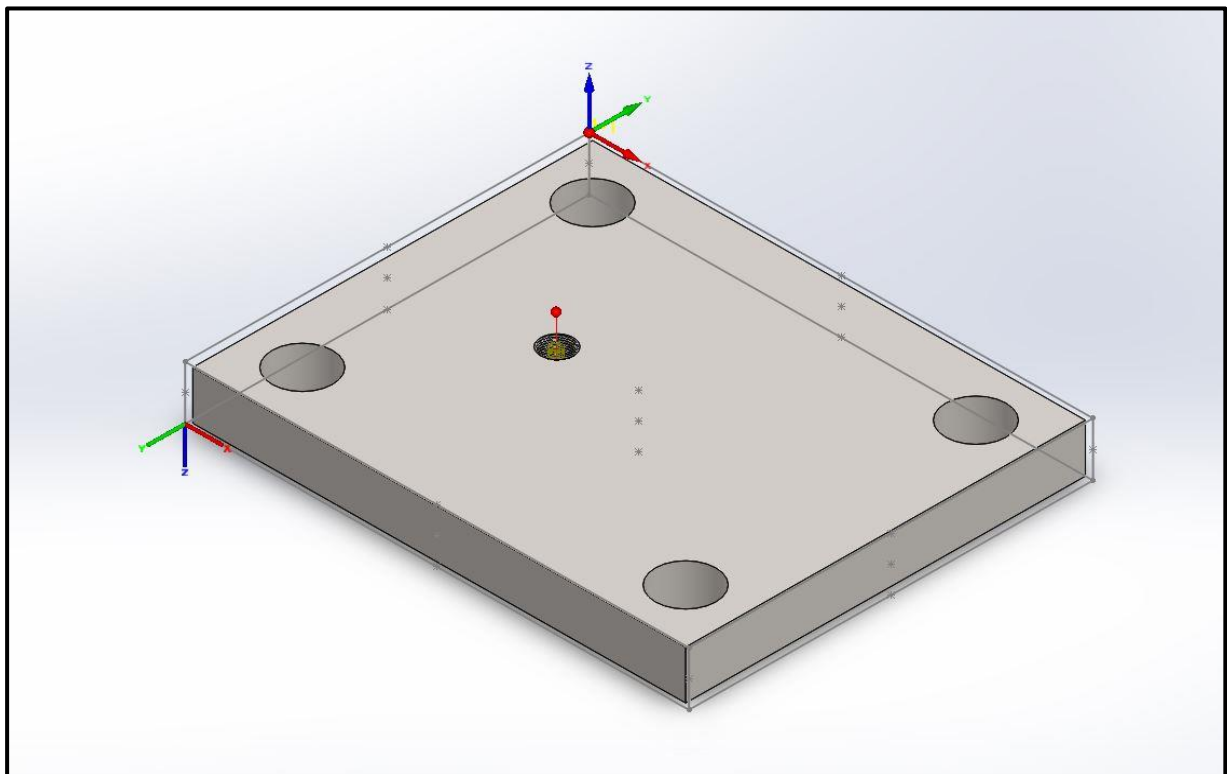
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### **ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΣΠΕΙΡΩΜΑ M30x1,5**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Single Profile Thread Mill	10

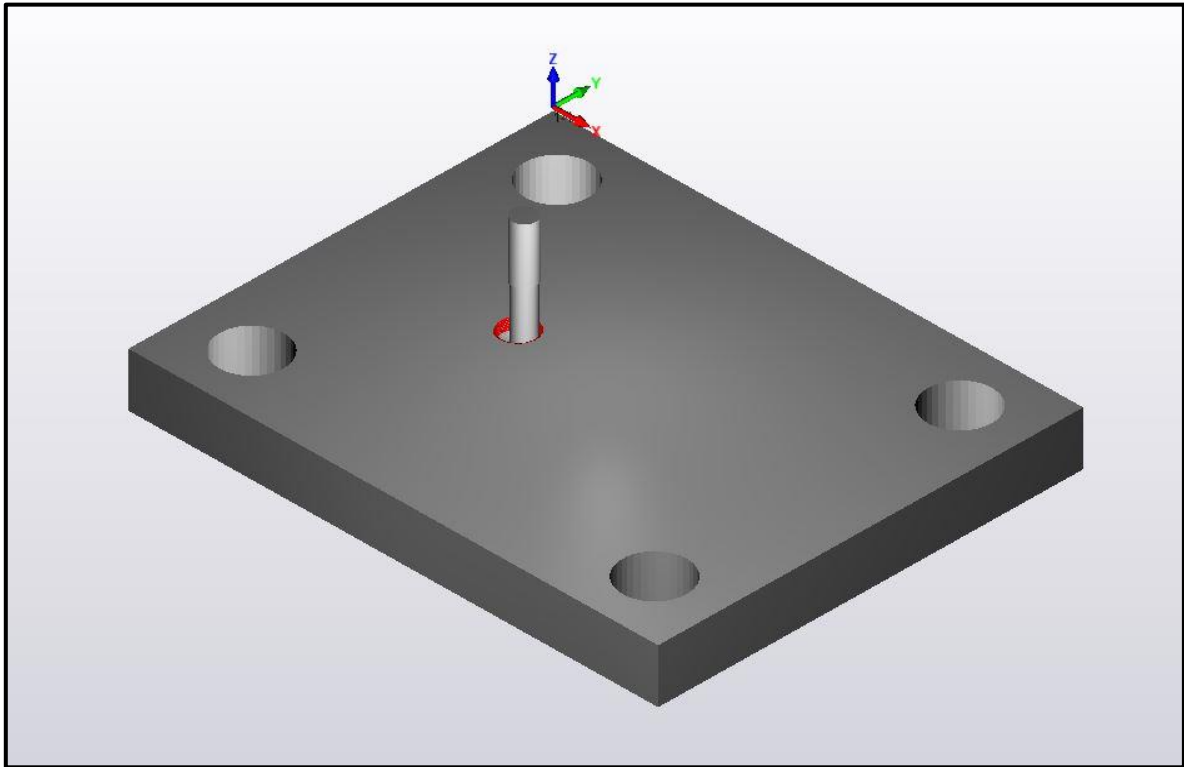
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



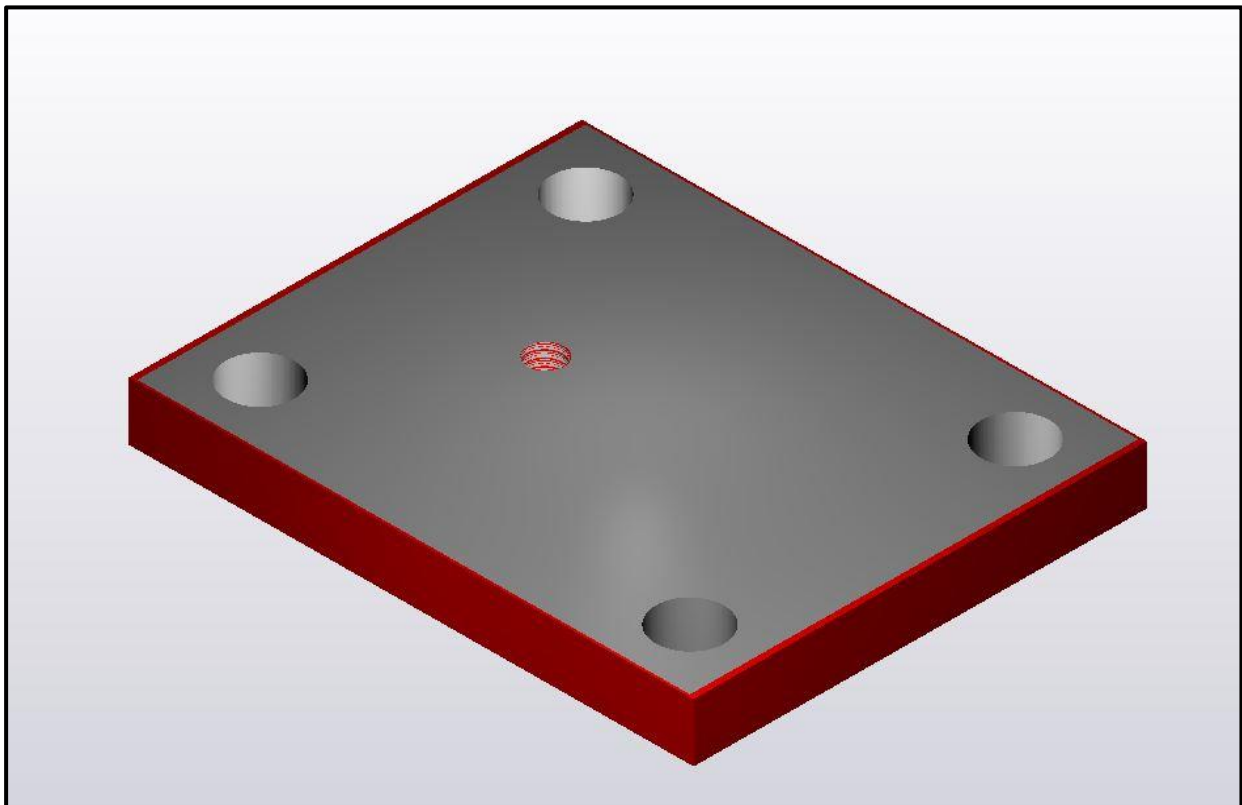
***Πίνακας 33. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΟΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.300</b>	<b>285</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



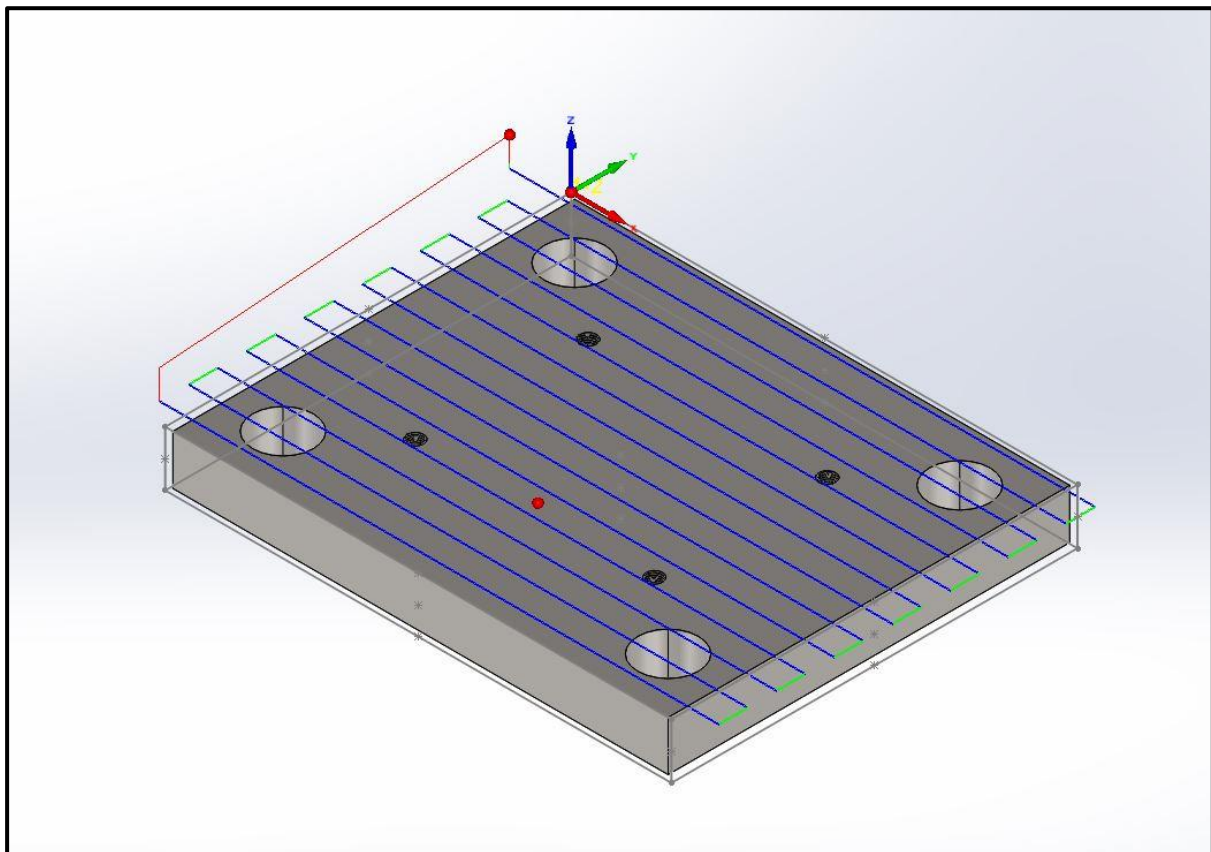
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

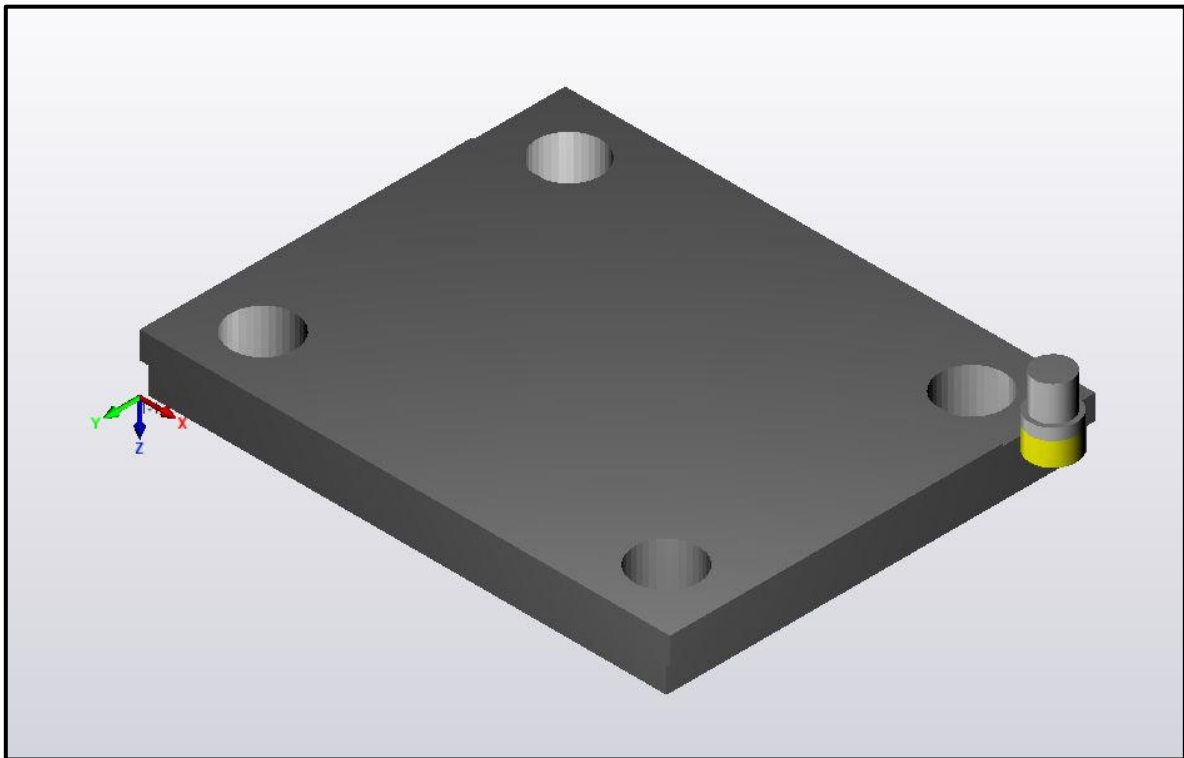


**Πίνακας 314. Δεδομένα κοπής**

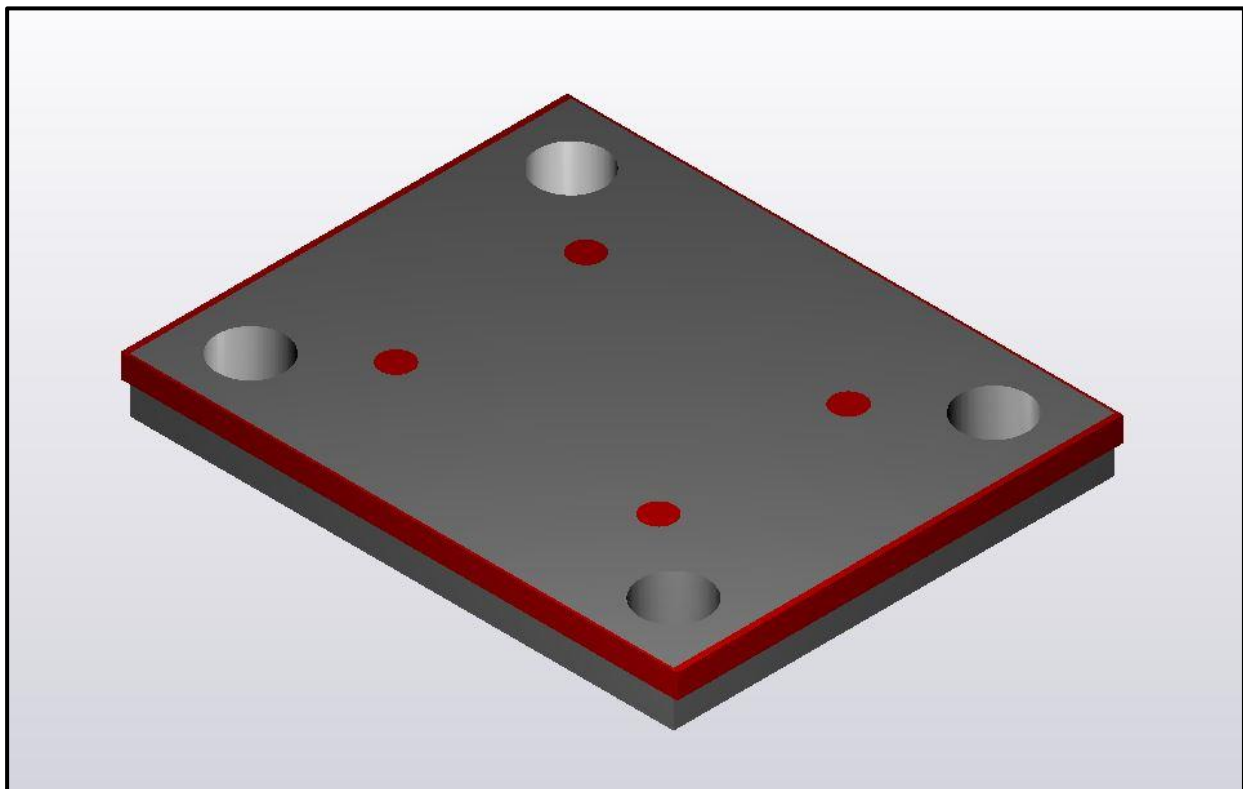
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



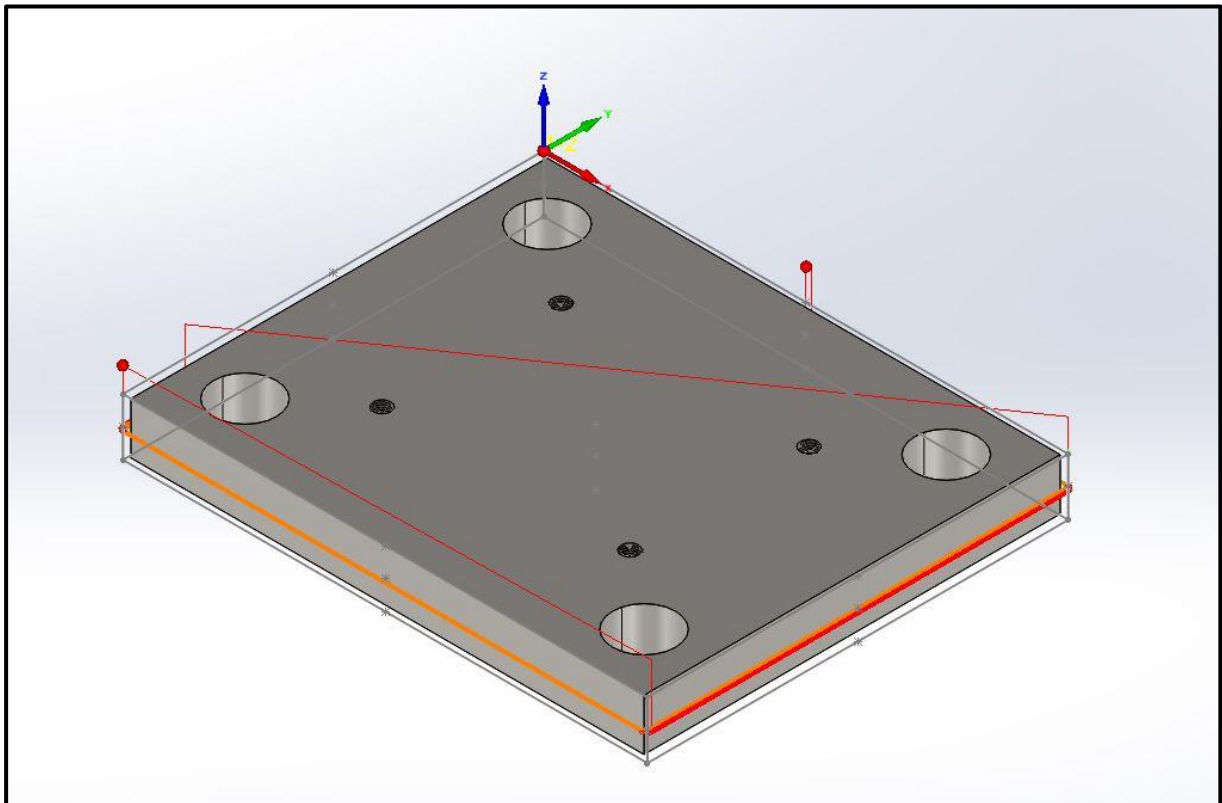
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 7 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

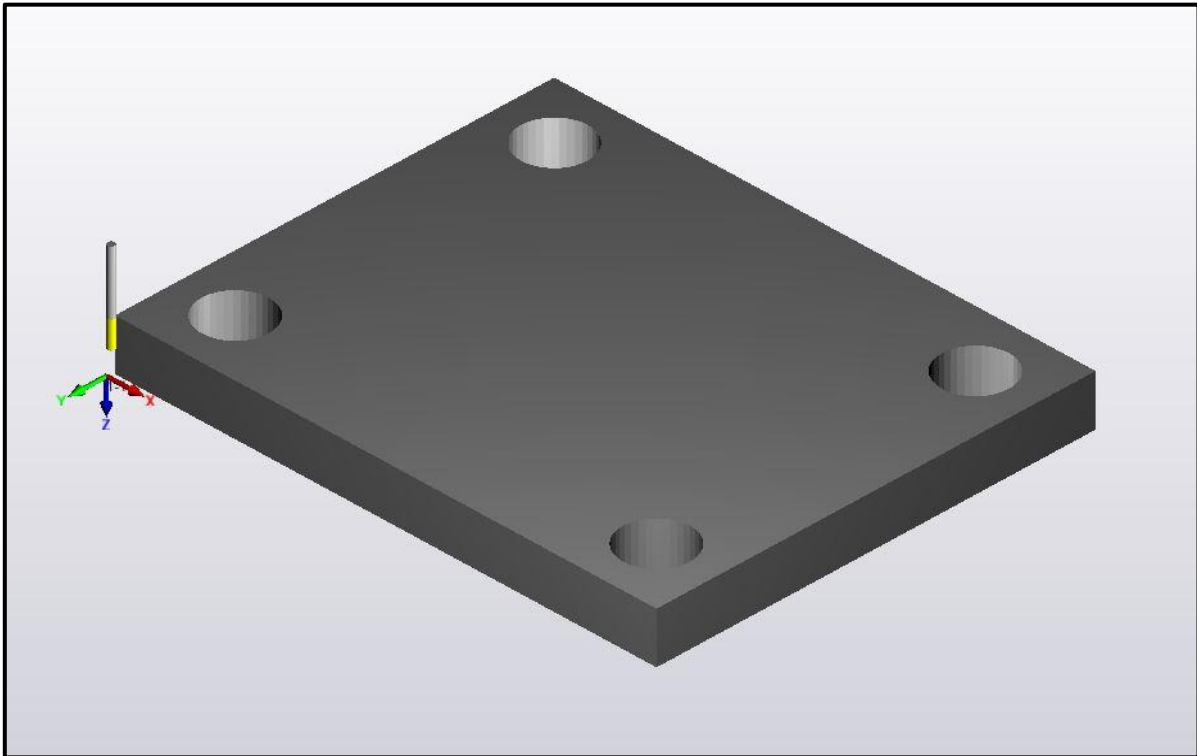
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



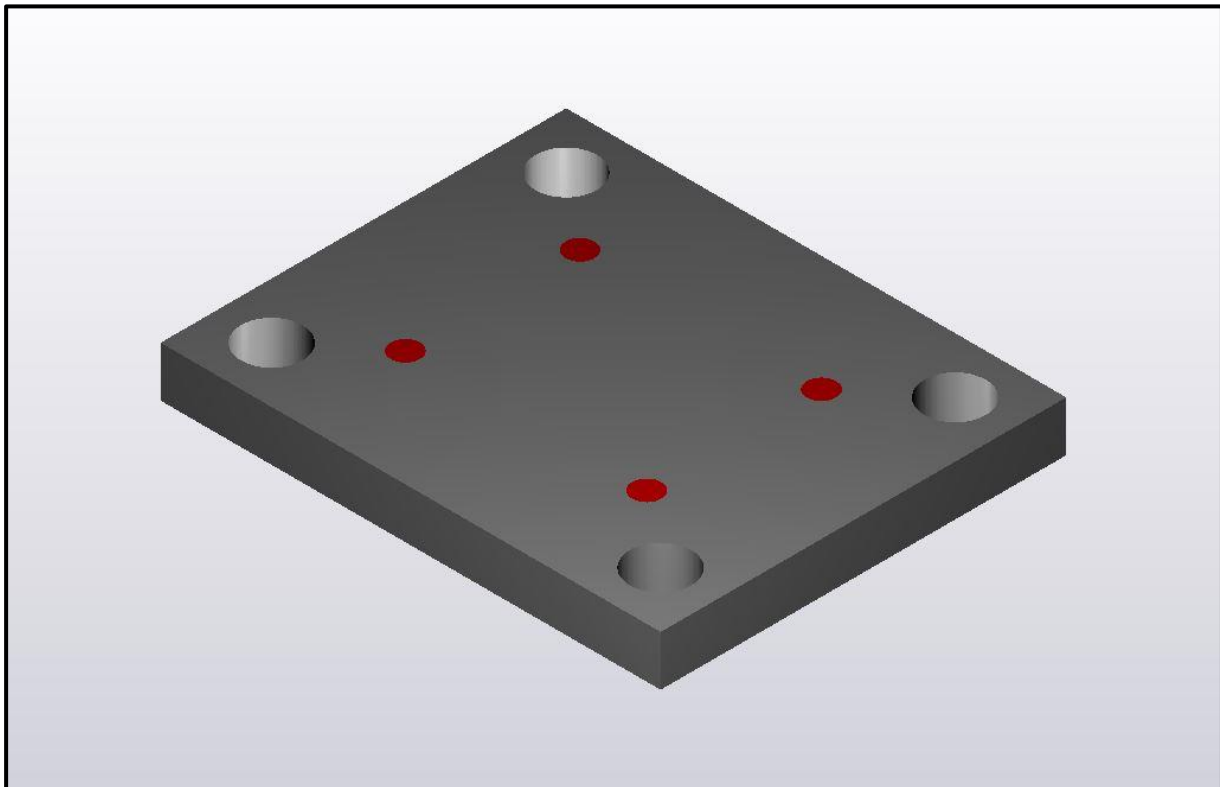
**Πίνακας 325. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.920</b>	<b>540</b>	<b>23,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



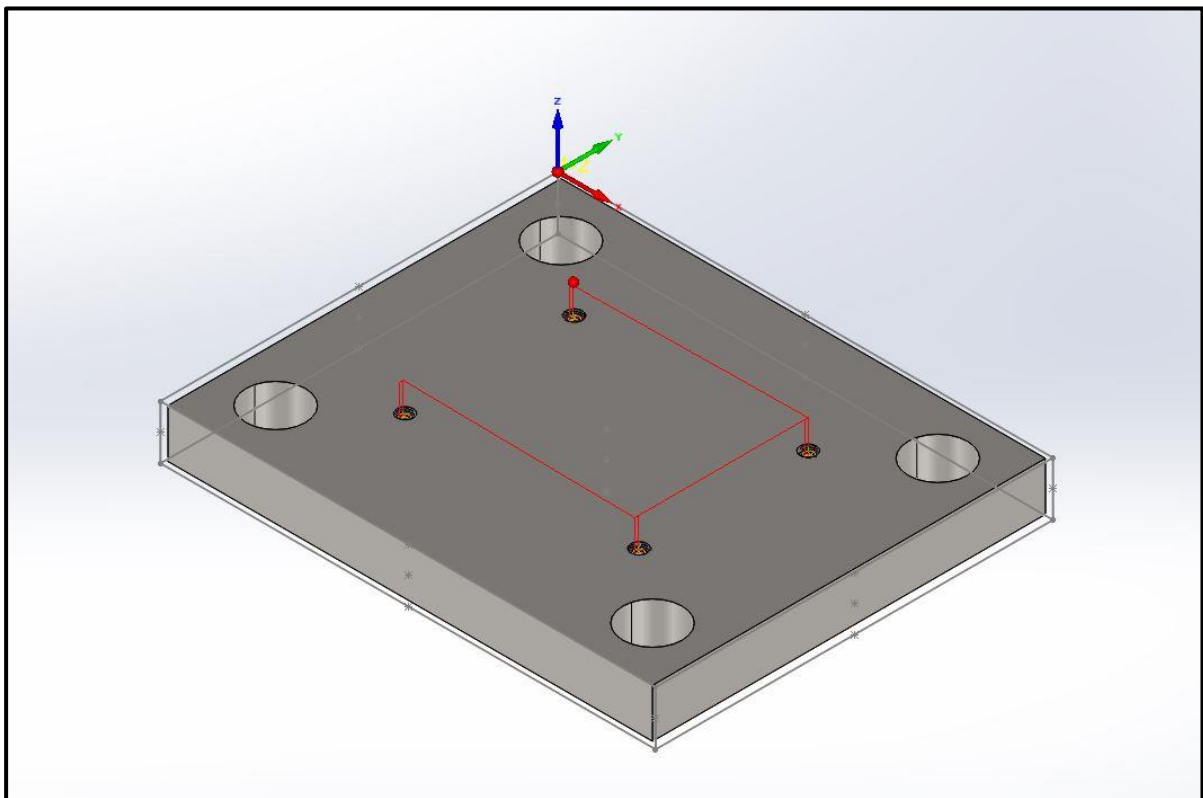
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 8 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΗΣ Ø14**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

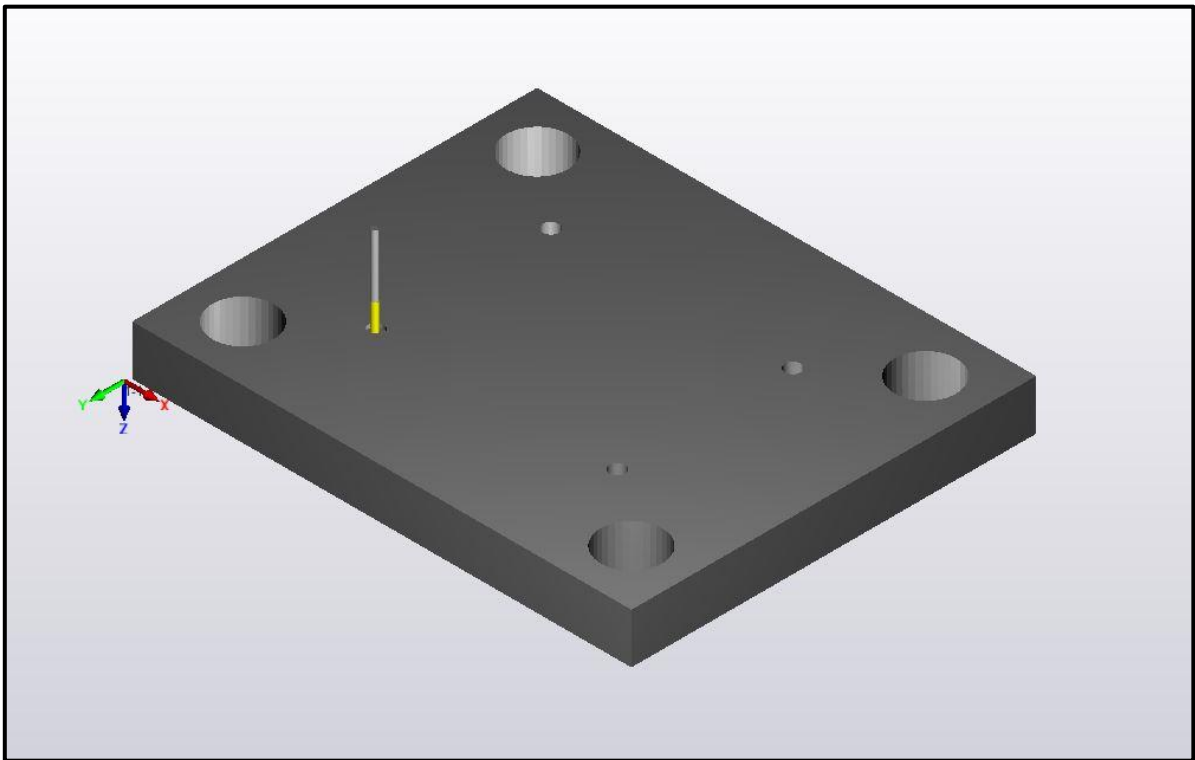
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



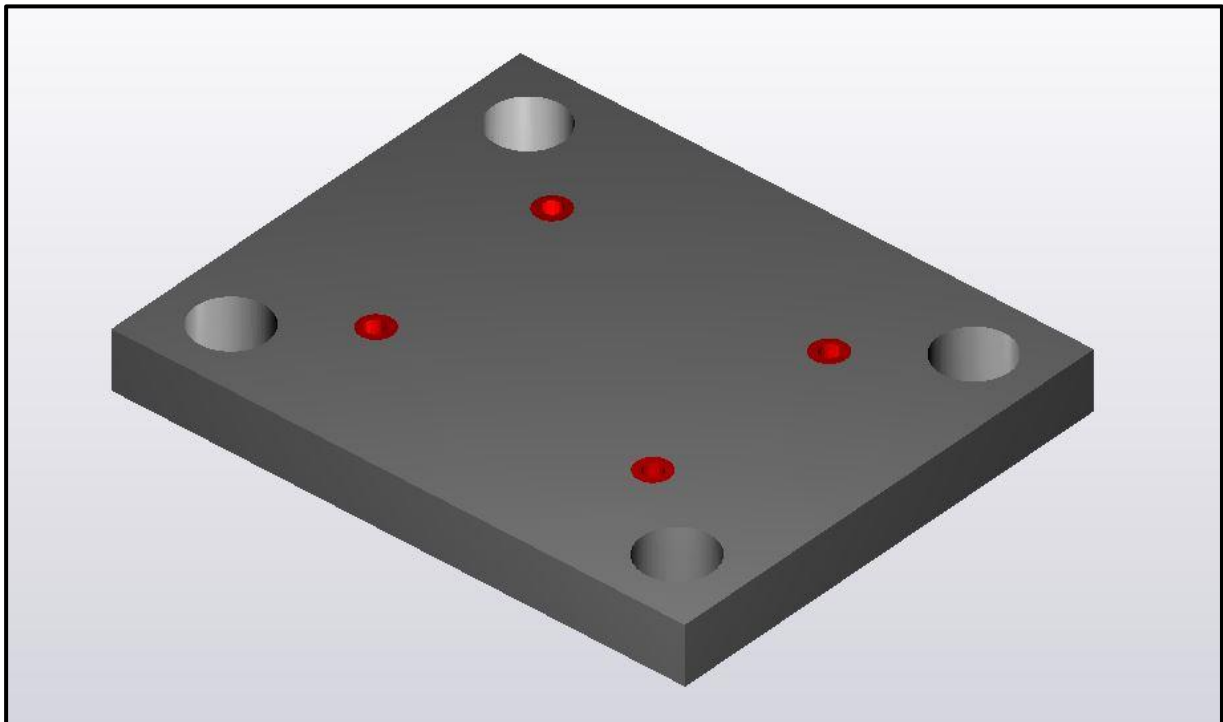
***Πίνακας 36. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.540</b>	<b>670</b>	<b>3,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



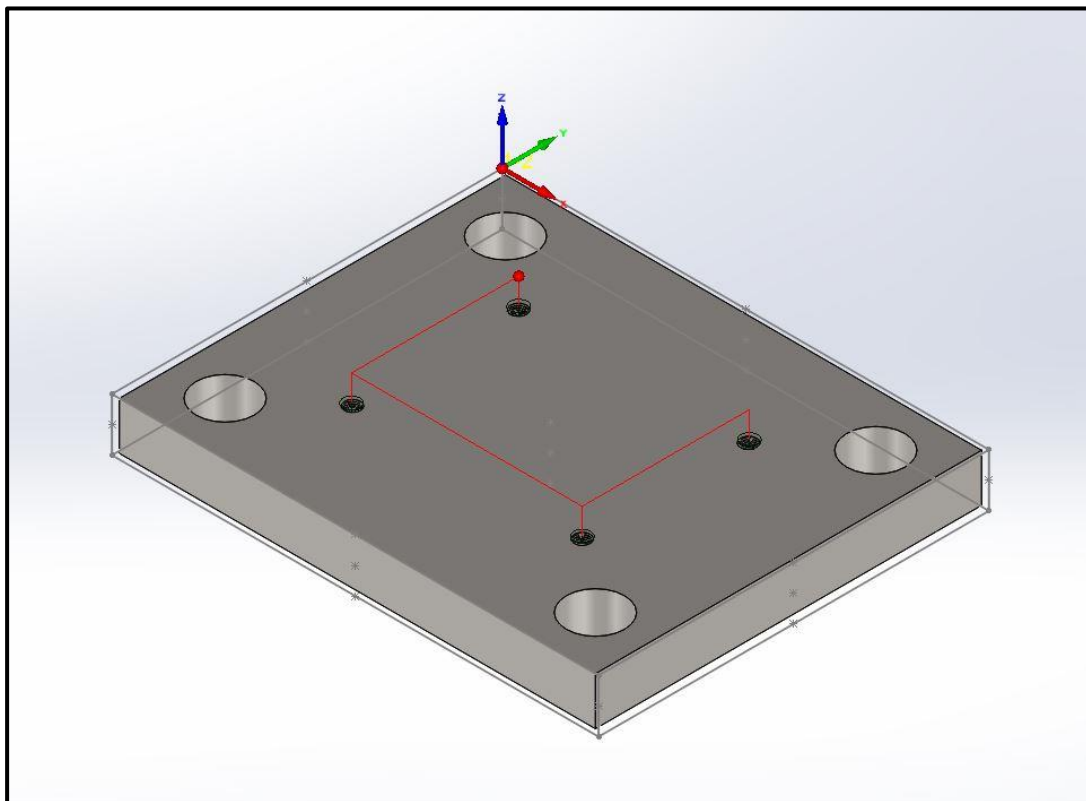
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 9 : ΣΠΕΙΡΩΜΑ M16x2,0**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Bottoming Thread Tap	16

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

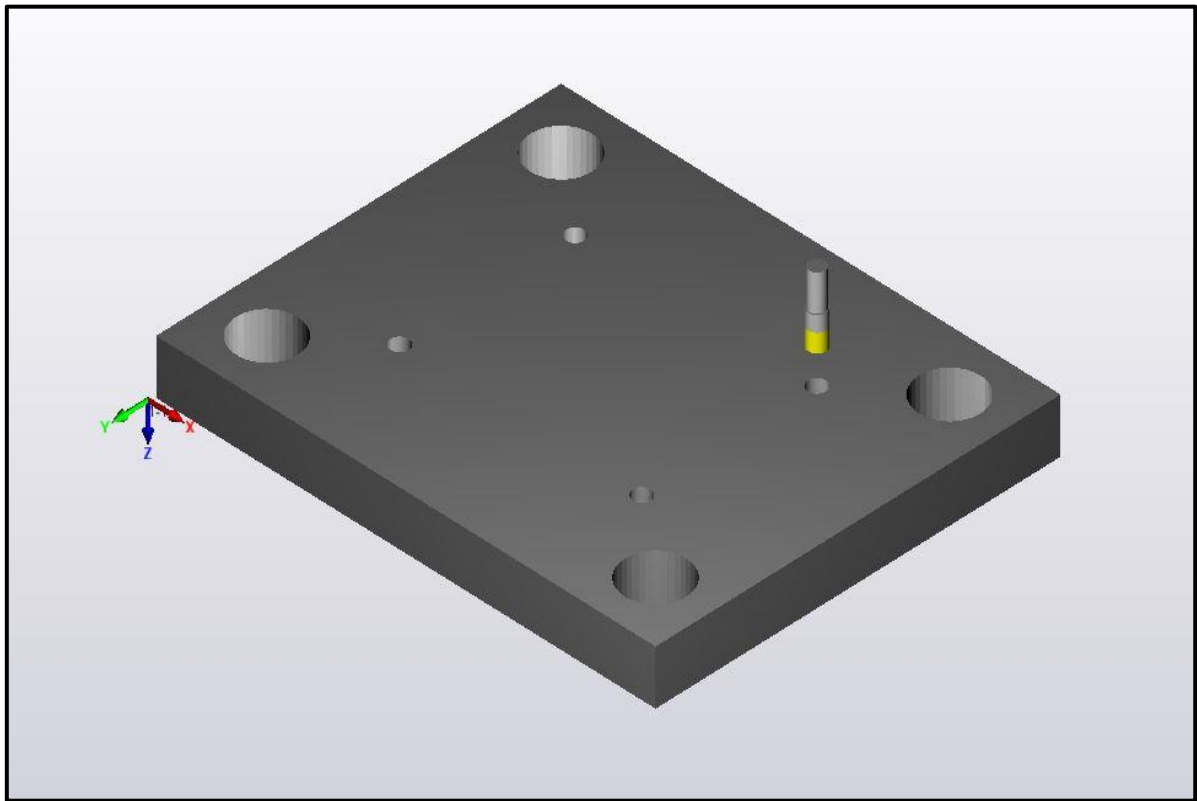


**Πίνακας 37. Δεδομένα κοπής**

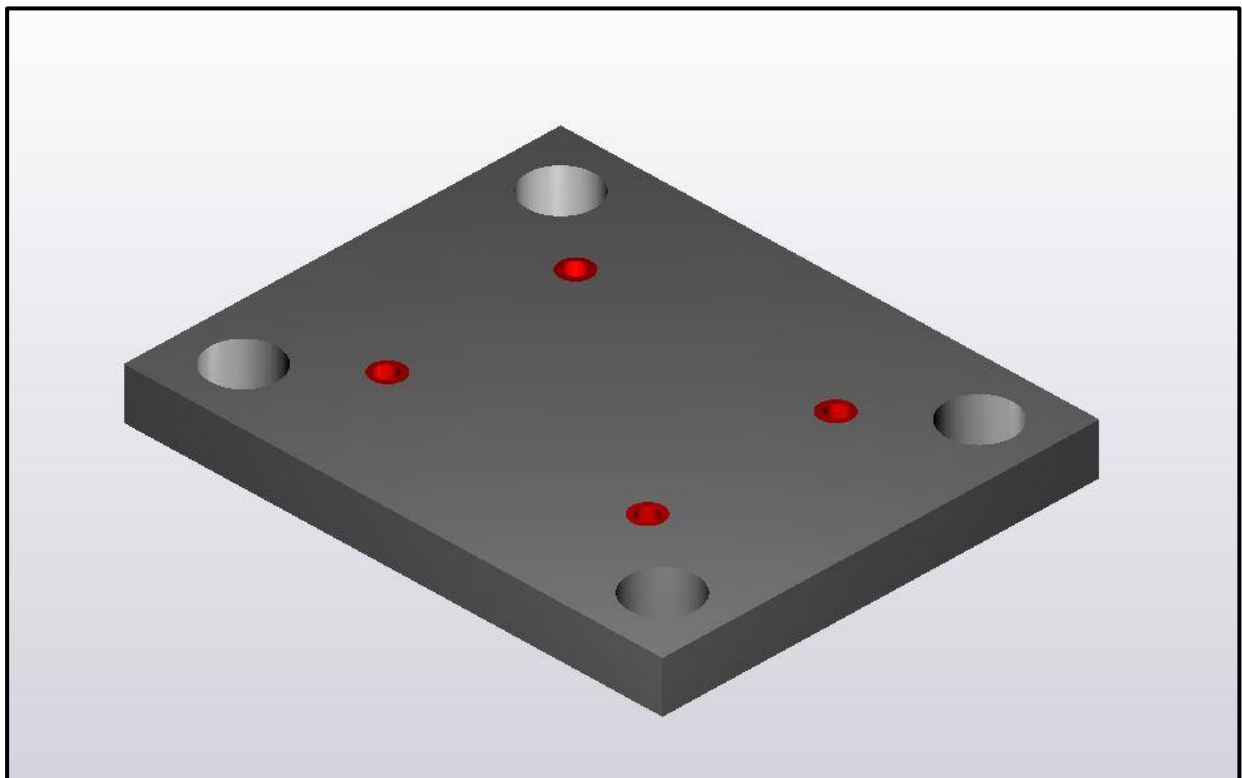
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>580</b>	<b>163</b>	<b>30</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

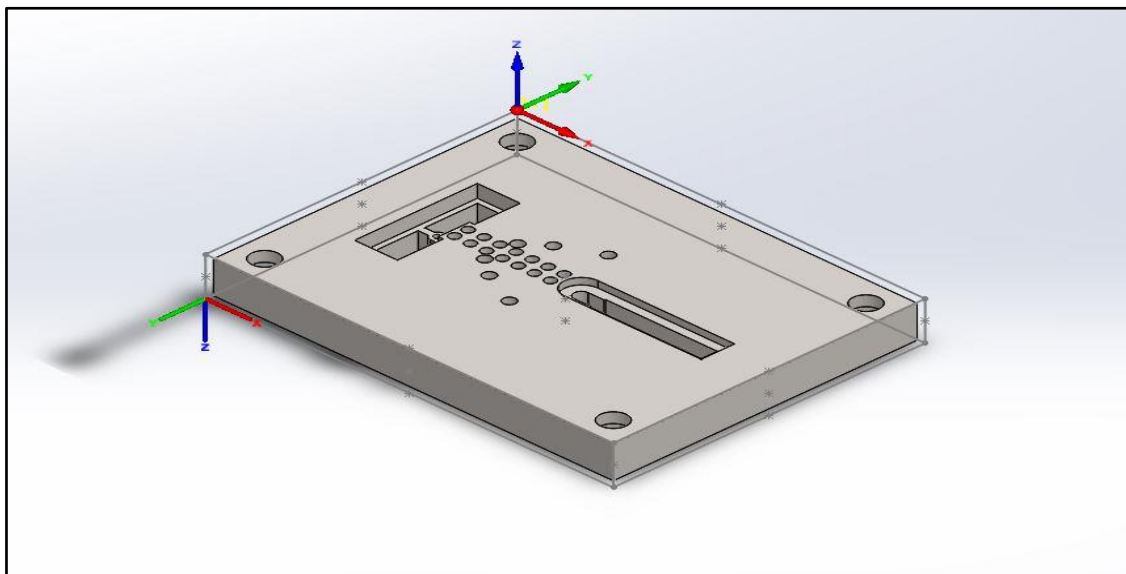


## 5.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΑΣ ΕΜΒΟΛΩΝ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

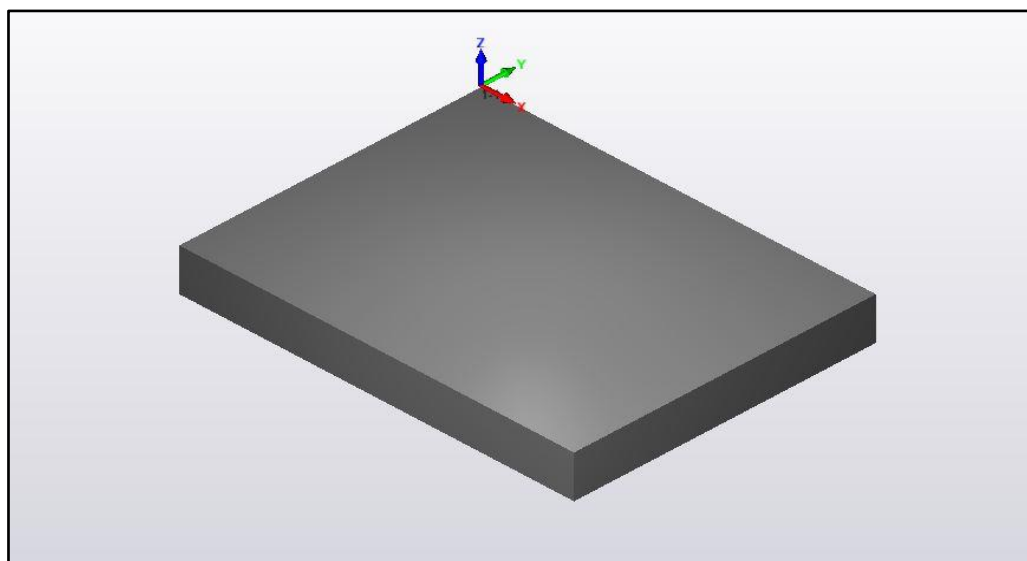
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της πλάκας εμβόλων.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
250x190x25	260x200x30



Εικόνα 34. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 35 . Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

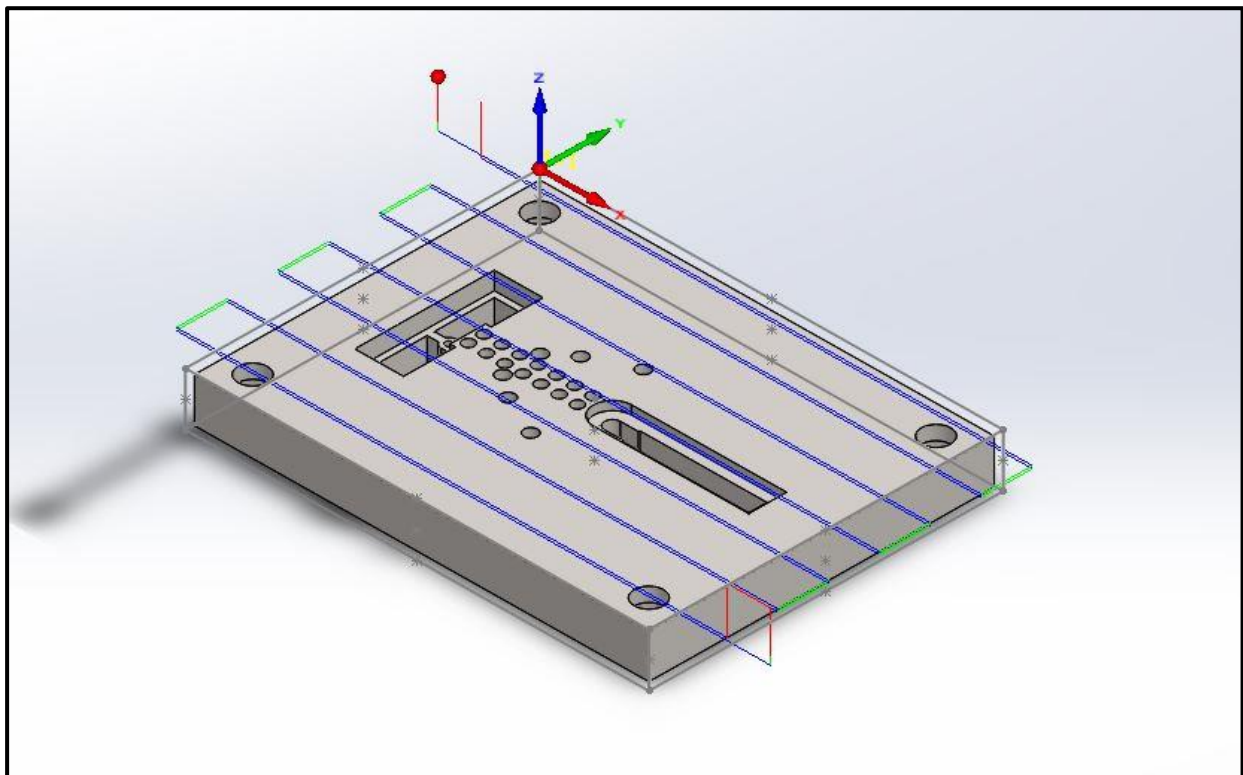
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

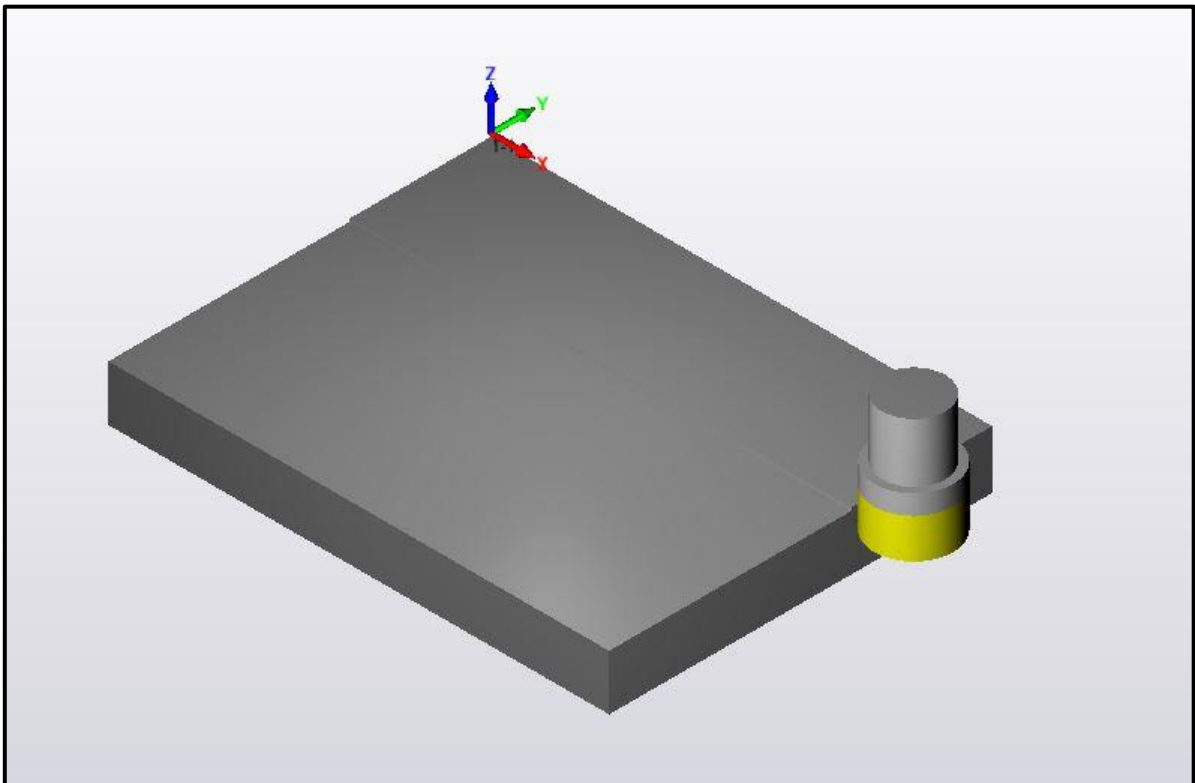
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



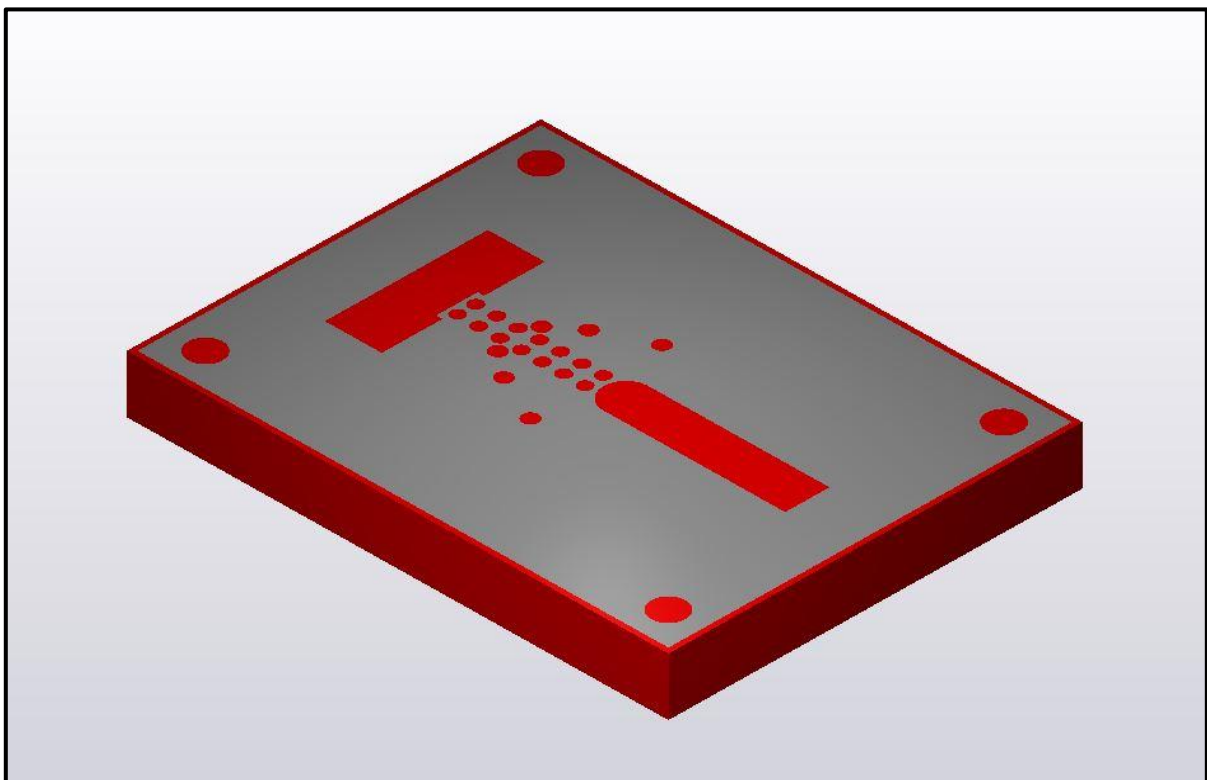
**Πίνακας 338. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



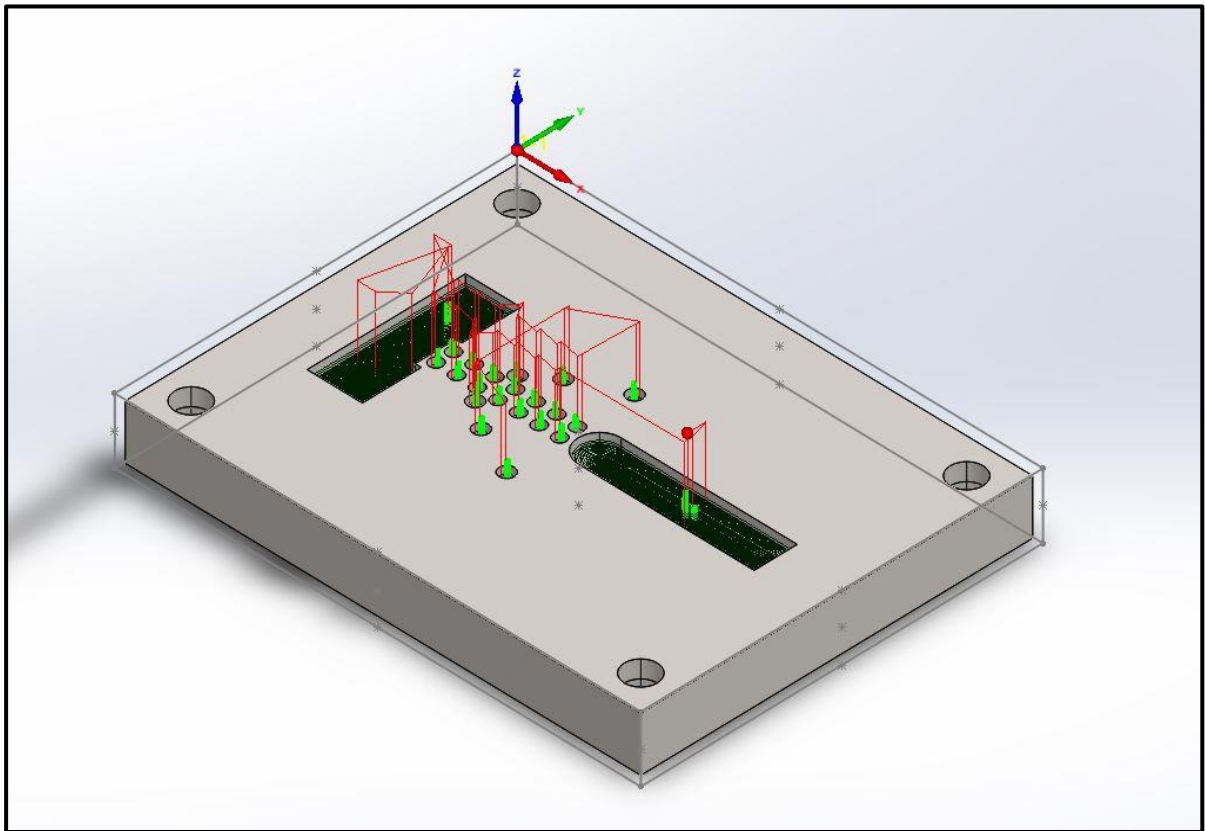
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : MULTI-STEPED POCKETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	2

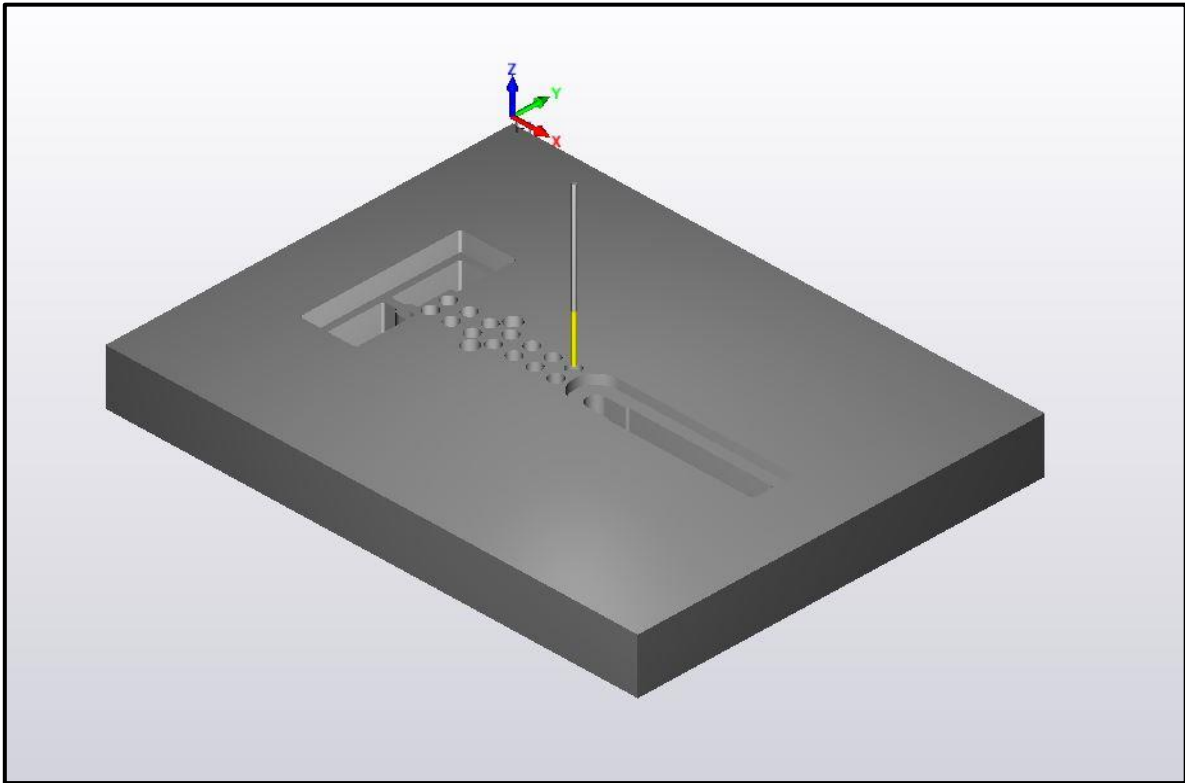
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



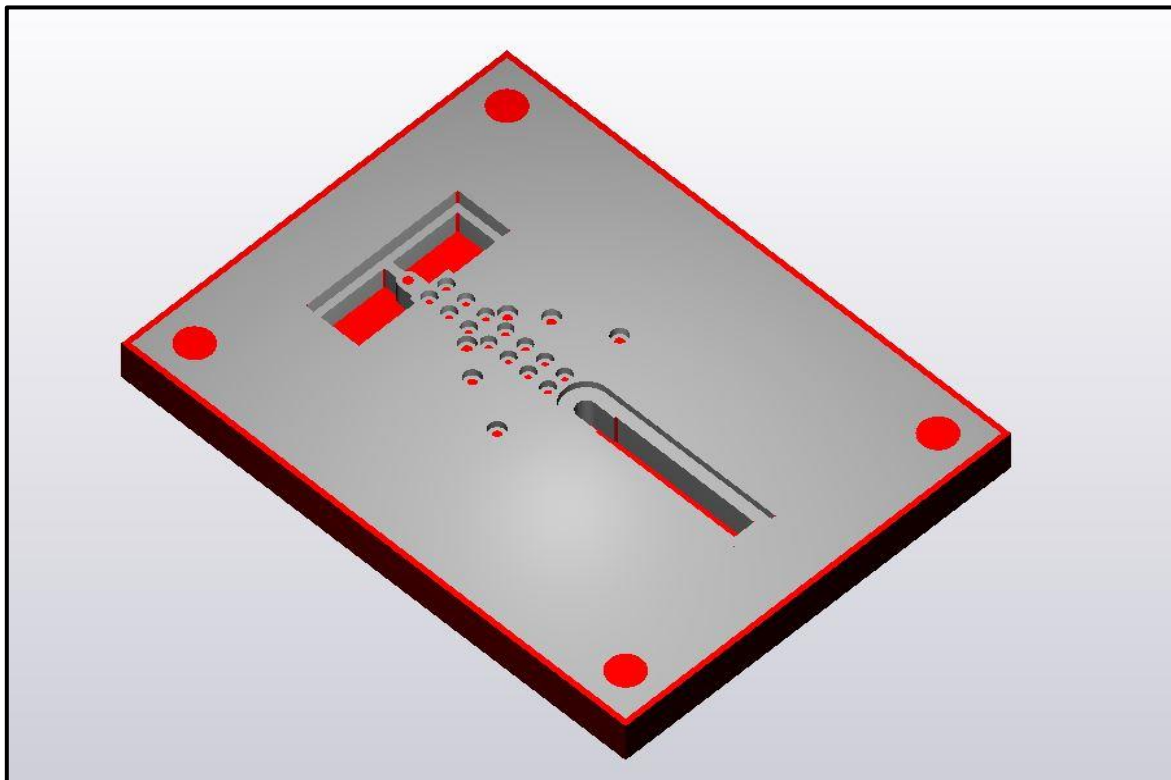
*Πίνακας 39. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>11.800</b>	<b>520</b>	<b>2,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

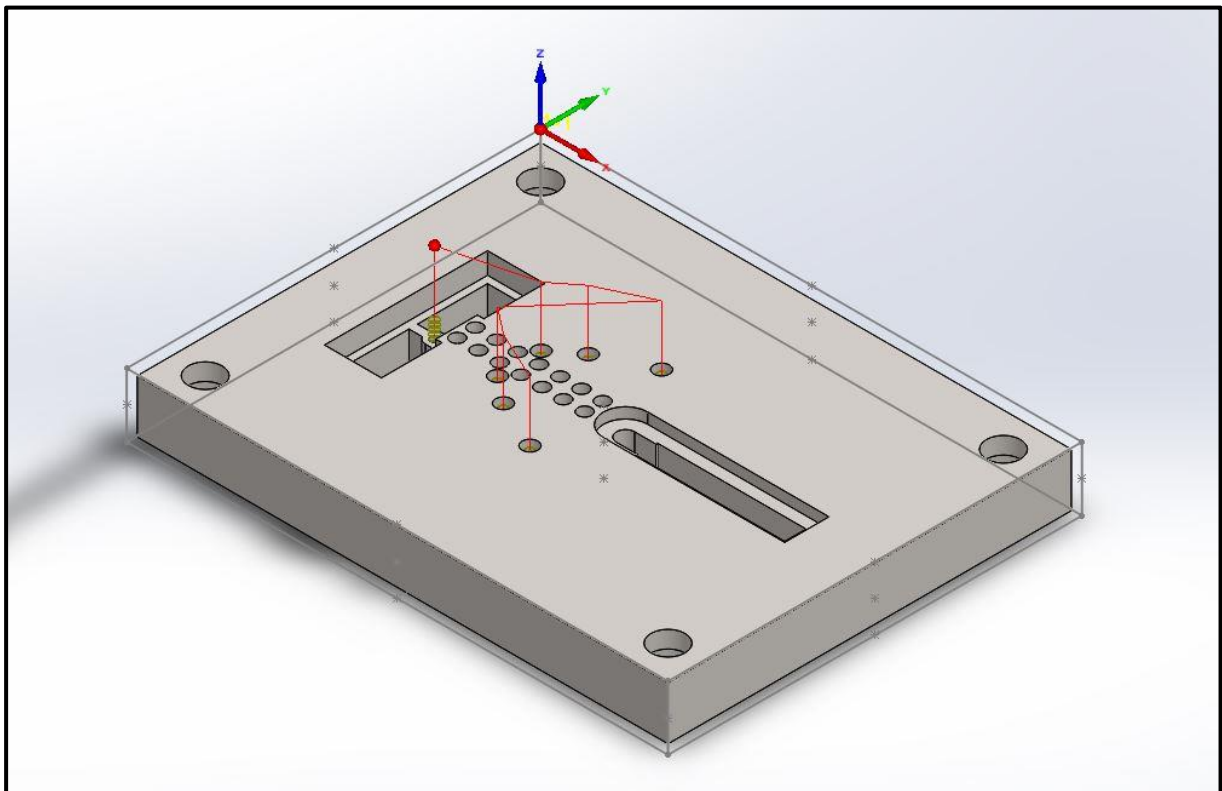




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø4:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	4

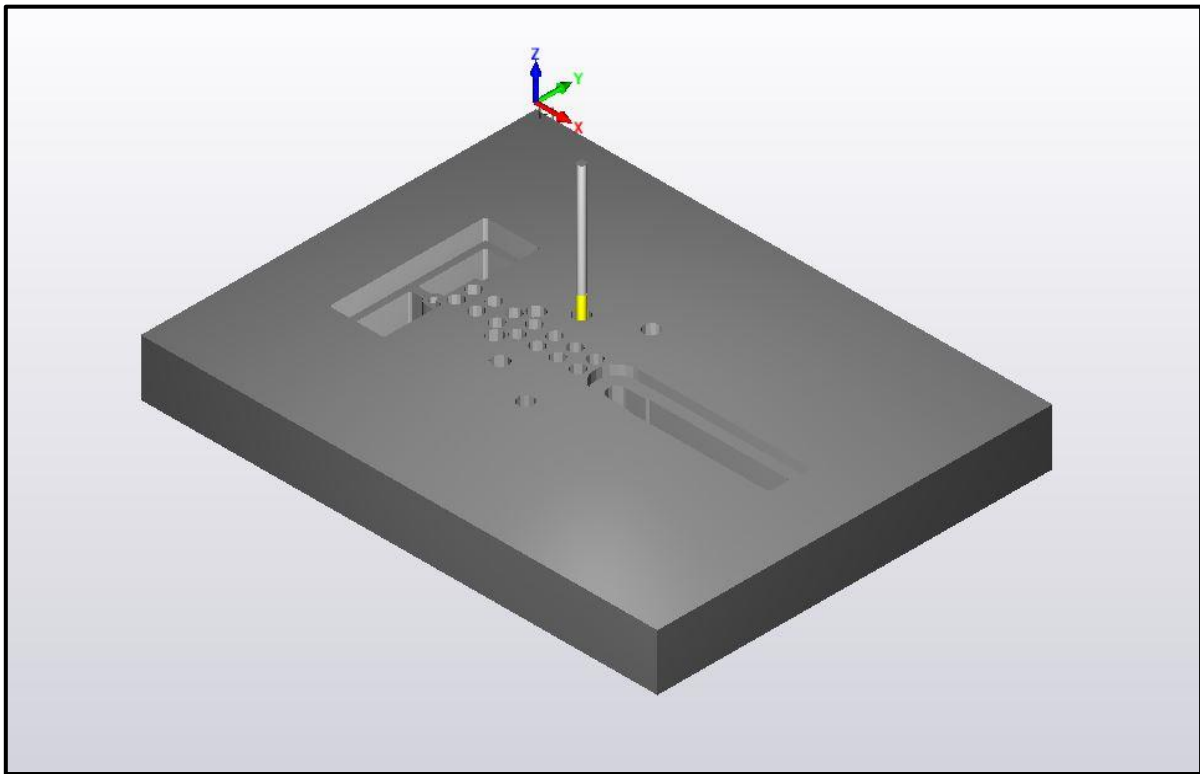
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



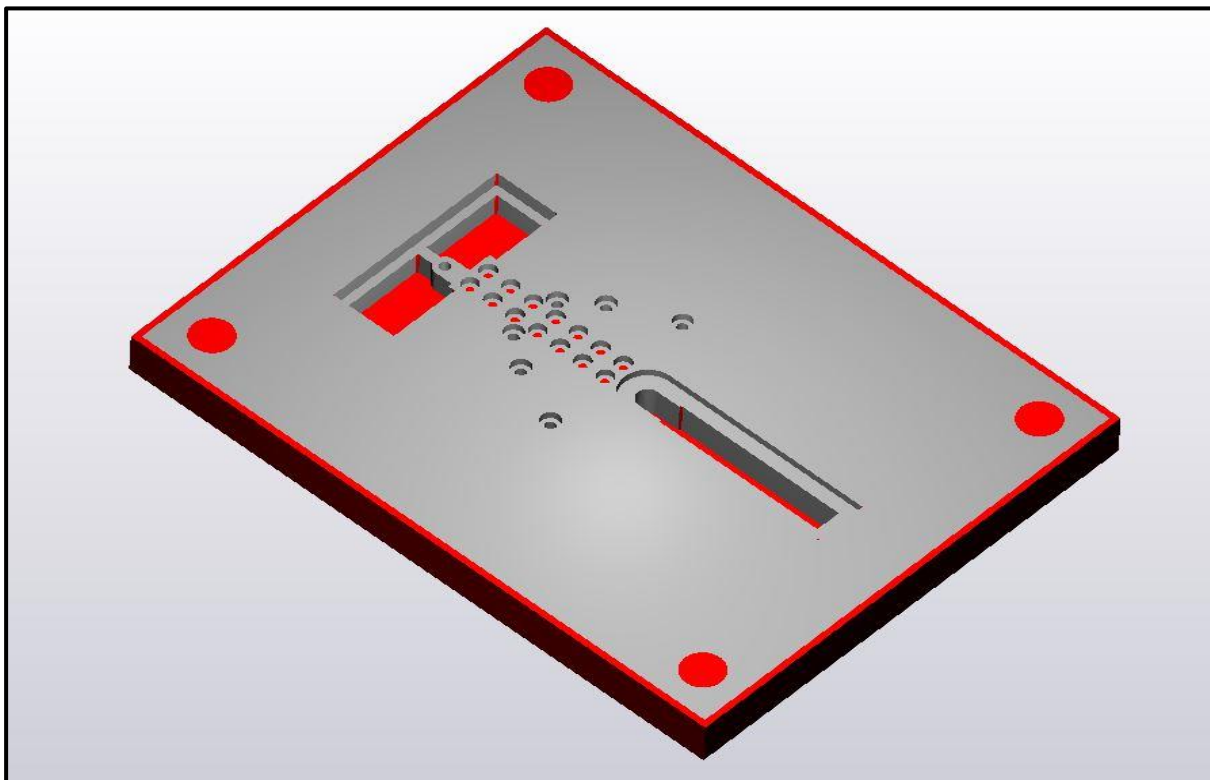
**Πίνακας 340.Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.320</b>	<b>215</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



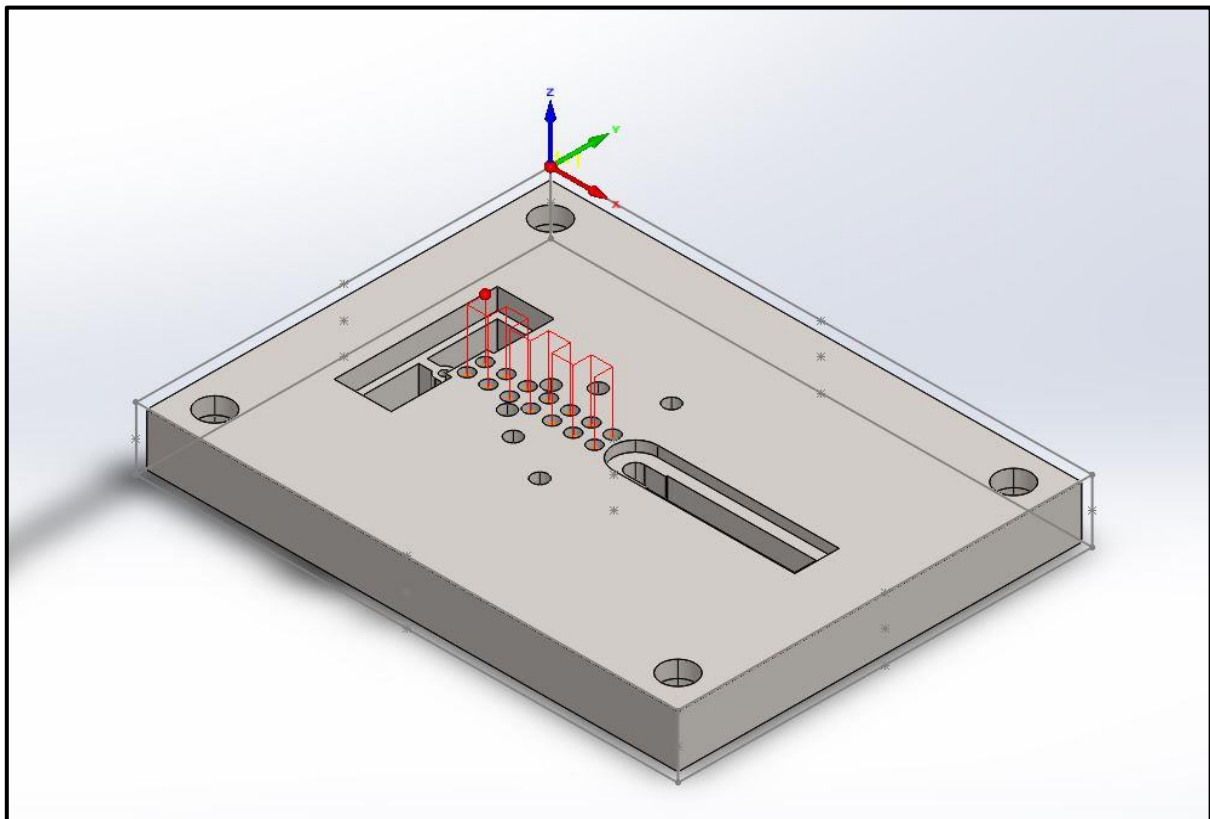
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø3:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	3

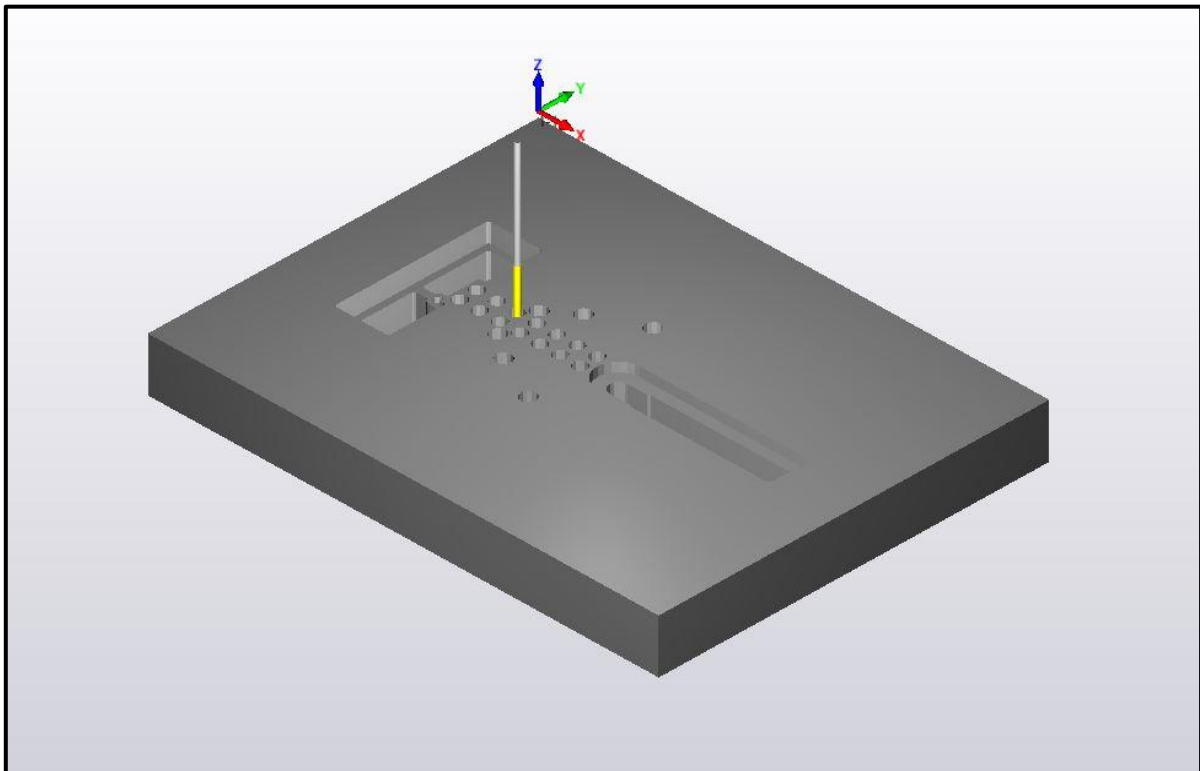
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



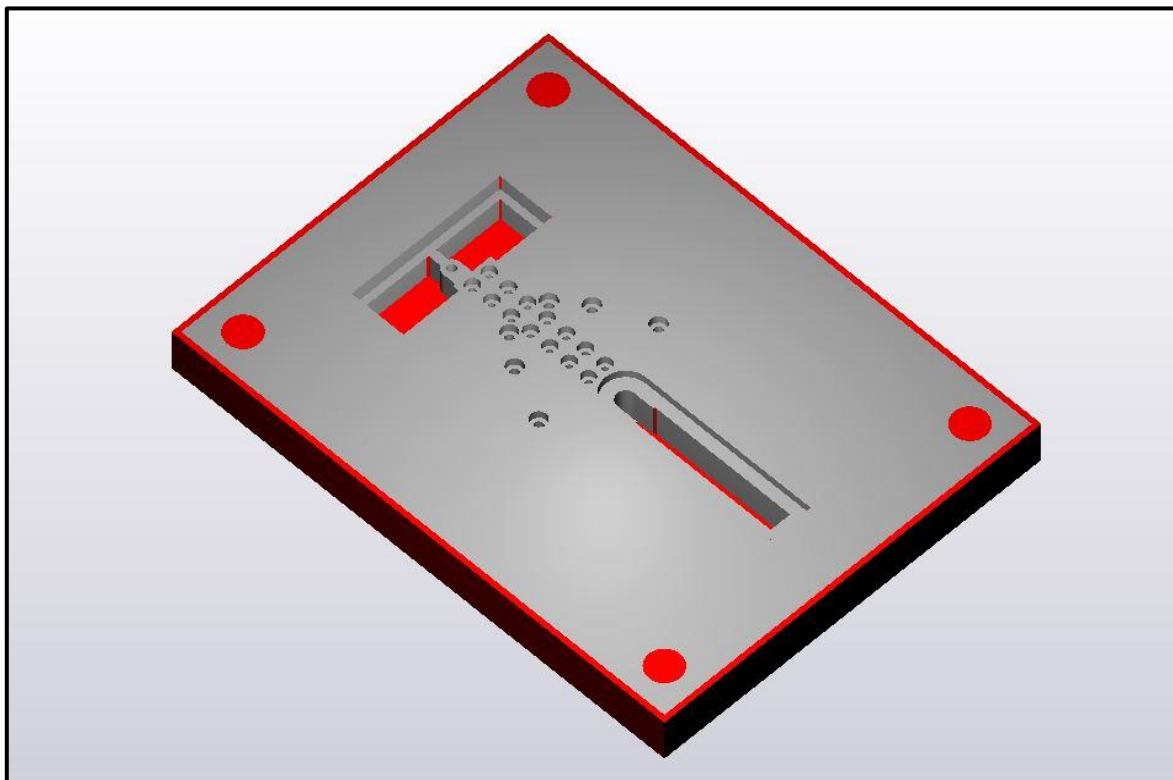
**Πίνακας 41. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2320</b>	<b>215</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



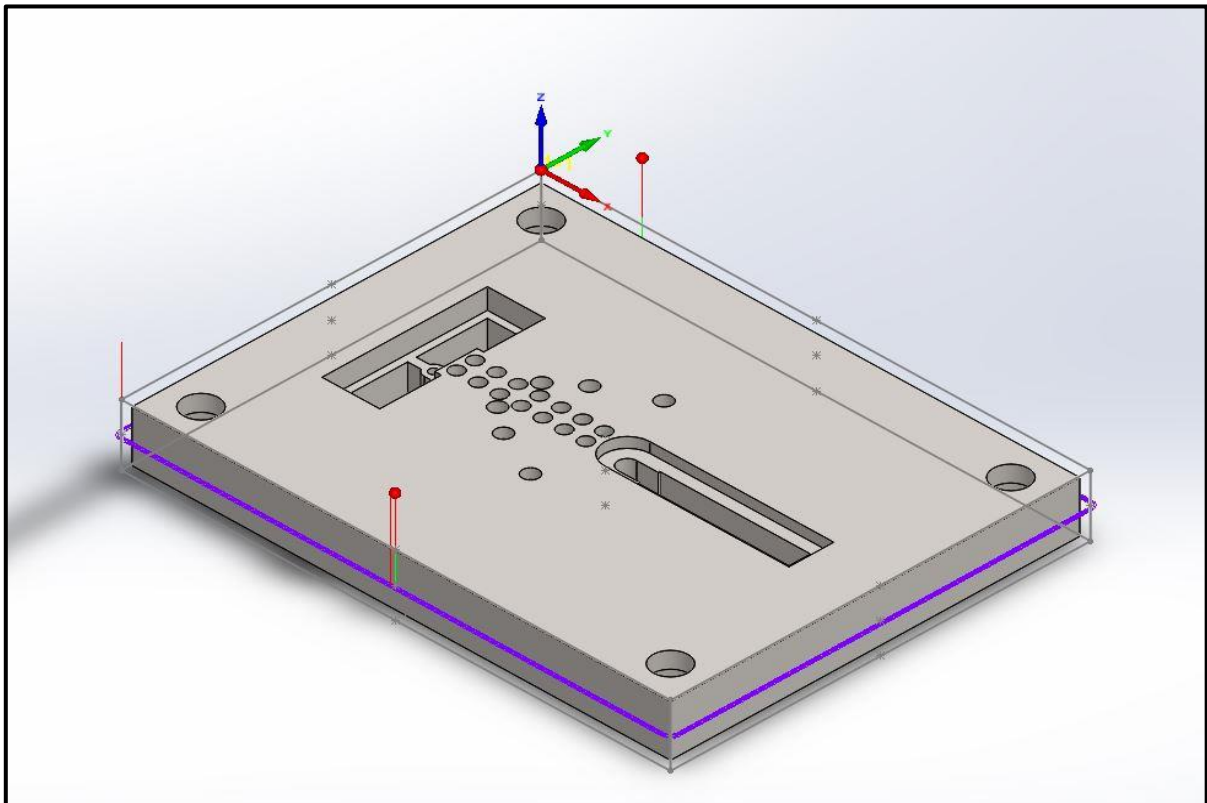
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

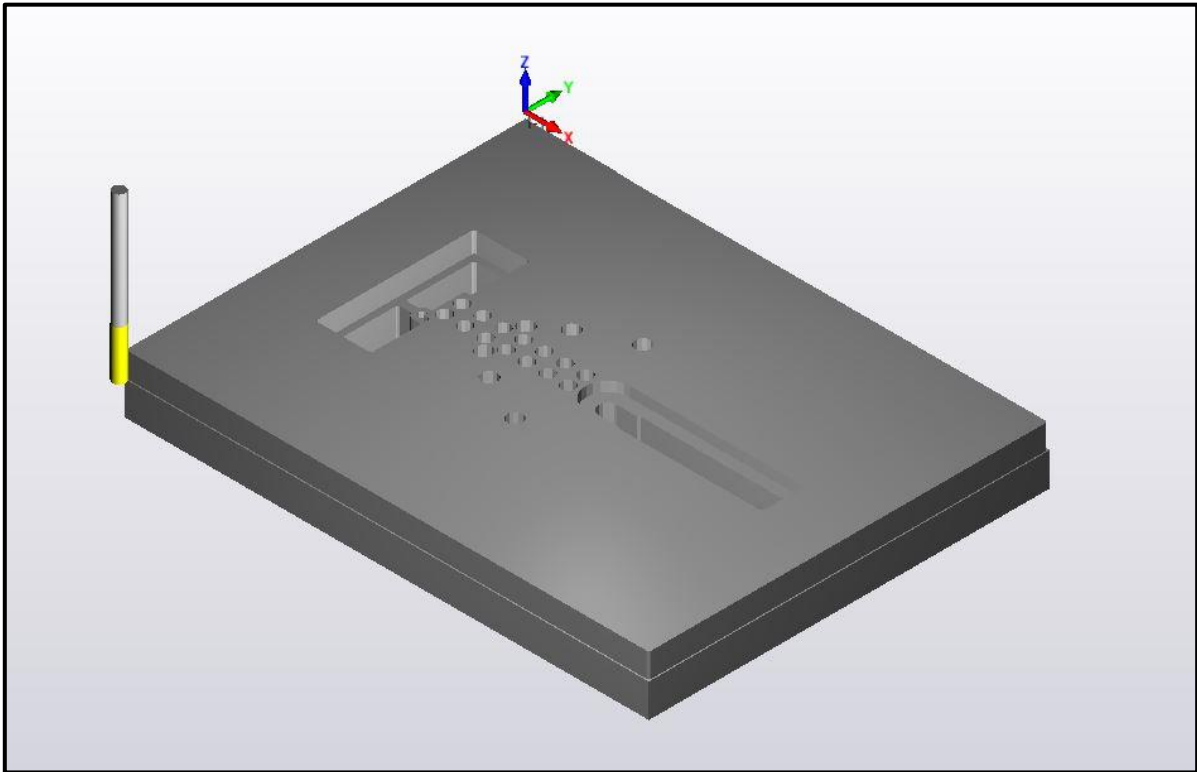
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



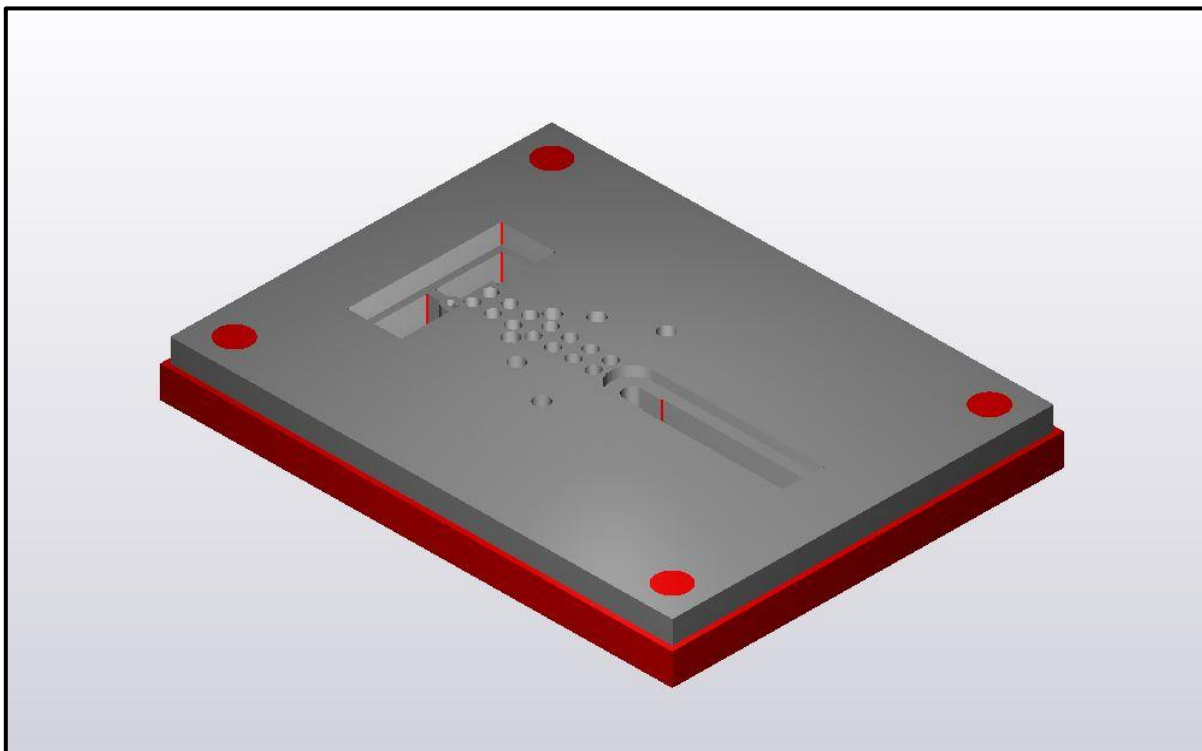
**Πίνακας 42. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.840</b>	<b>345</b>	<b>13,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



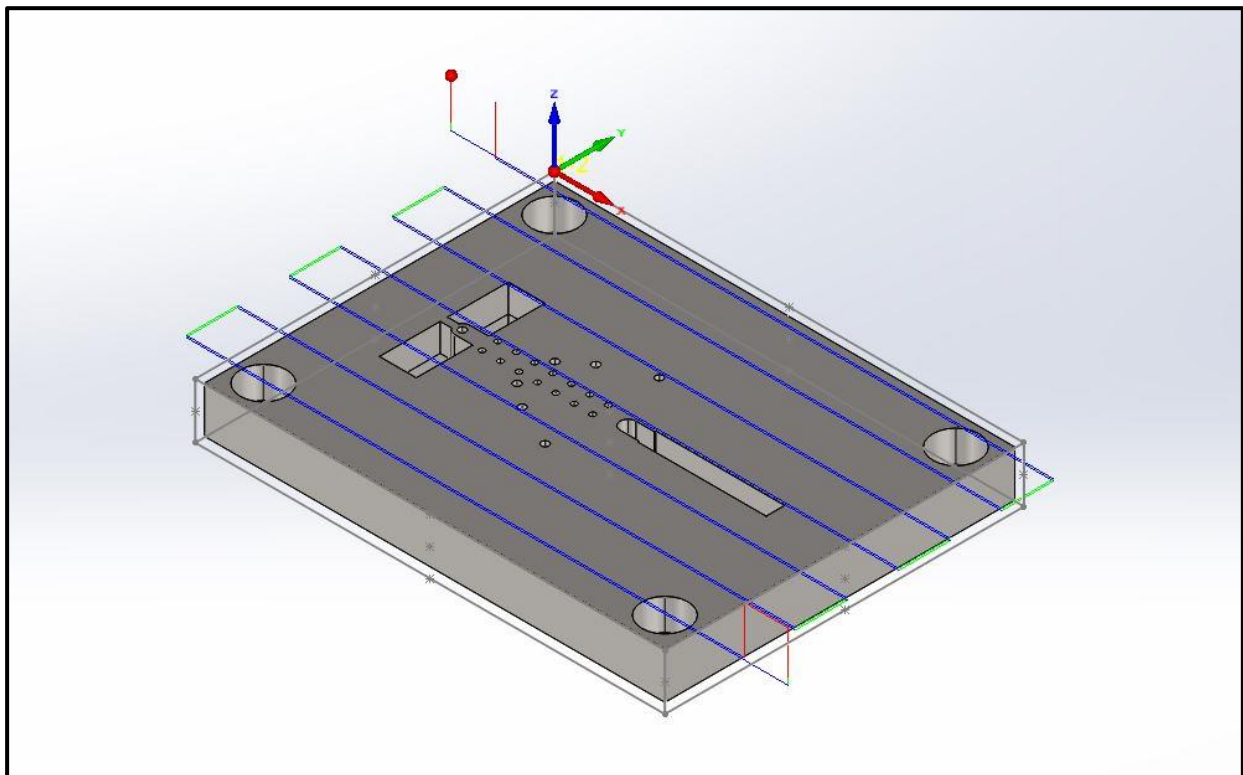
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

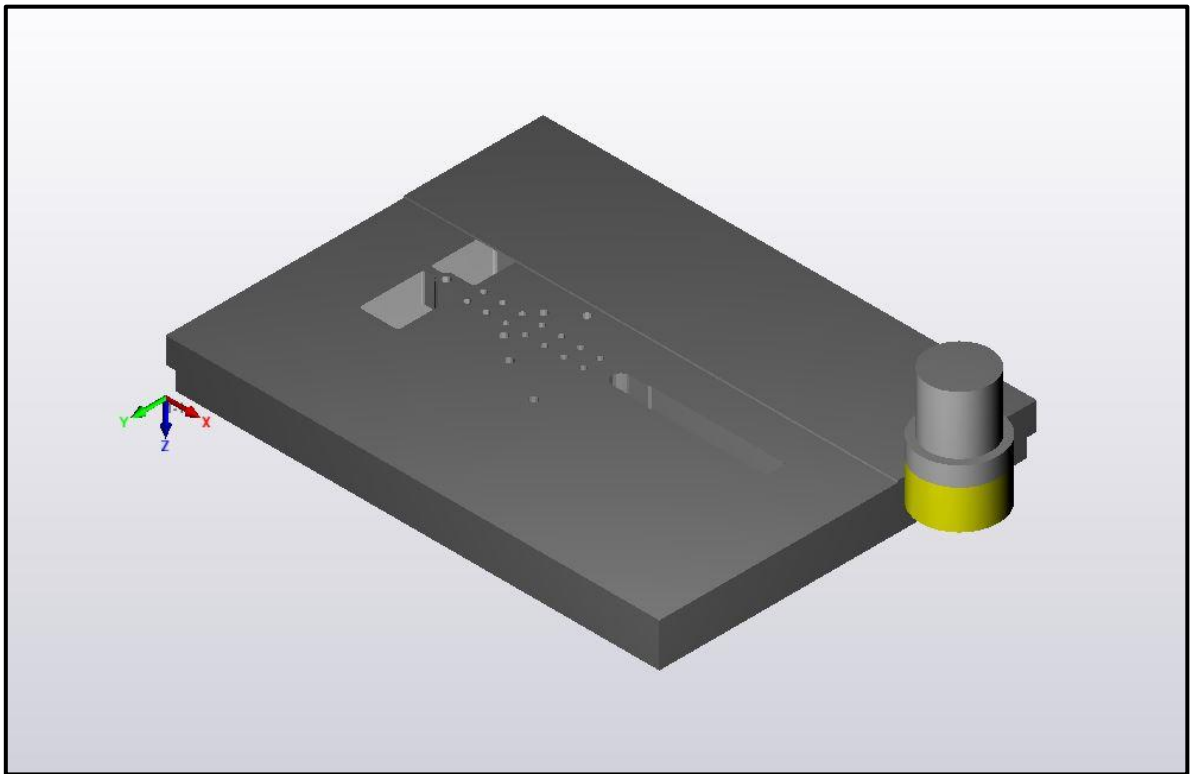


*Πίνακας 43. Δεδομένα κοπής*

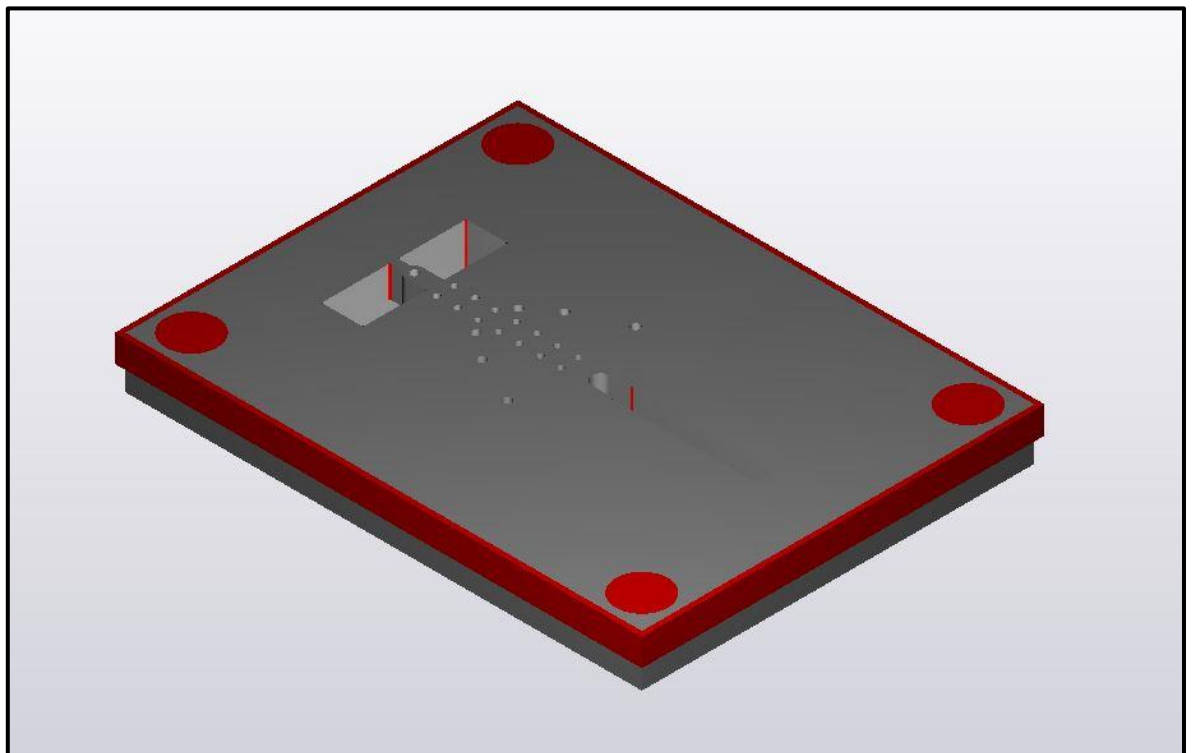
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



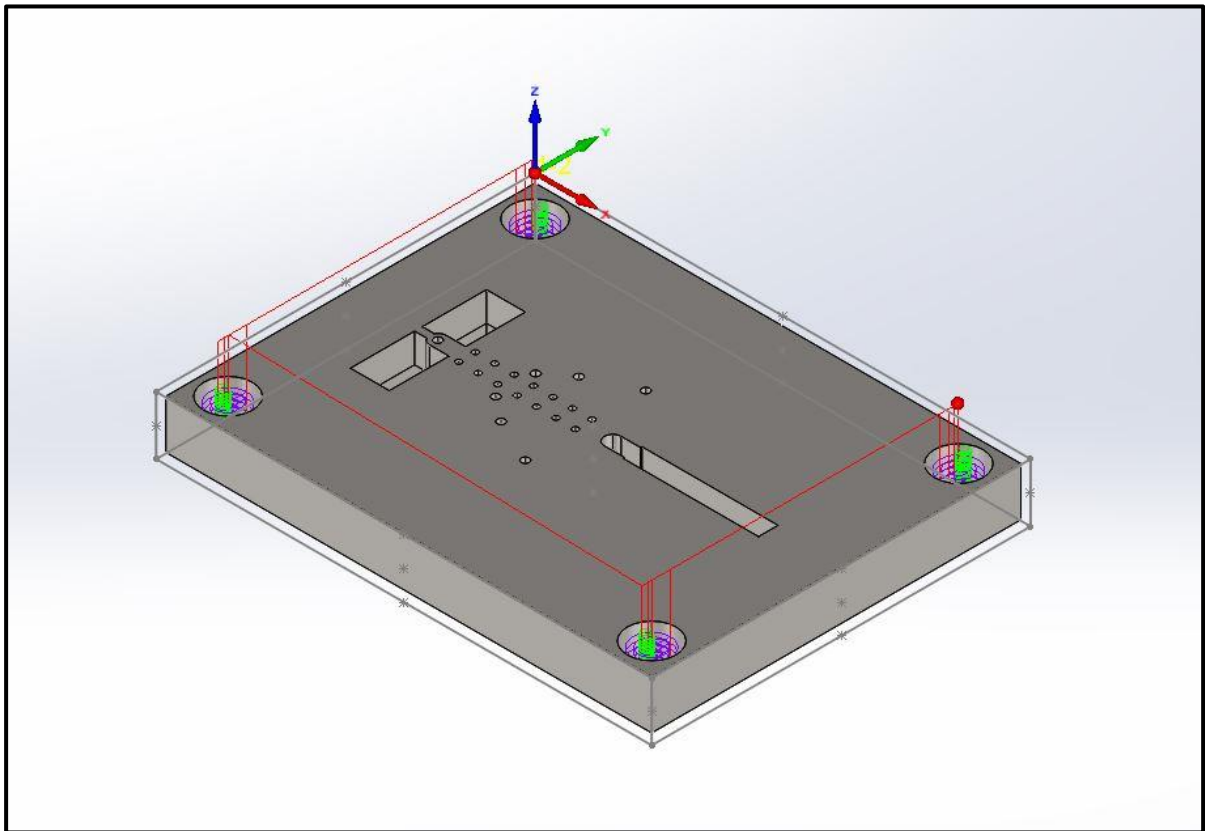
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### **ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6 : MULTI-STEPED POCKETS**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

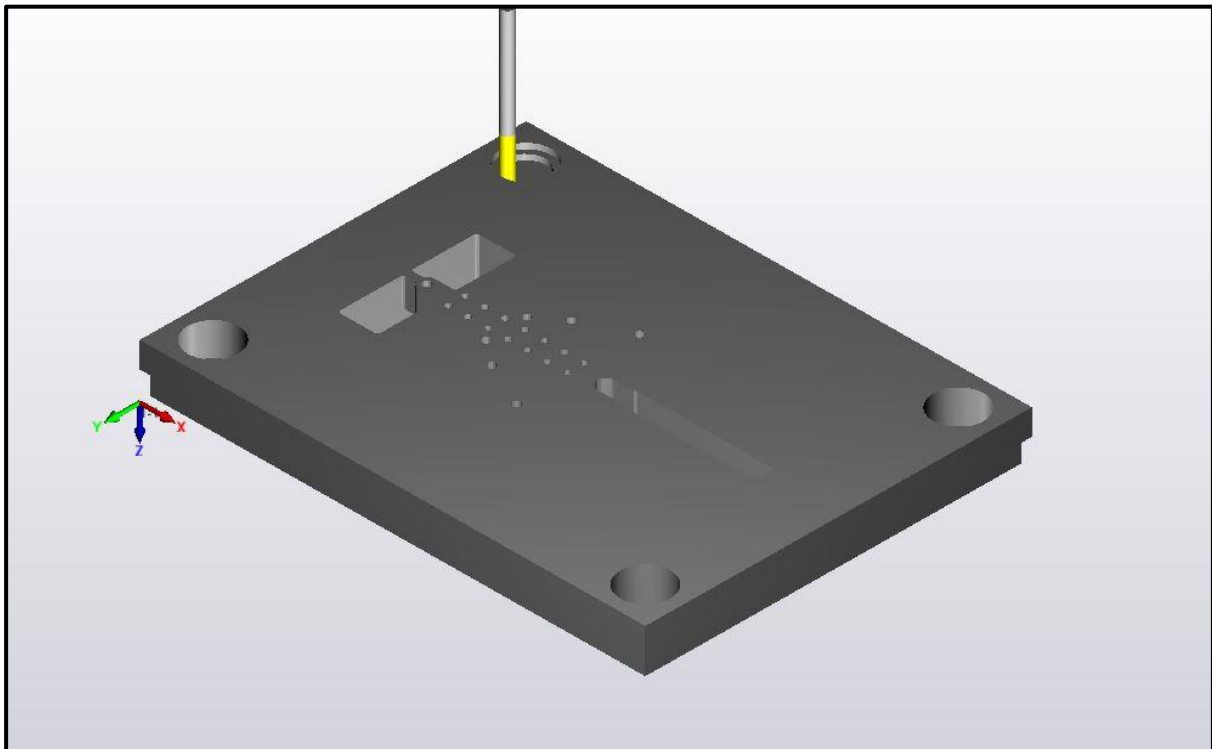
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



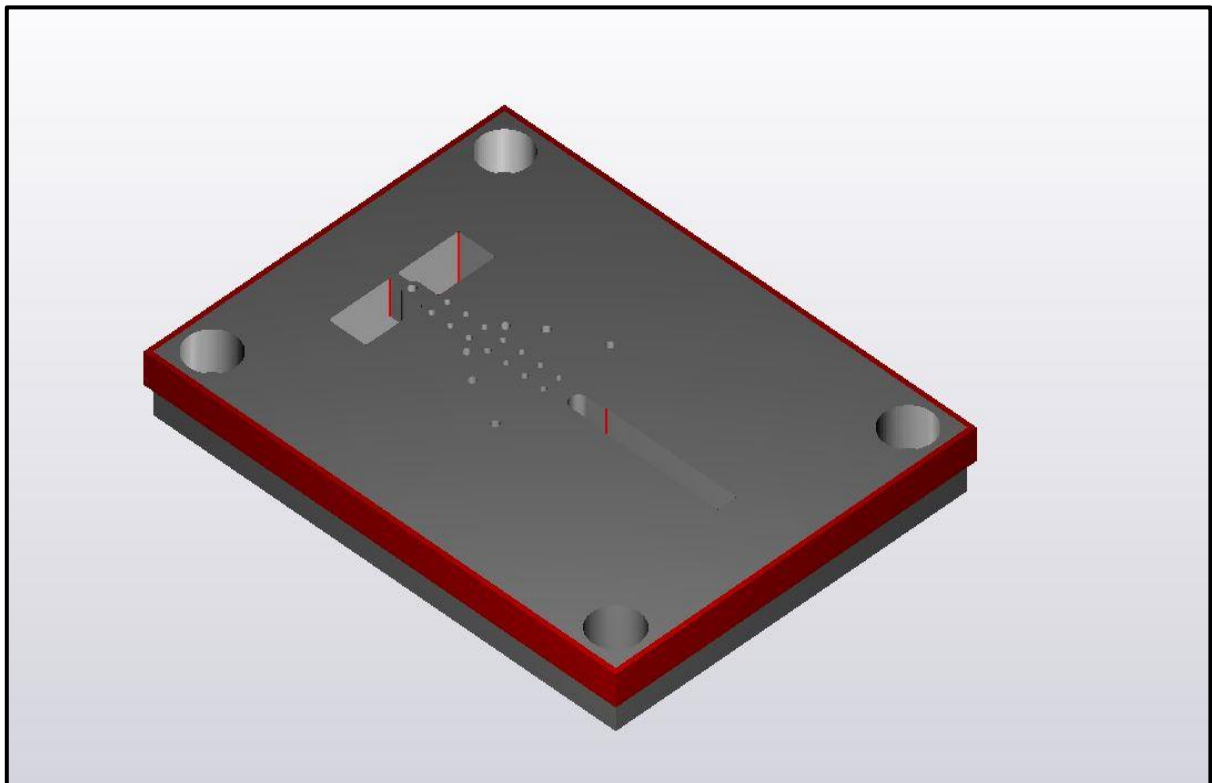
***Πίνακας 44. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.540</b>	<b>670</b>	<b>3,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



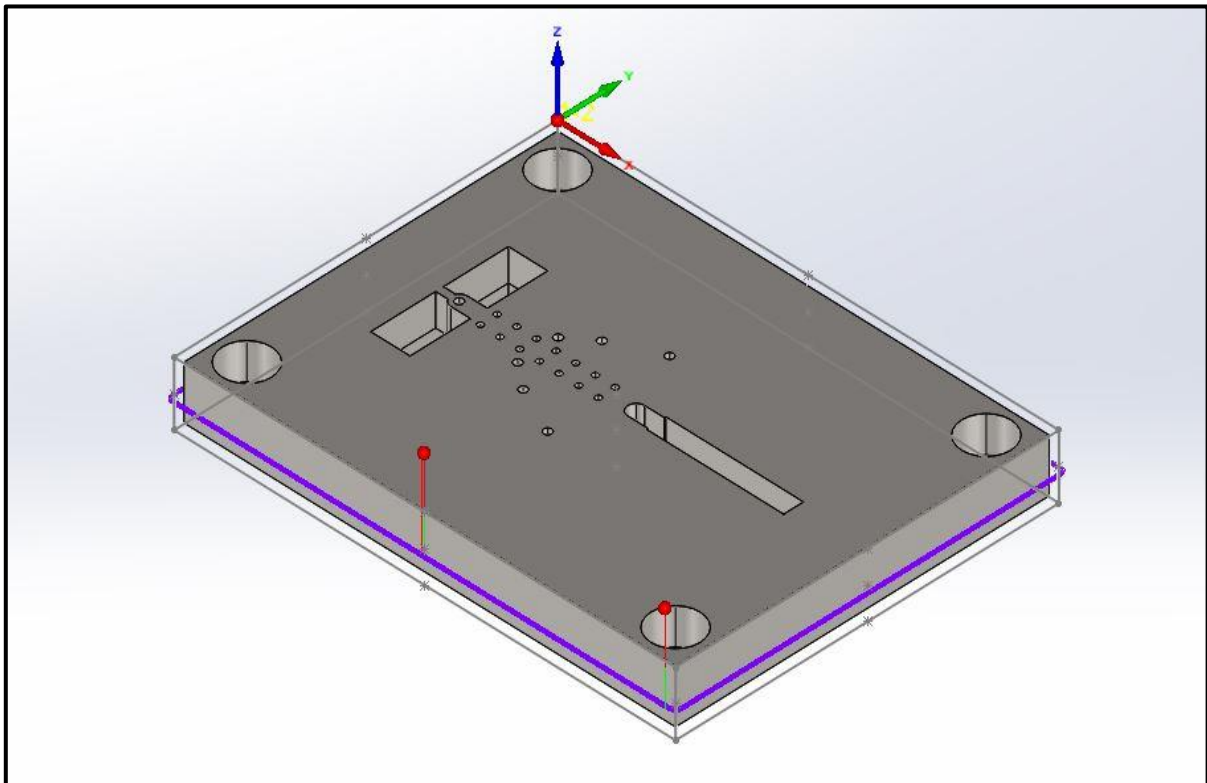
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 7 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

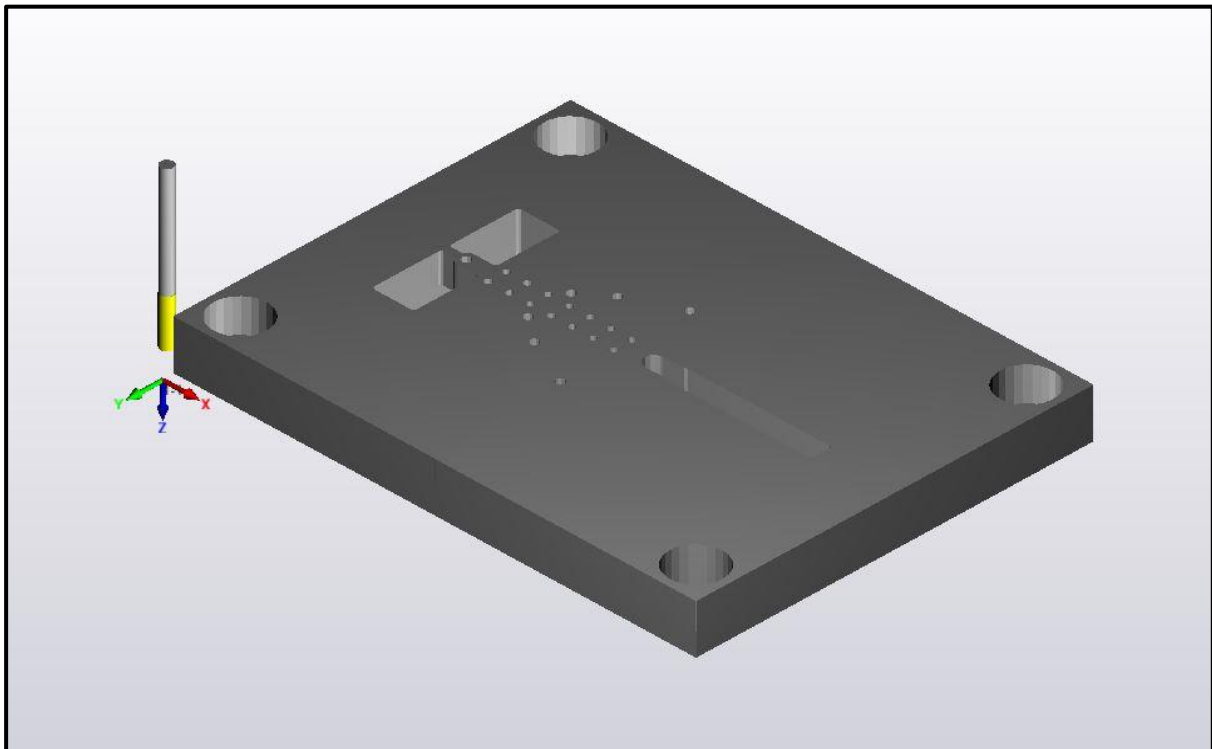
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



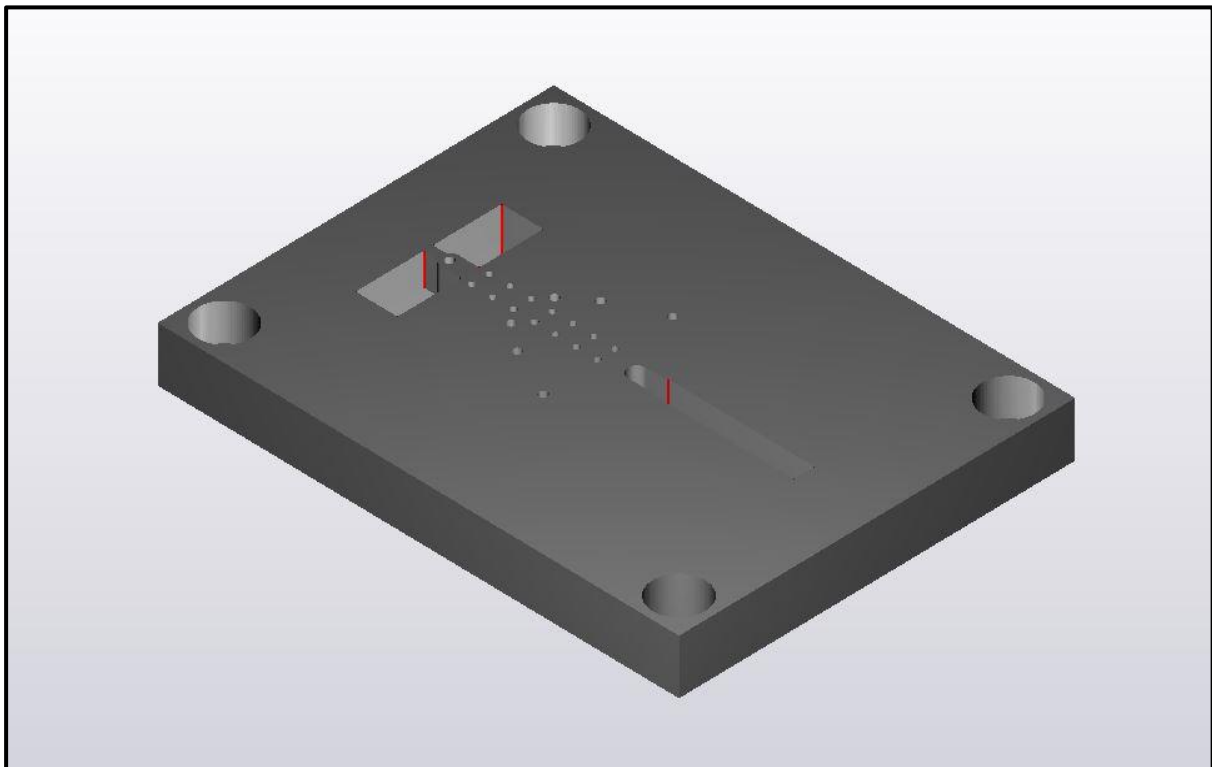
**Πίνακας 45. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.840</b>	<b>345</b>	<b>13,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

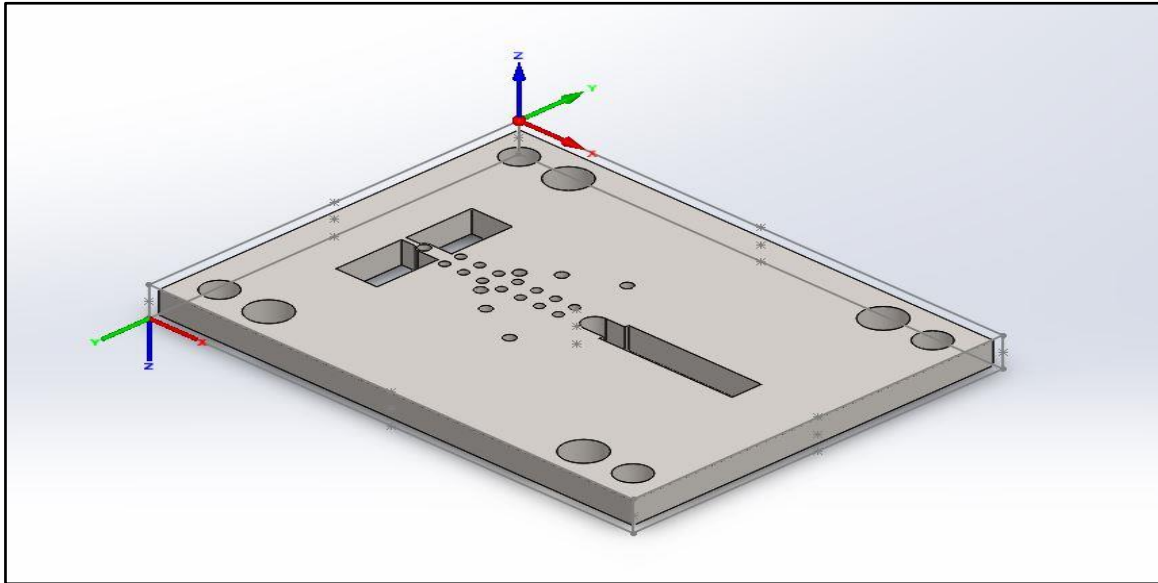


## 5.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΠΛΑΚΑΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

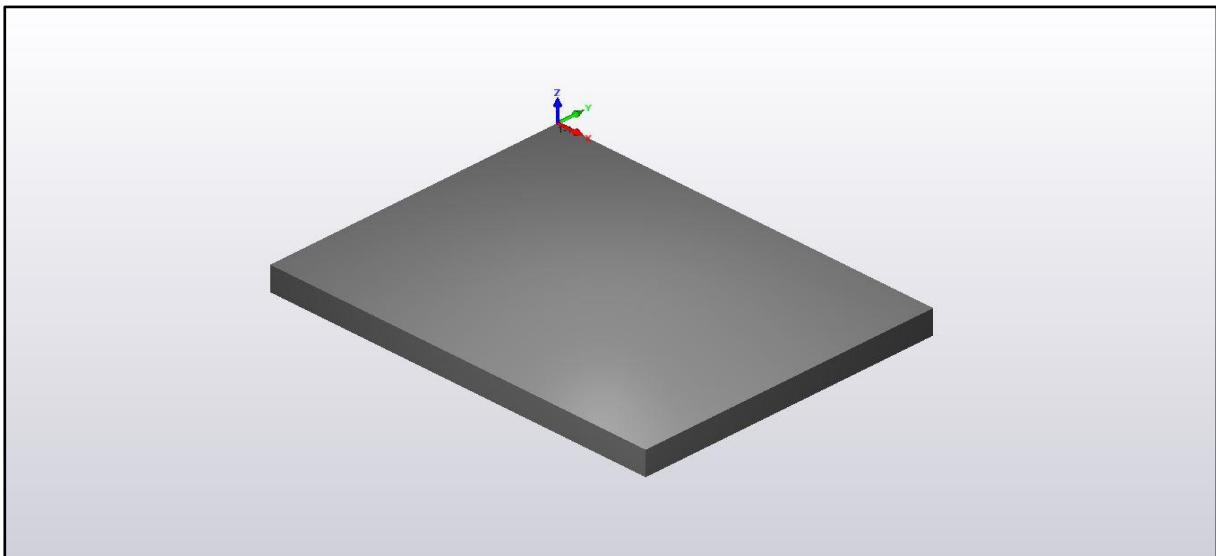
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της κάτω ενδιάμεσης πλάκας.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
250x190x15	260x200x20



Εικόνα 36. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 37. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

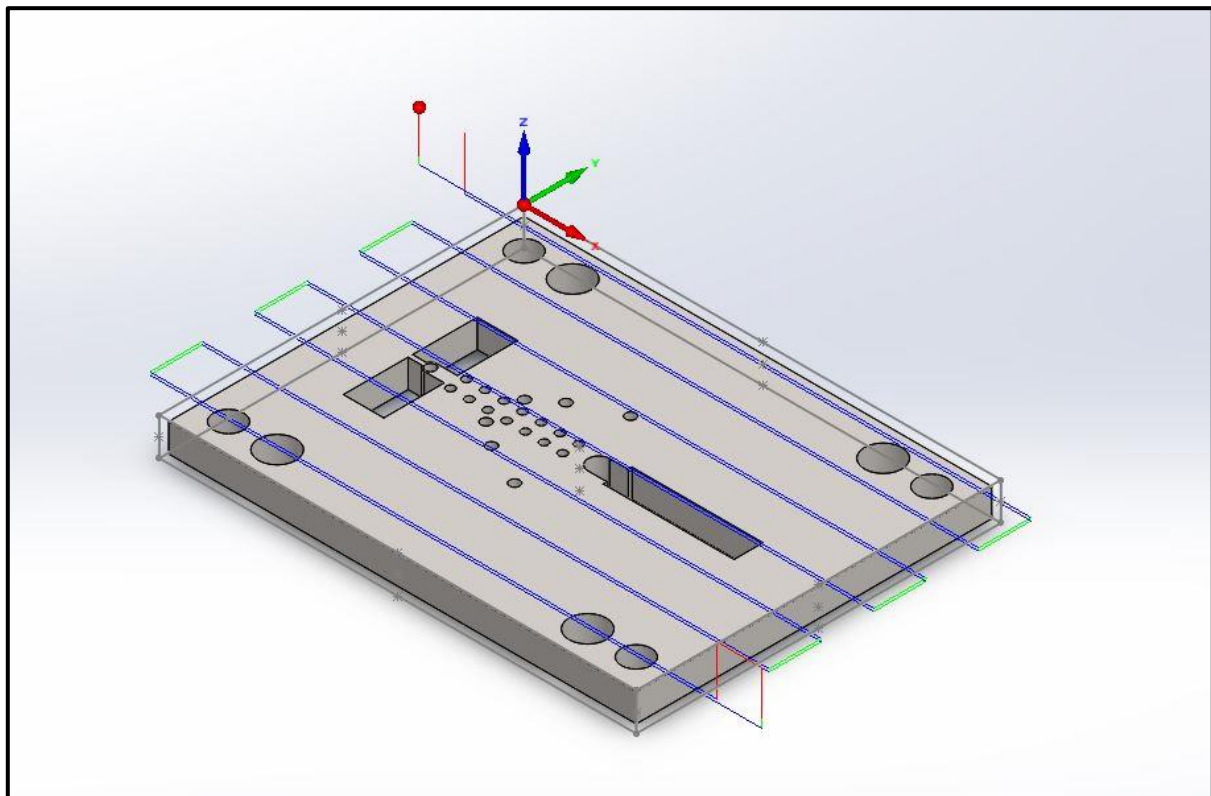
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

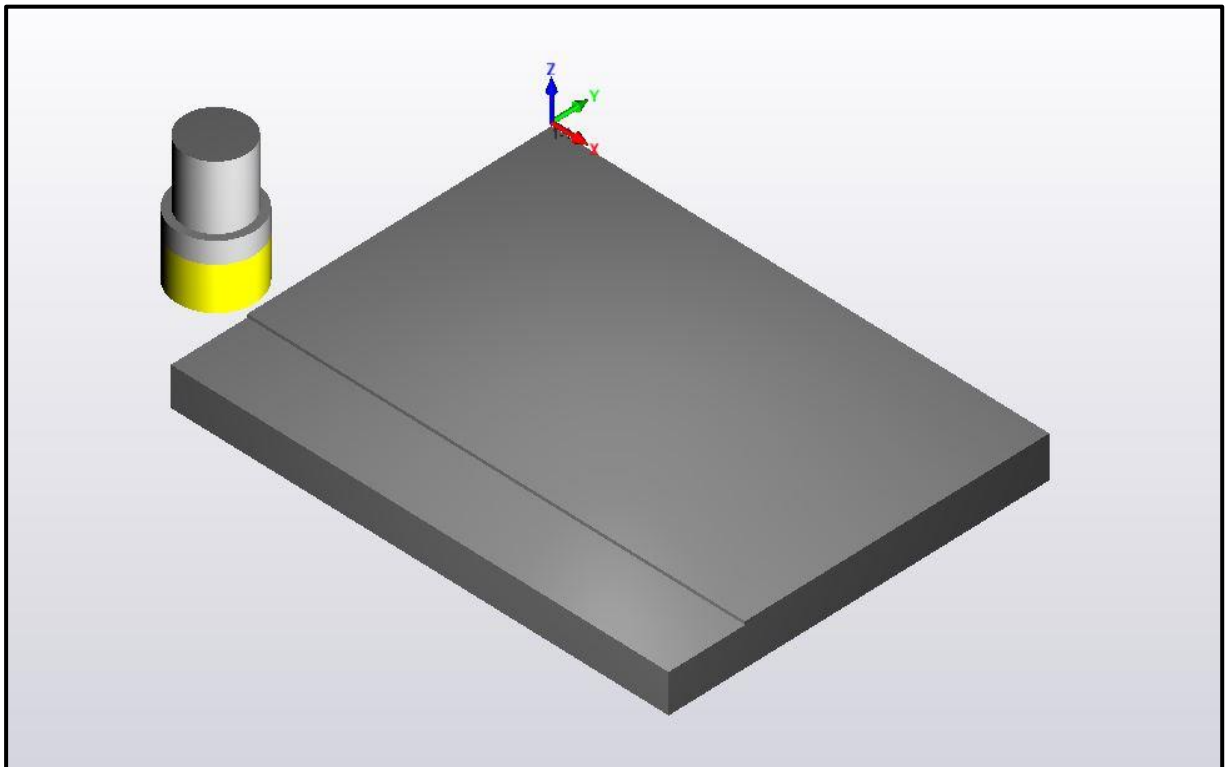


**Πίνακας 46. Δεδομένα κοπής**

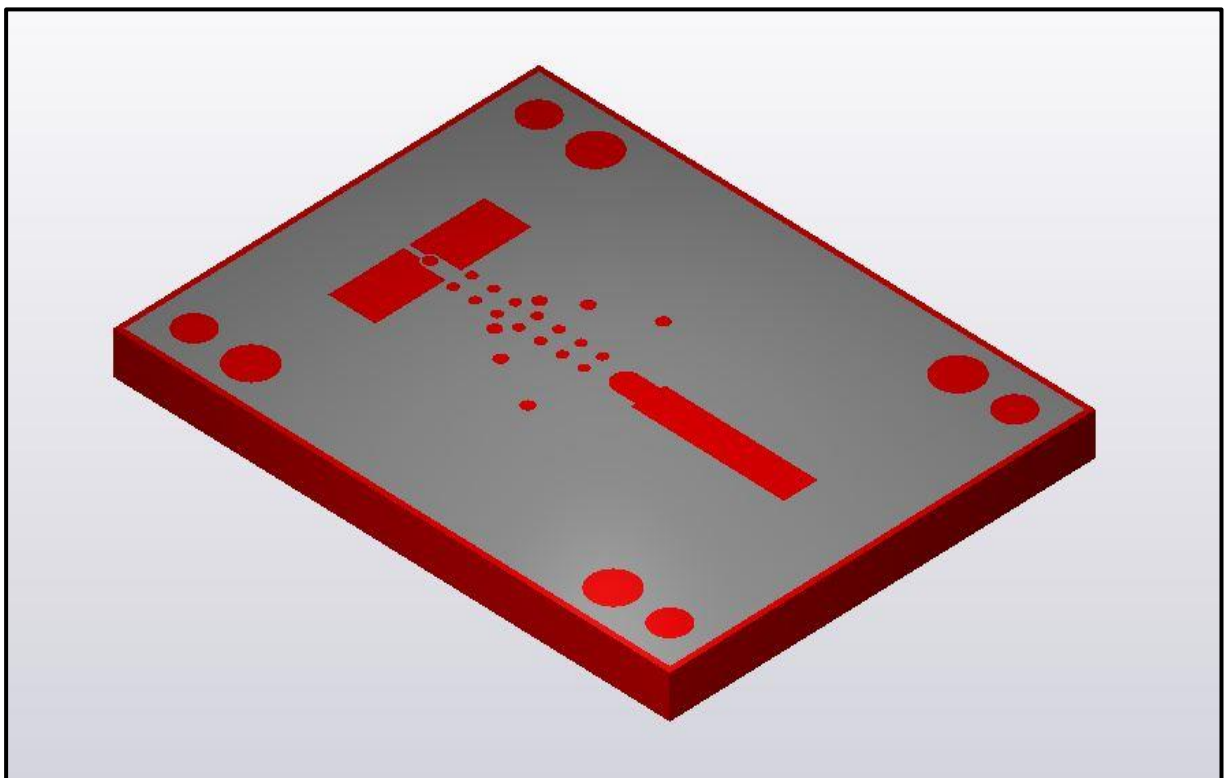
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



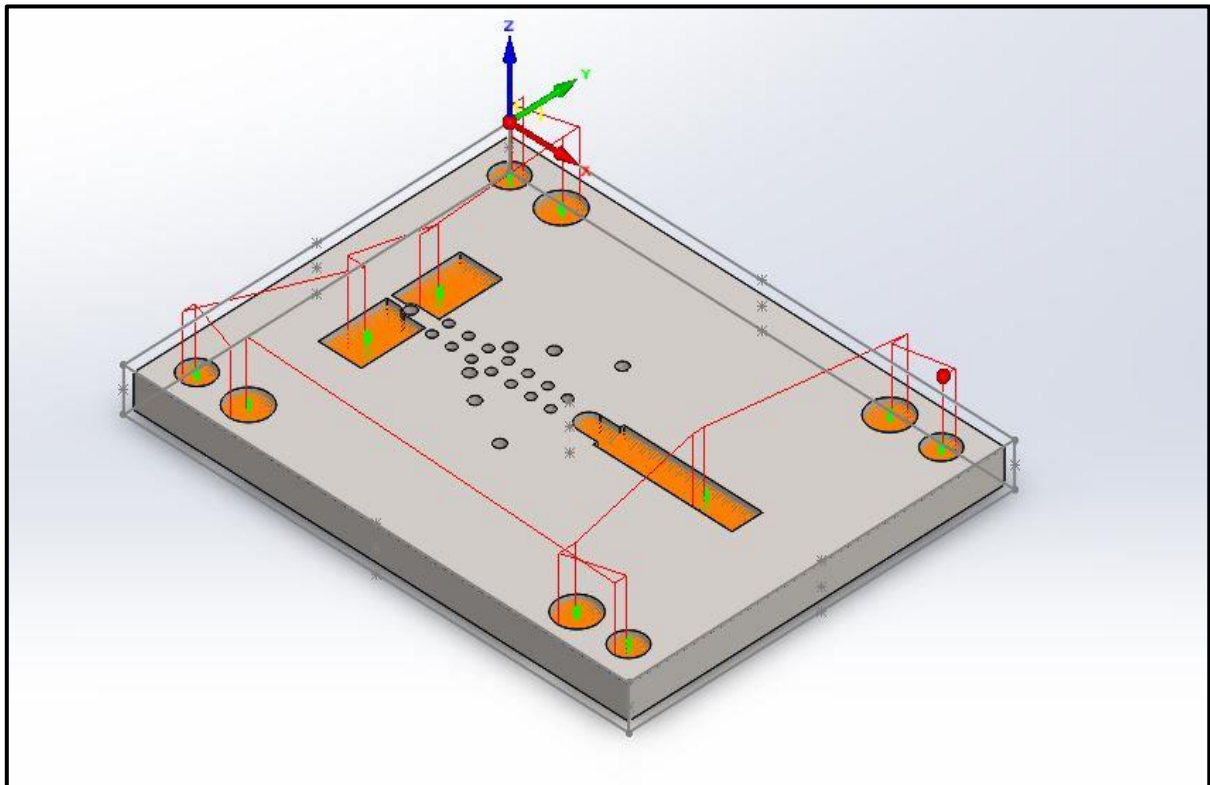
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : MULTI POCKETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	2

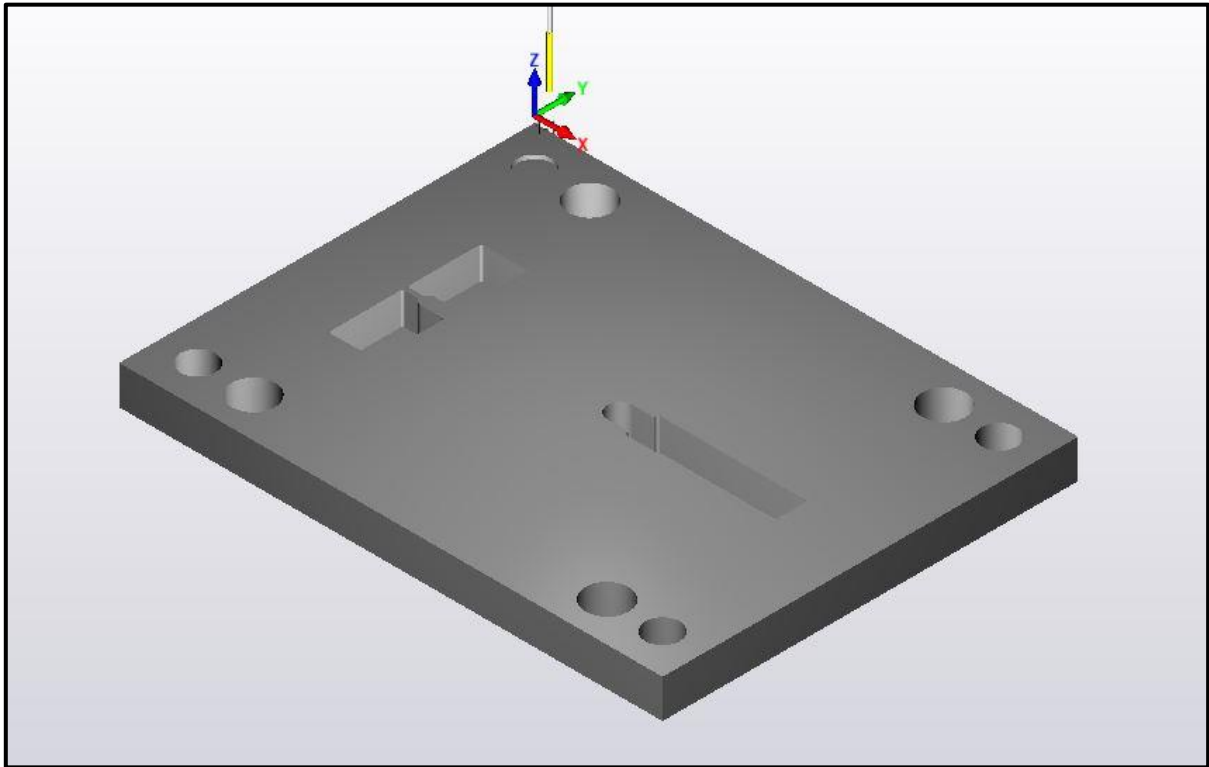
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



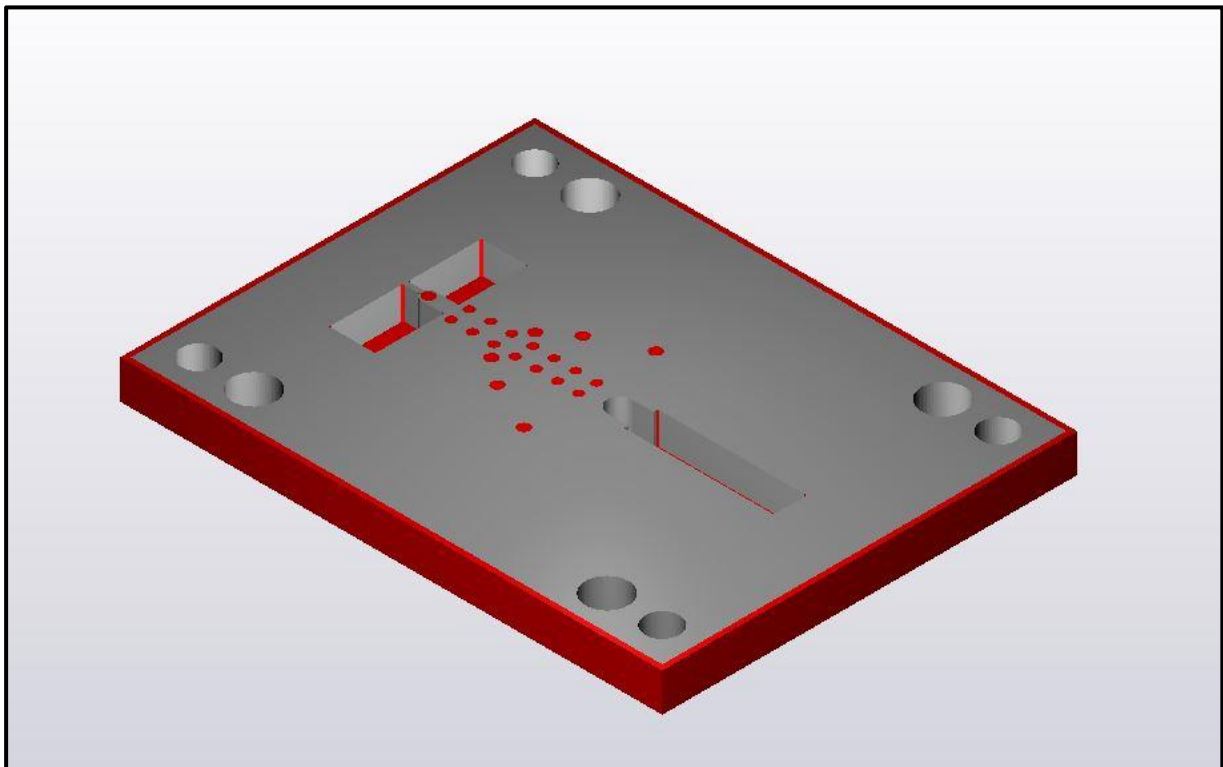
*Πίνακας 47. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>11.800</b>	<b>650</b>	<b>2,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



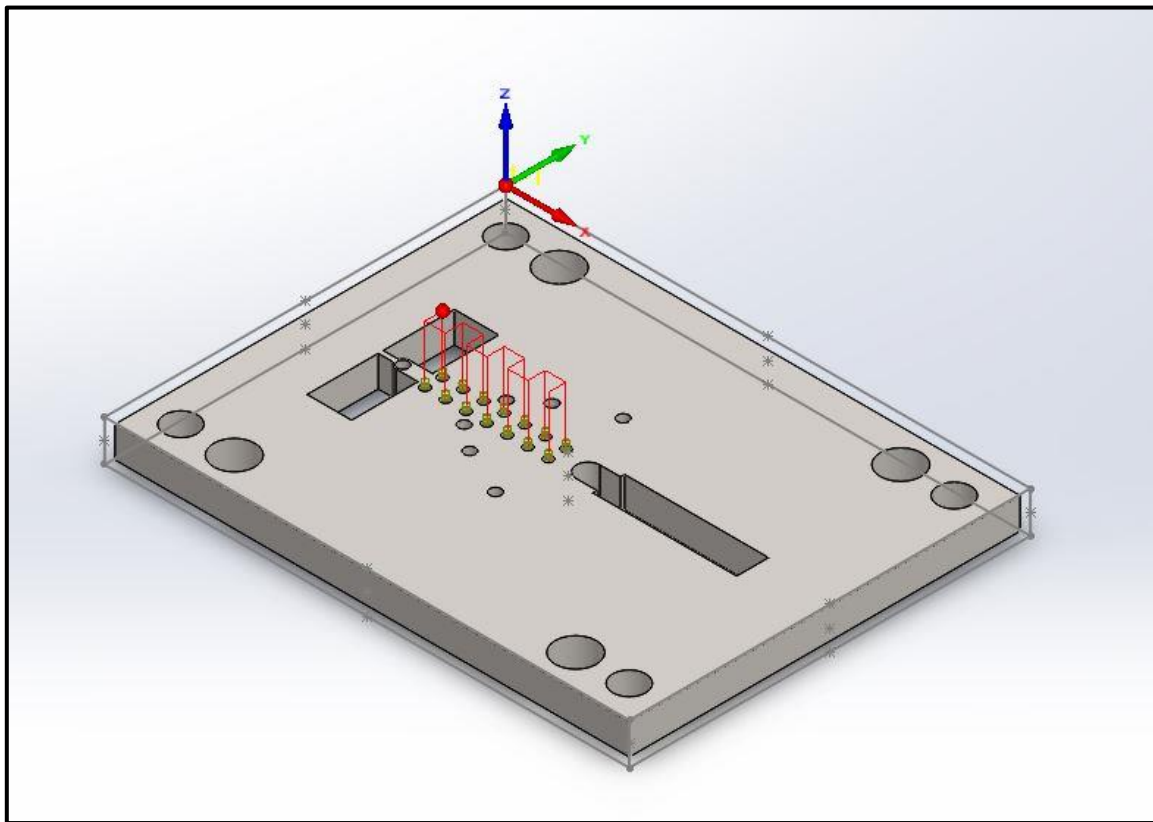
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø4,5:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	4,5

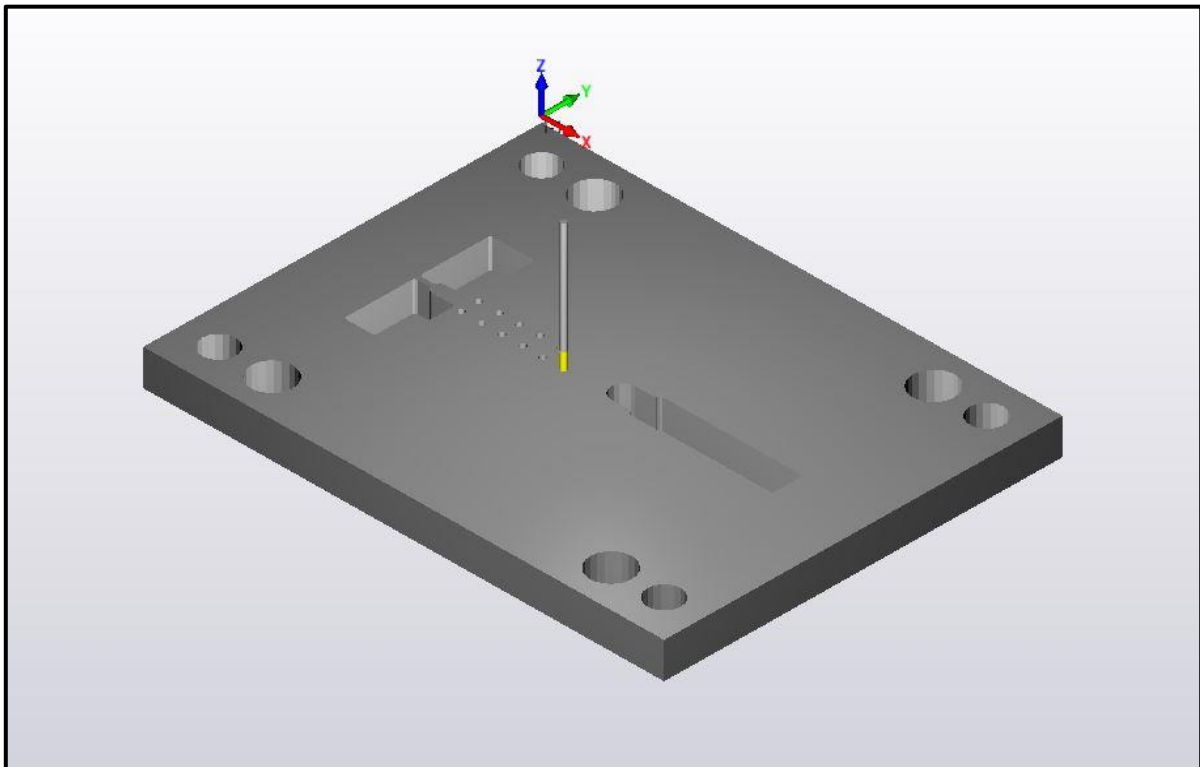
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



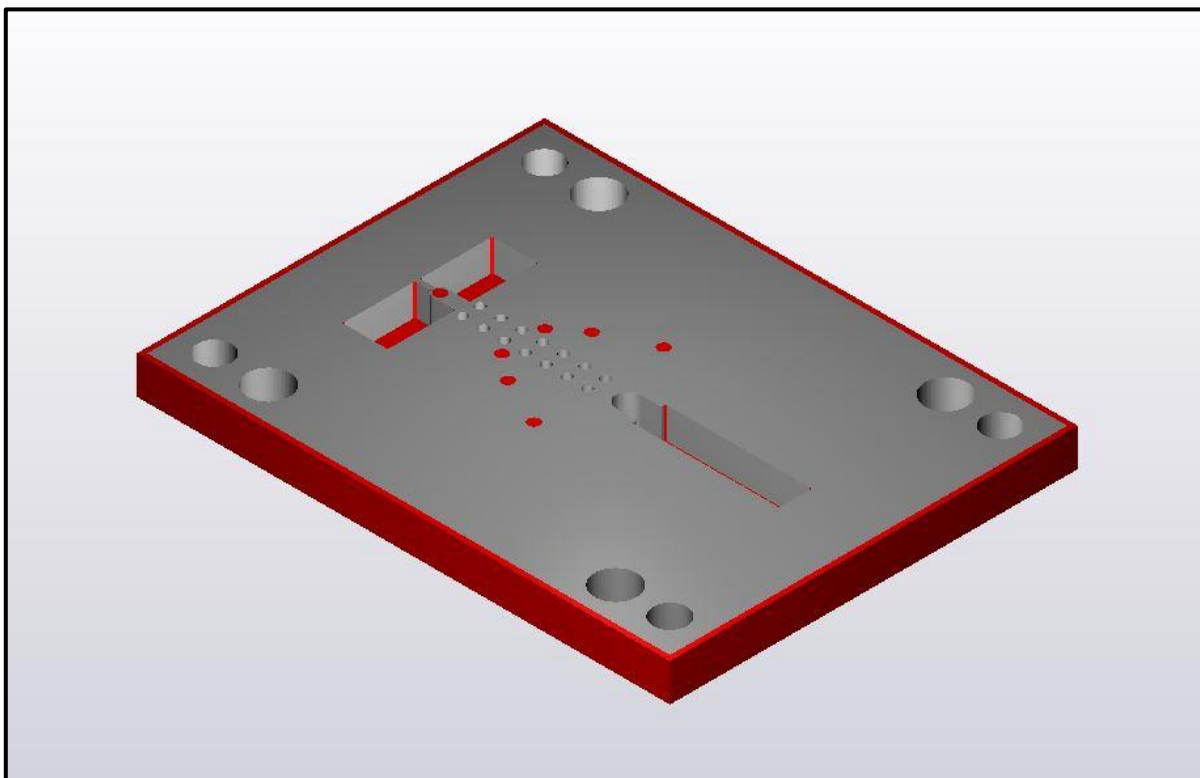
**Πίνακας 48.Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.060</b>	<b>210</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



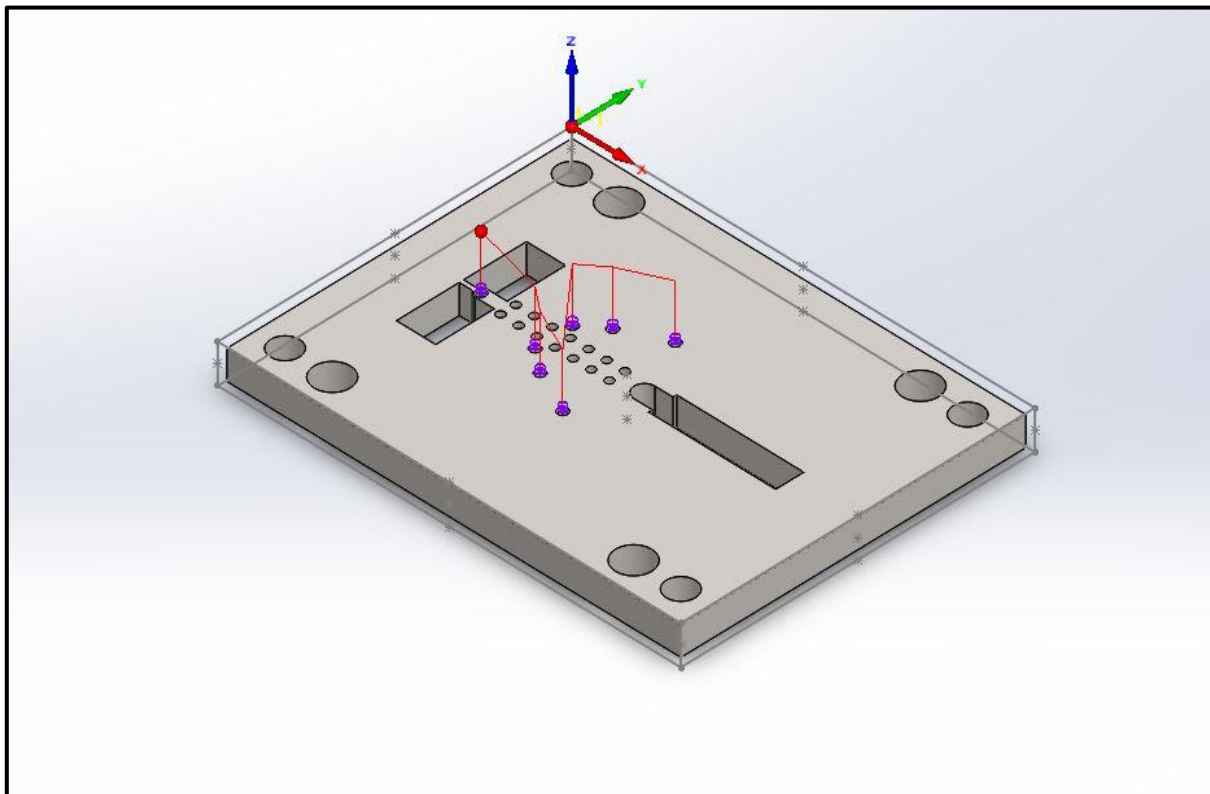
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø5,5:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	5,5

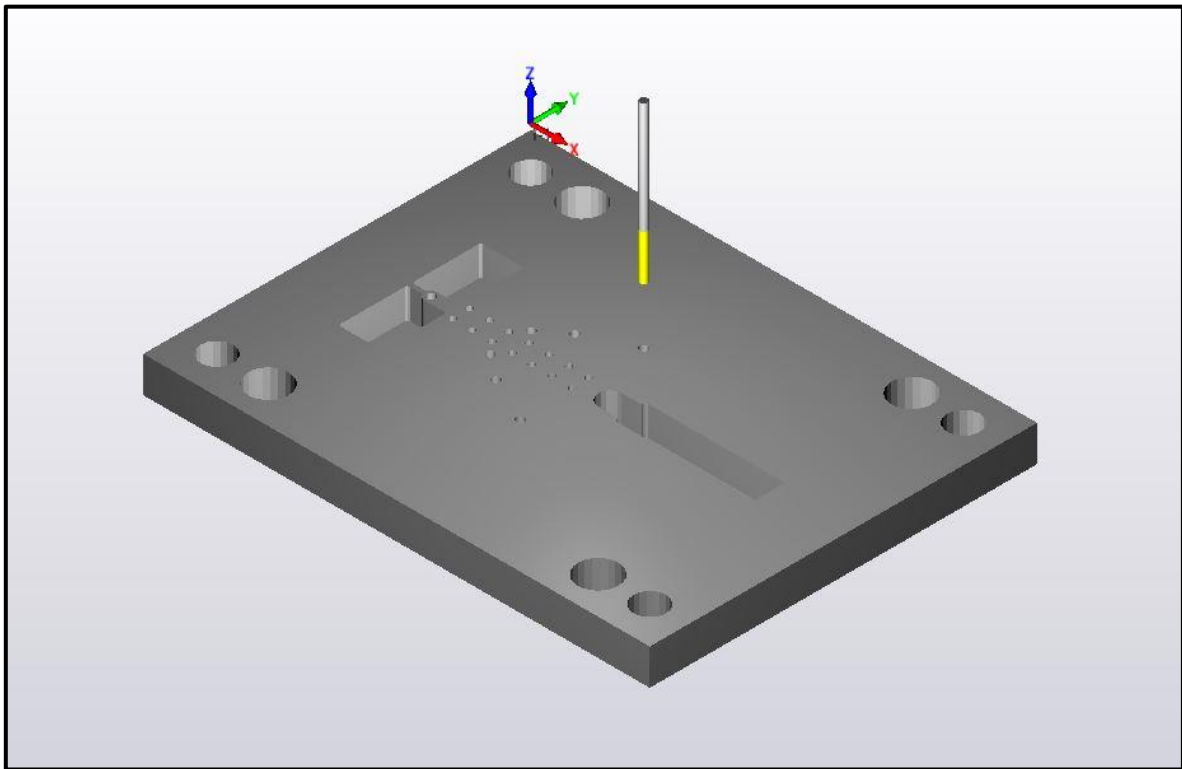
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



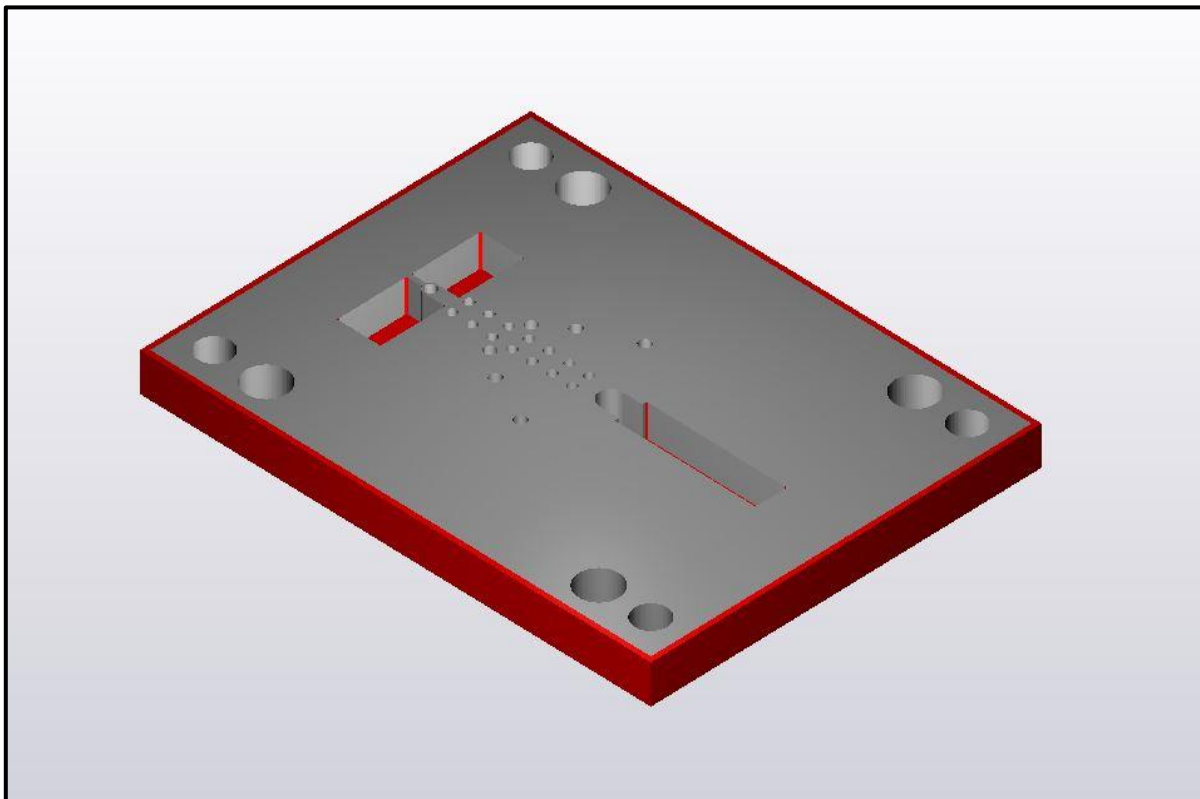
**Πίνακας 49.Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.685</b>	<b>205</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**




**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

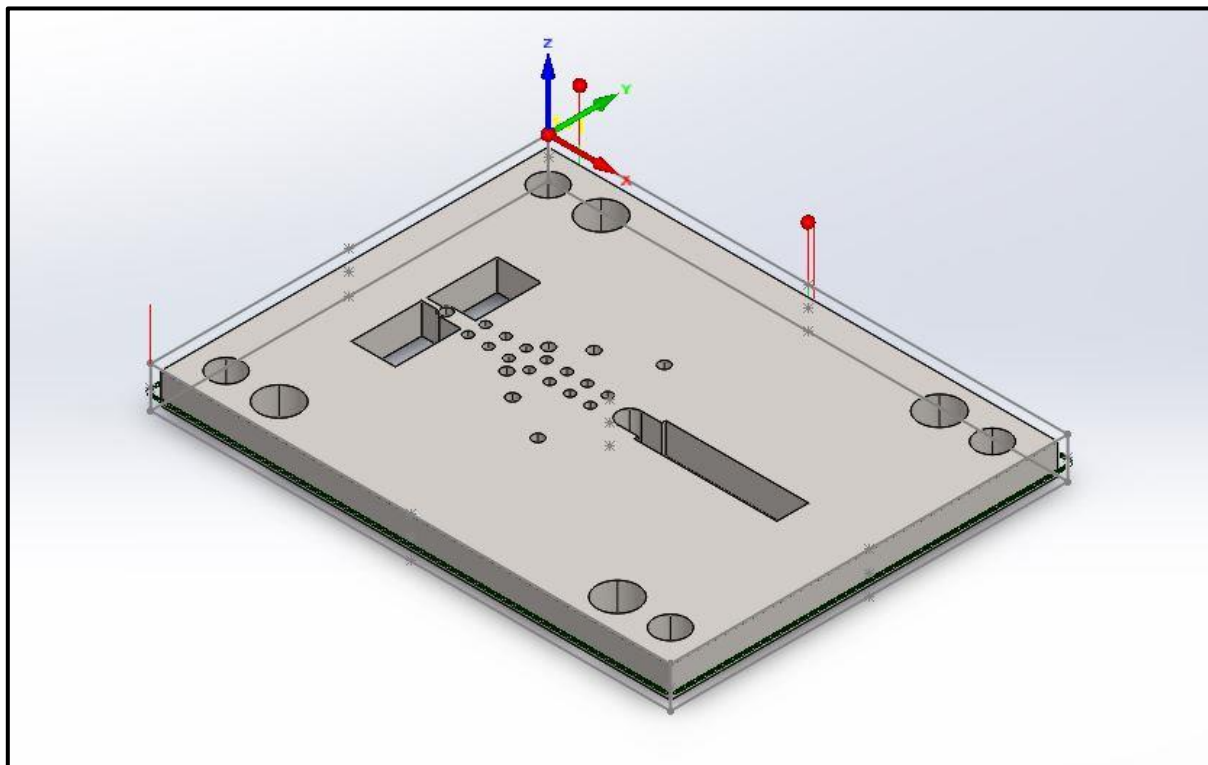




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

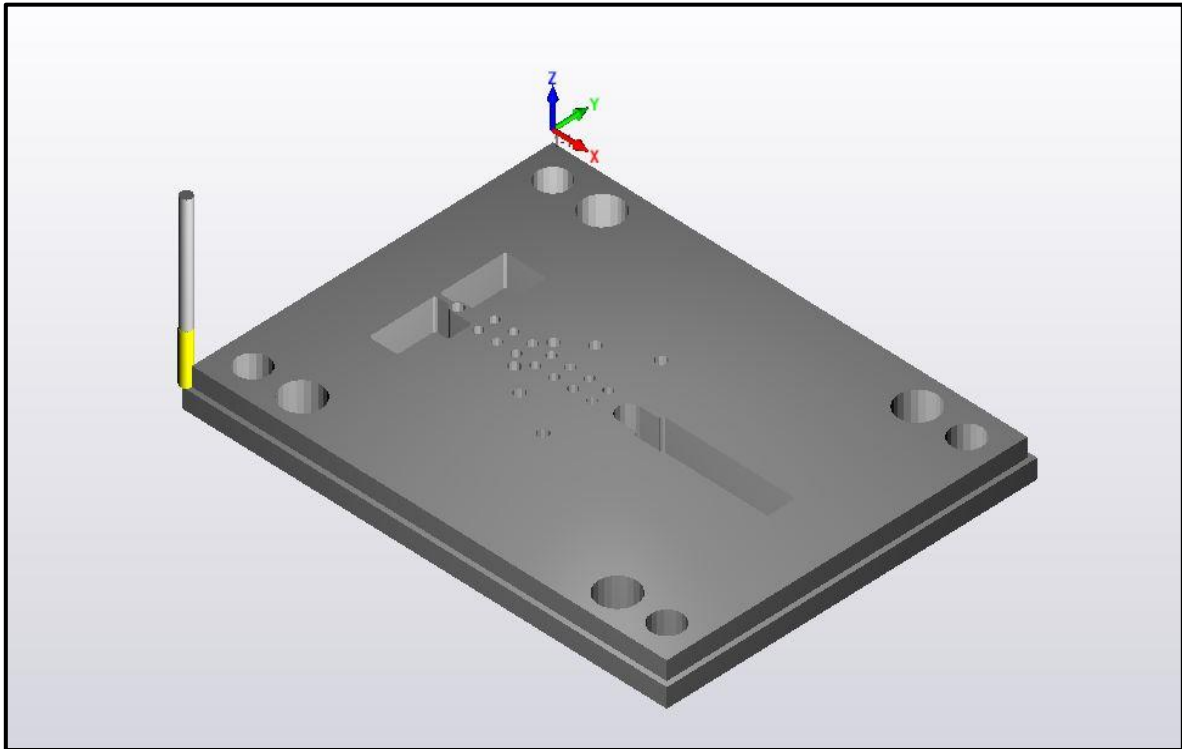
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



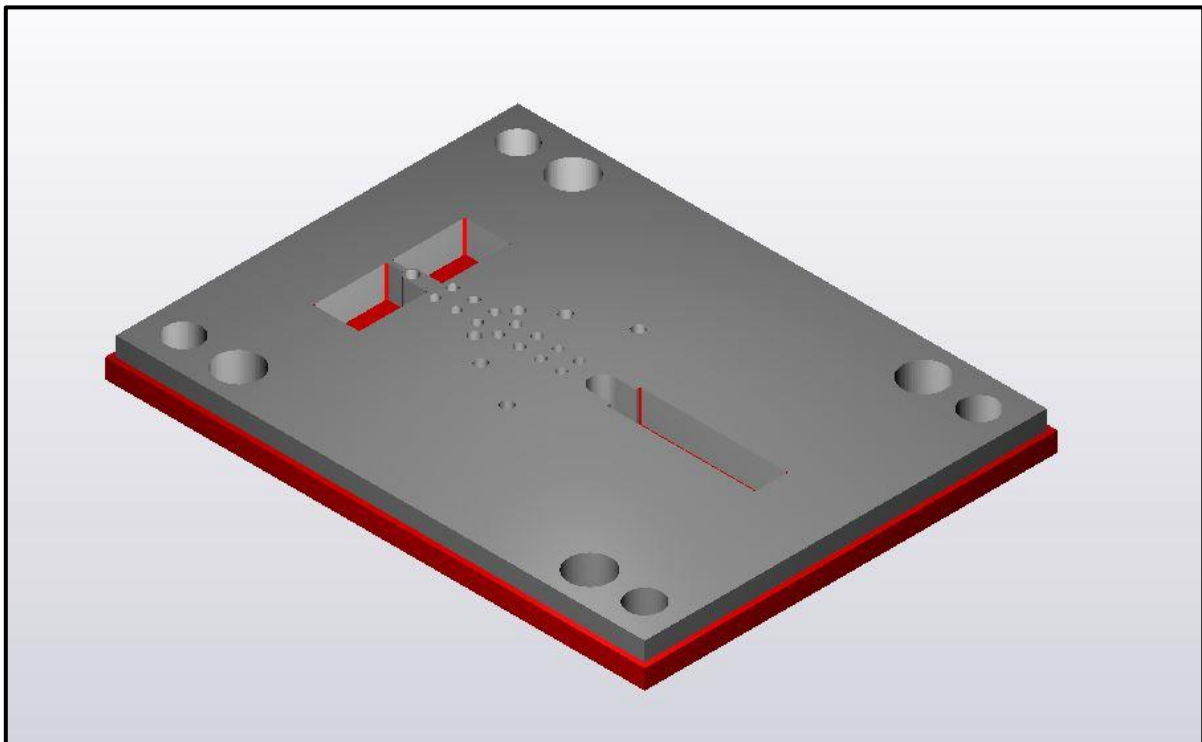
**Πίνακας 50. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.830</b>	<b>550</b>	<b>8,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



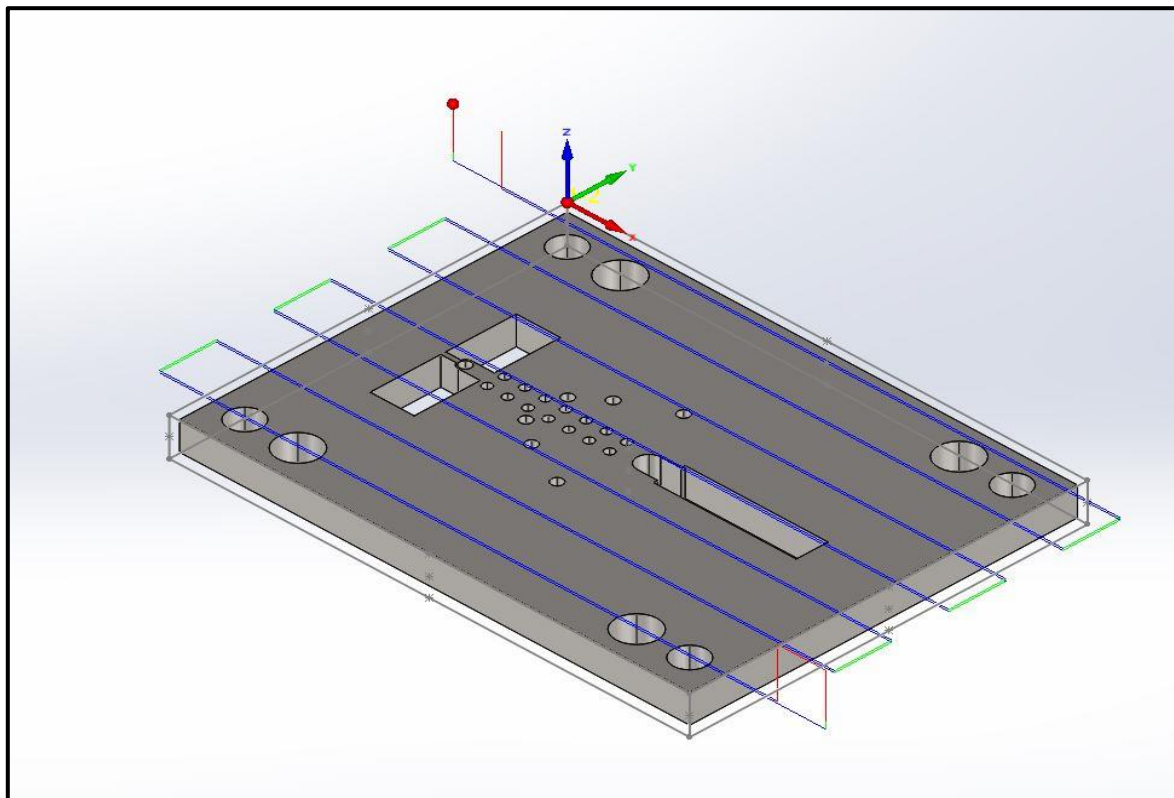
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

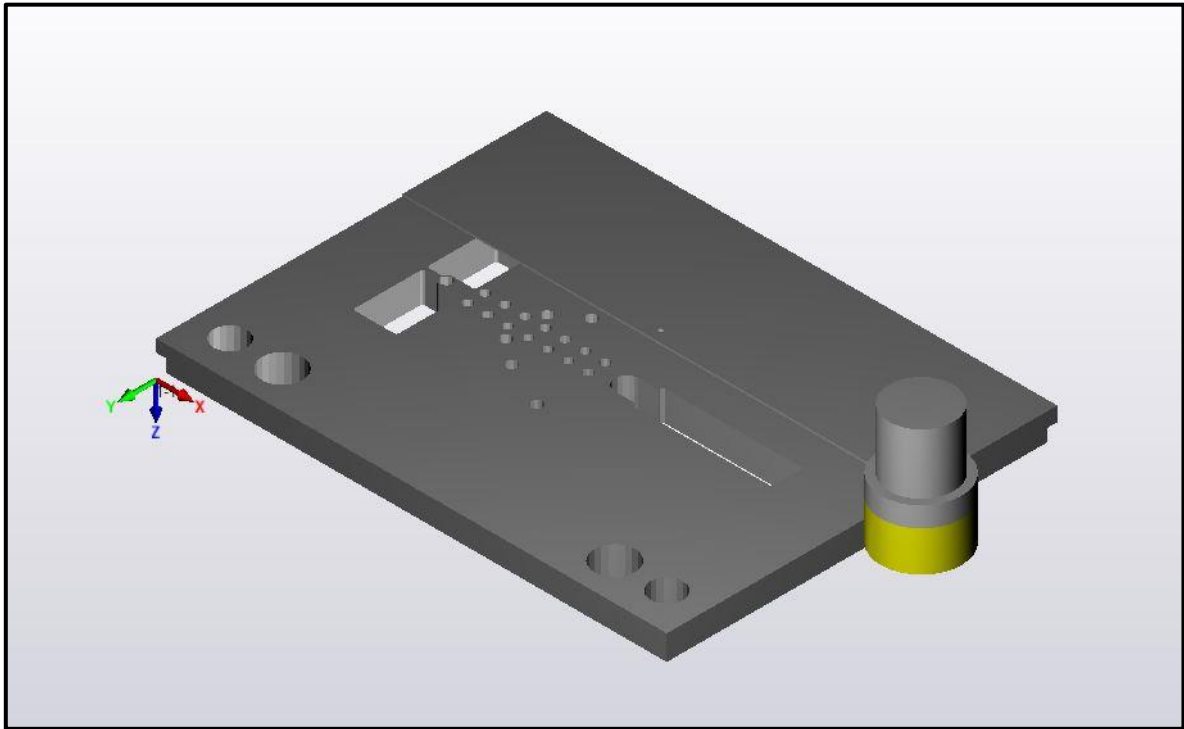
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



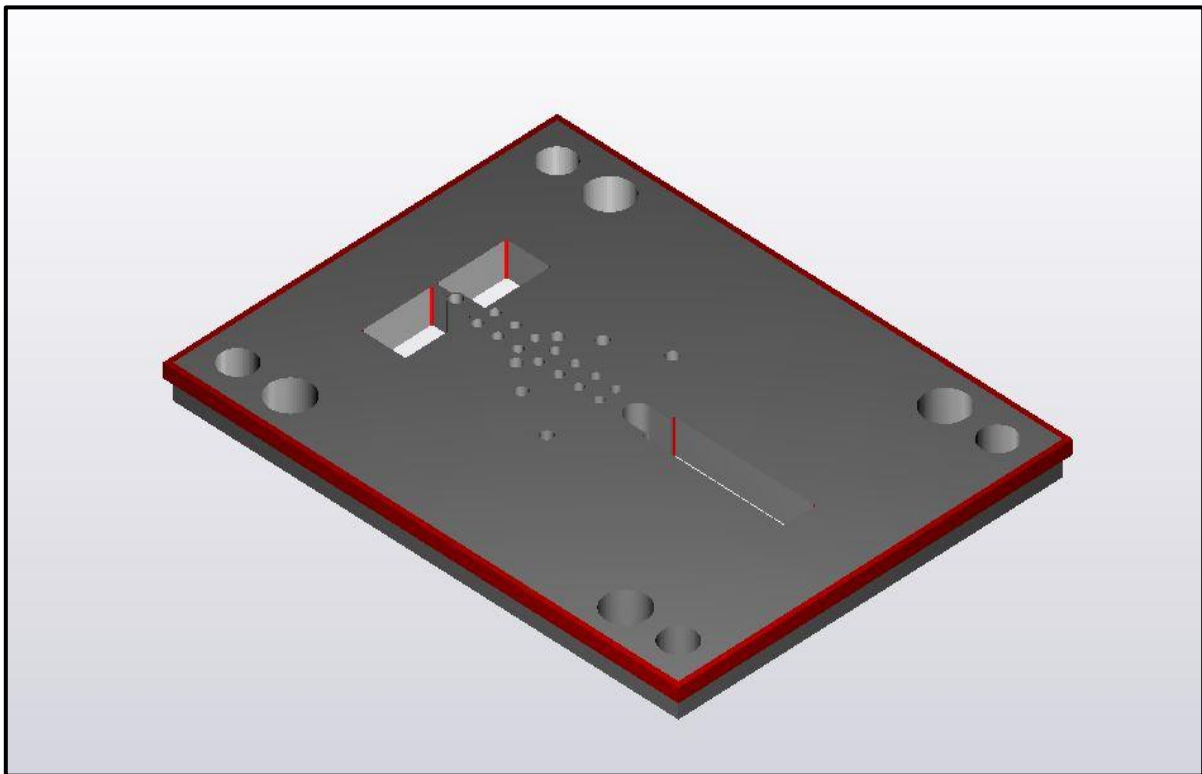
**Πίνακας 51. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



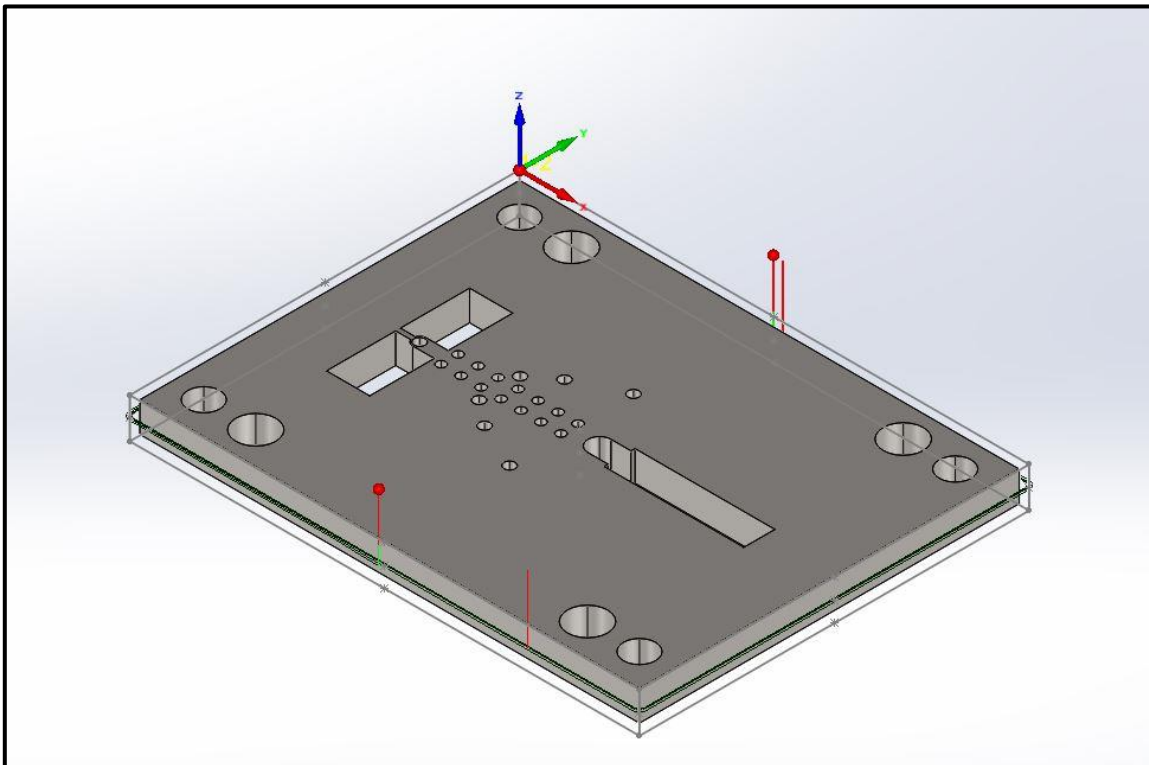
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

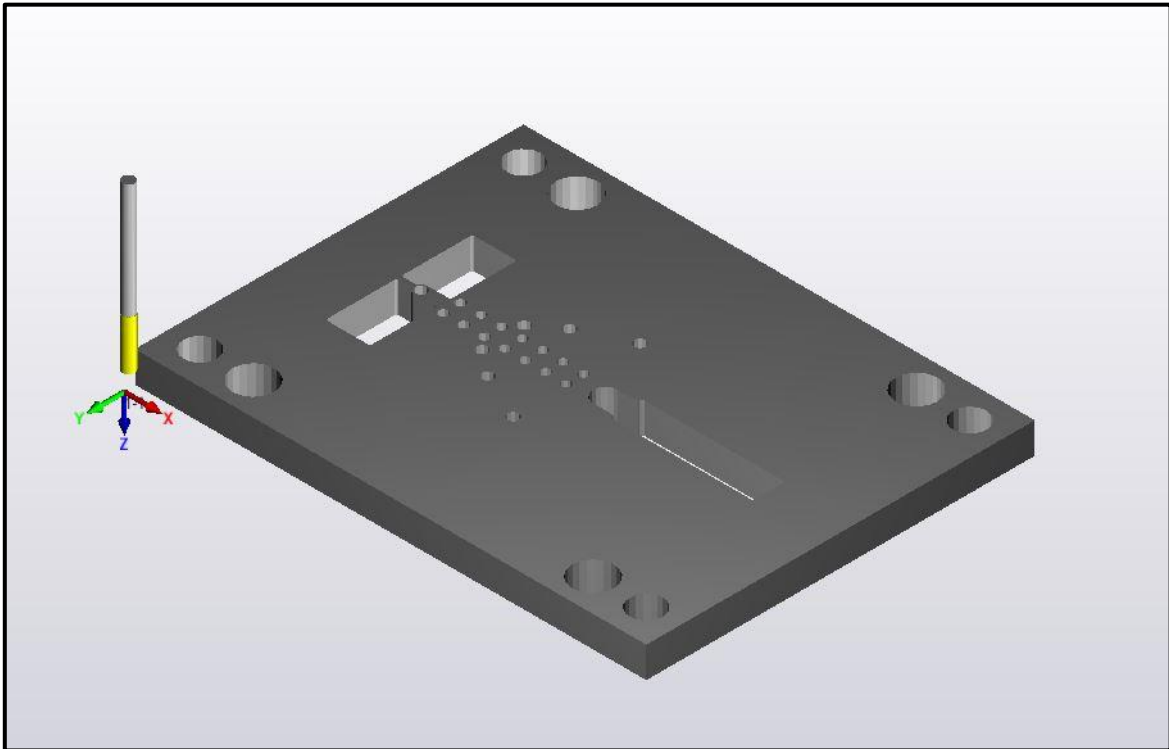
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



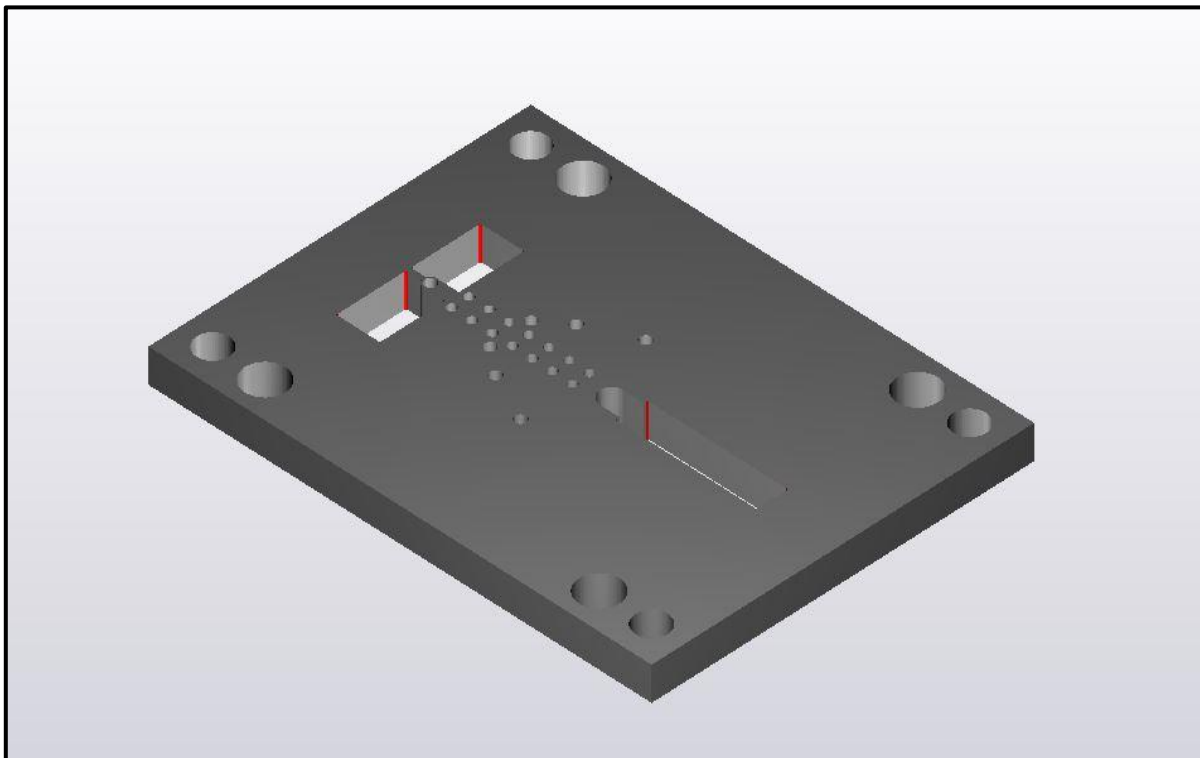
***Πίνακας 352. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.830</b>	<b>550</b>	<b>8,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

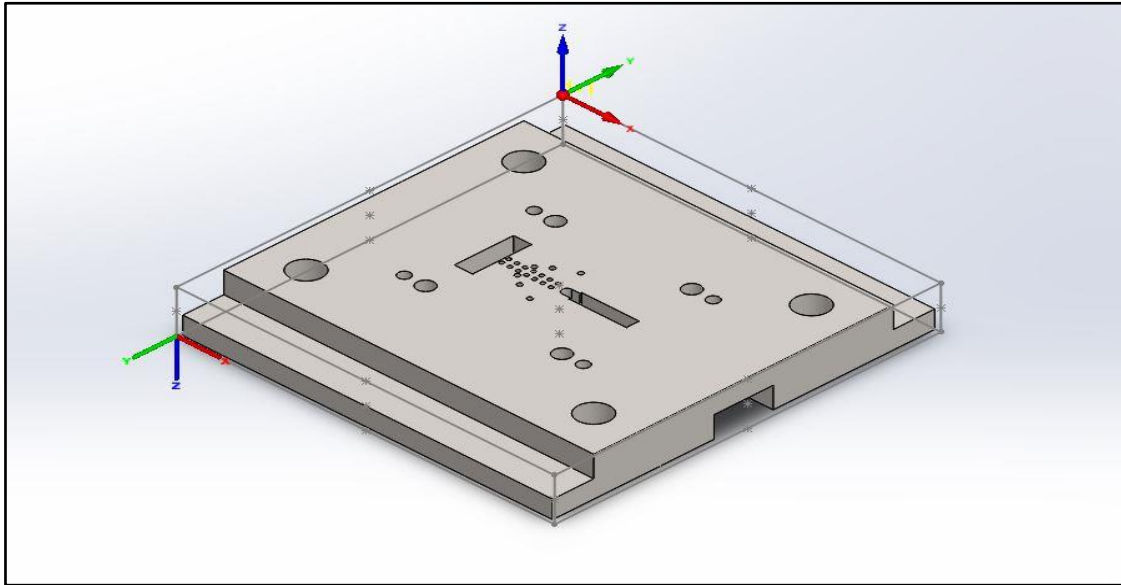


## 5.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

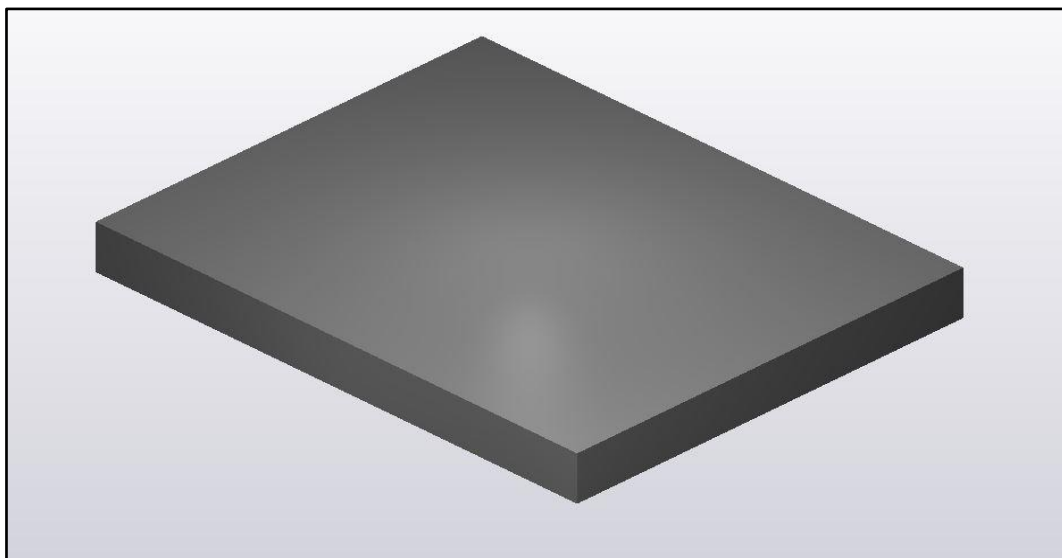
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της άνω βάσης.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
465x450x55	470x455x60



Εικόνα 38. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 39. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία



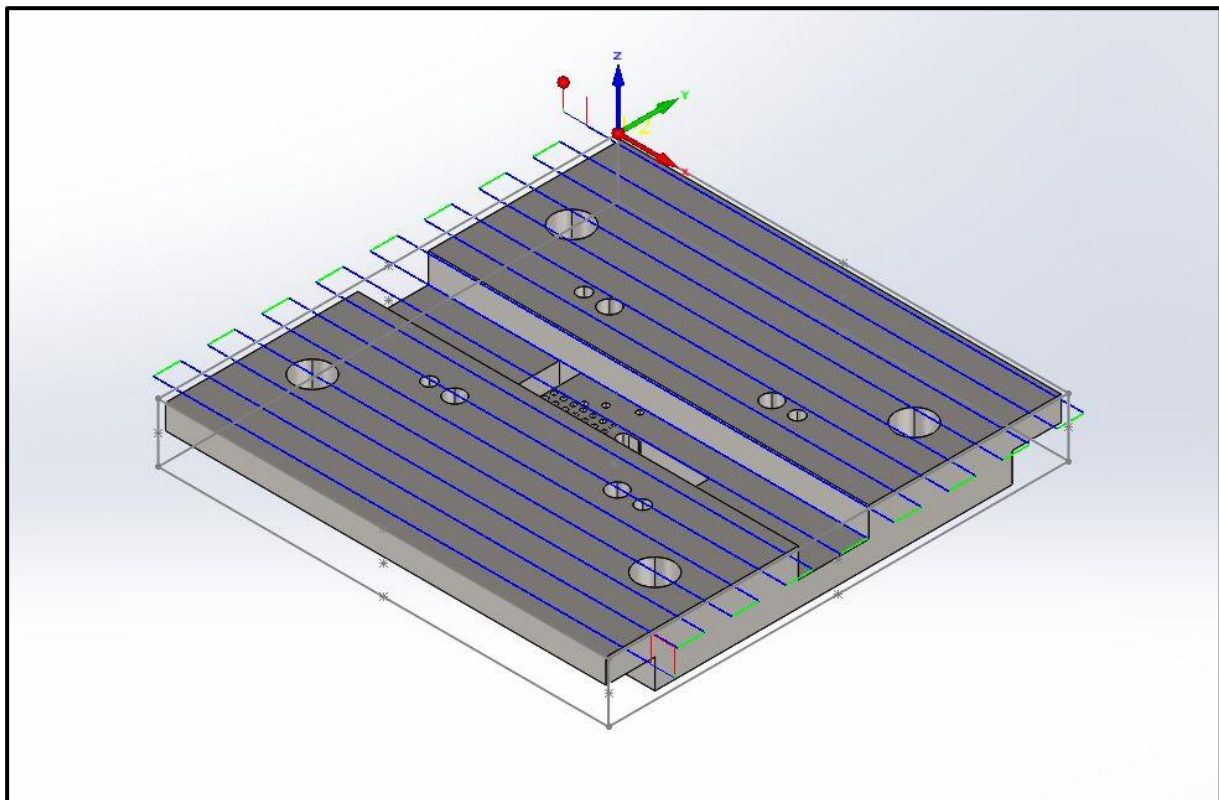
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

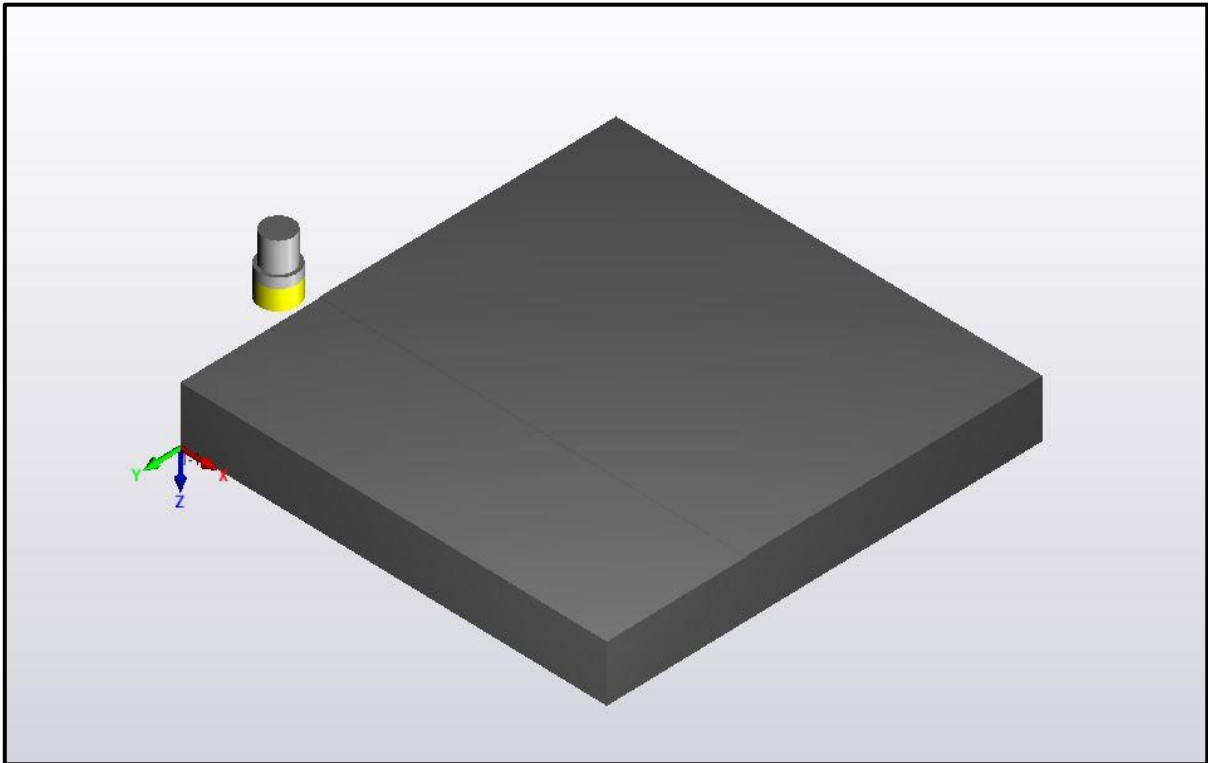
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



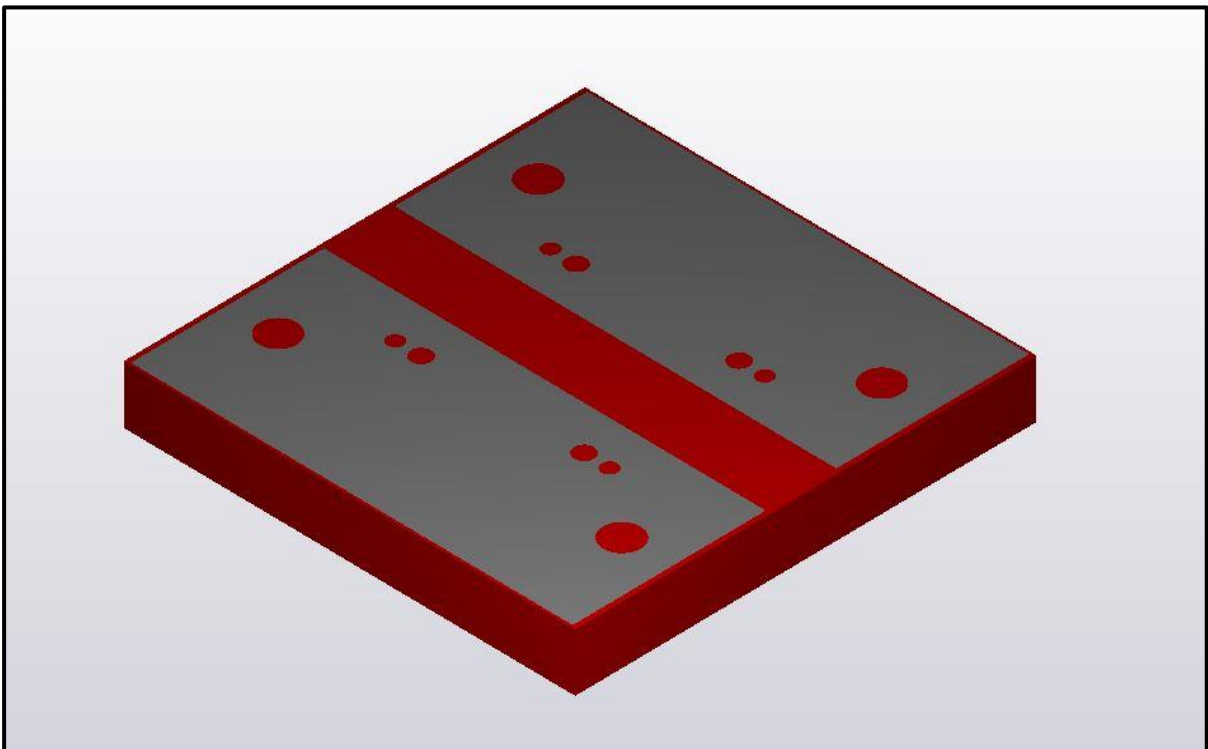
**Πίνακας 53. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



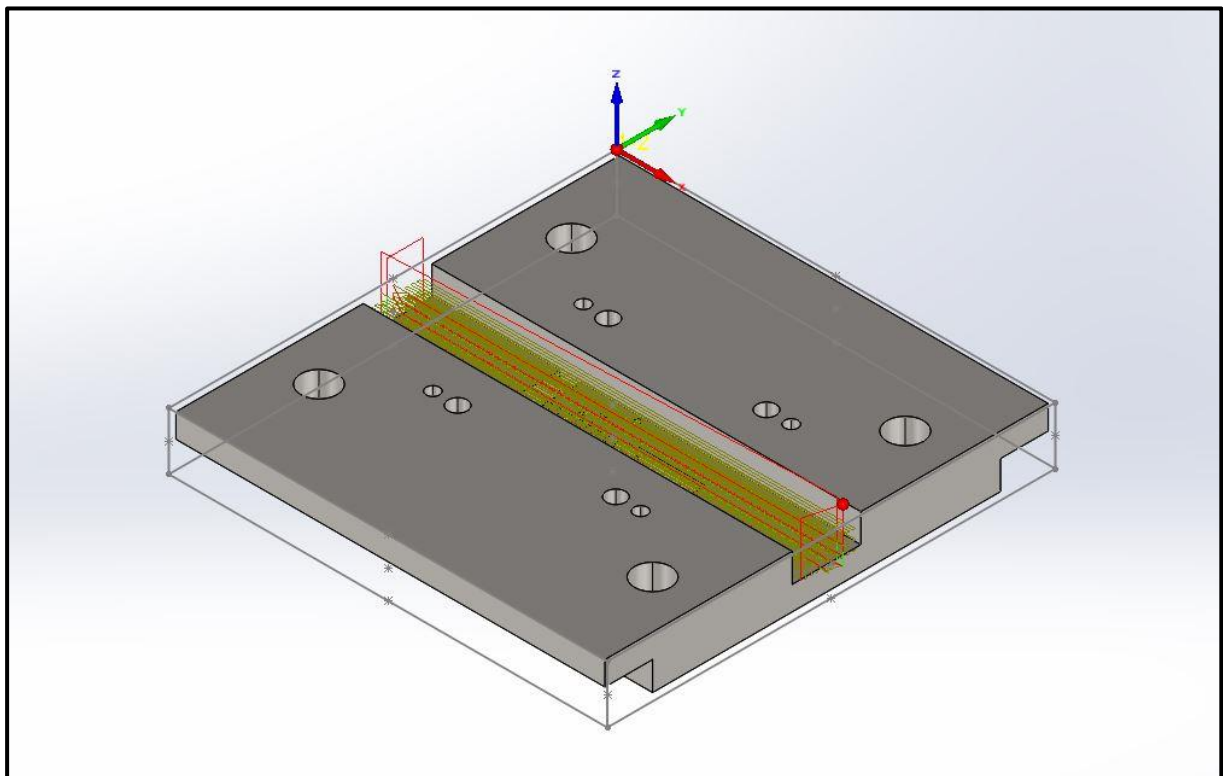
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : SLOT

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	16

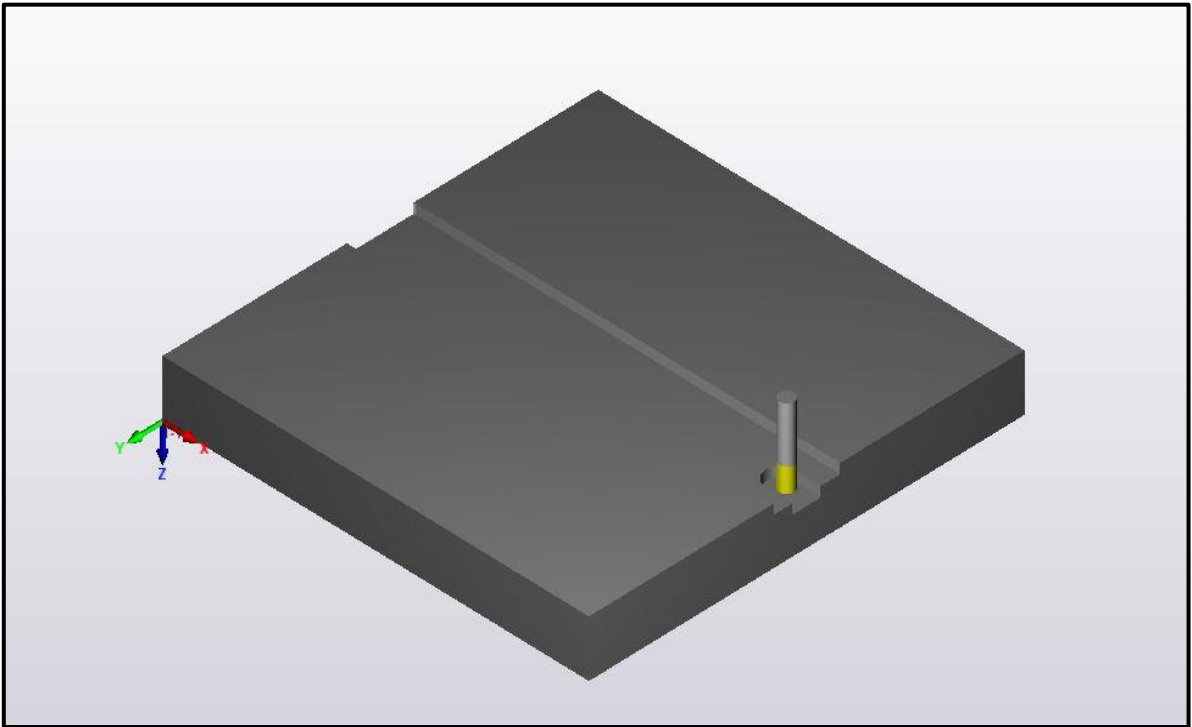
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



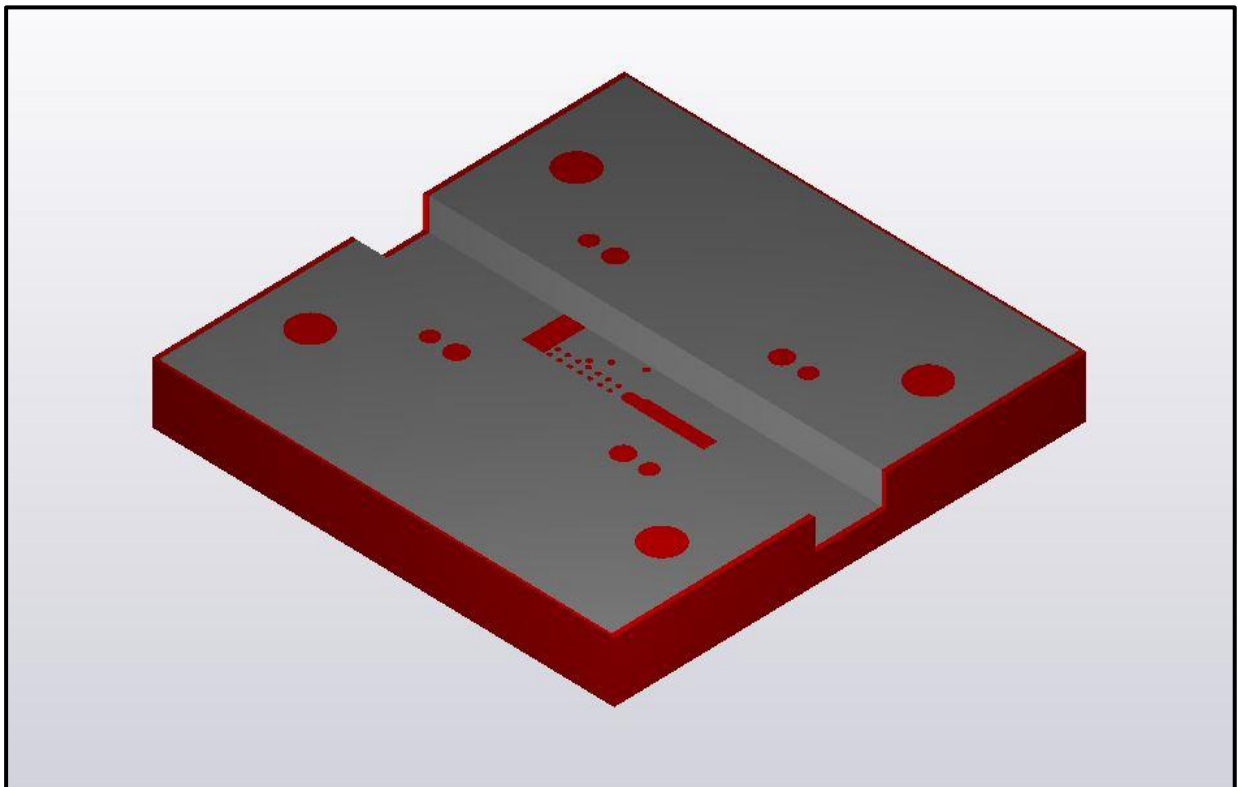
*Πίνακας 54. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.080</b>	<b>830</b>	<b>10,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



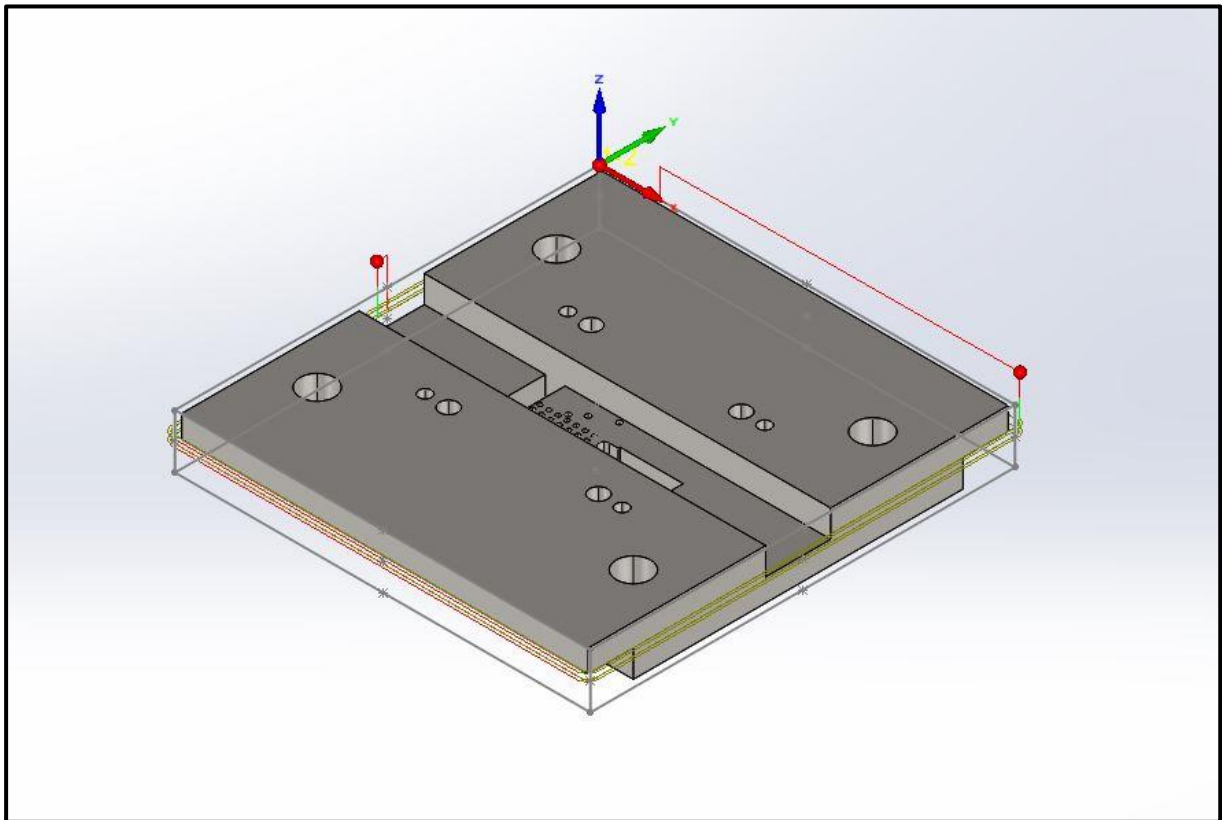
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	16

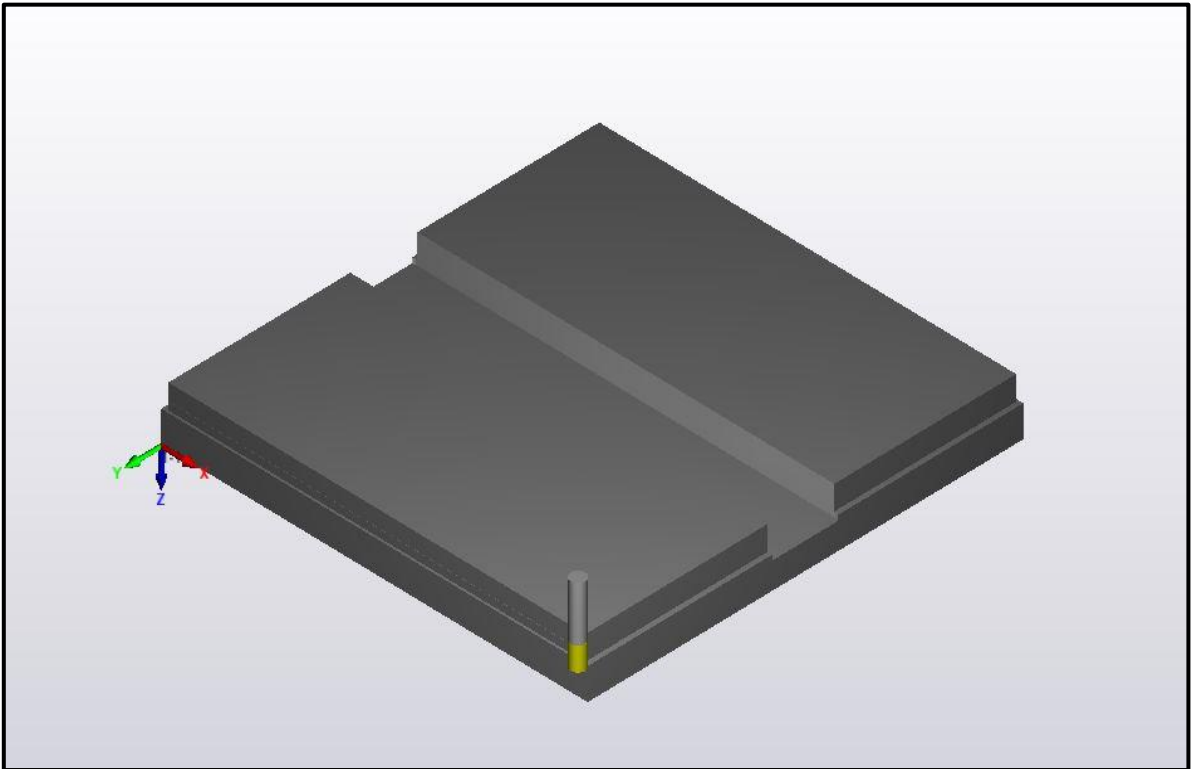
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



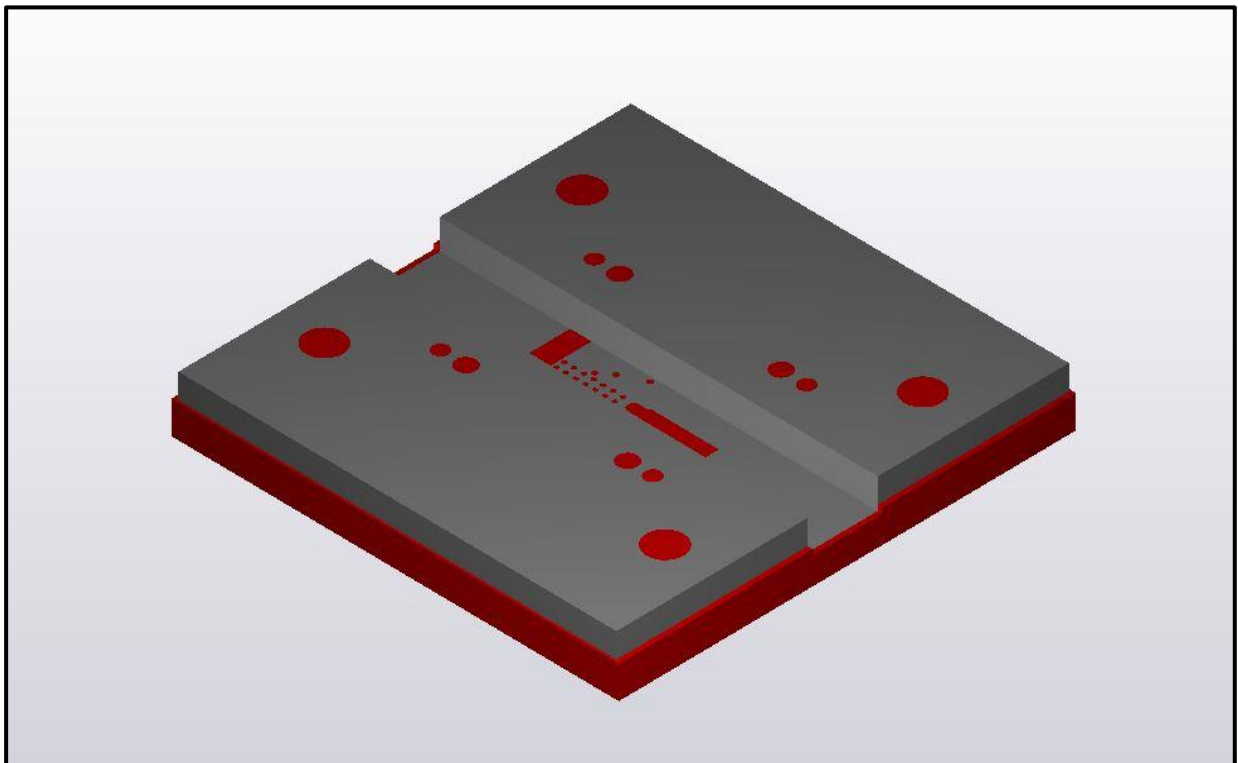
**Πίνακας 55. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.190</b>	<b>1.230</b>	<b>23,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



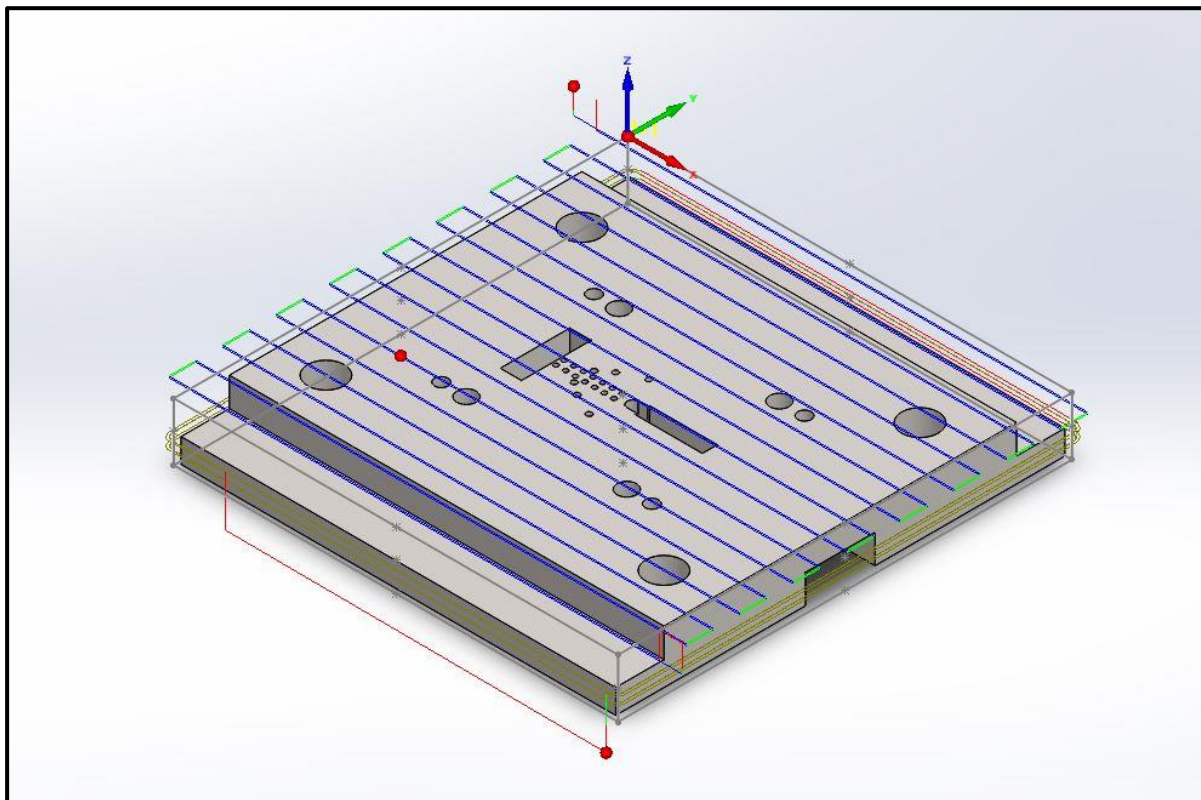
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

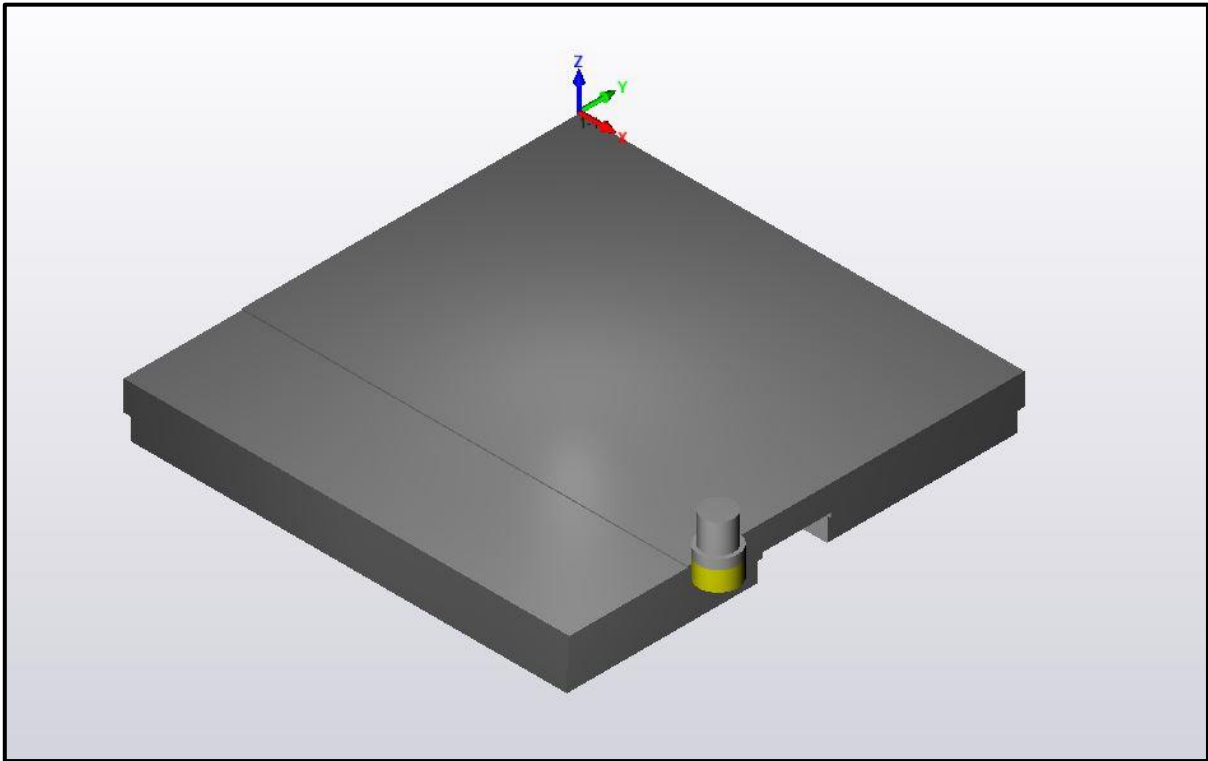


**Πίνακας 56. Δεδομένα κοπής**

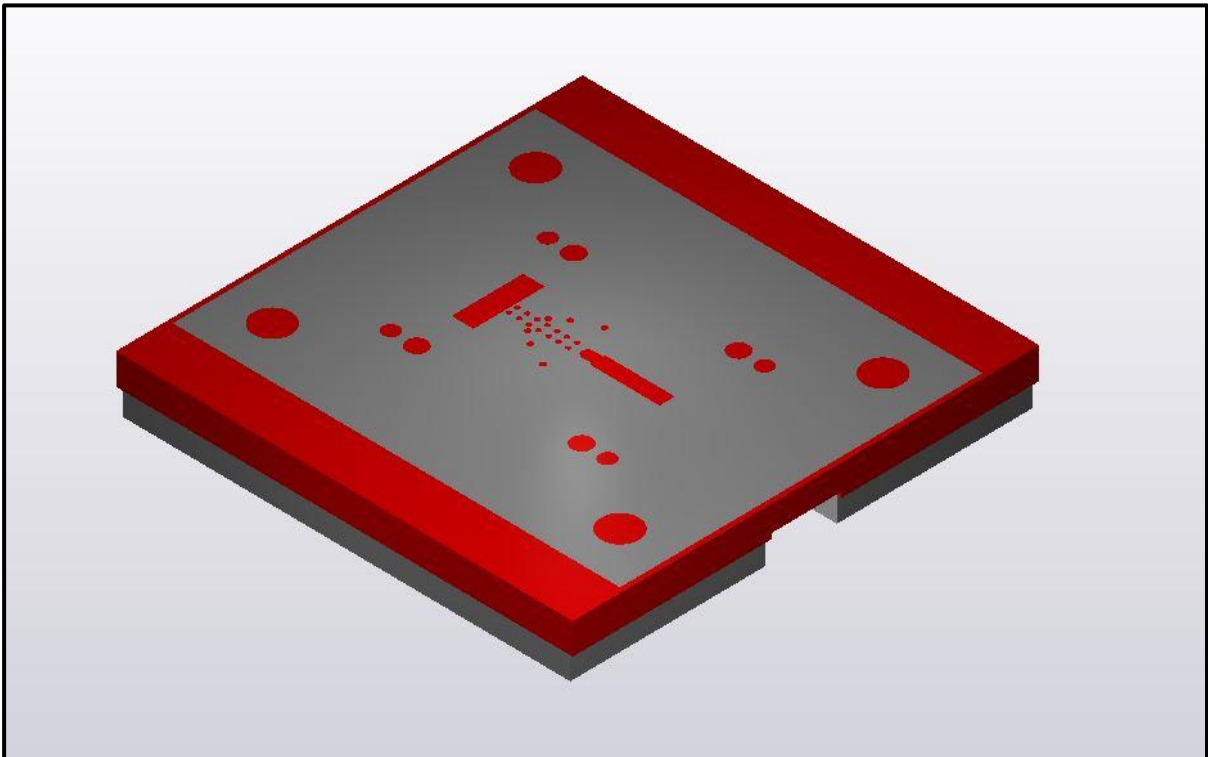
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>




**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



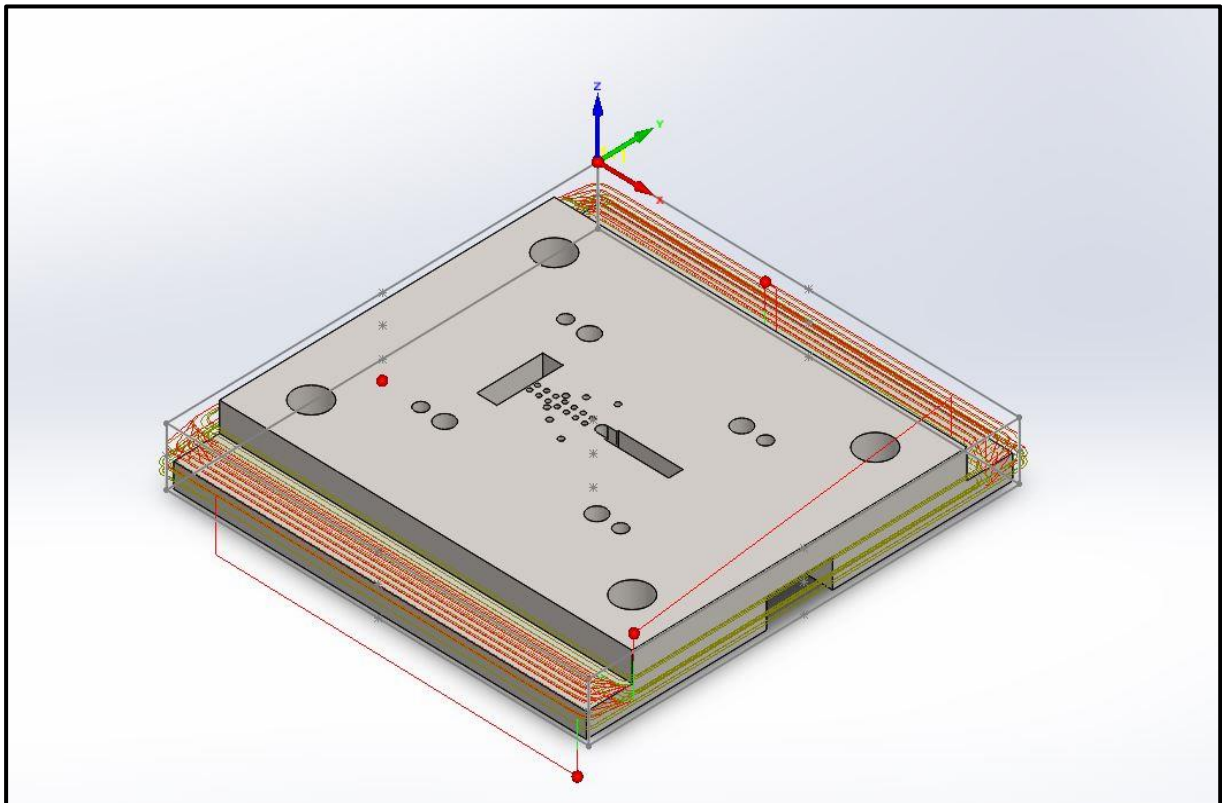
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	16

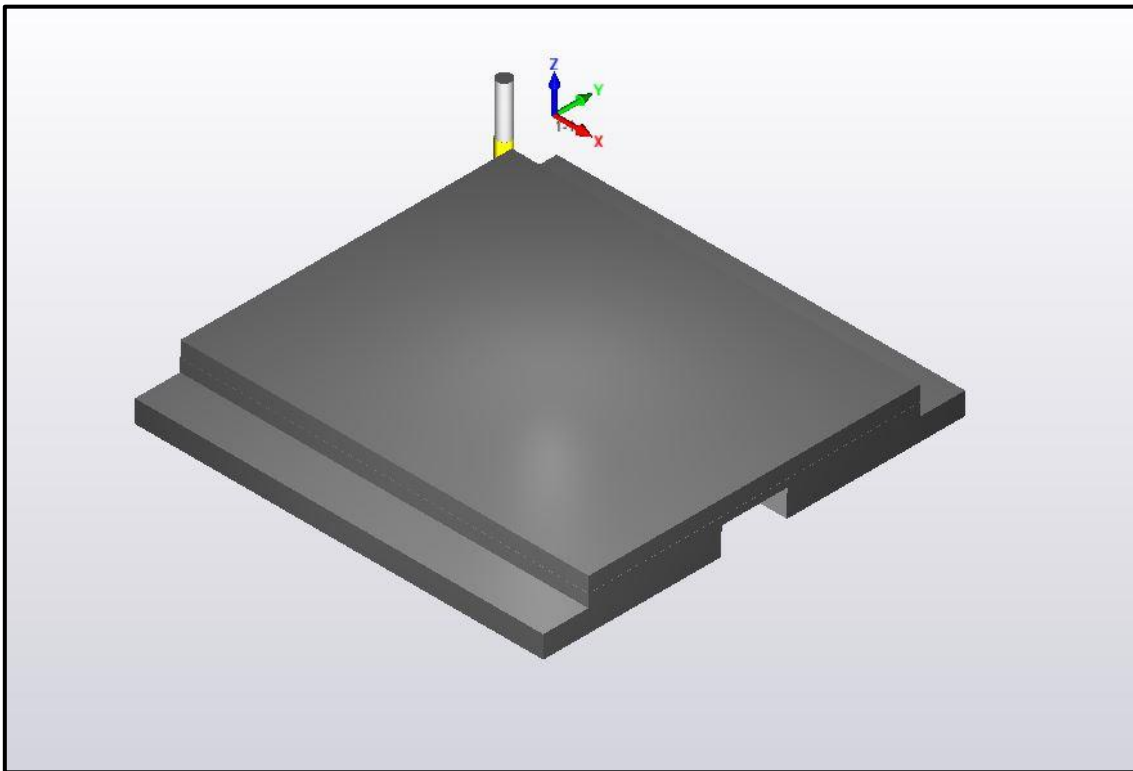
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



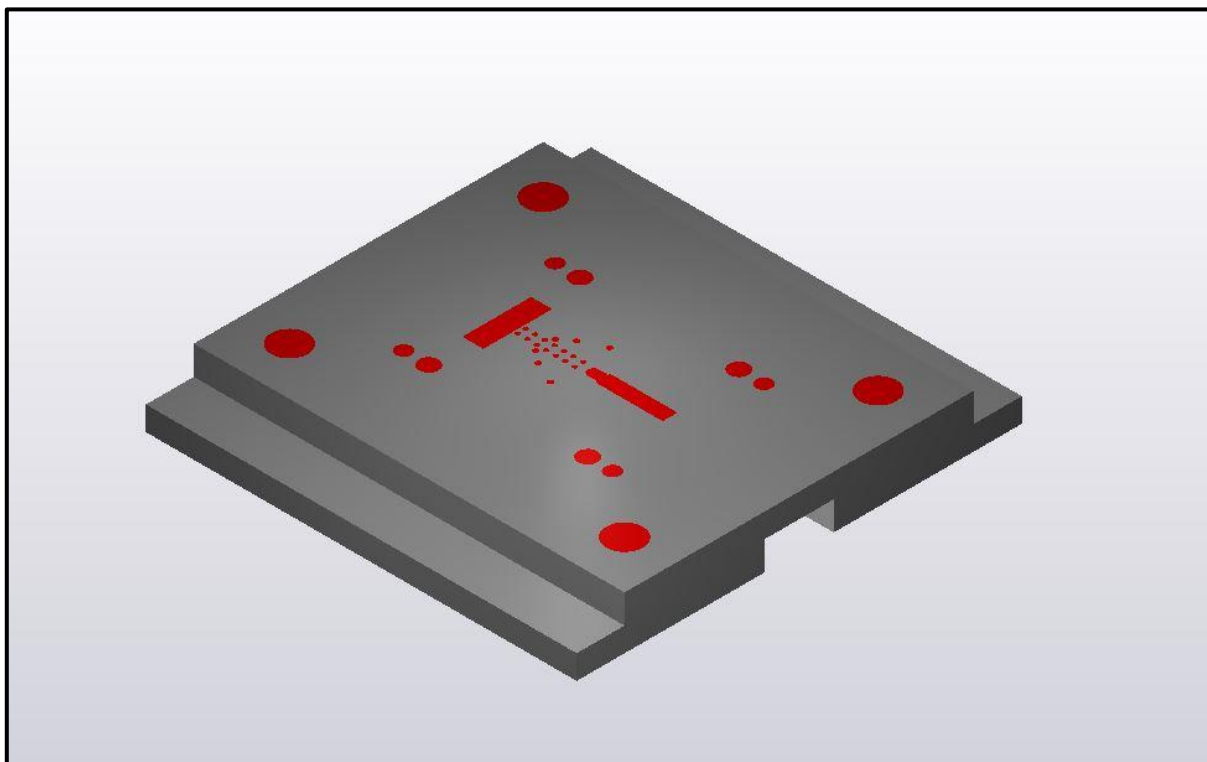
***Πίνακας 57. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.190</b>	<b>1.230</b>	<b>12,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

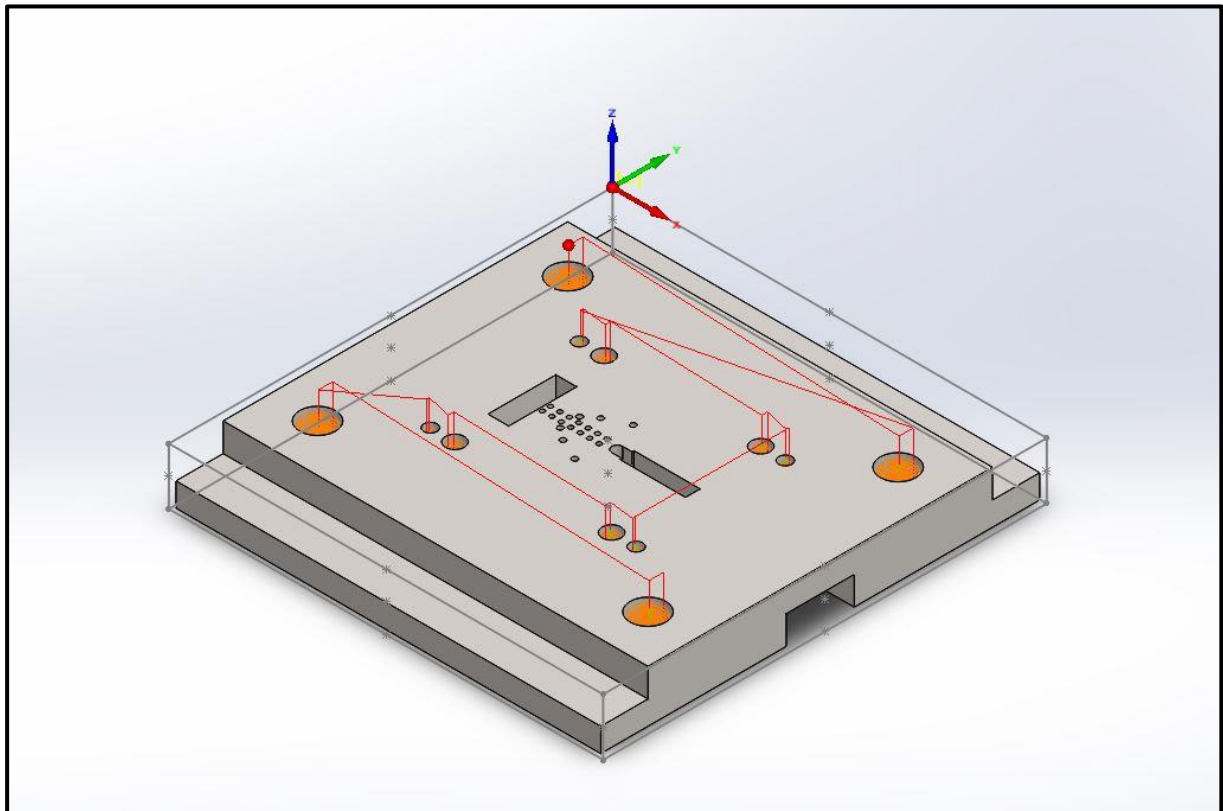


**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6: ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
End Mill	6

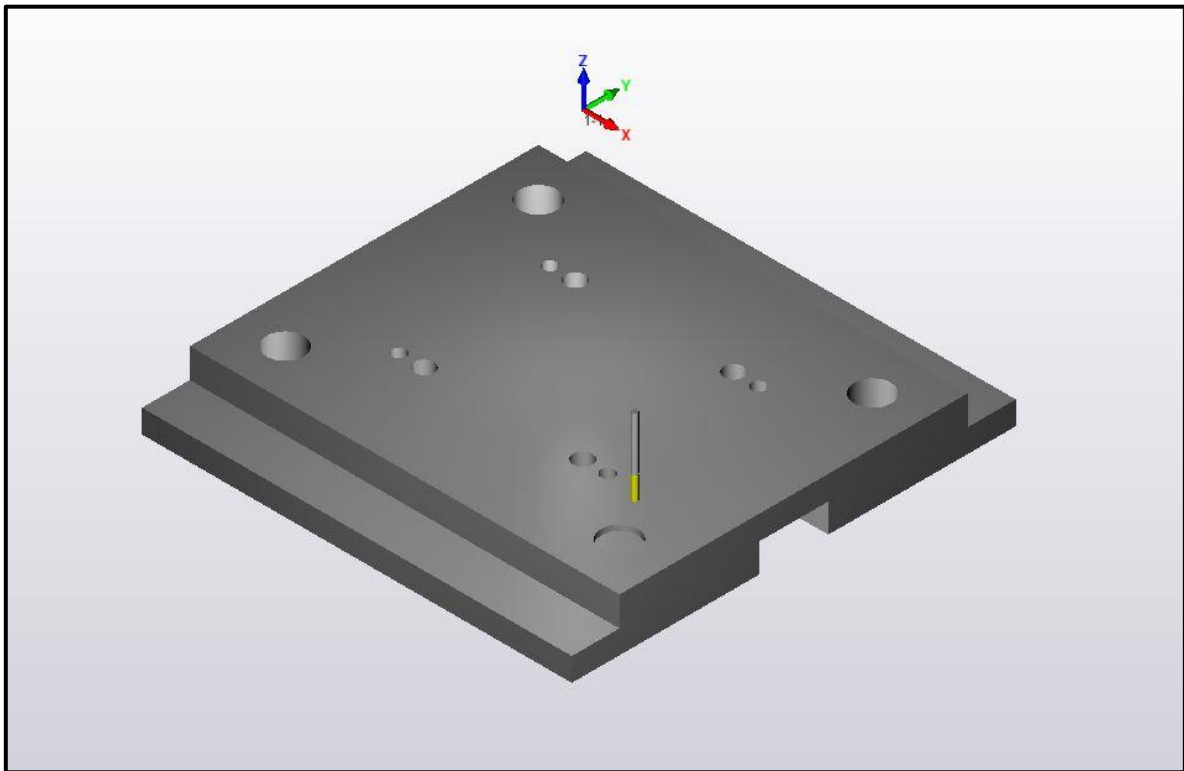
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



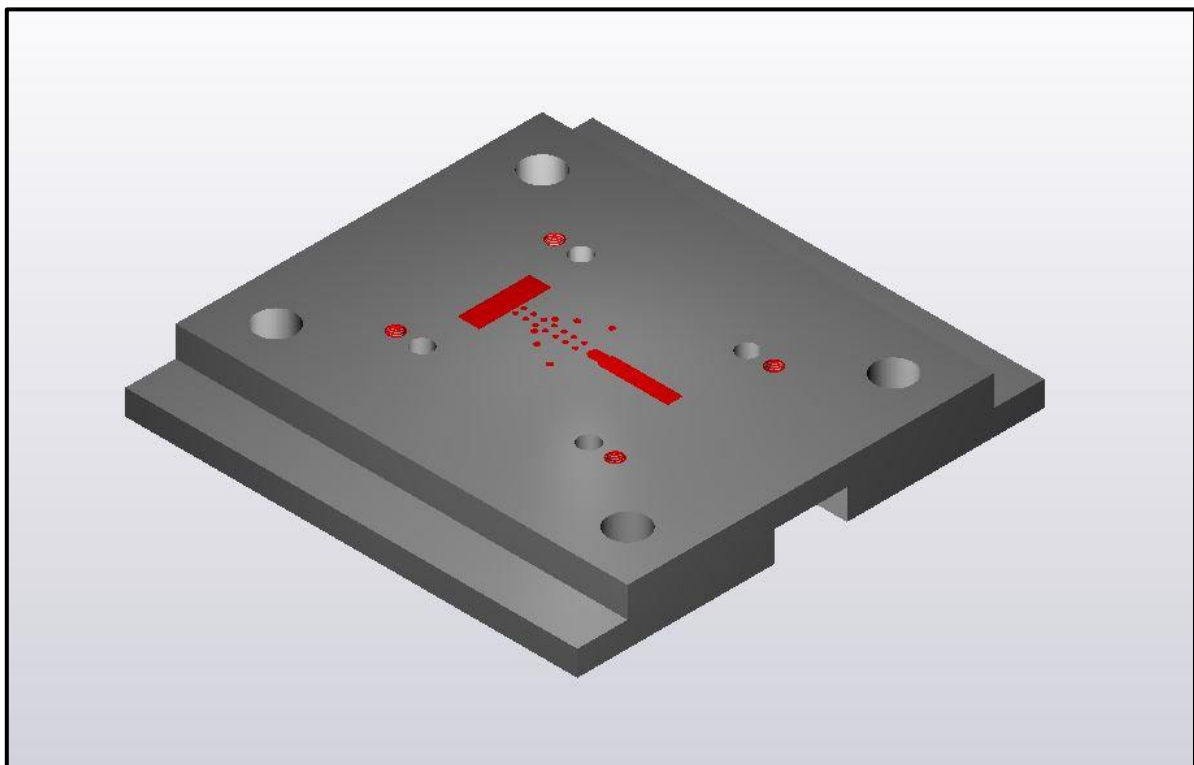
***Πίνακας 58. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΟΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.540</b>	<b>670</b>	<b>3,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



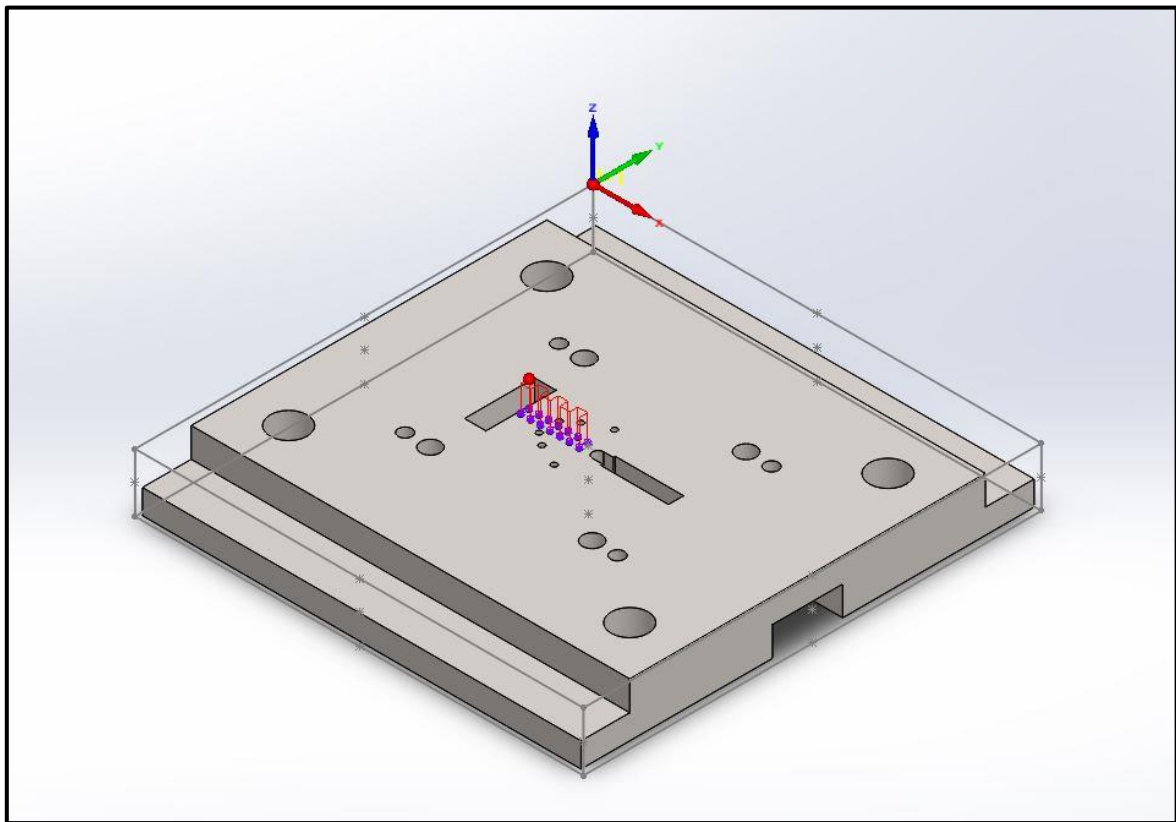
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 7 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø5:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	5

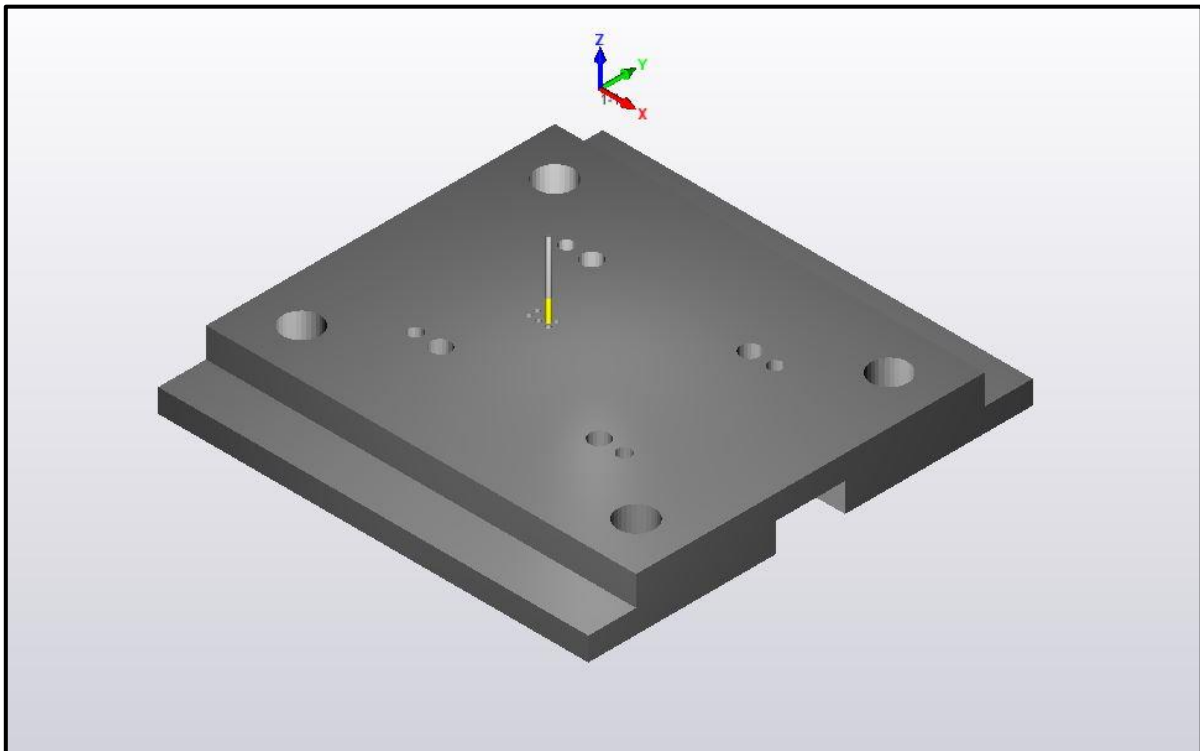
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



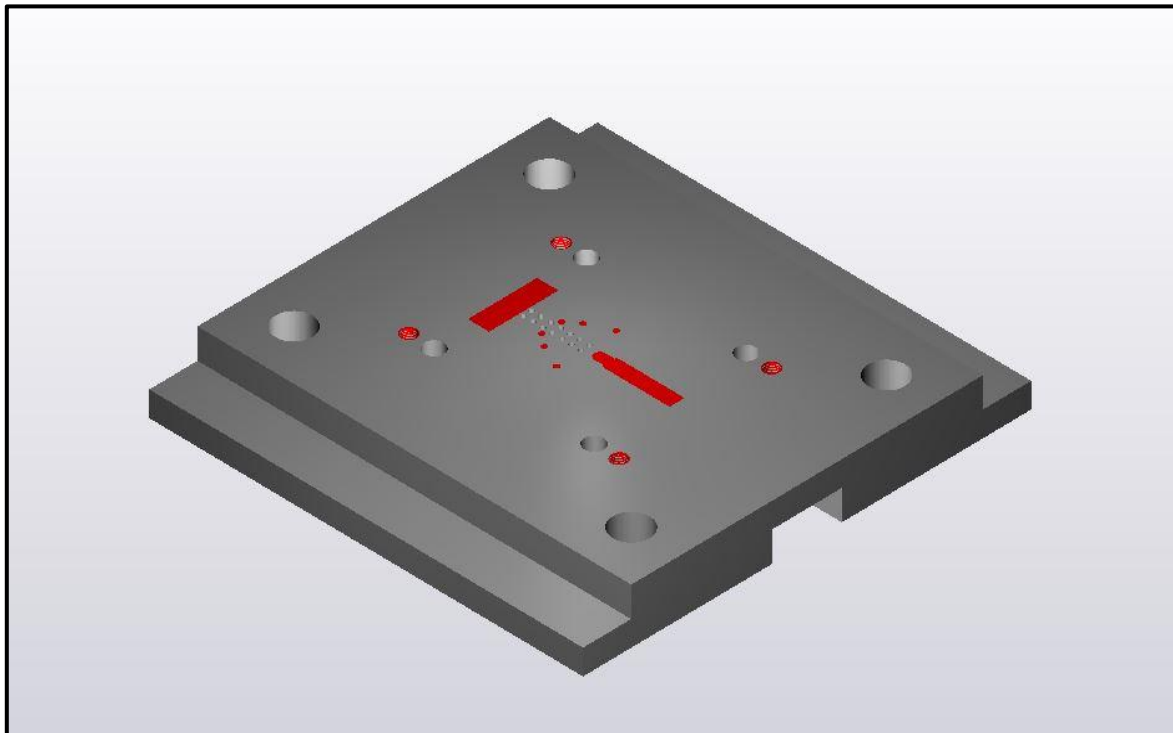
**Πίνακας 59. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.850</b>	<b>207</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

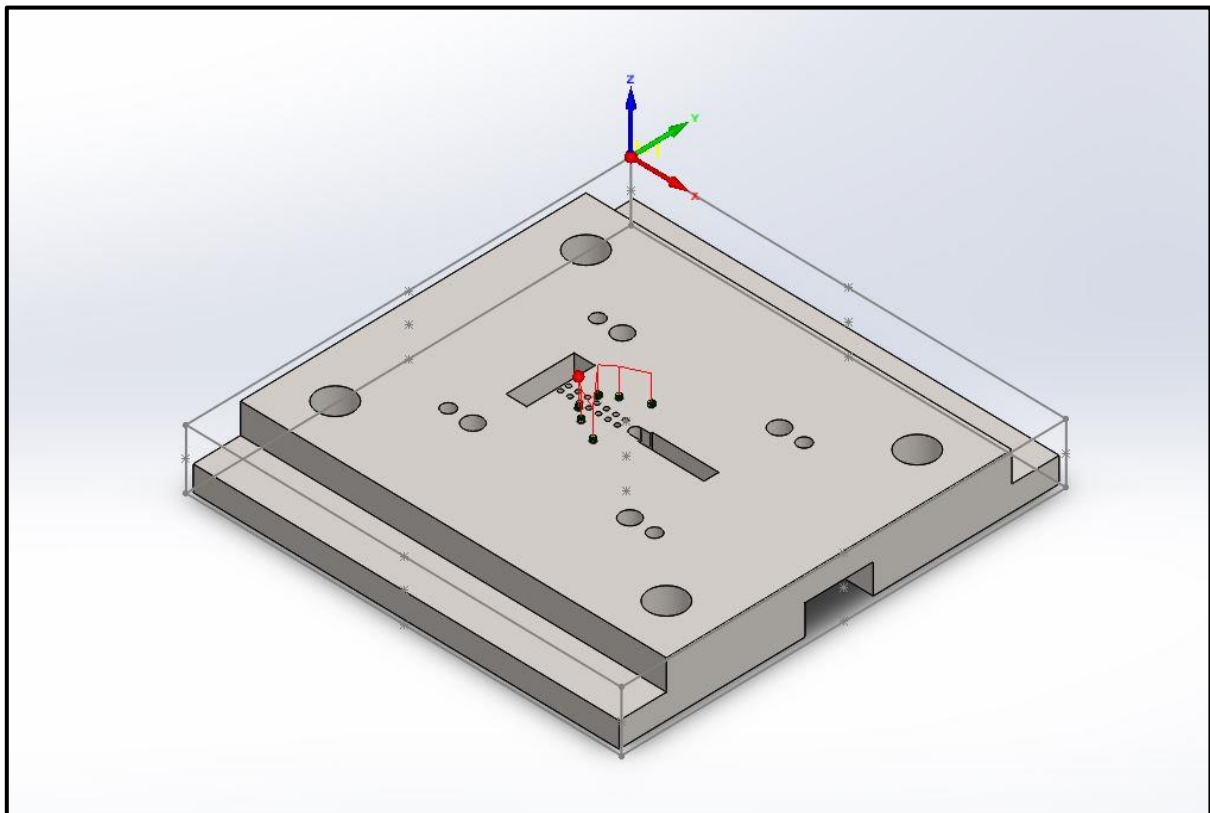




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 8 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø6:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	6

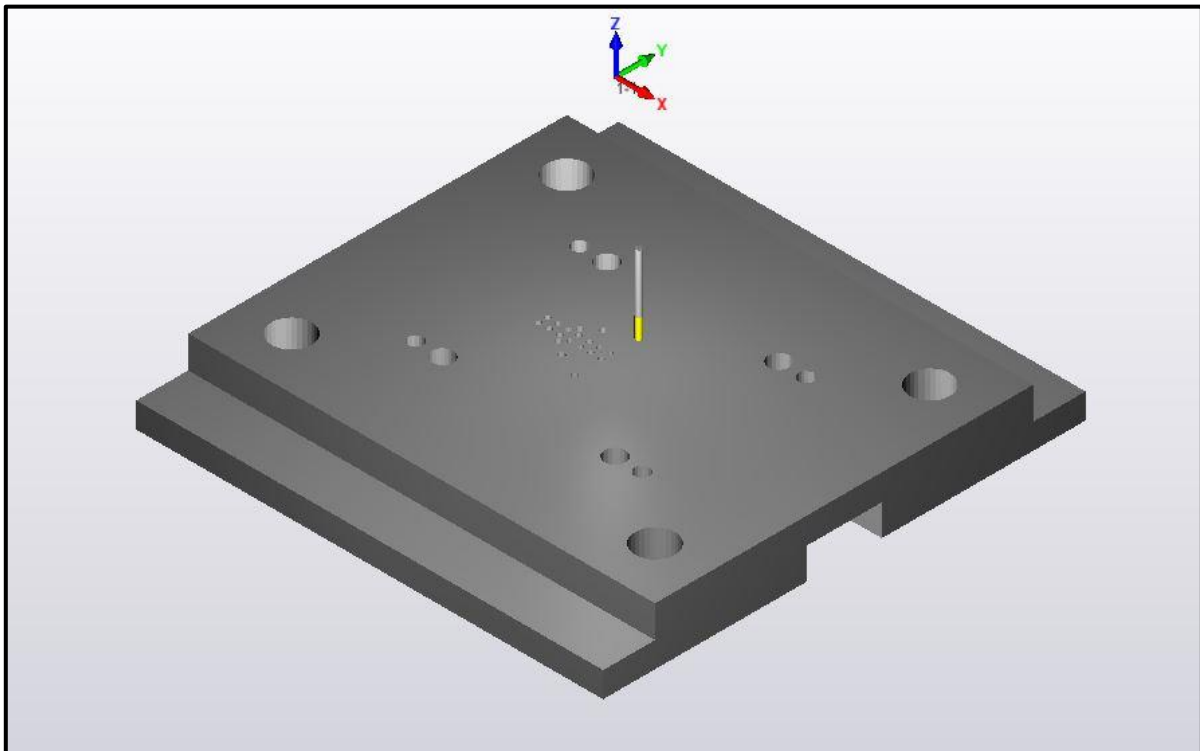
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



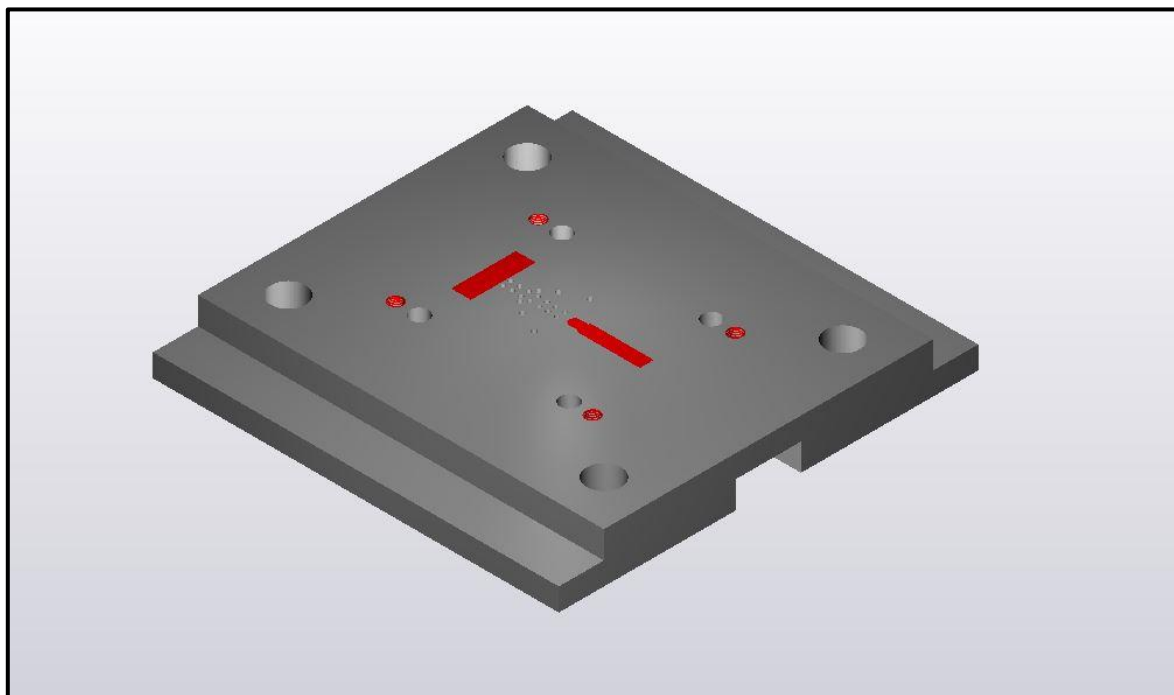
**Πίνακας 60. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.540</b>	<b>205</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



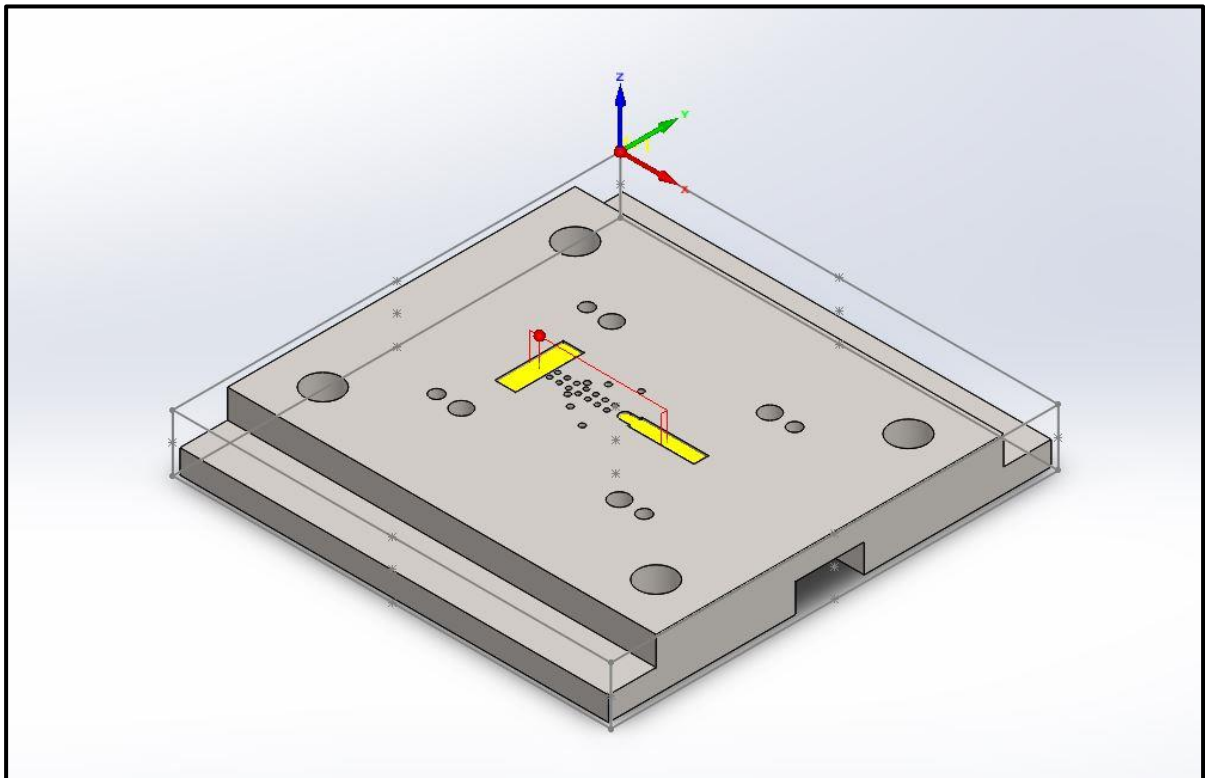
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 9 : MULTI POCKETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	2

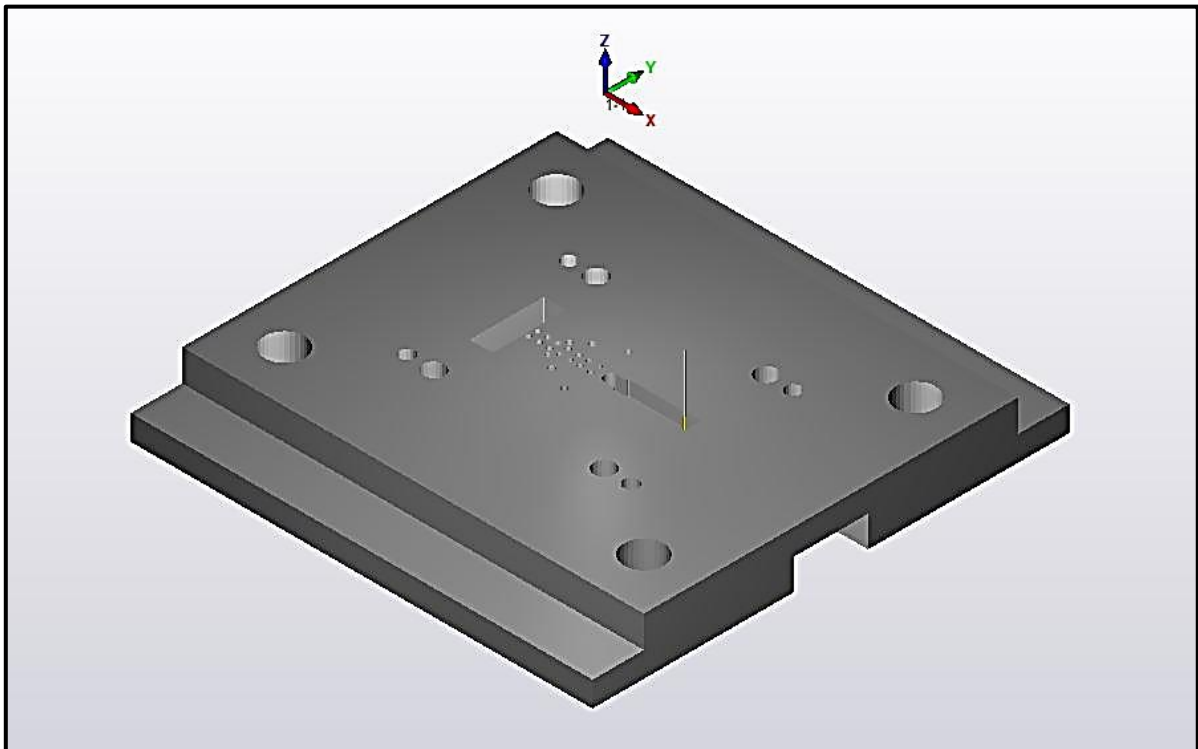
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



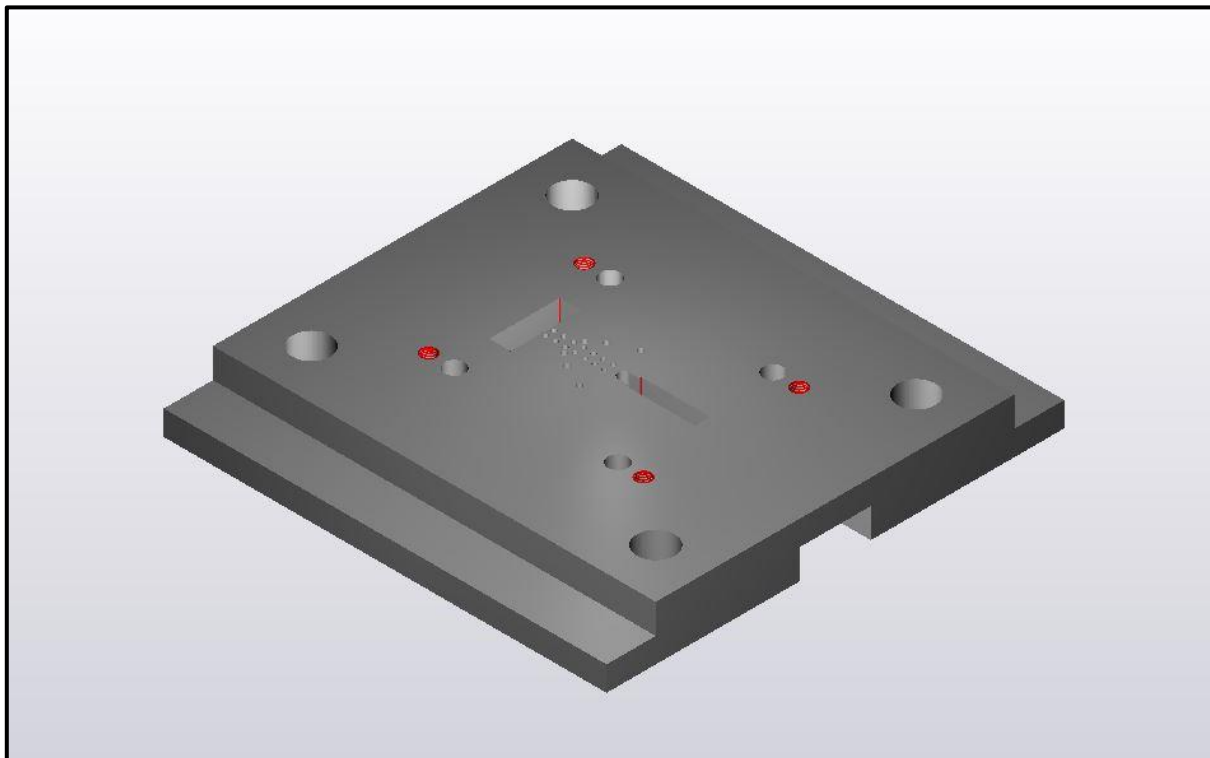
### *Πίνακας 61. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>11.800</b>	<b>650</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



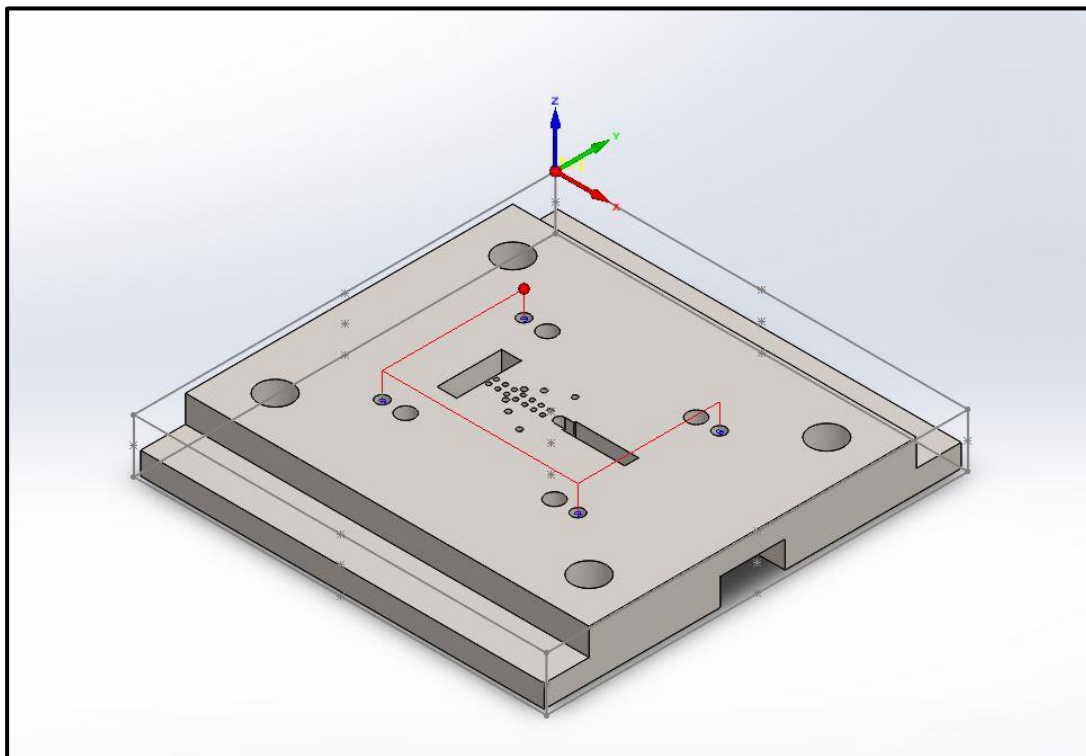
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 10 : ΣΠΕΙΡΩΜΑ M16x2,0**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Thread Tap	16

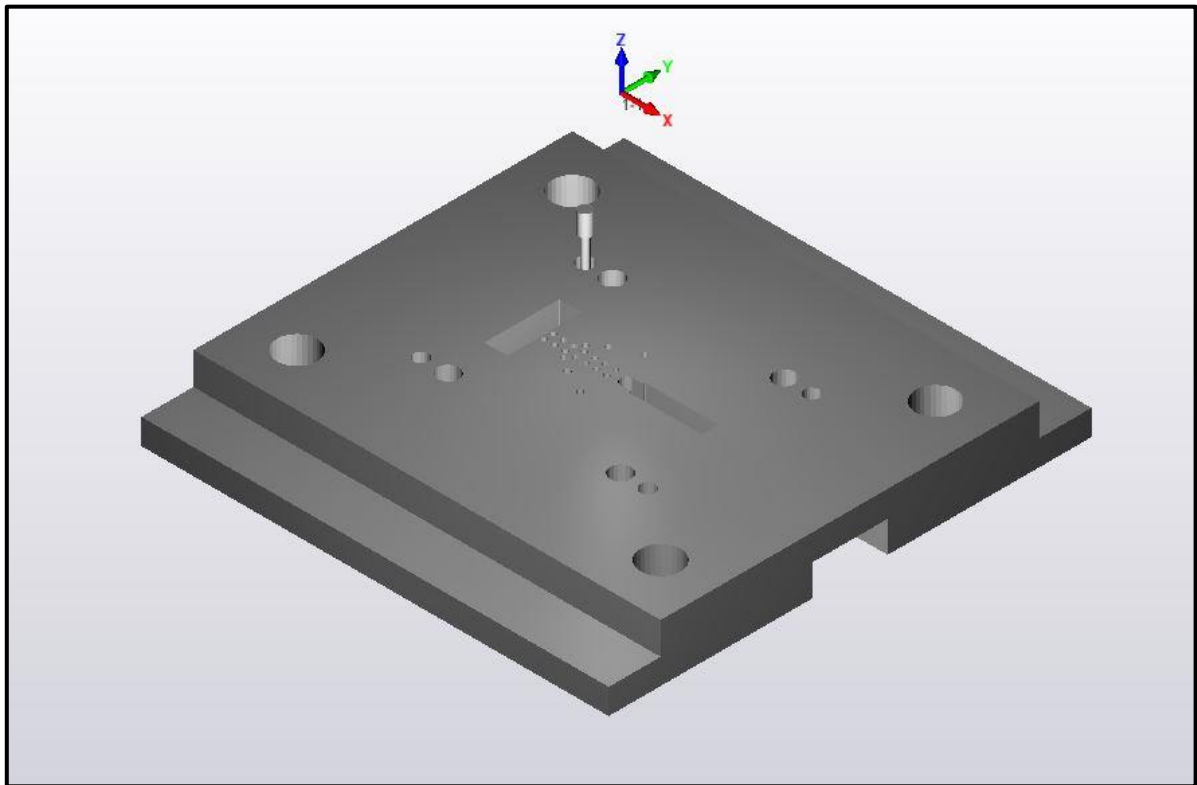
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



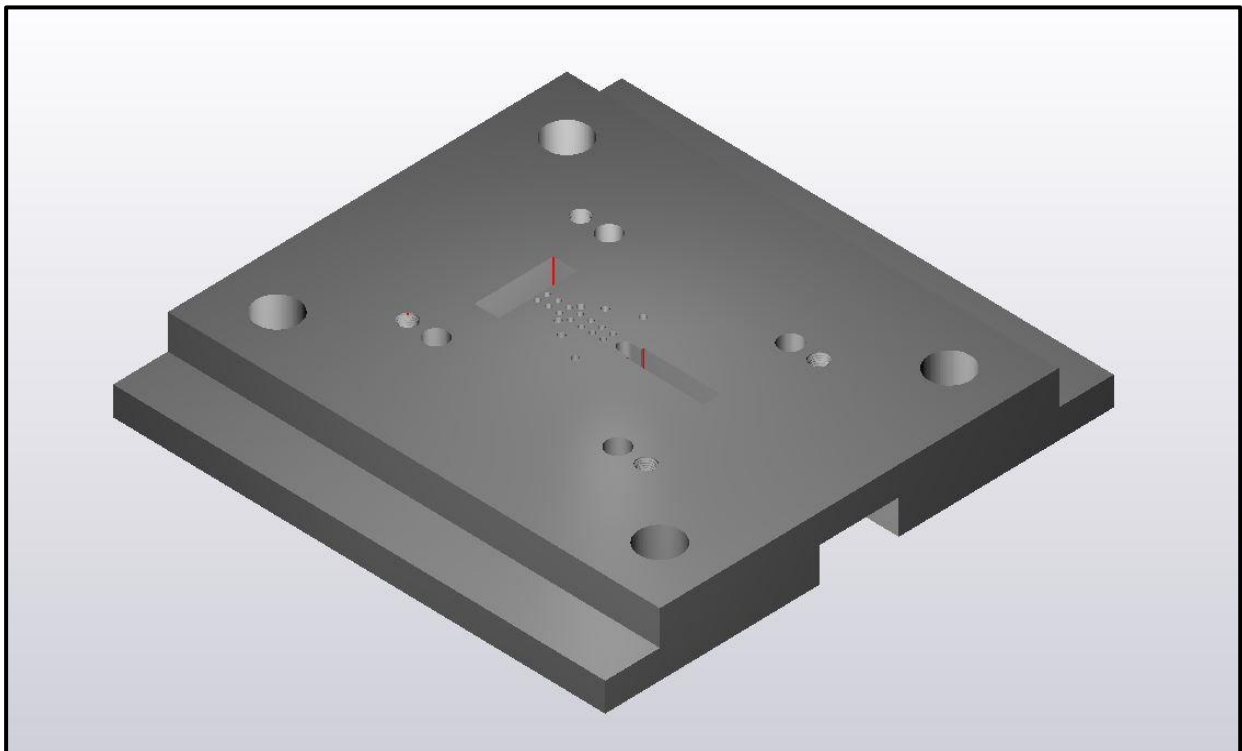
**Πίνακας 62. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.580</b>	<b>360</b>	<b>45,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

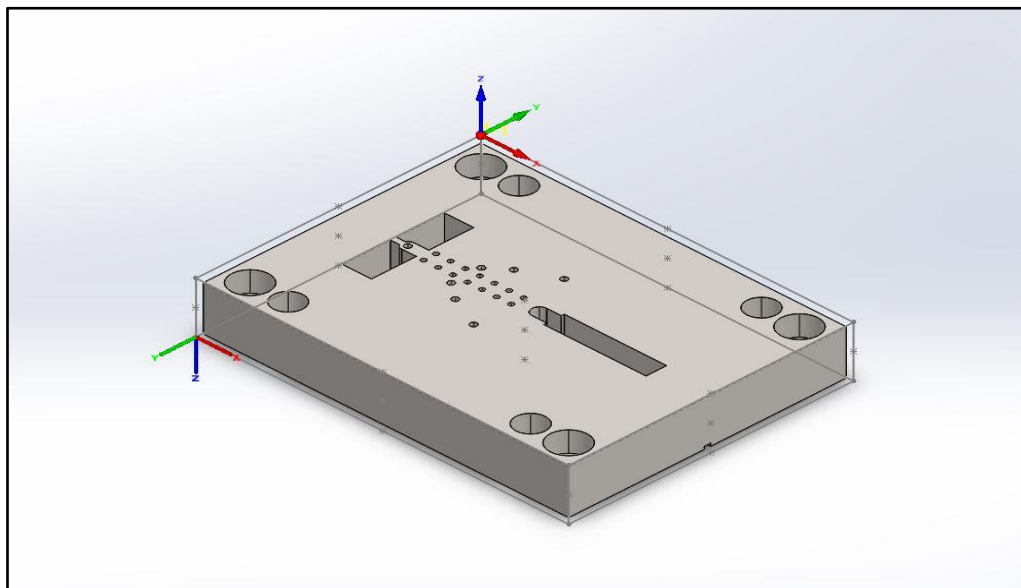


## 5.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΟΛΚΕΑ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

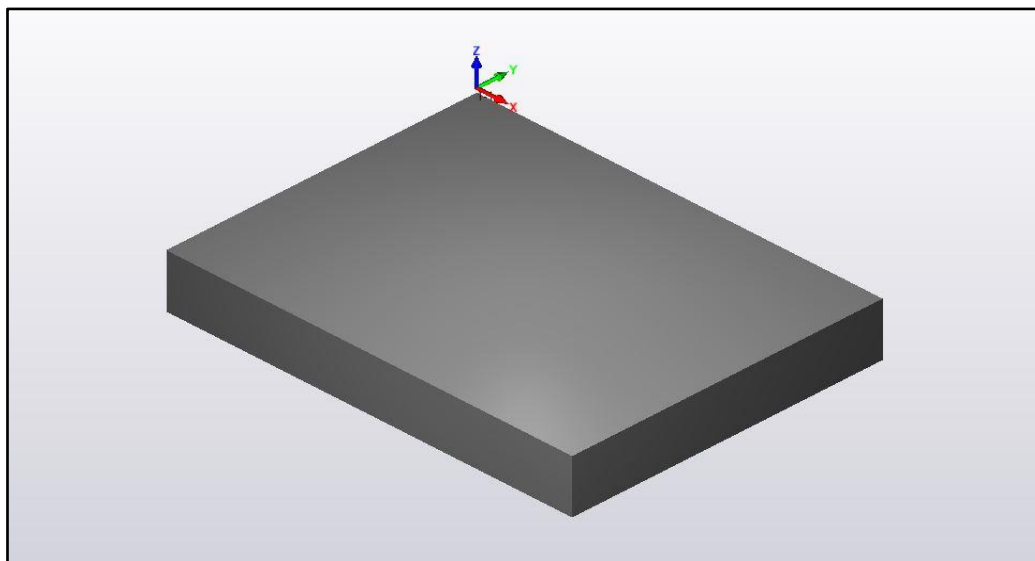
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος του εξολκέα.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
465x450x55	470x455x60



Εικόνα 40. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.

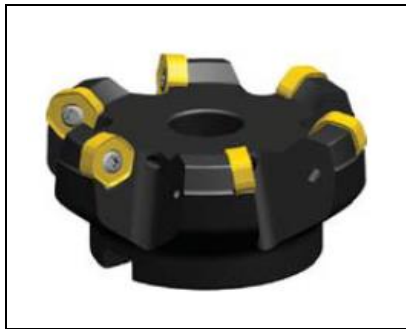


Εικόνα 41. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία



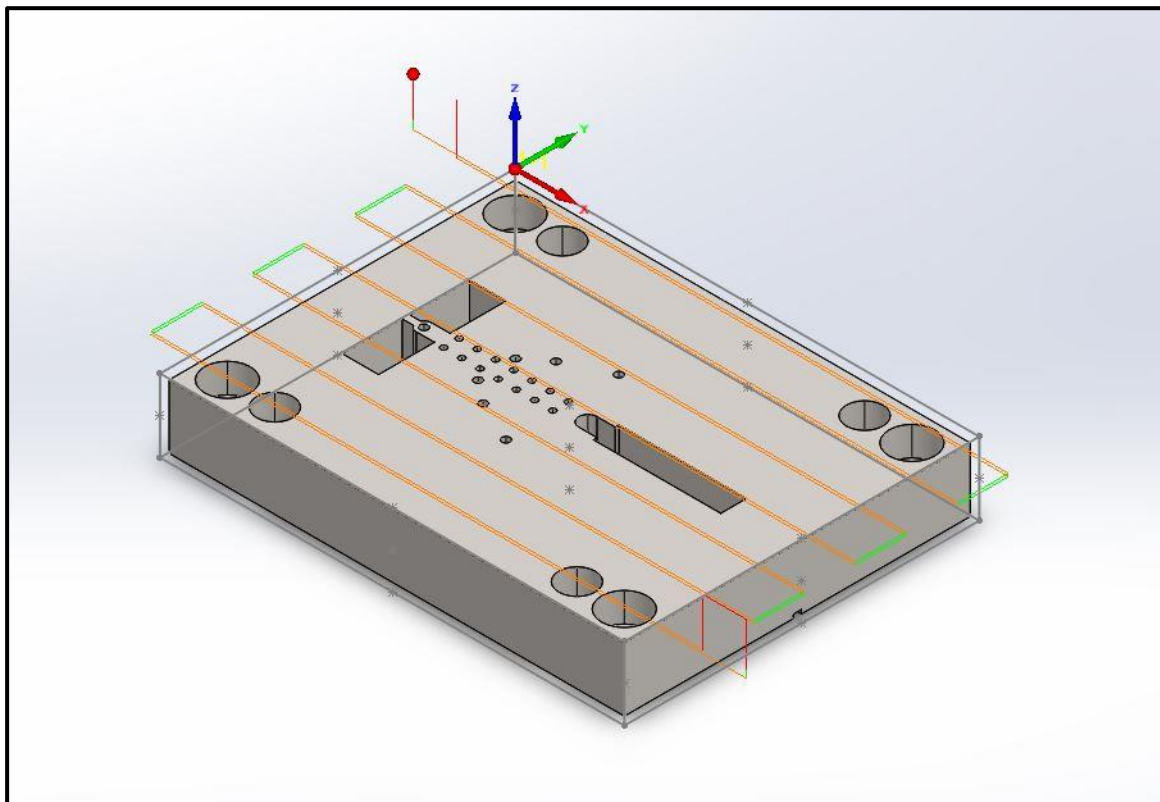
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

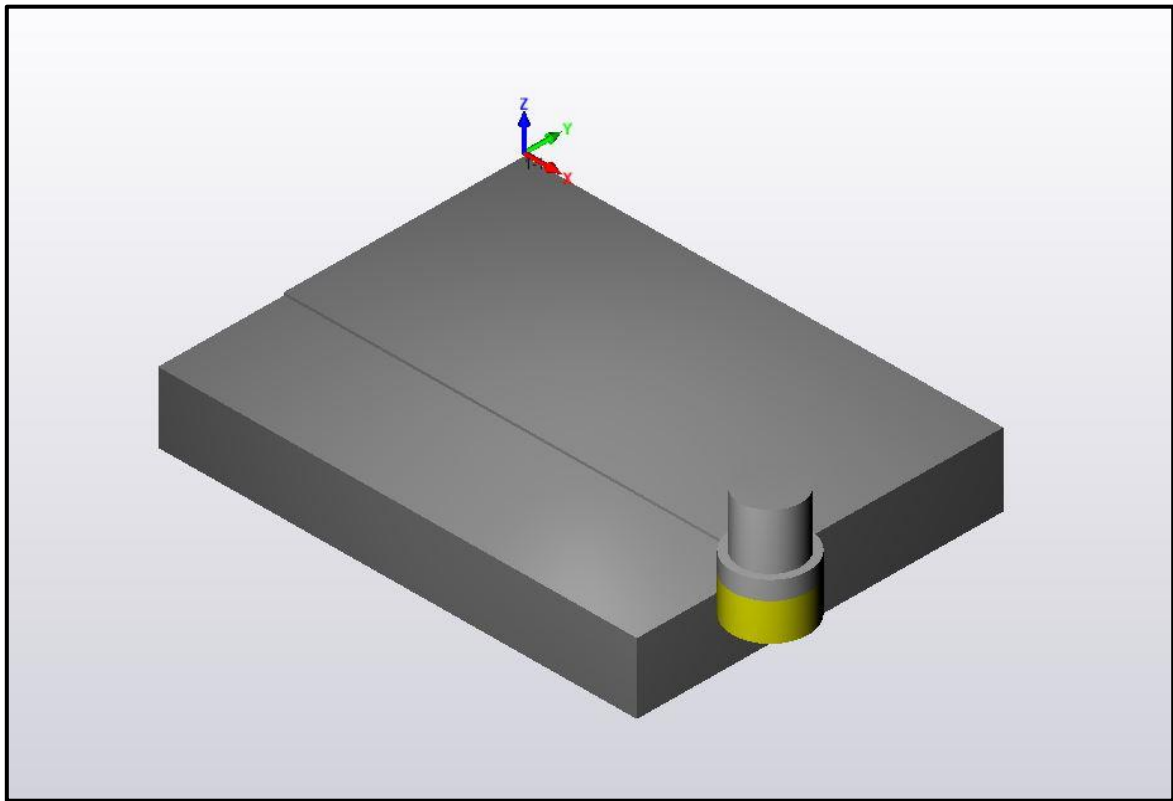
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



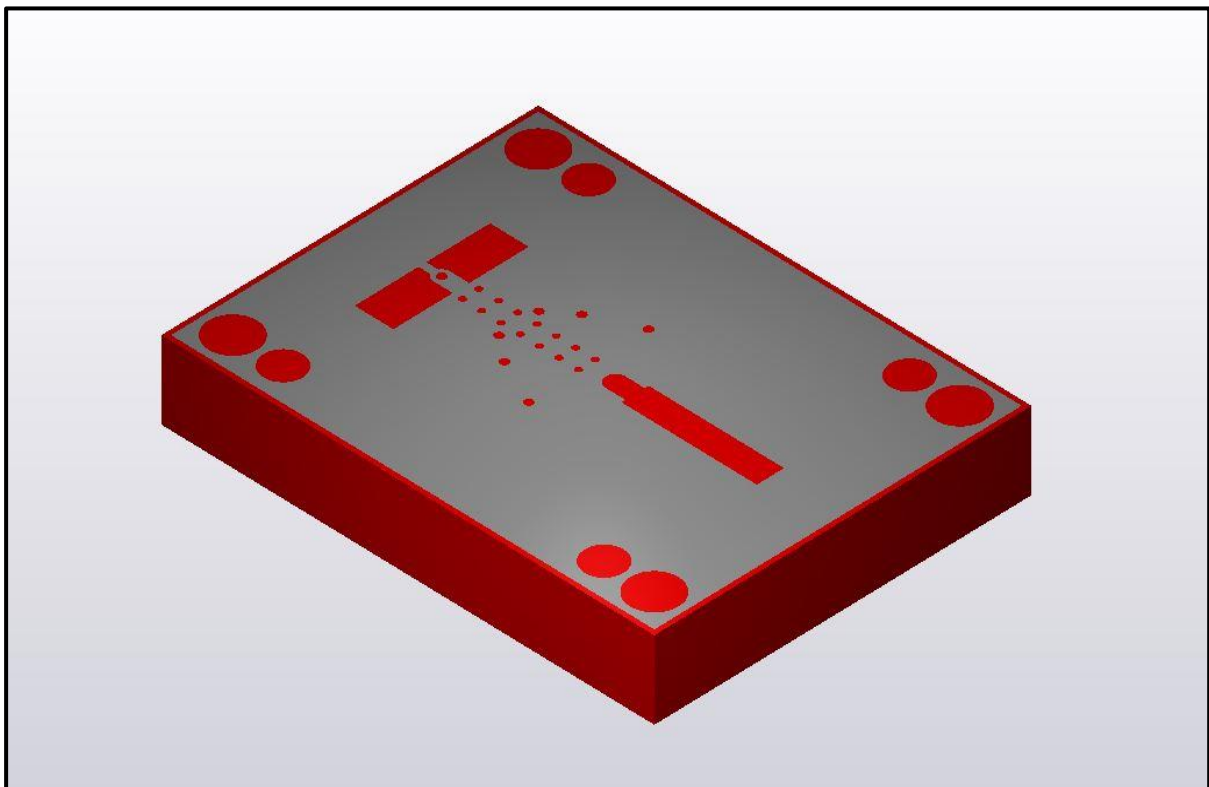
**Πίνακας 63. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**

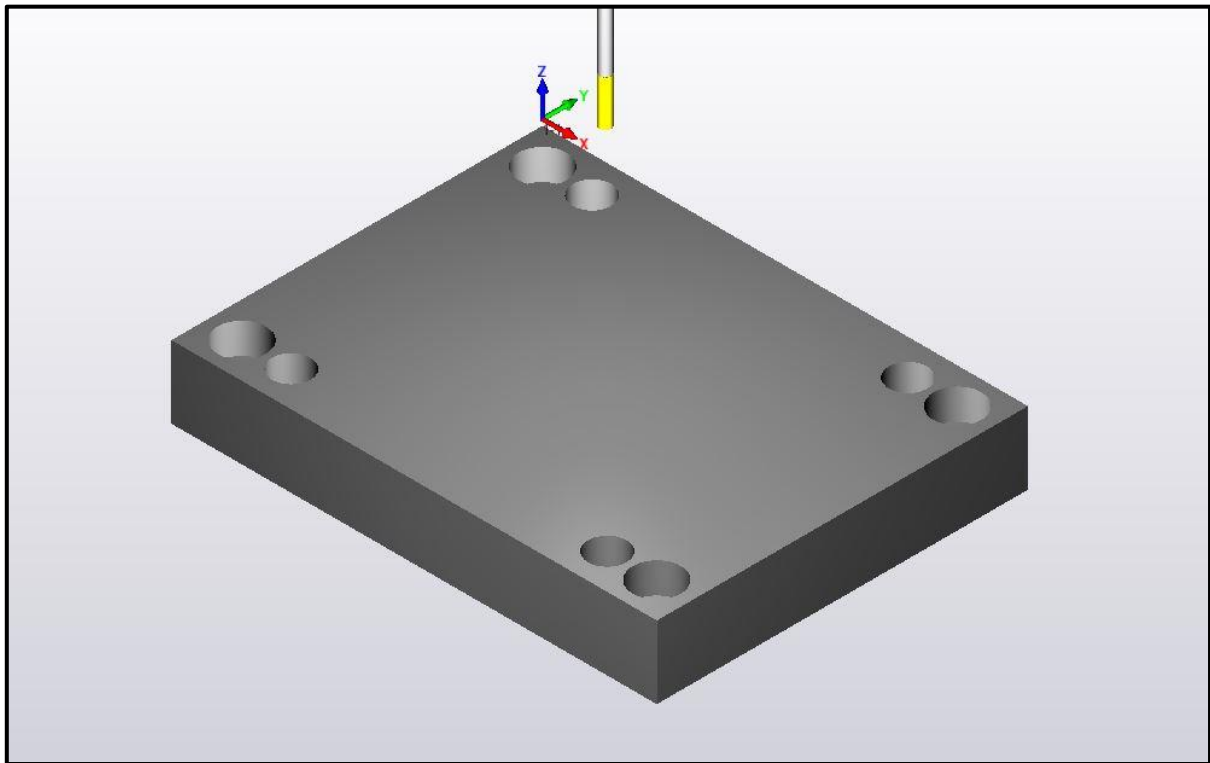


**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

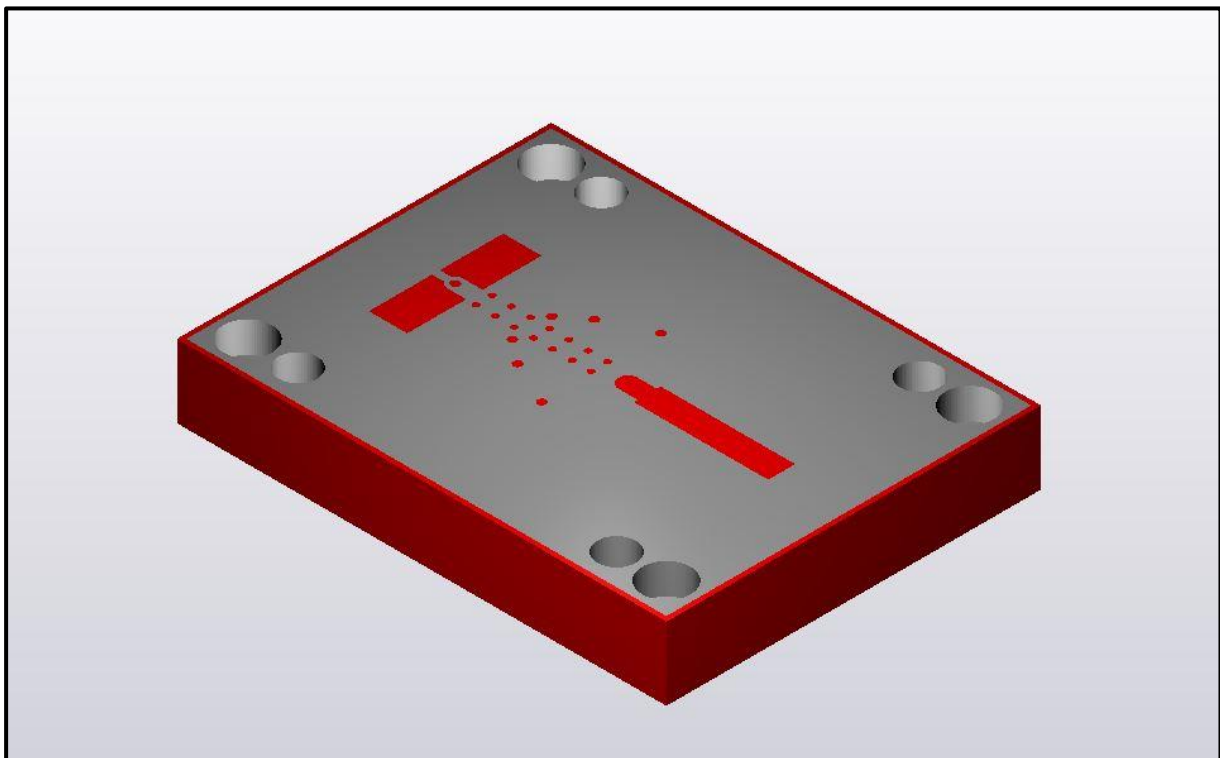





**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



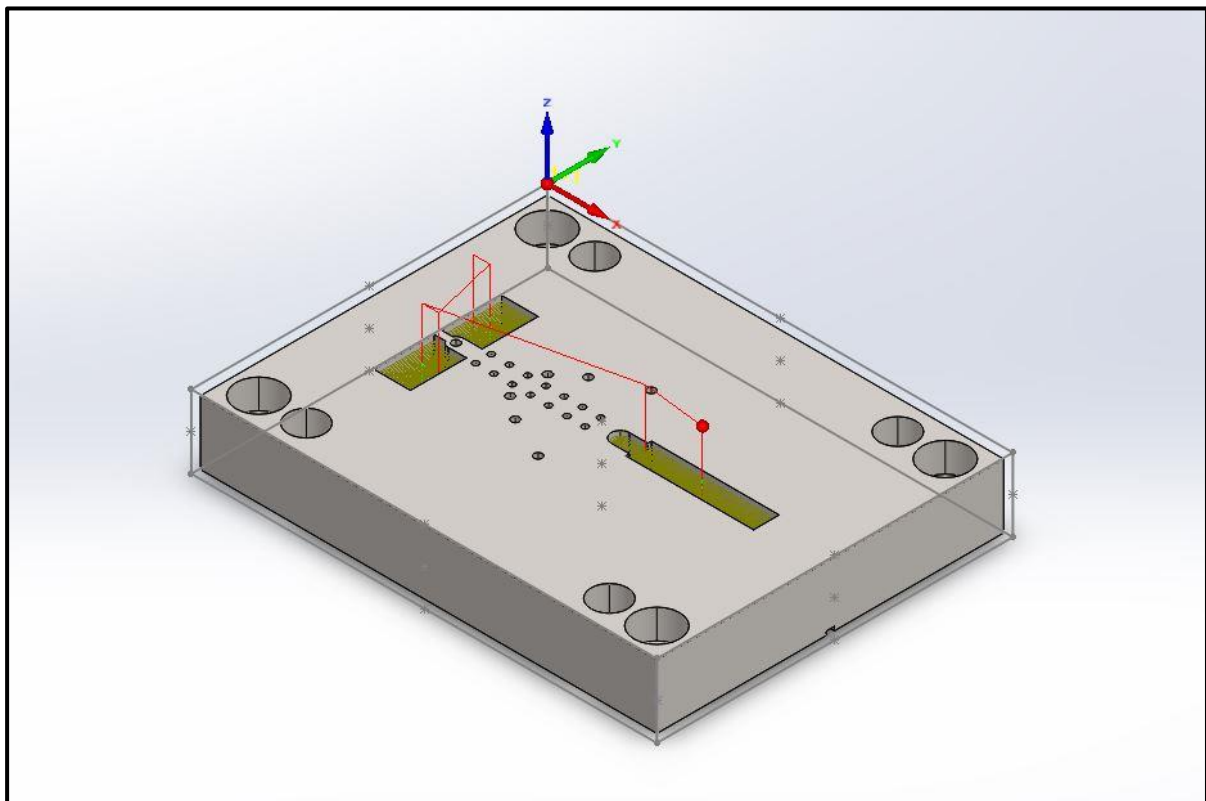
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : MULTI POCKETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	2

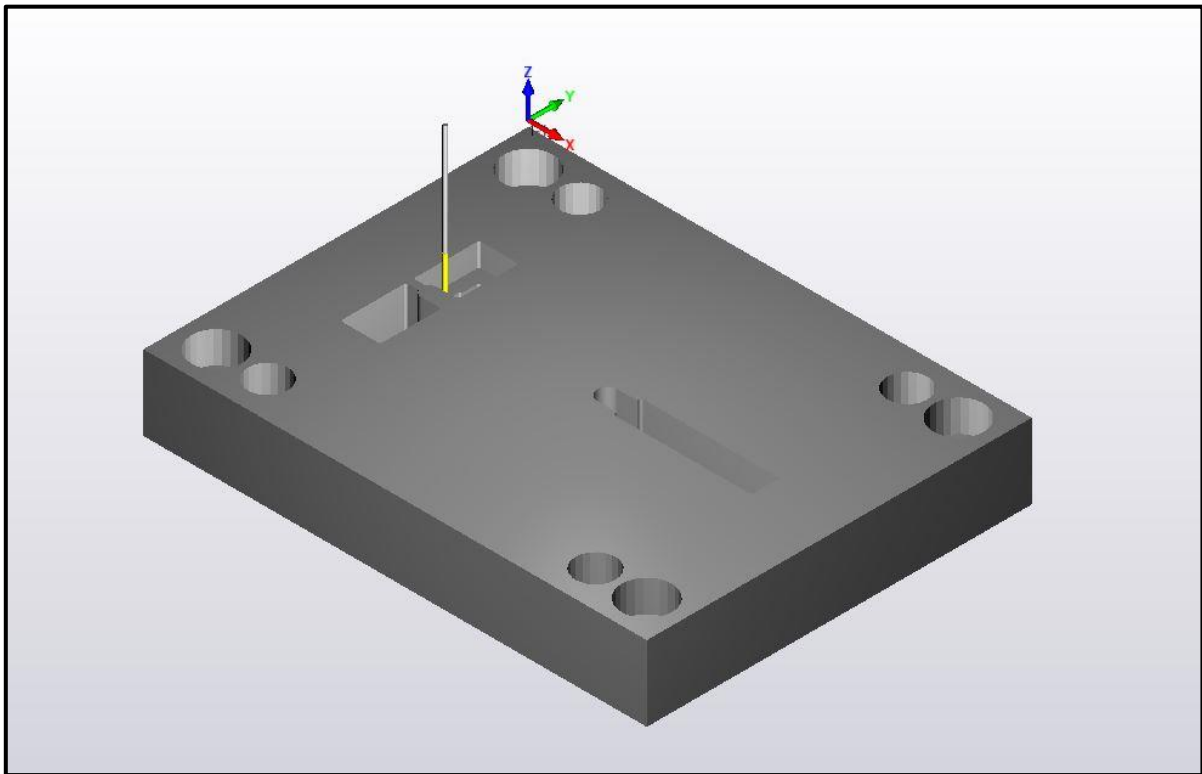
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



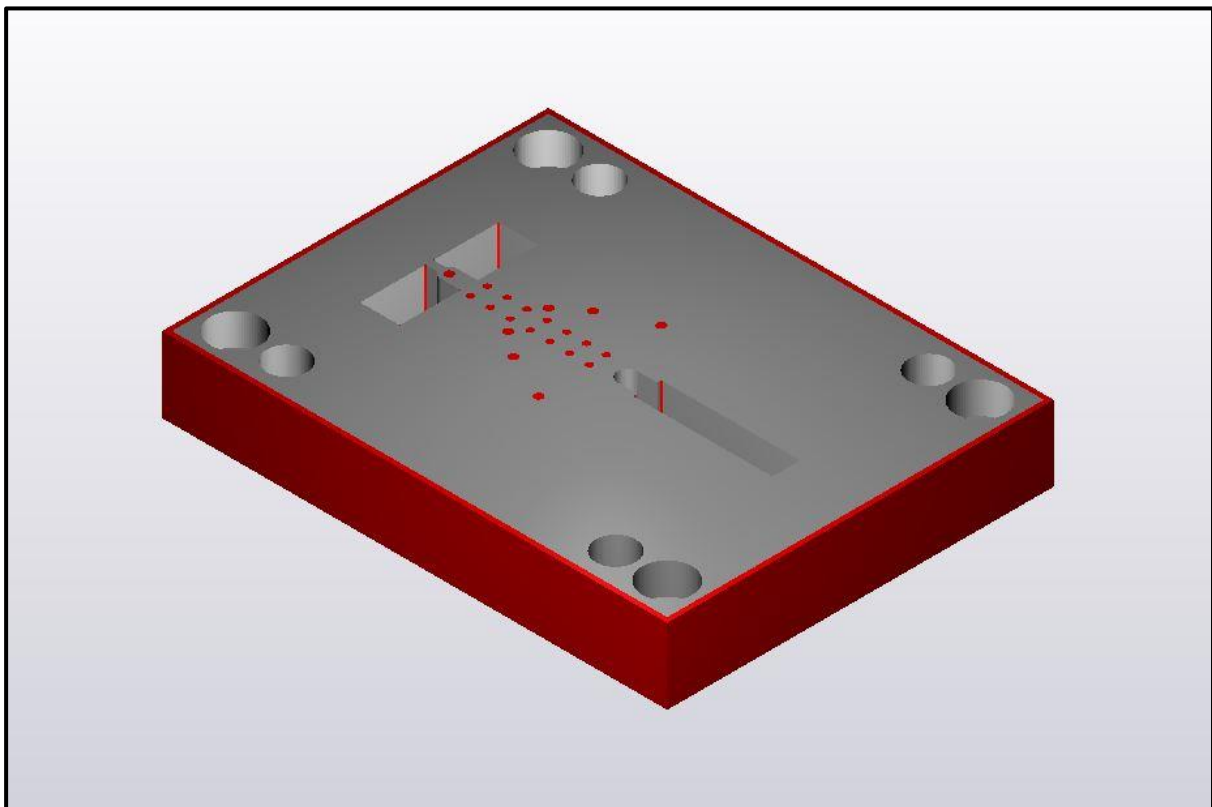
*Πίνακας 65. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>11.800</b>	<b>650</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



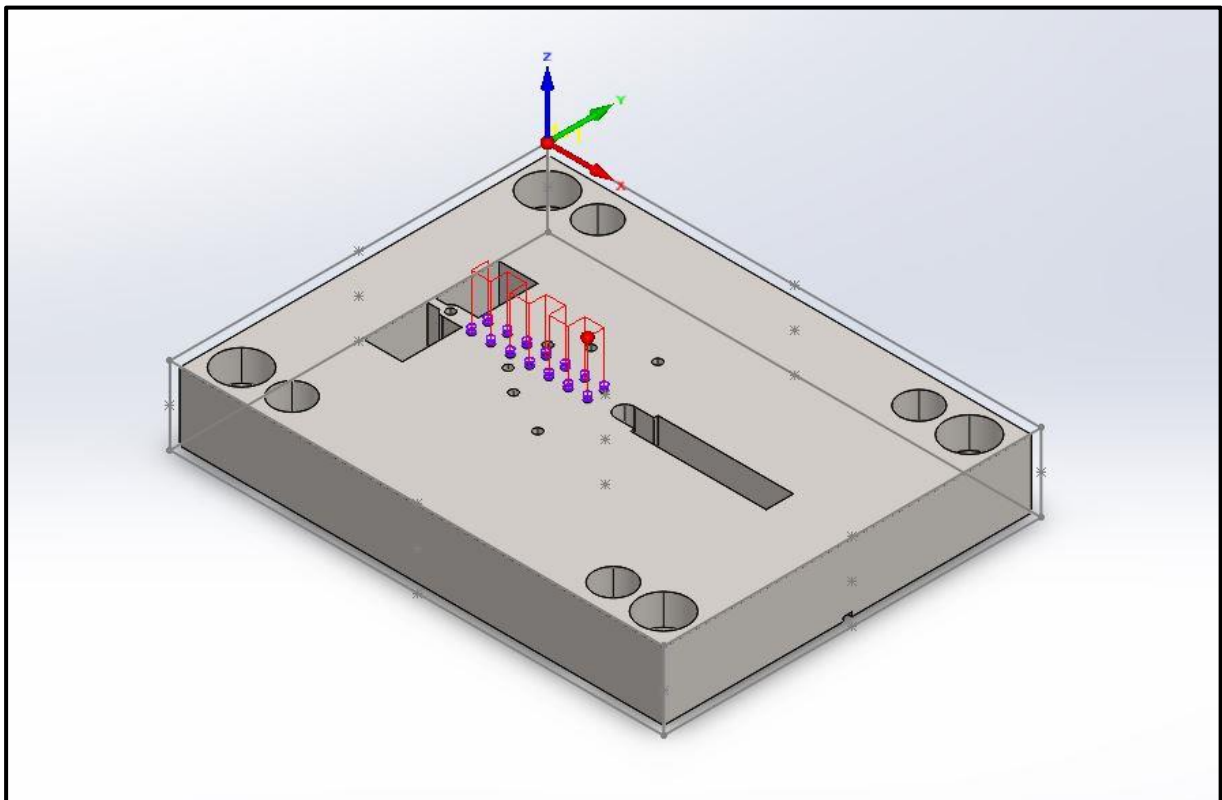
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ  $\Phi 3,4$ :**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	3,4

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

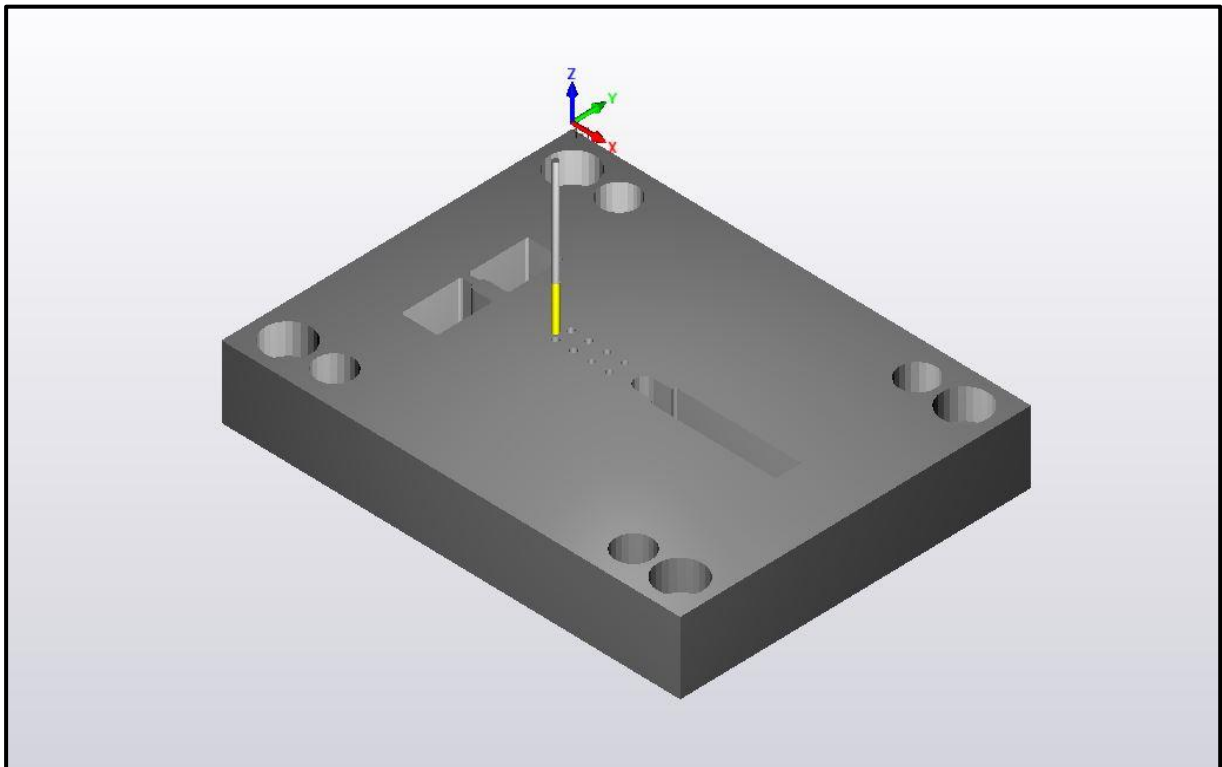


**Πίνακας 66. Δεδομένα Κοπής**

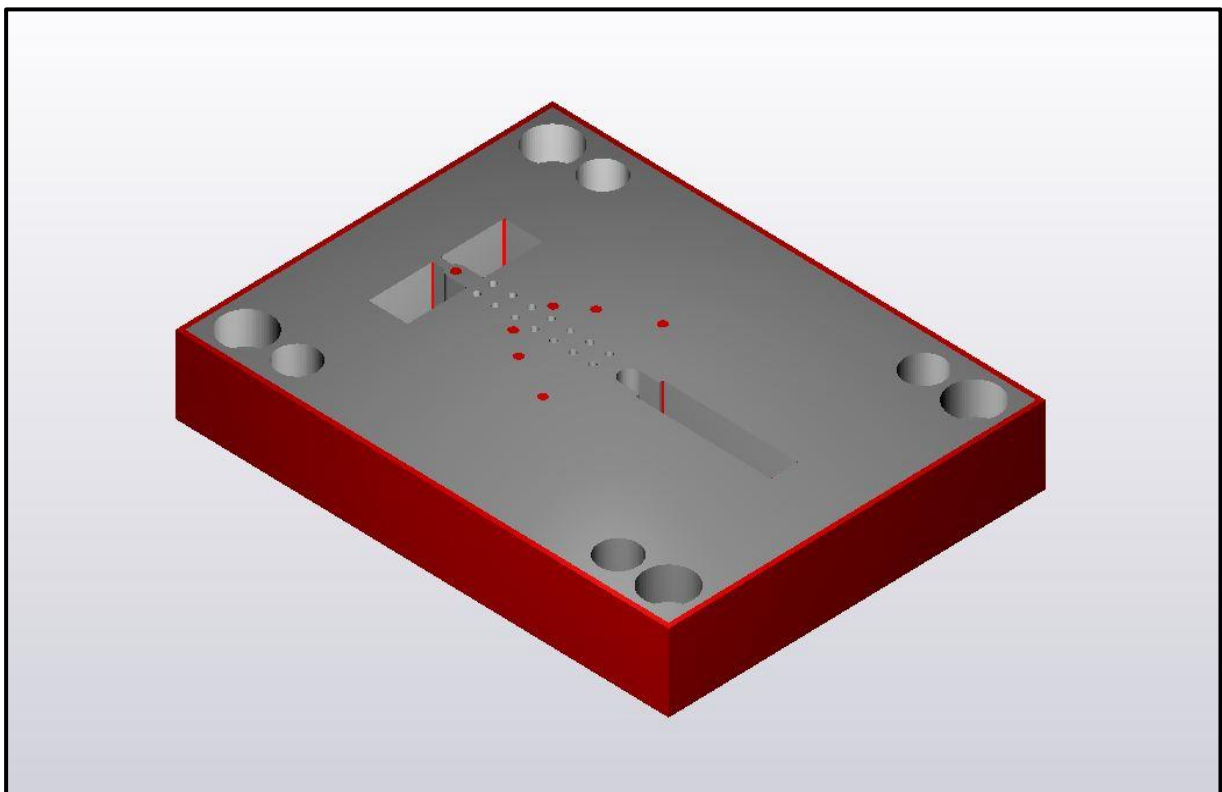
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>7.440</b>	<b>405</b>	<b>2,0</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

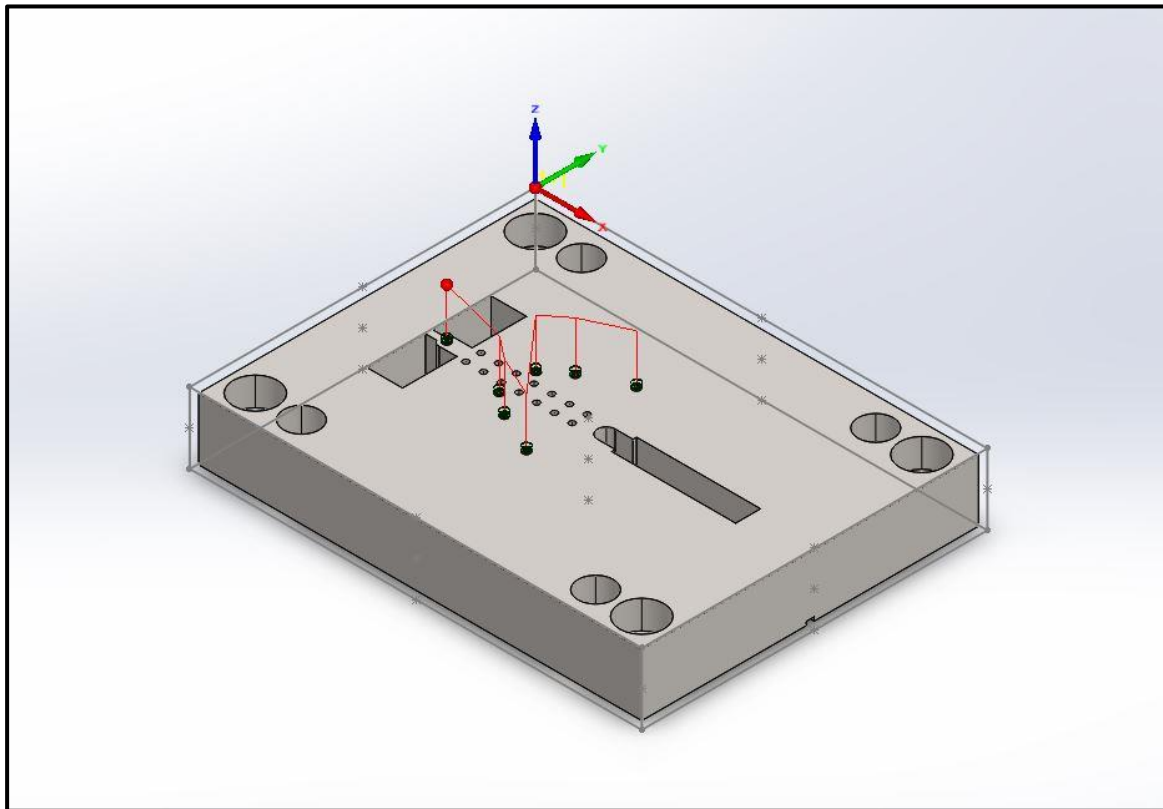


**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ  $\Phi 4,4$ :**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Drill	4,4

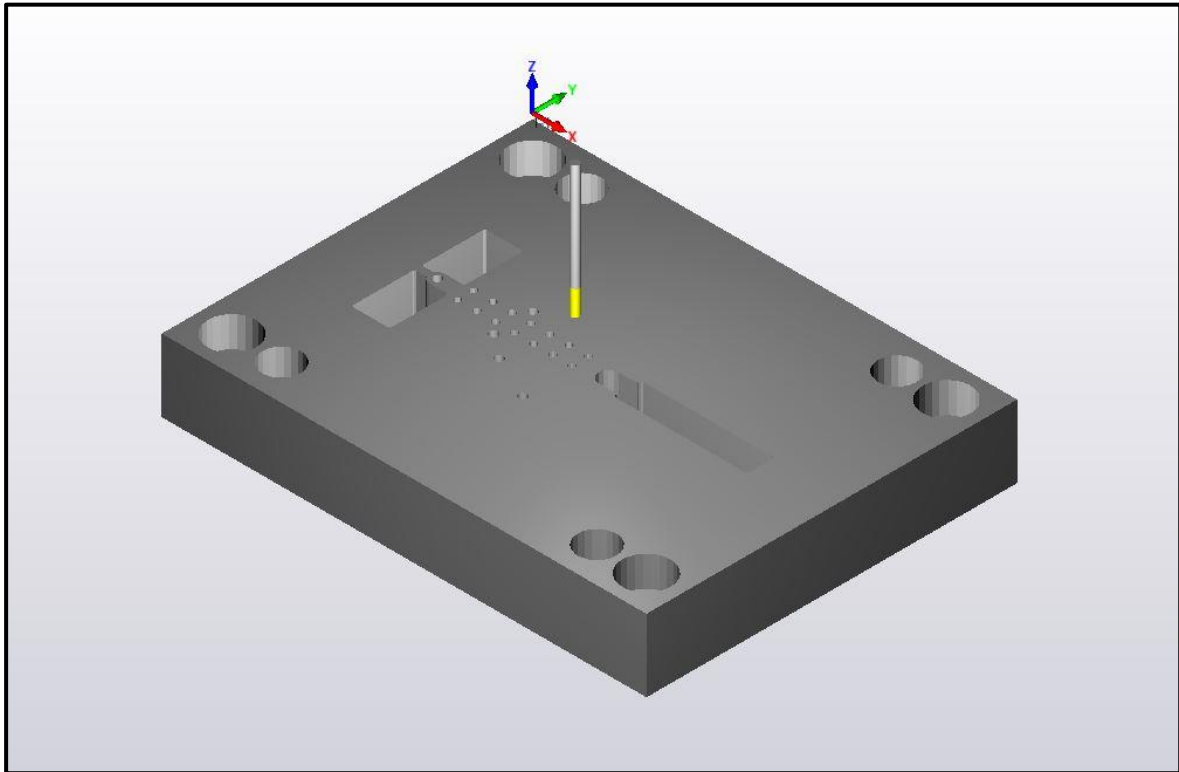
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



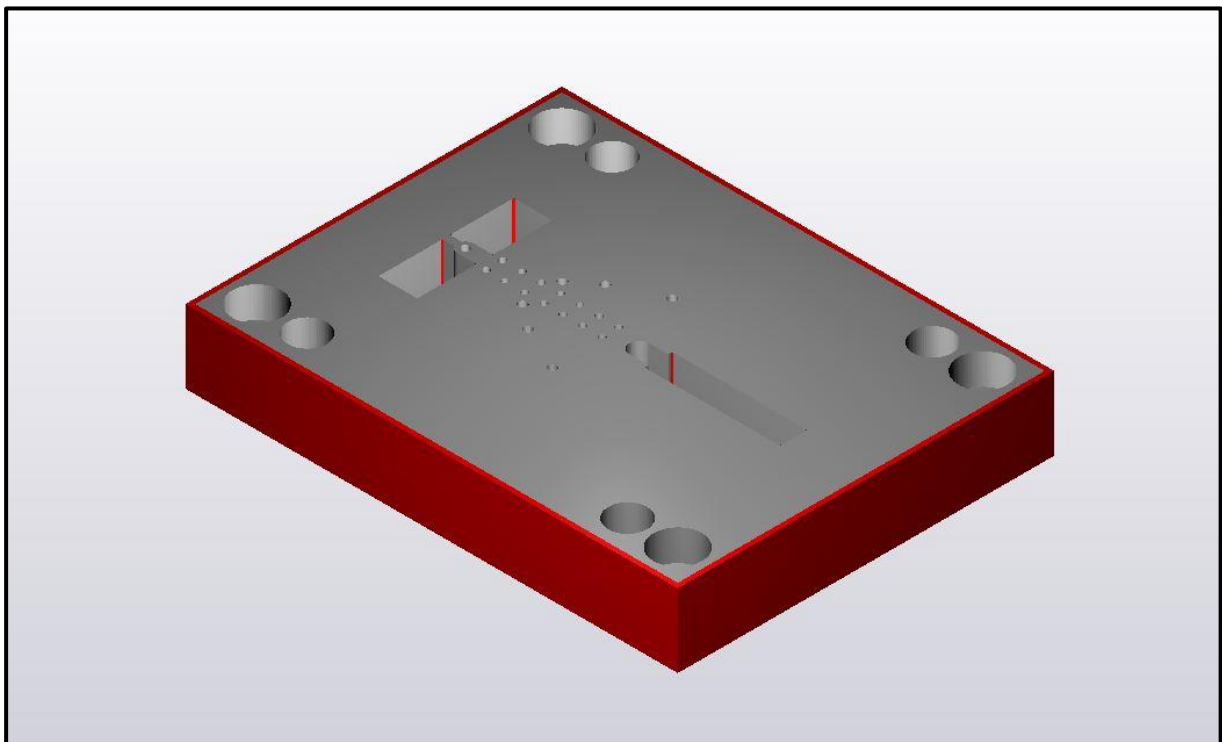
**Πίνακας 67. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.750</b>	<b>405</b>	<b>2,0</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



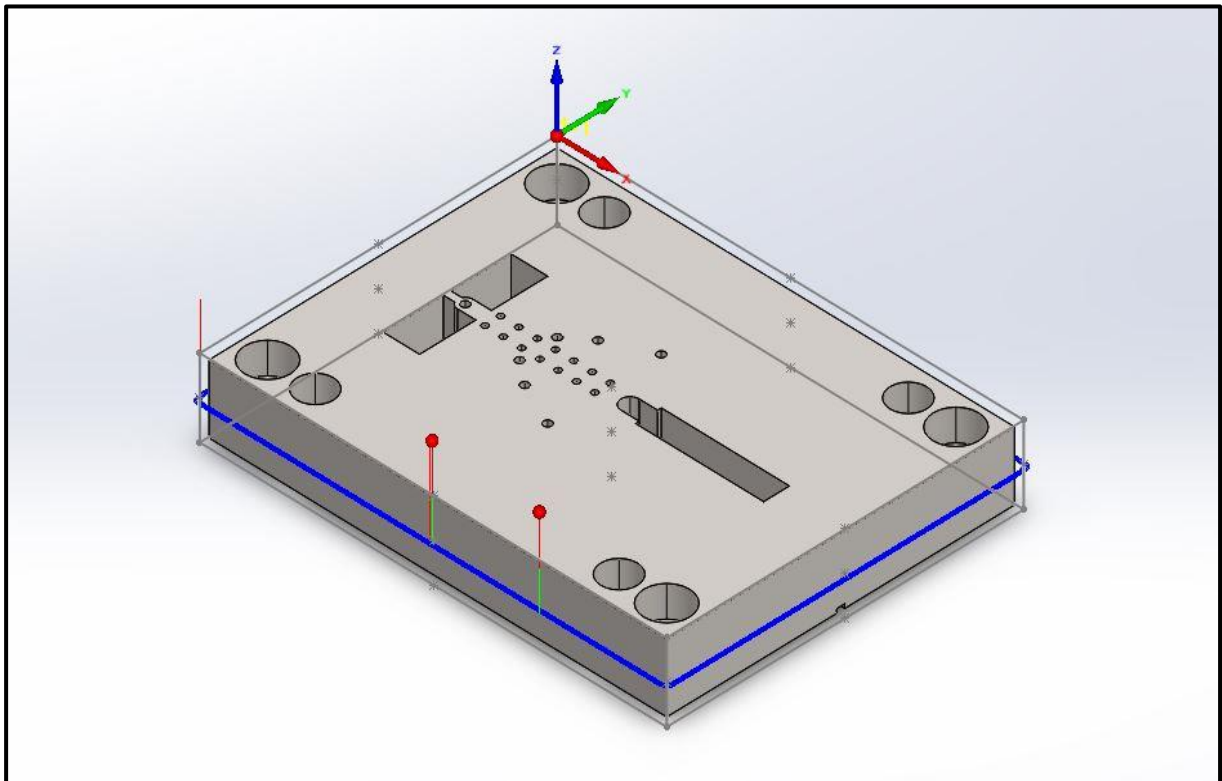
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	16

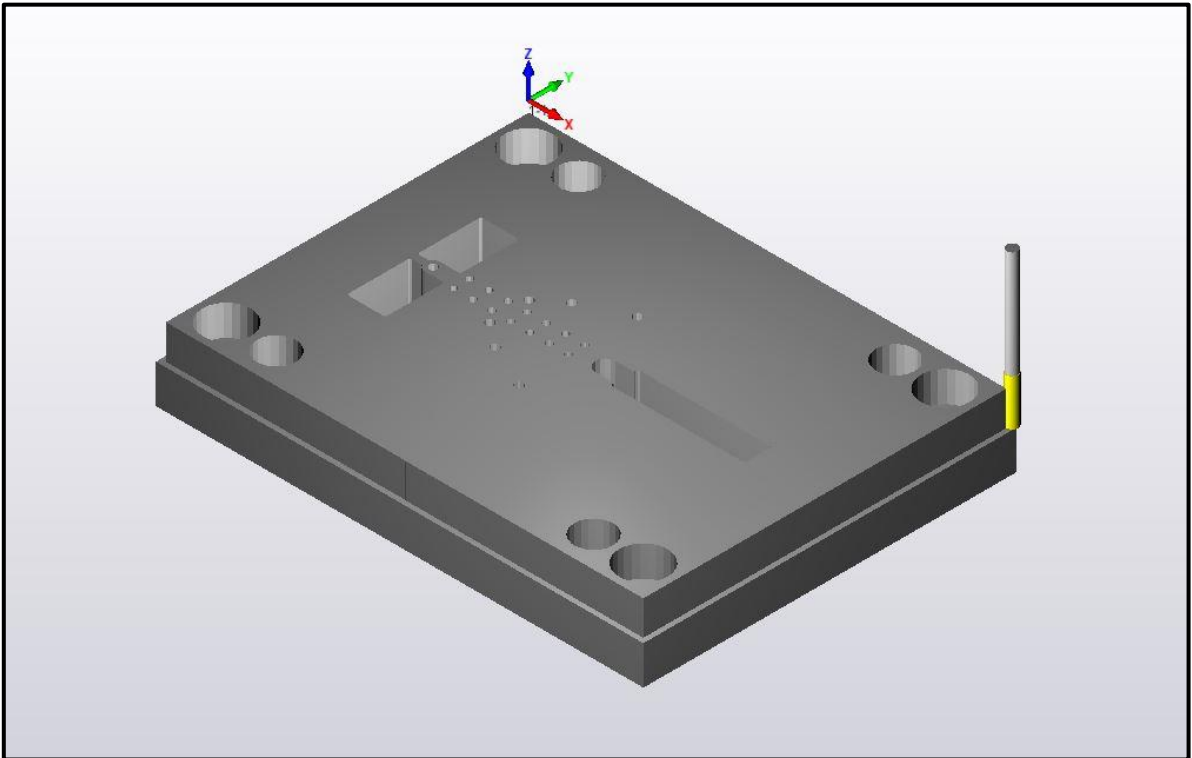
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



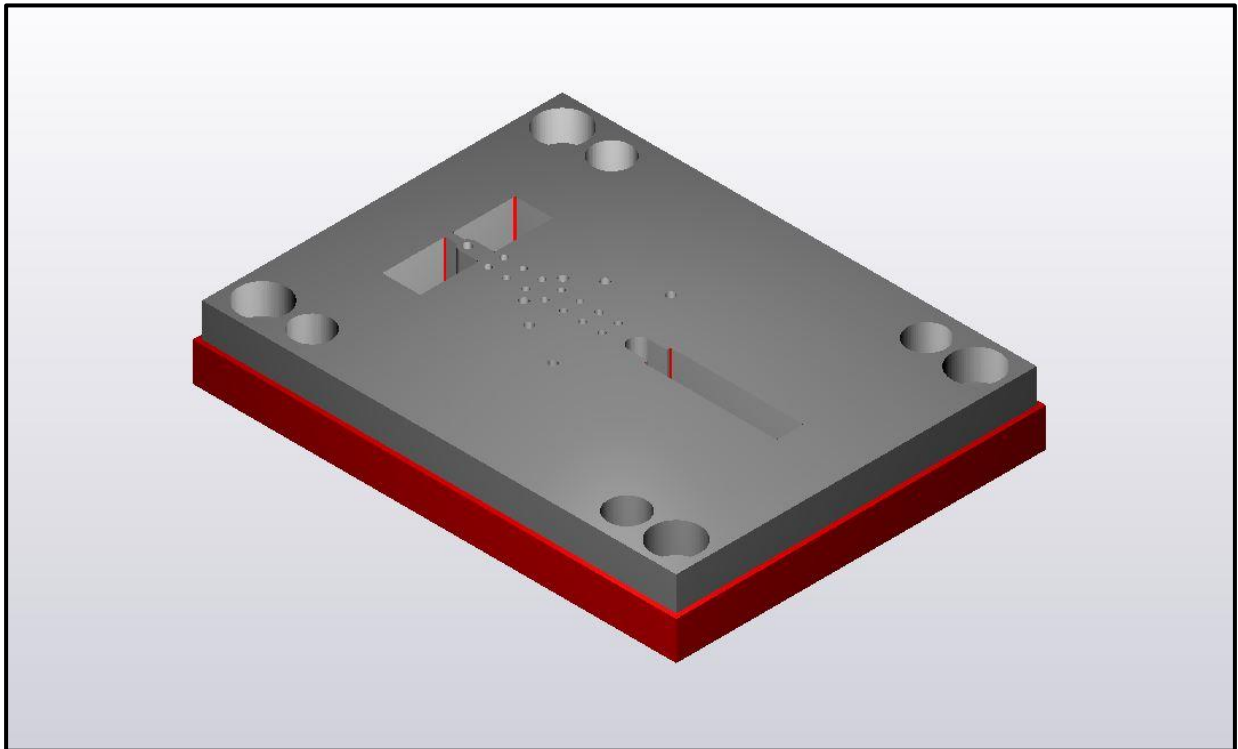
***Πίνακας 68. Δεδομένα κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.190</b>	<b>1.230</b>	<b>18,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



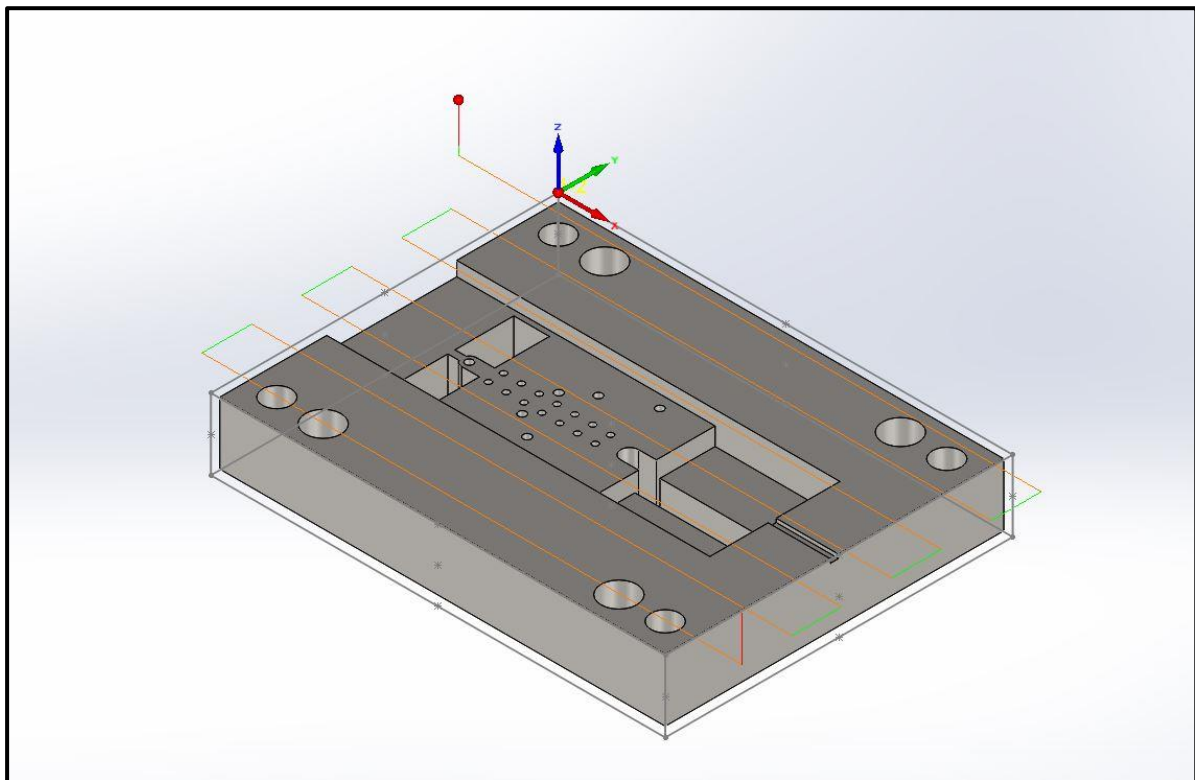
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 7 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

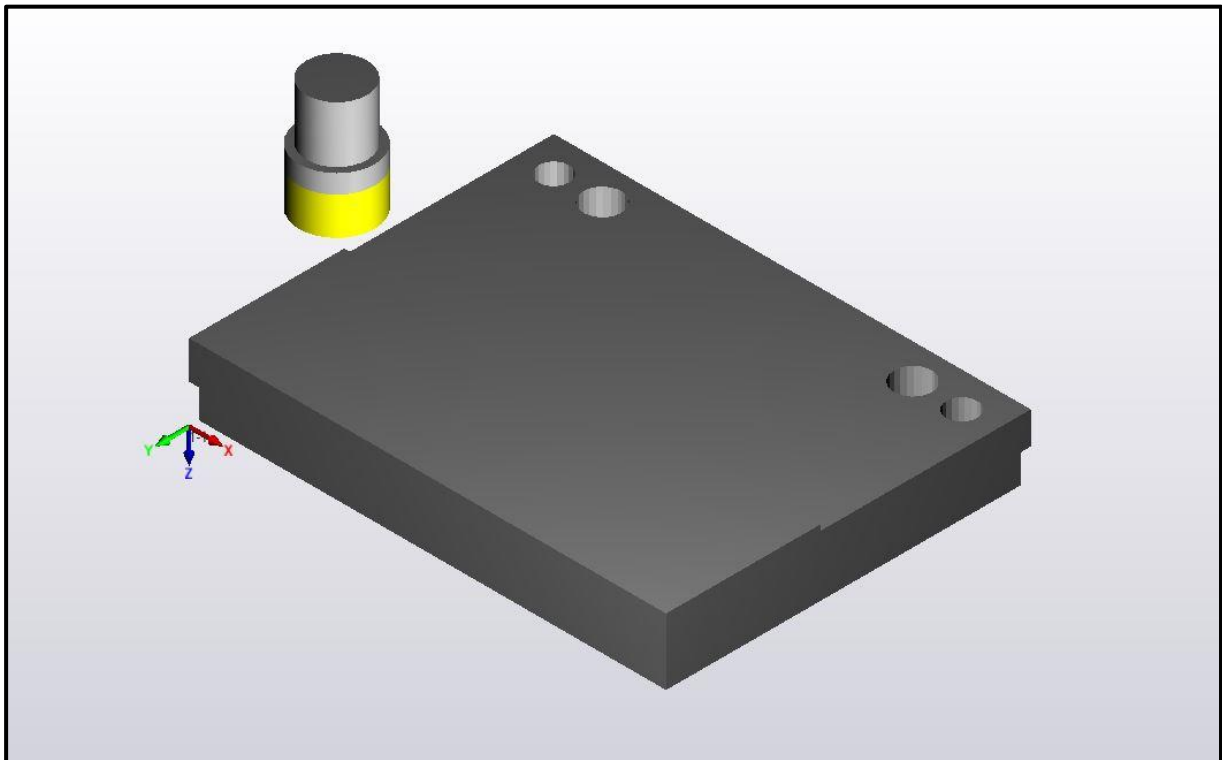
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



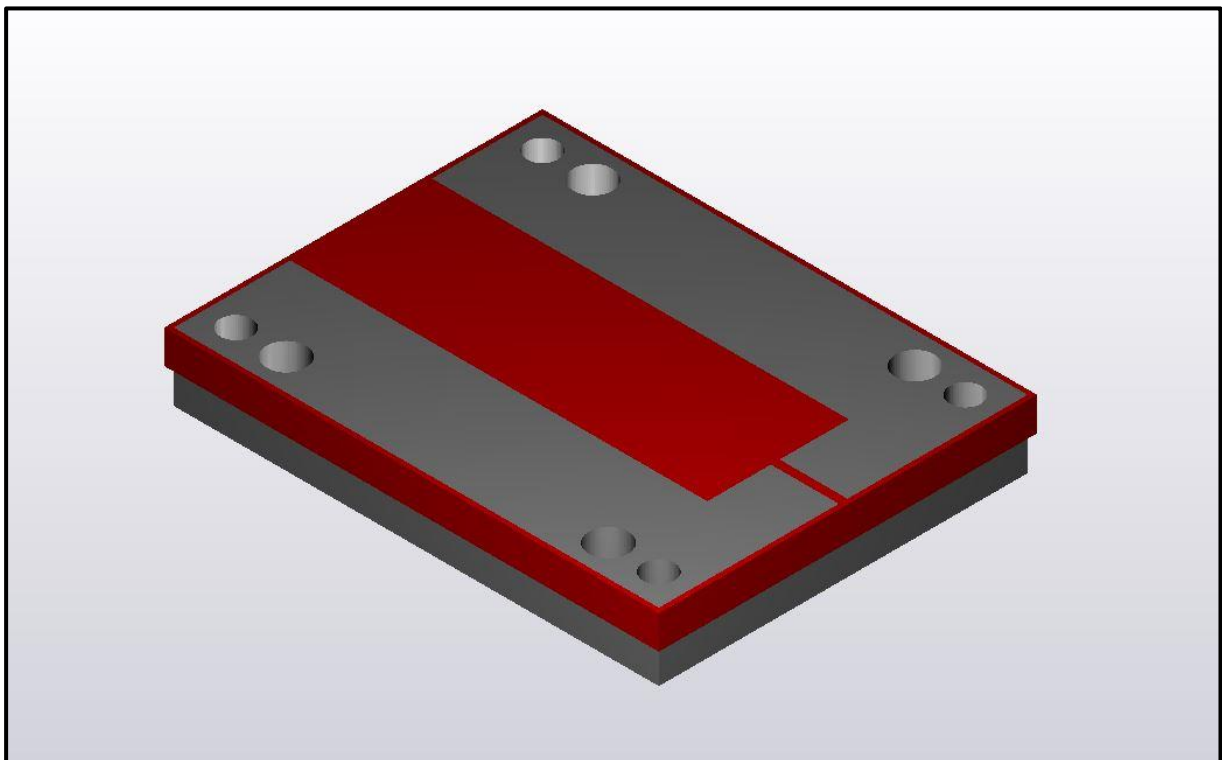
**Πίνακας 69. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>990</b>	<b>1.210</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

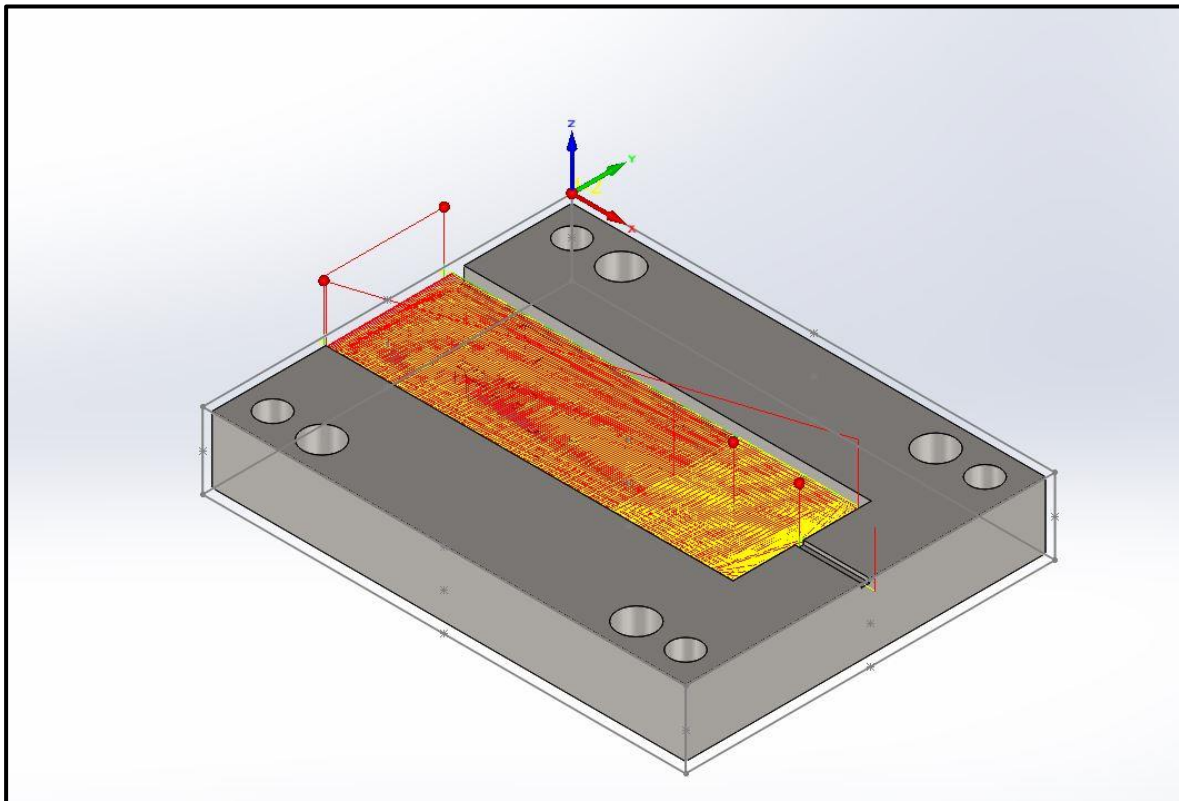




### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 8 : MULTI POCKETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	4,5

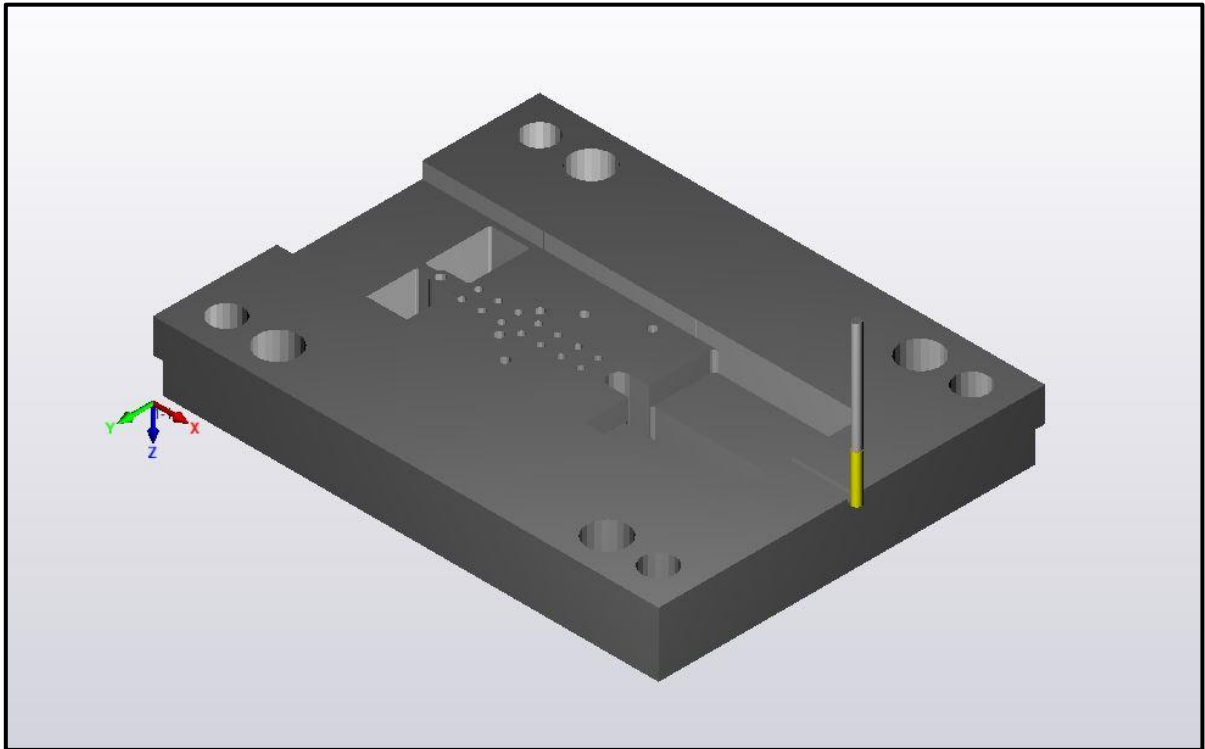
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



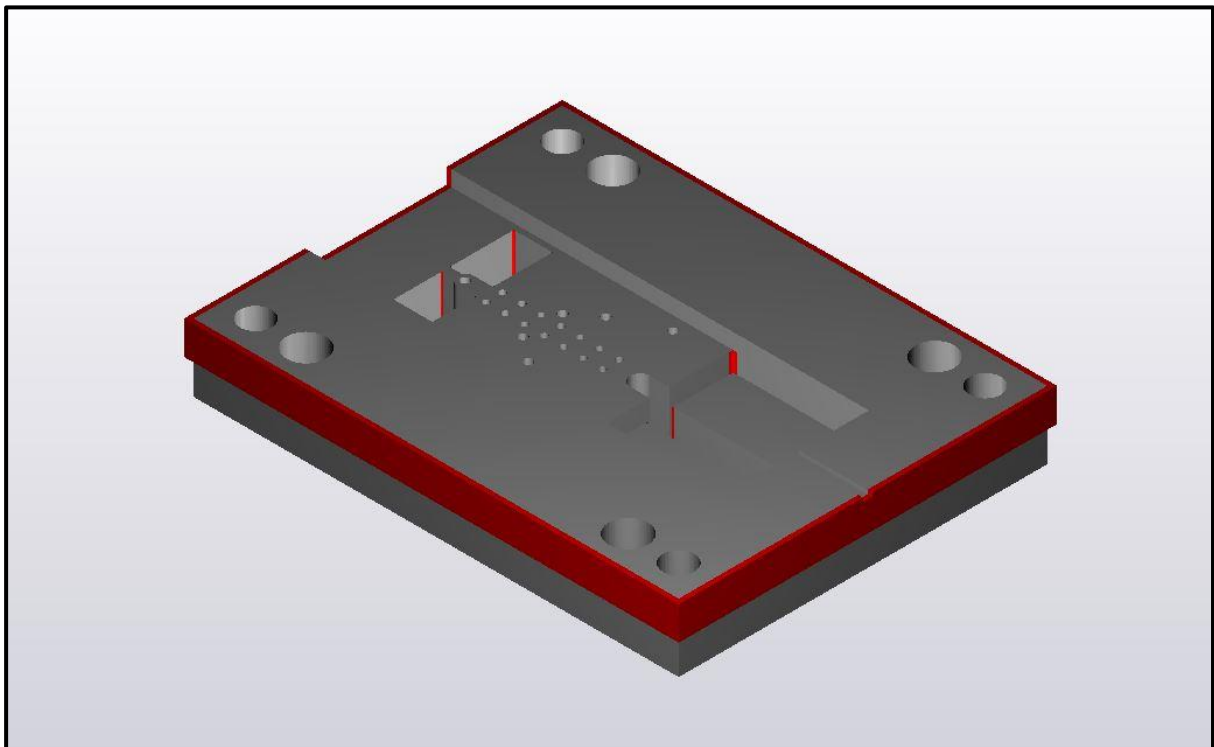
*Πίνακας 70. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>7.390</b>	<b>565</b>	<b>8,0</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



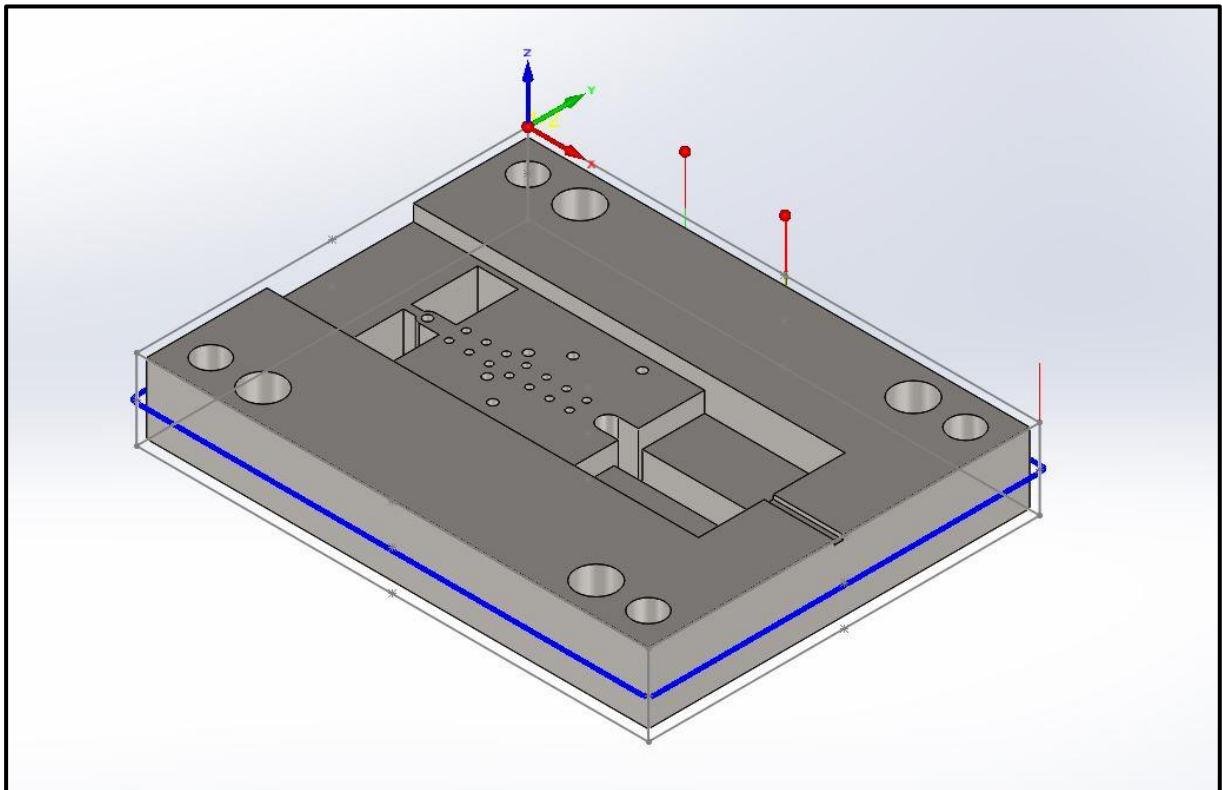
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 9 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	4,5

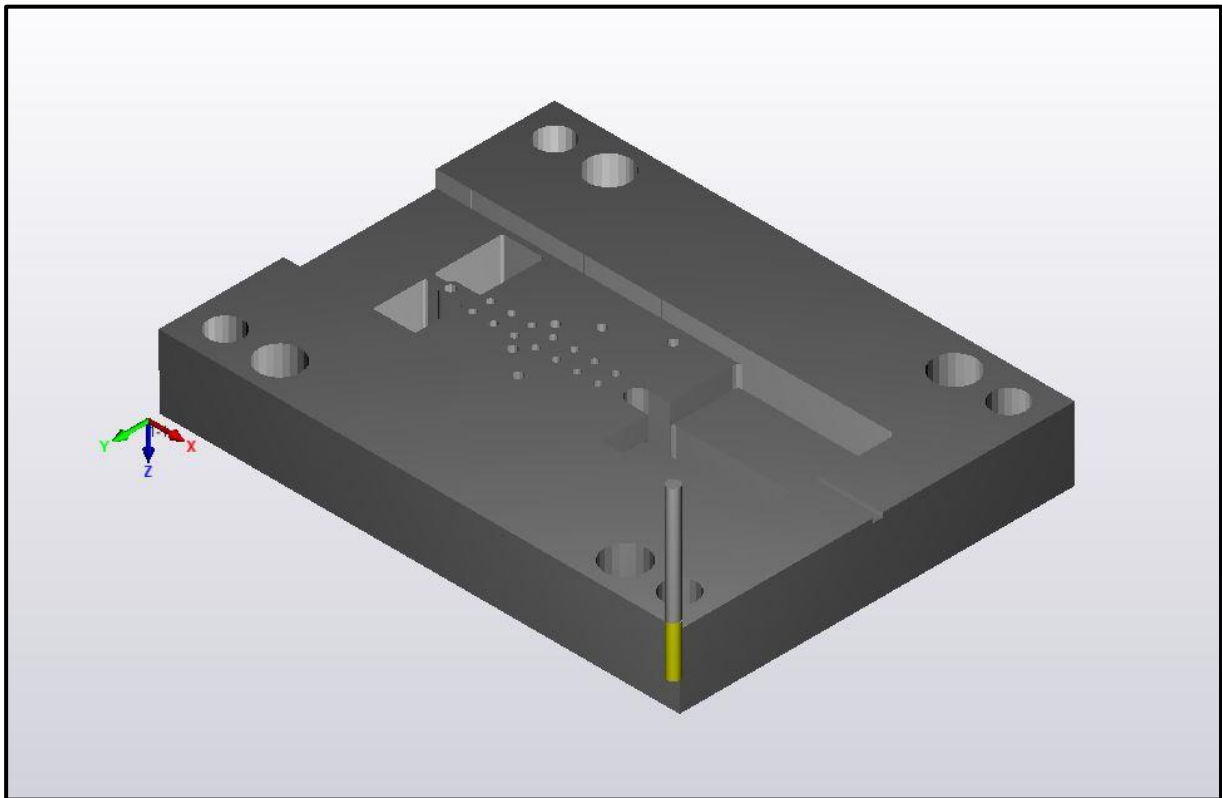
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



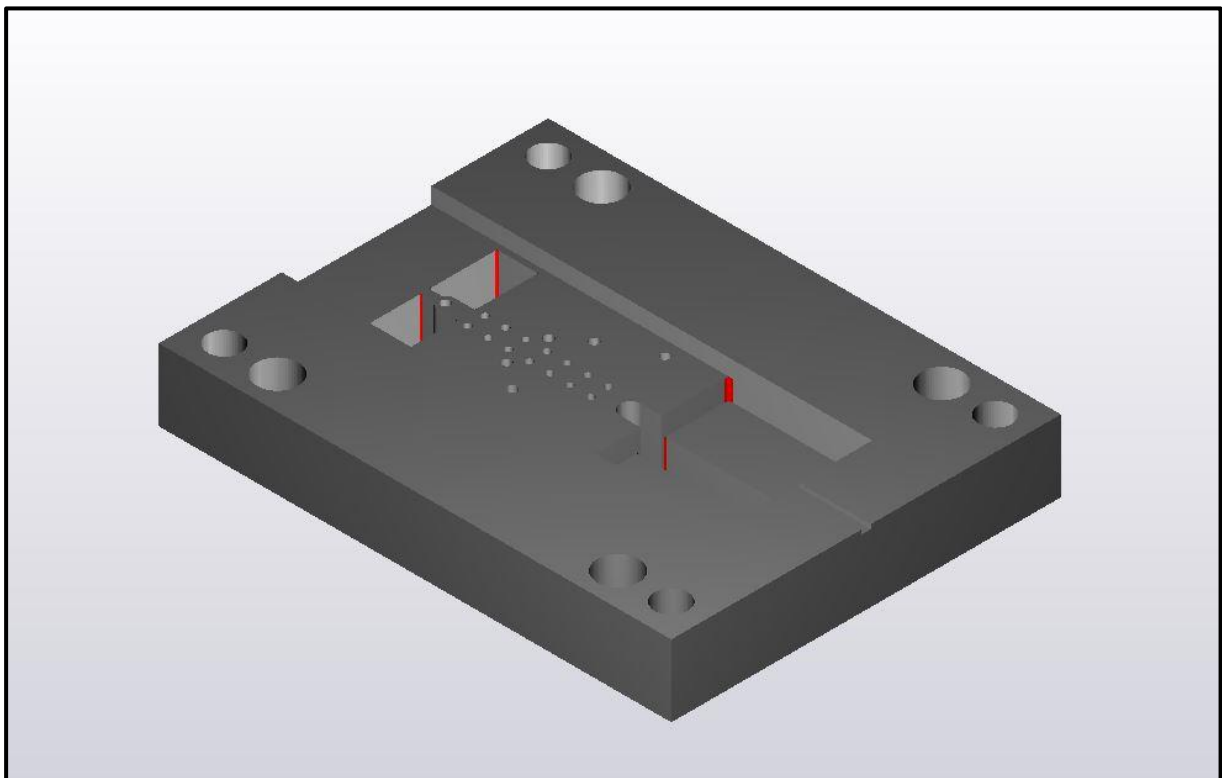
**Πίνακας 71. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>2.190</b>	<b>1.230</b>	<b>18,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

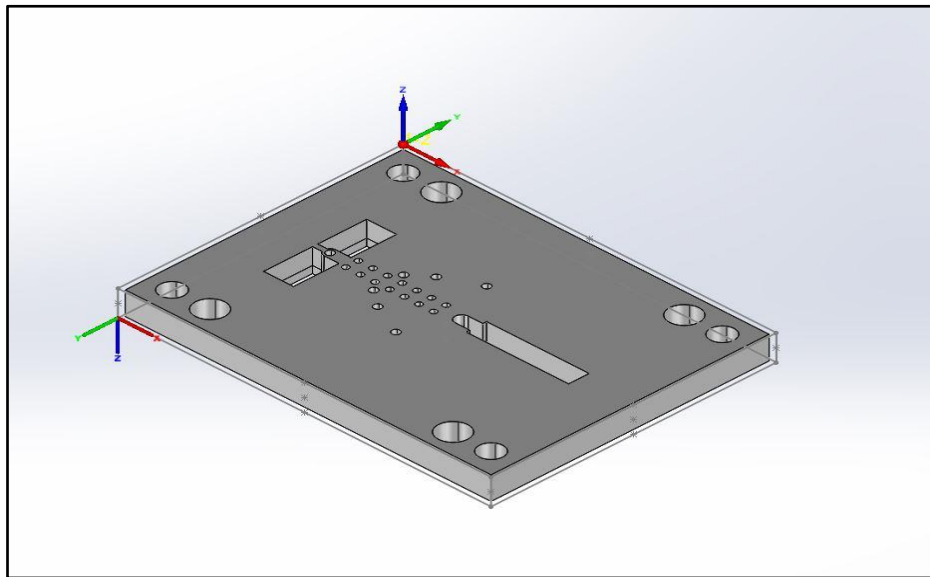


## 5.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΤΡΑΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

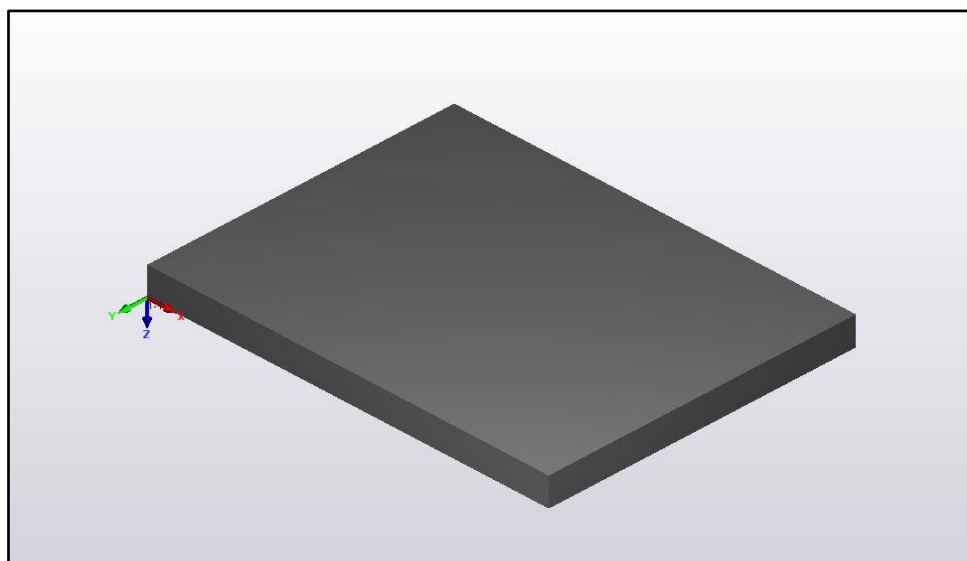
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος της μήτρας.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
250x190x18	260x200x20



Εικόνα 42. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 43. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

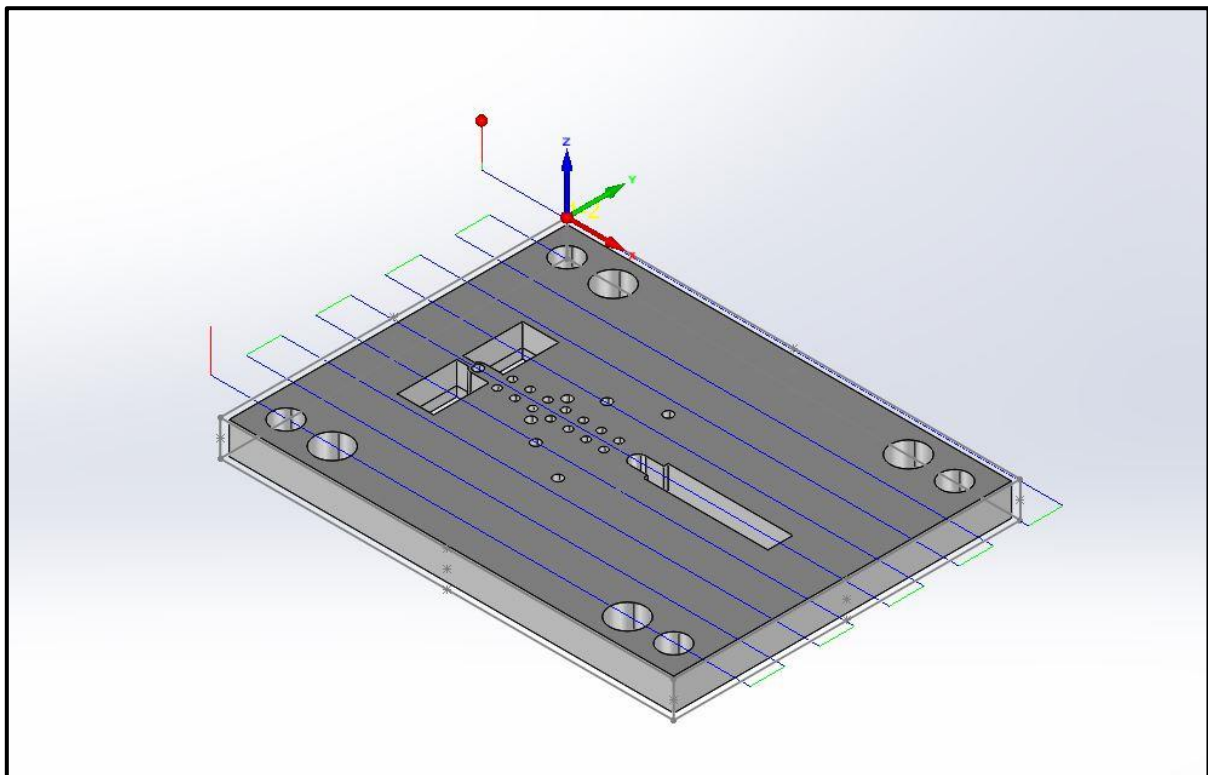
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

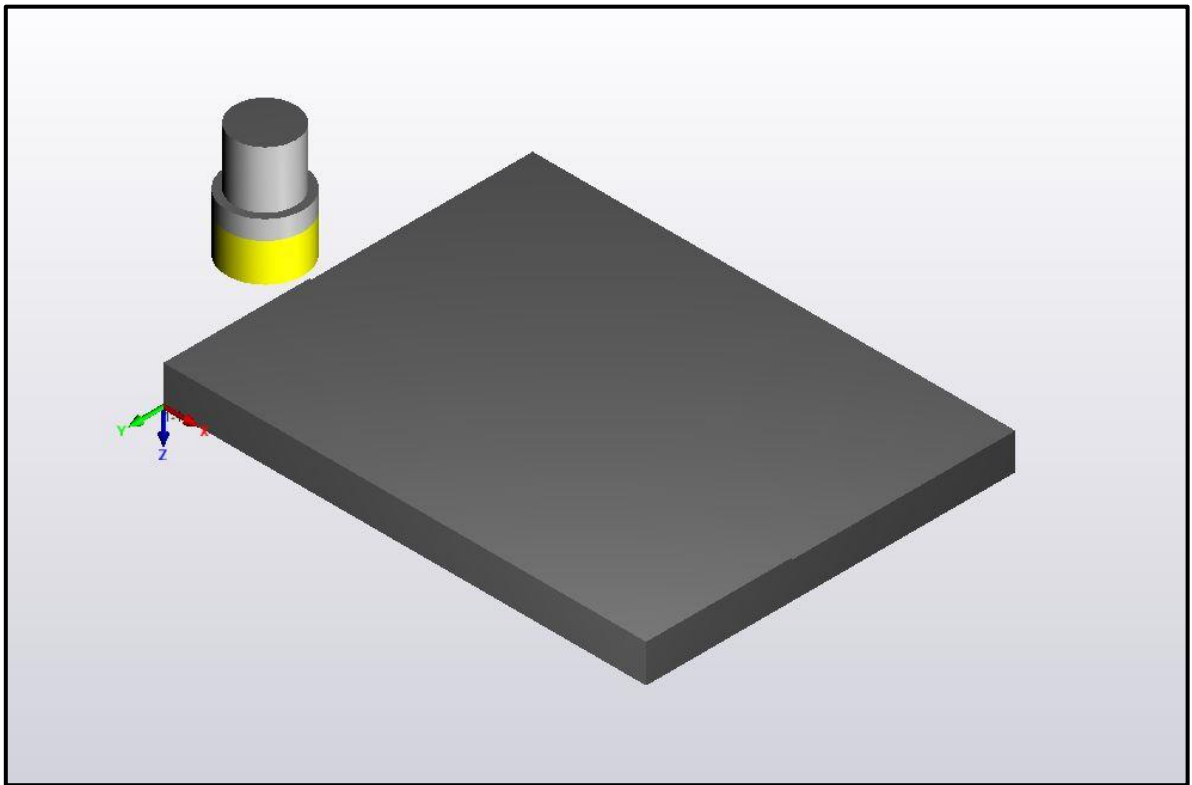
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



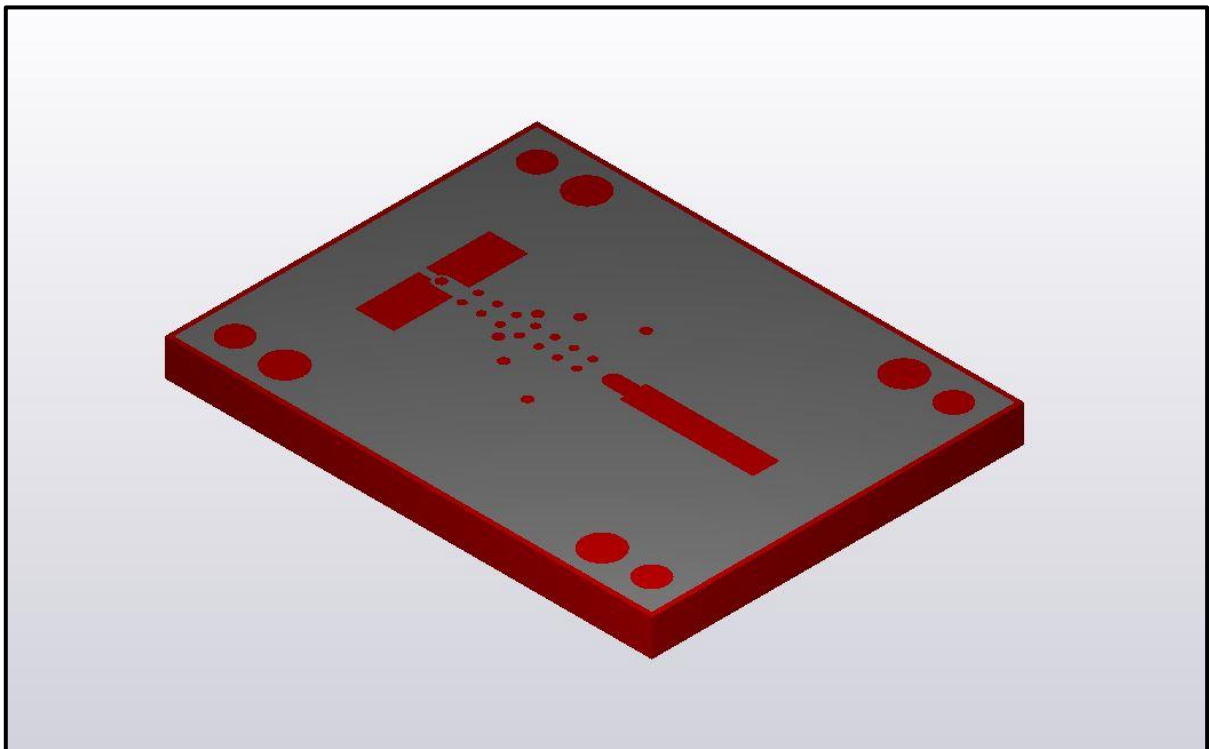
**Πίνακας 72. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/min]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>500</b>	<b>320</b>	<b>1,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

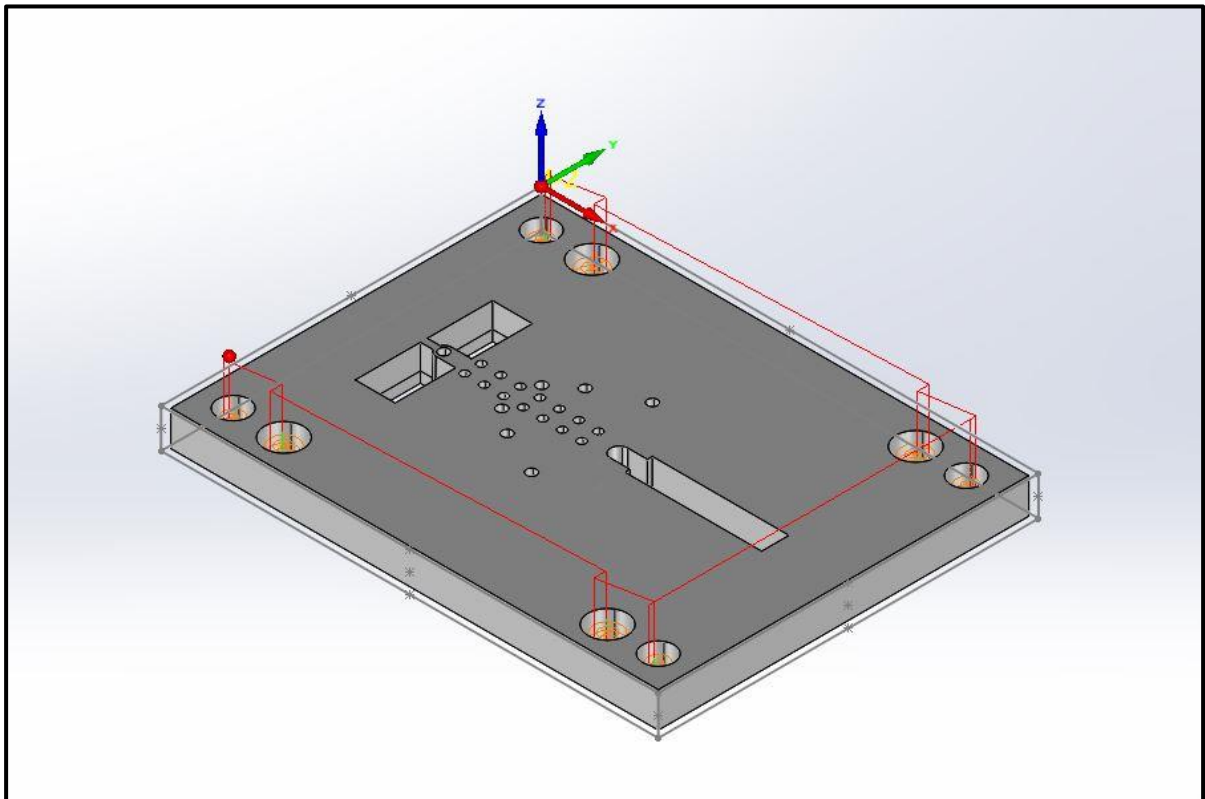




## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

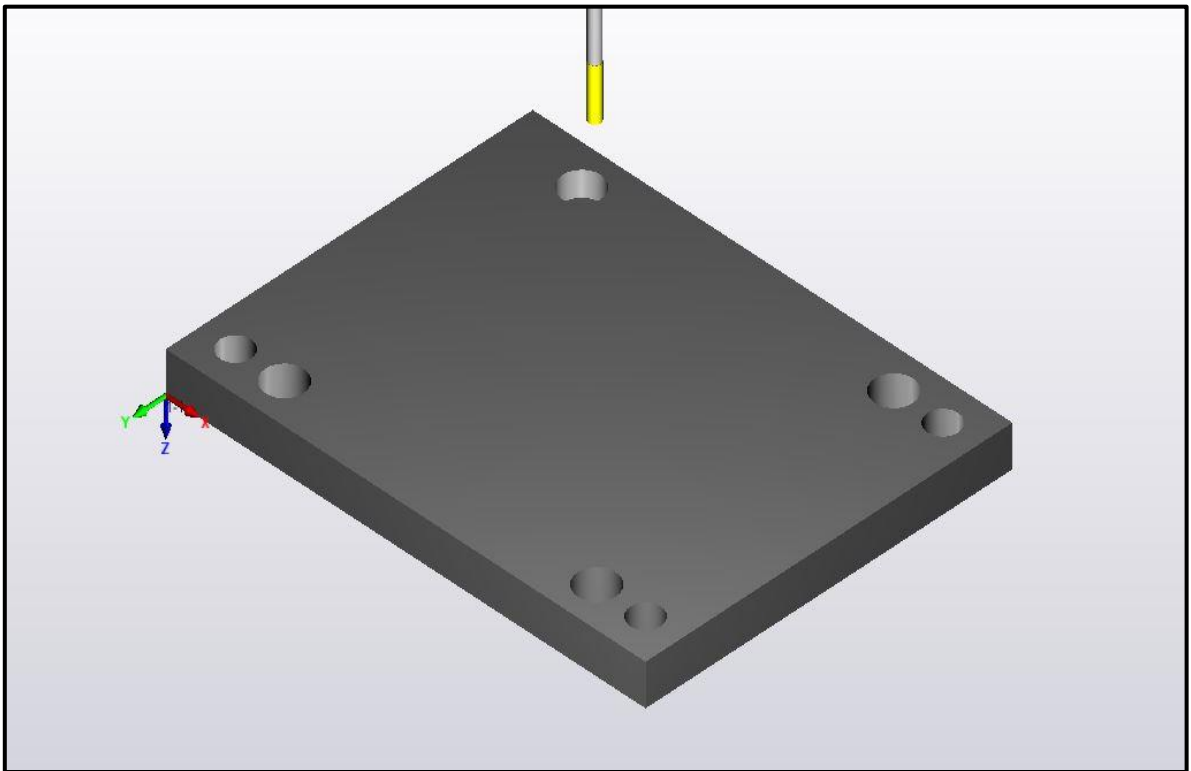
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



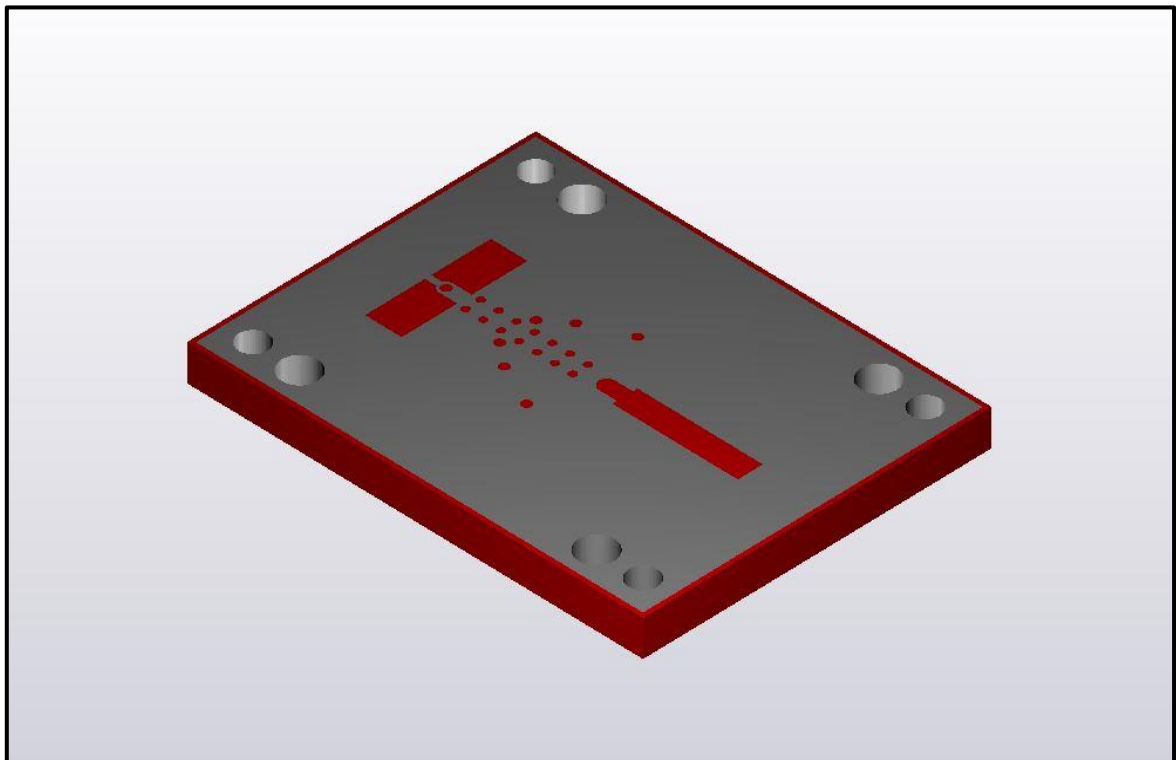
Πίνακας 73. Δεδομένα κοπής

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ ΜΑΧ [mm]
<b>2.800</b>	<b>210</b>	<b>4,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



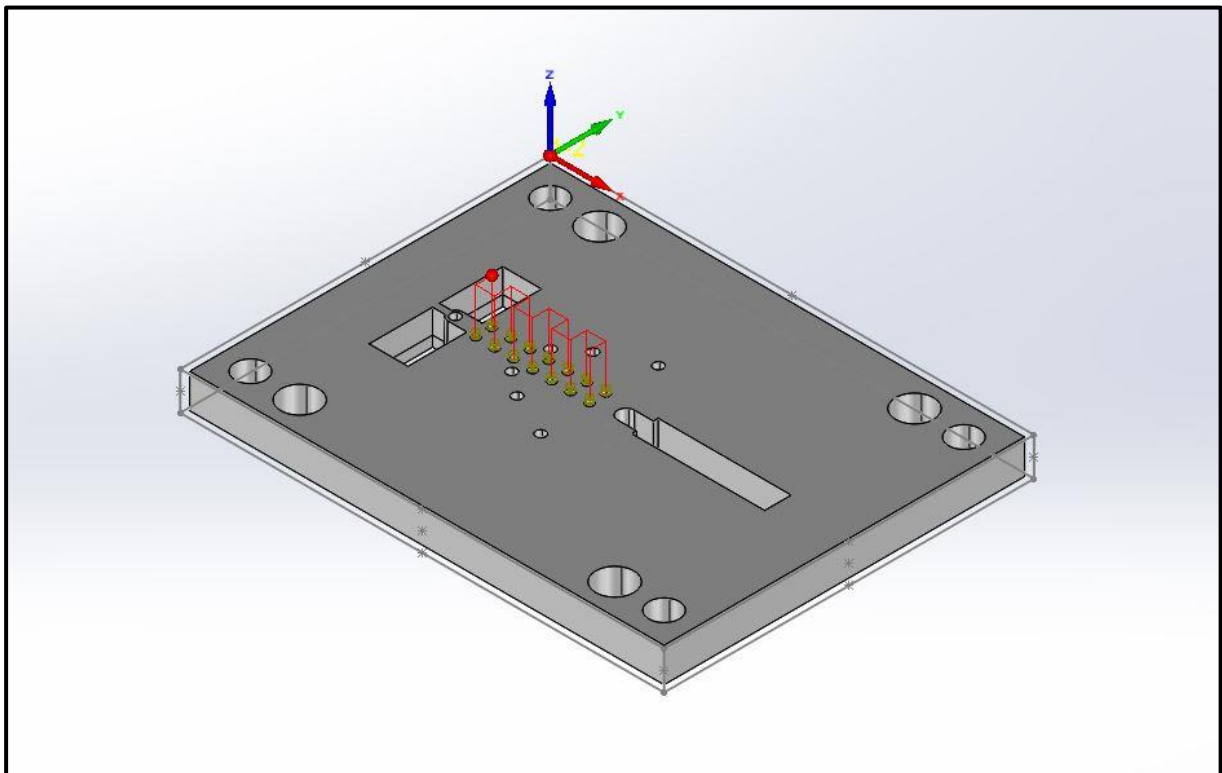
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø3,8:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	3,8

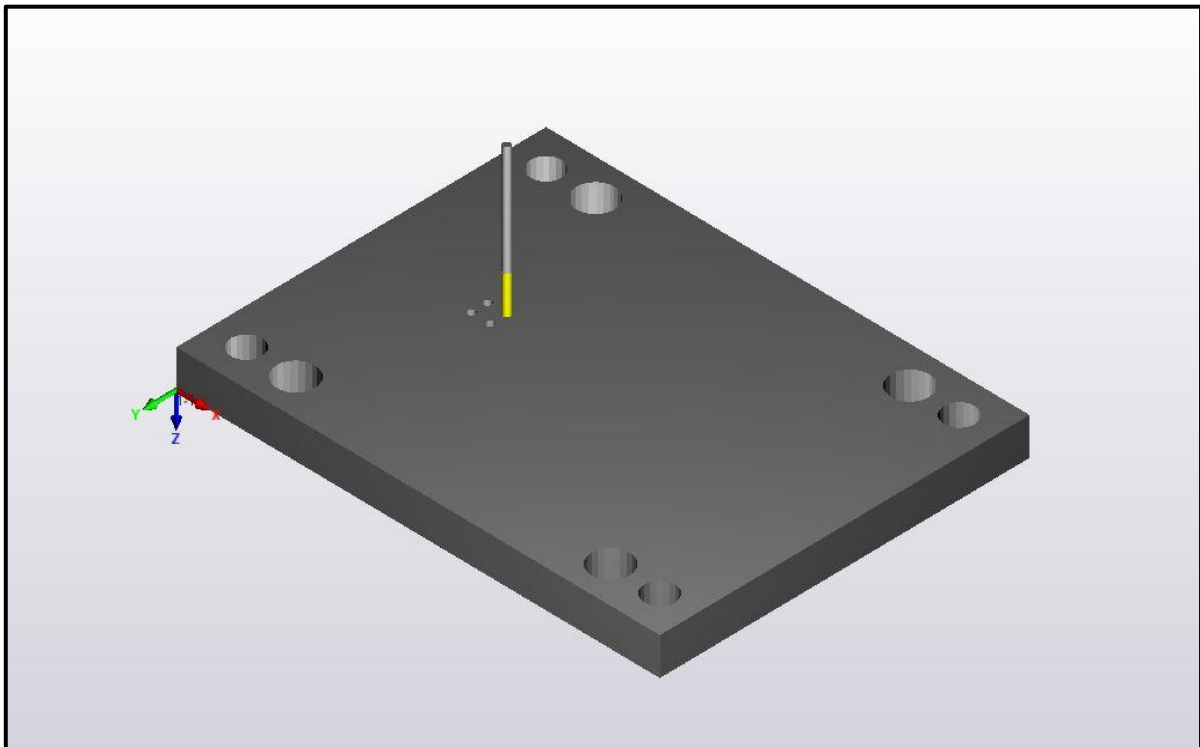
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



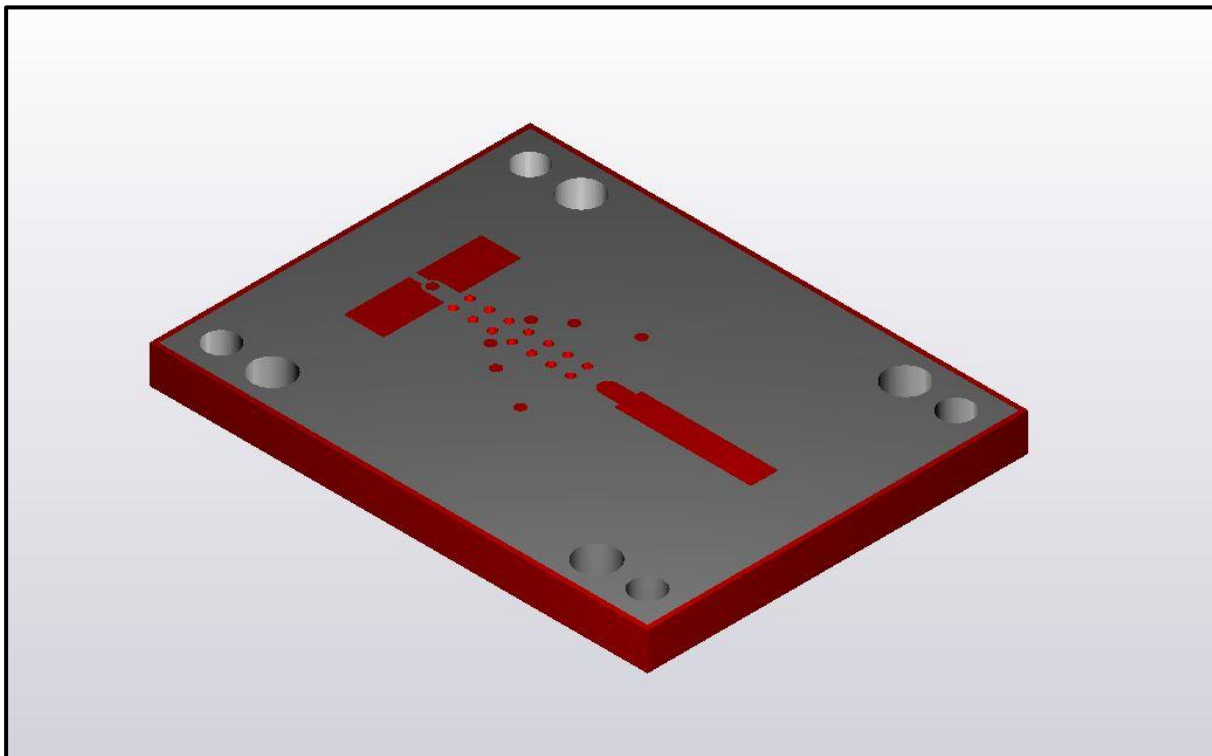
***Πίνακας 74. Δεδομένα Κοπής***

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.280</b>	<b>75</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



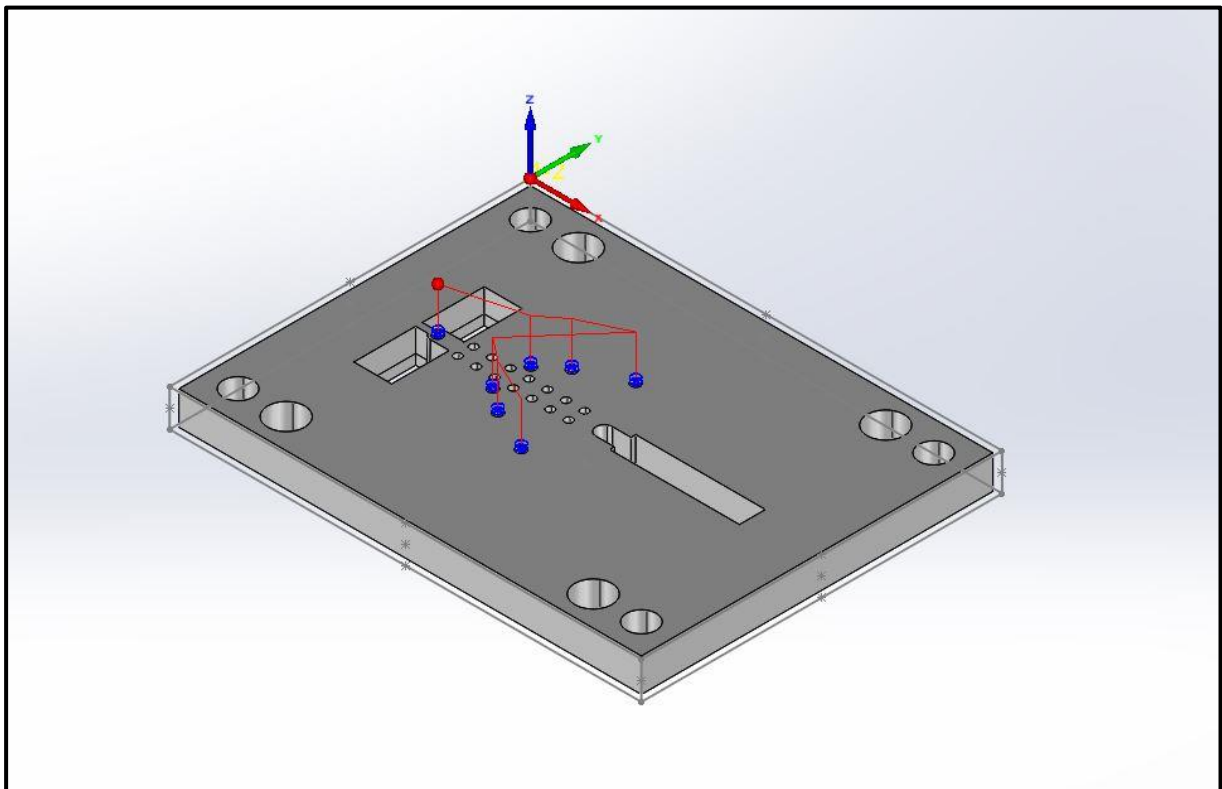
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ  $\Phi 4,8$ :**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	4,8

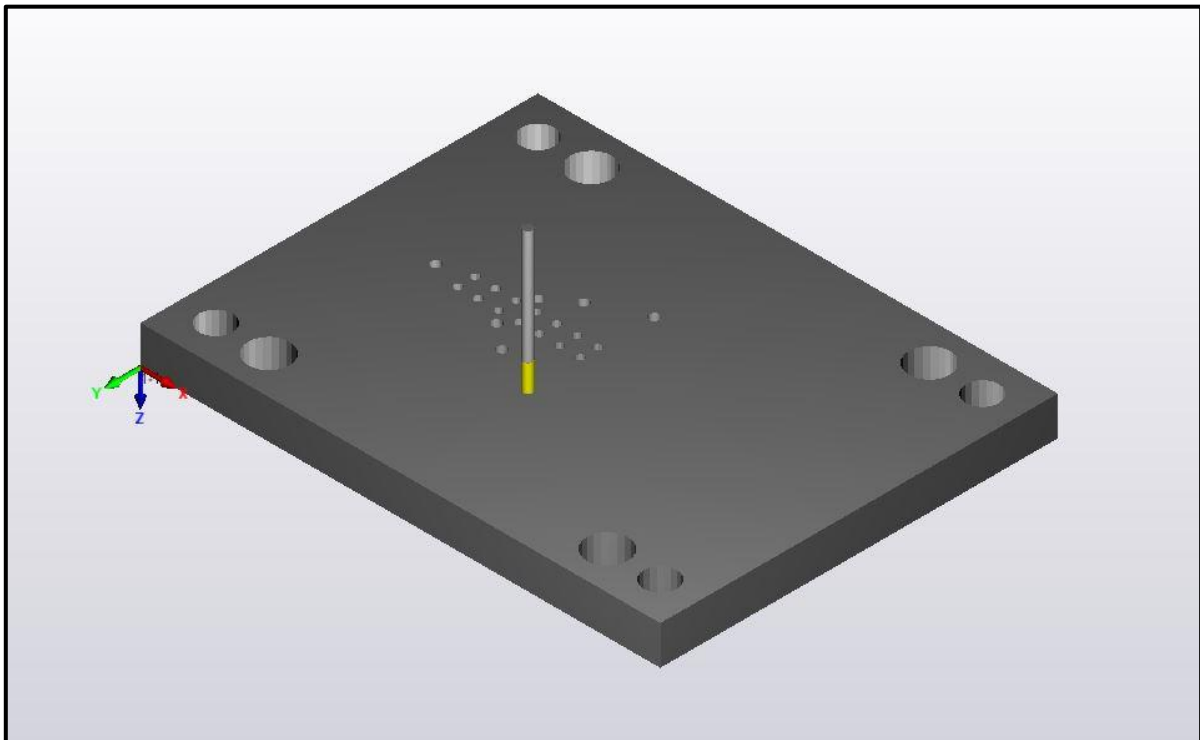
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



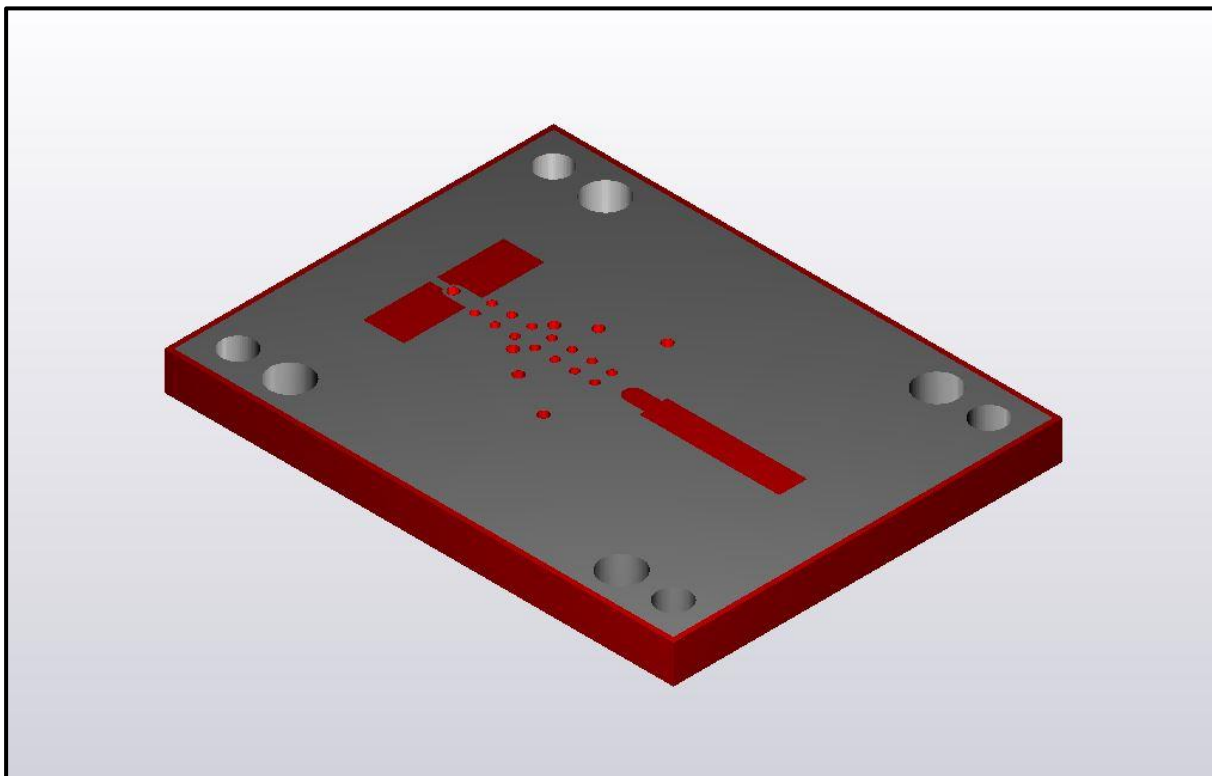
**Πίνακας 75. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.000</b>	<b>73</b>	<b>2,0</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



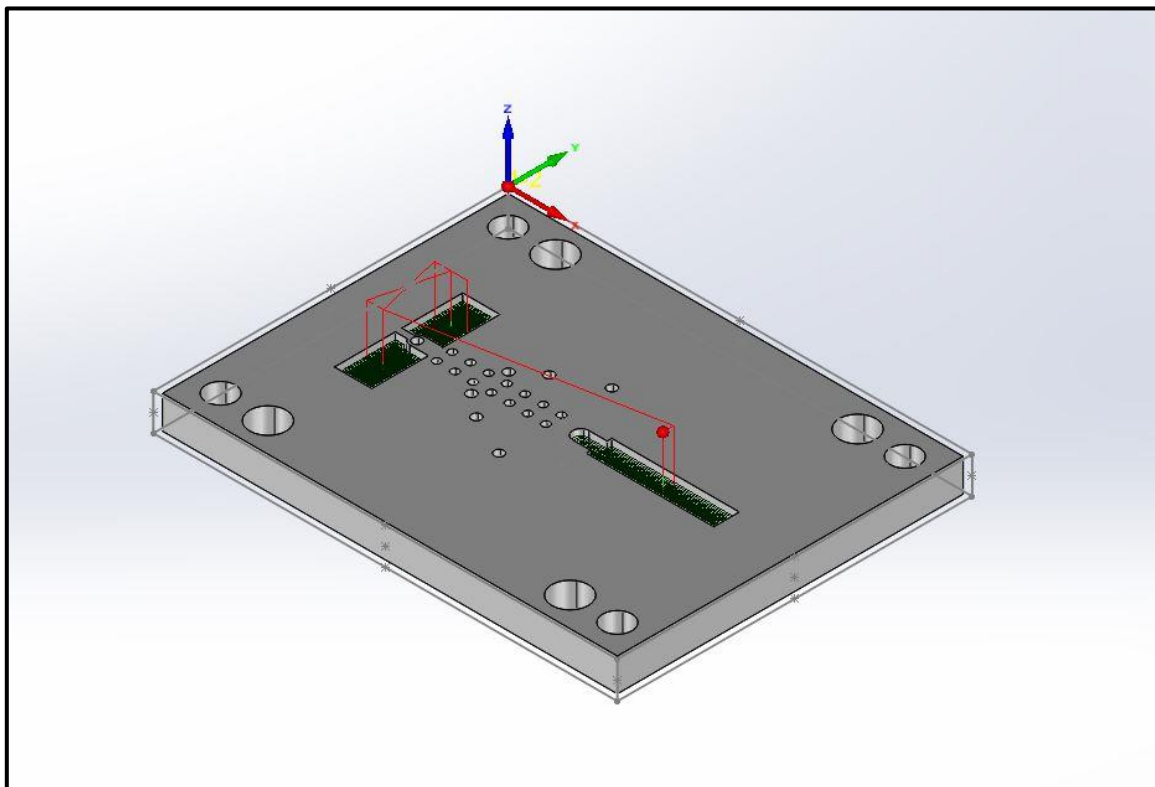
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



#### **ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : MULTI POCKETS**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	2

#### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

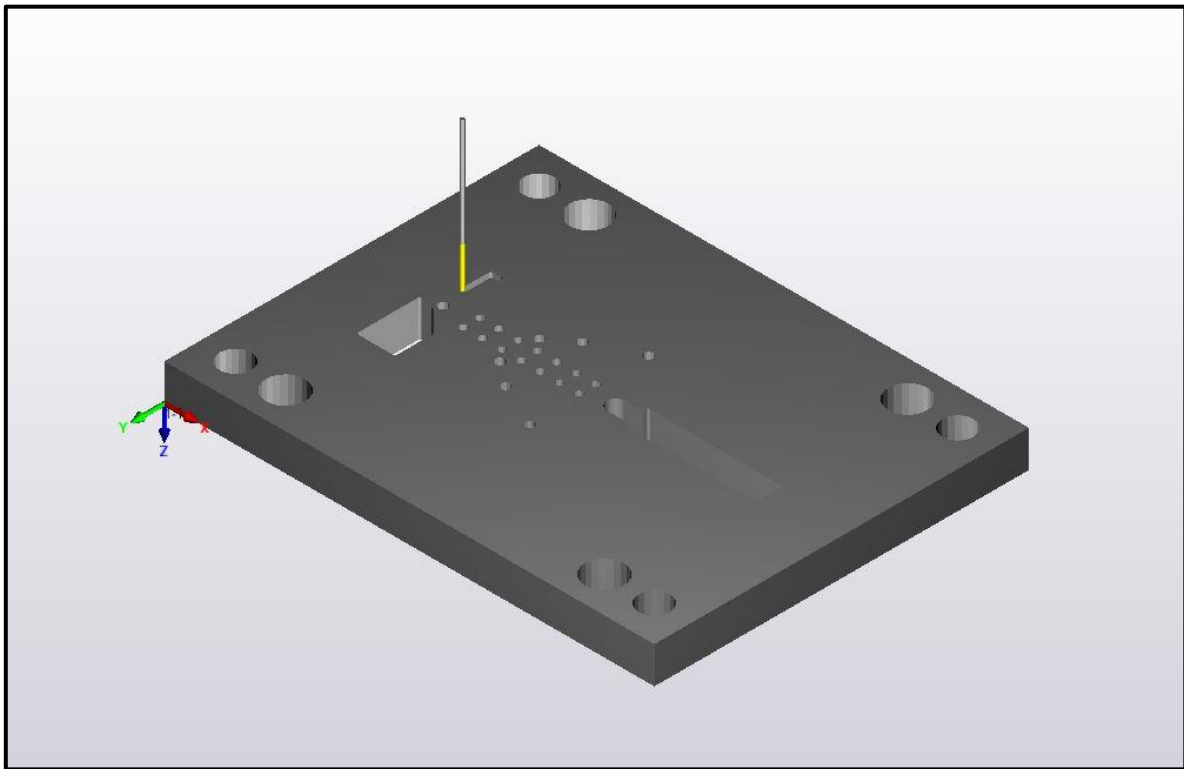


**Πίνακας 76. Δεδομένα κοπής**

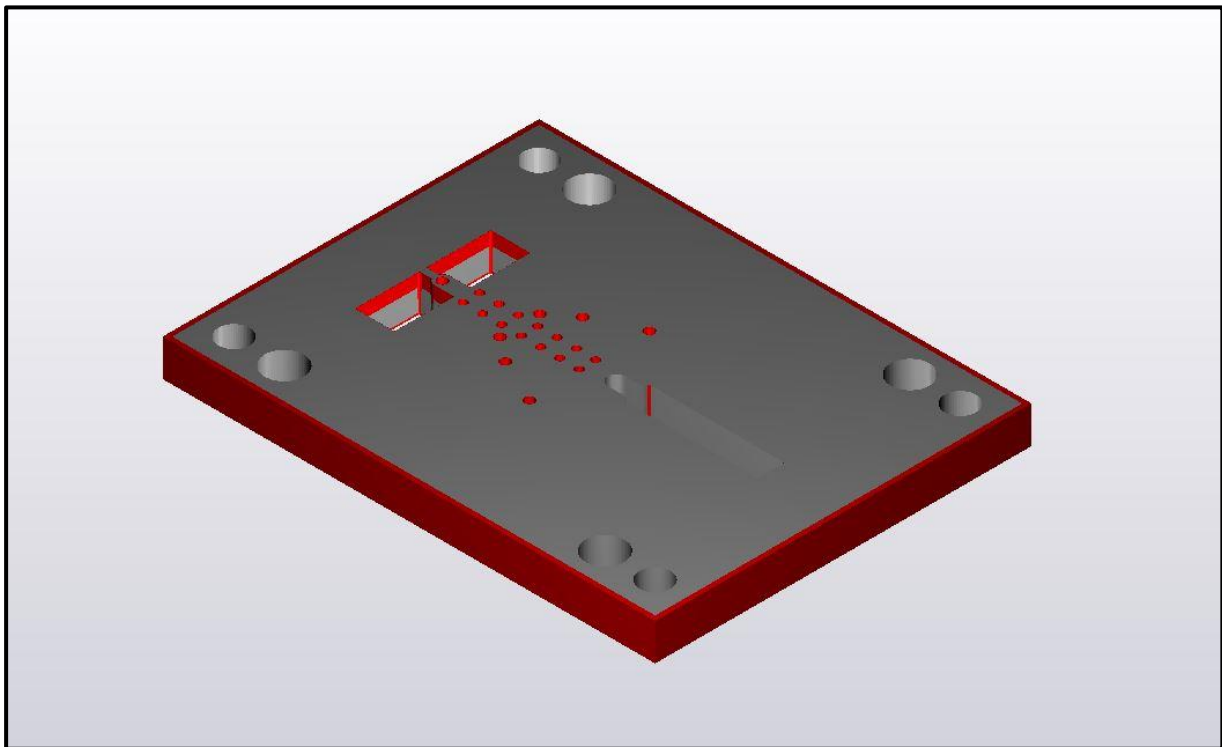
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>8.400</b>	<b>258</b>	<b>2,0</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



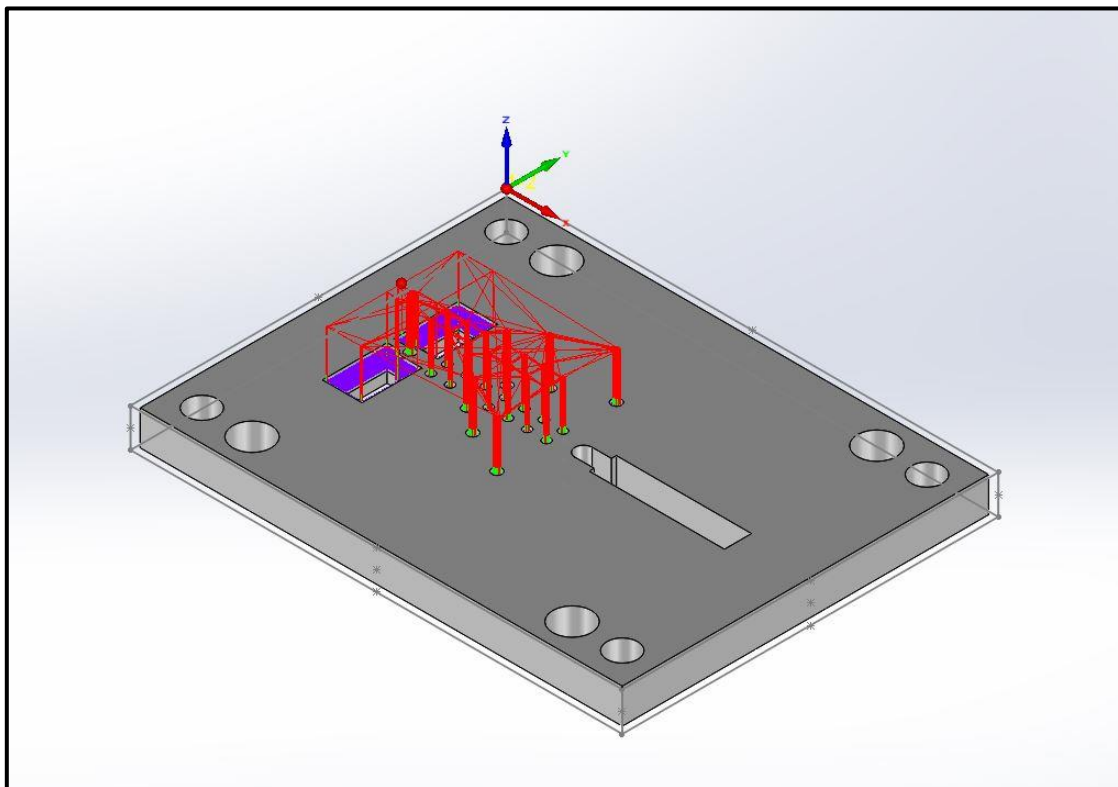
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### **ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : 3D MILLING**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Ball Nose Mill	2

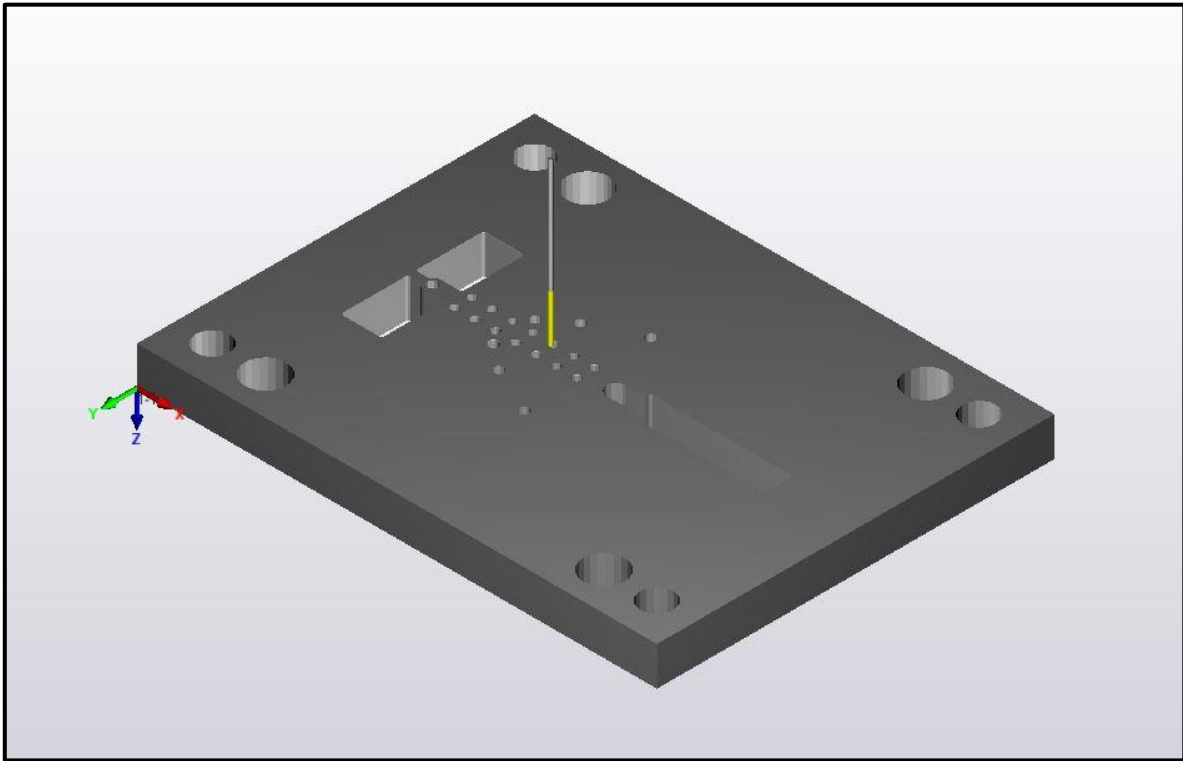
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



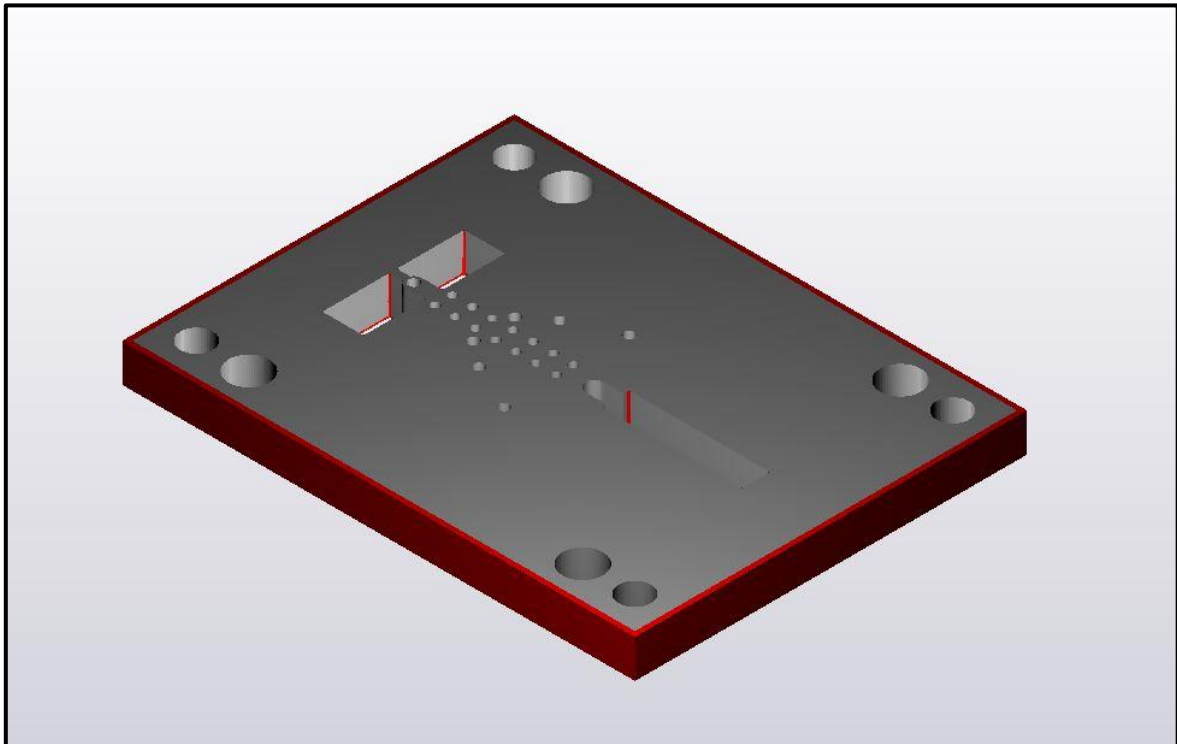
### **Πίνακας 77. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
12.185	500	0,3


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



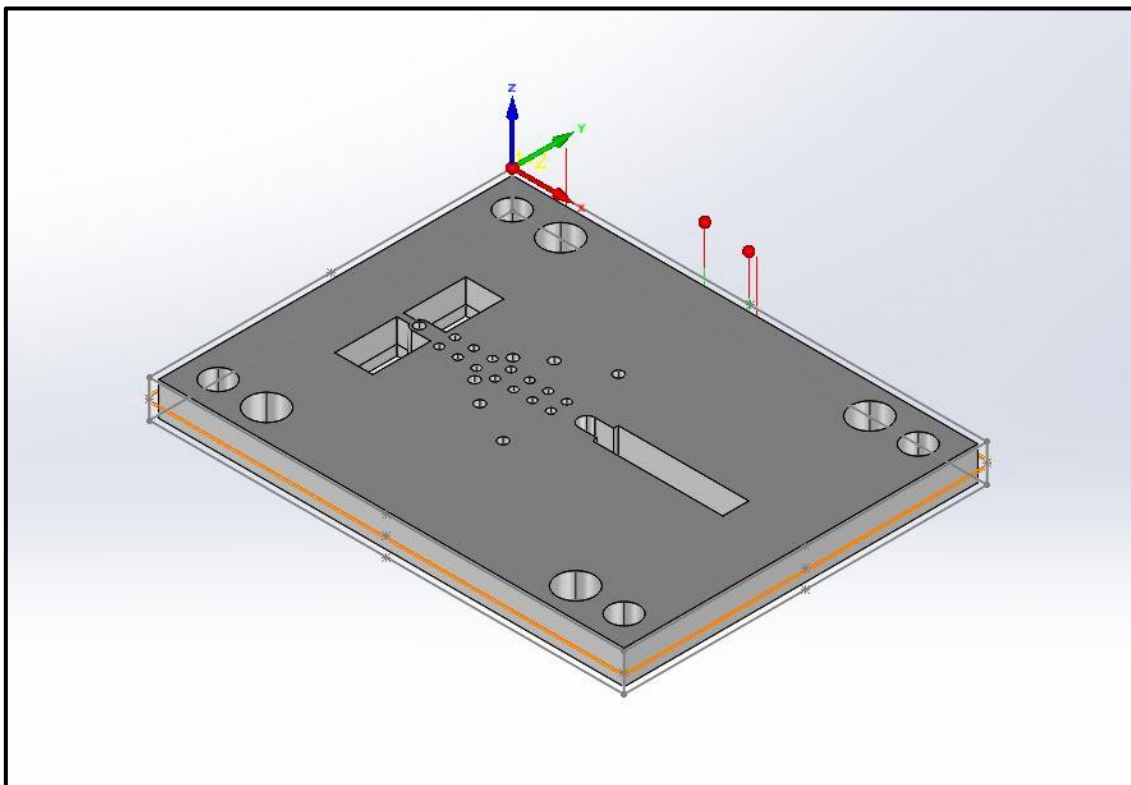
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 6 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

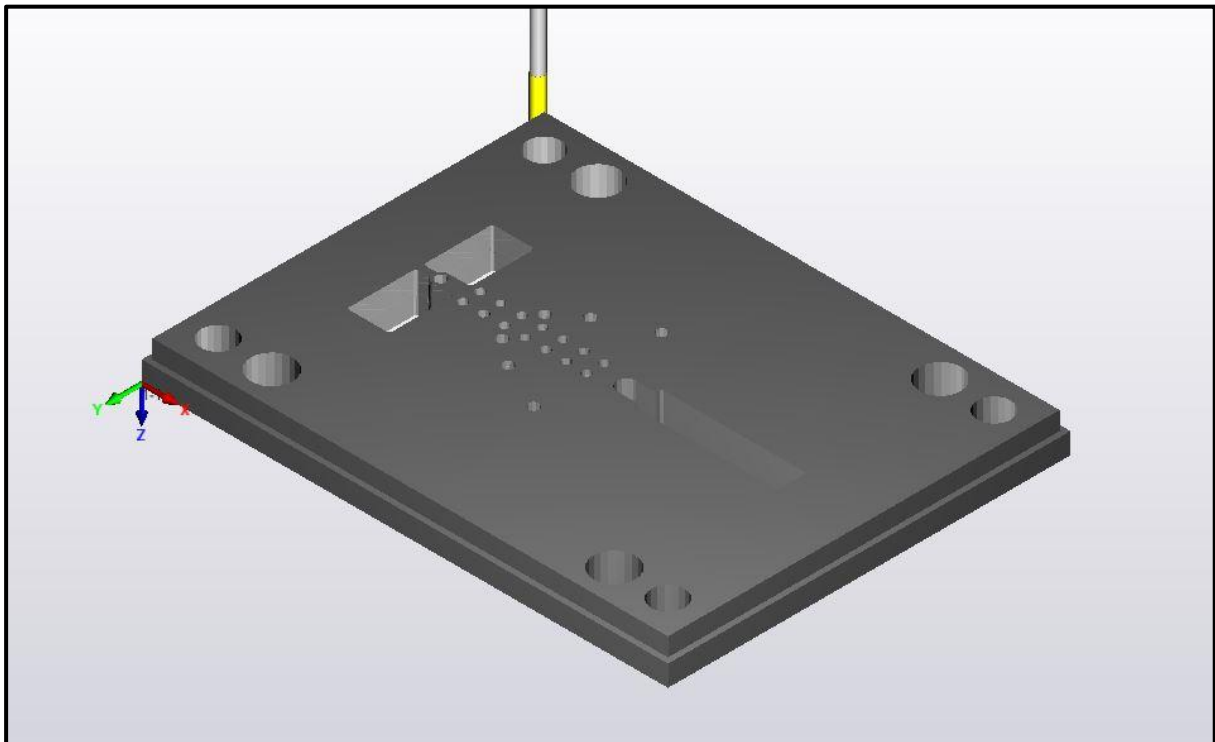
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



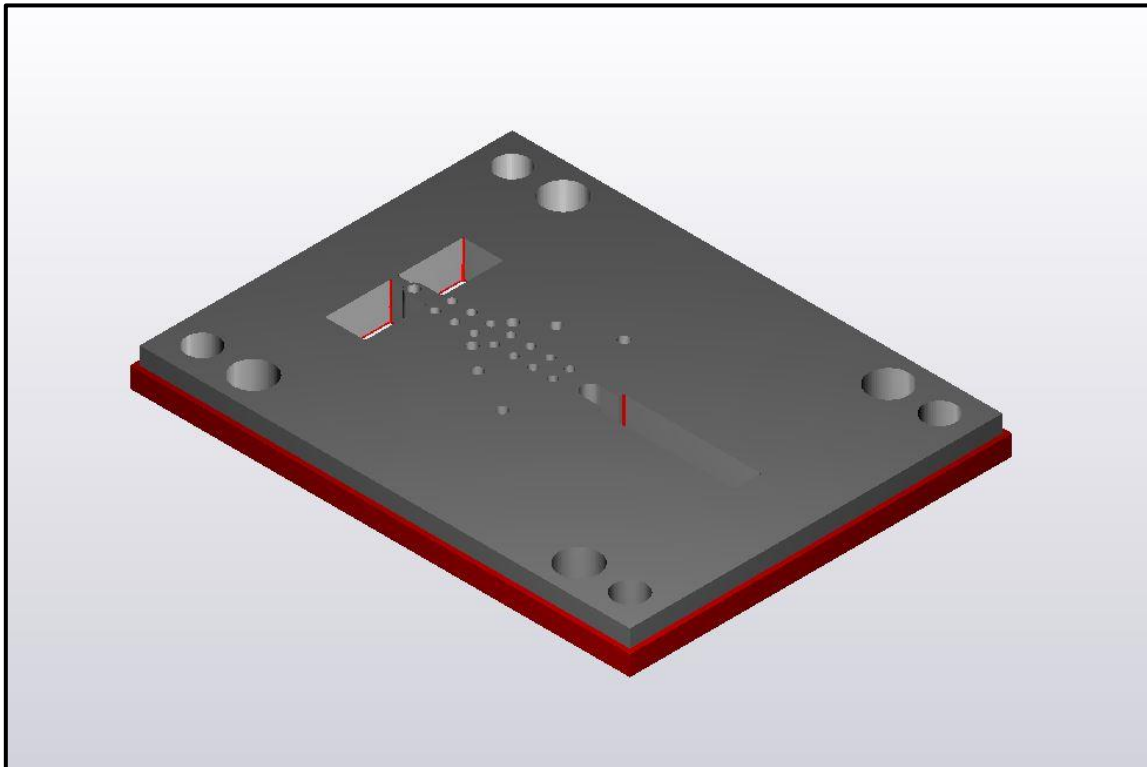
**Πίνακας 78. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>10.600</b>	<b>875</b>	<b>8,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



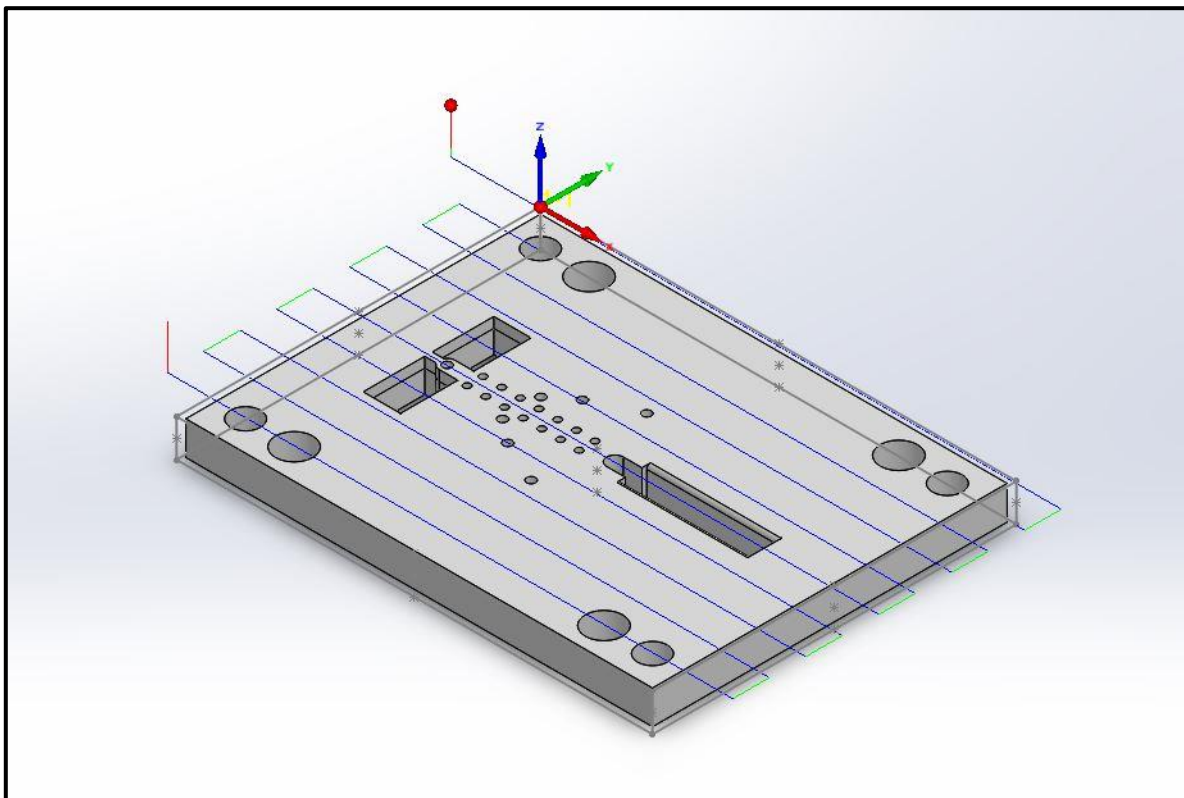
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 7 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

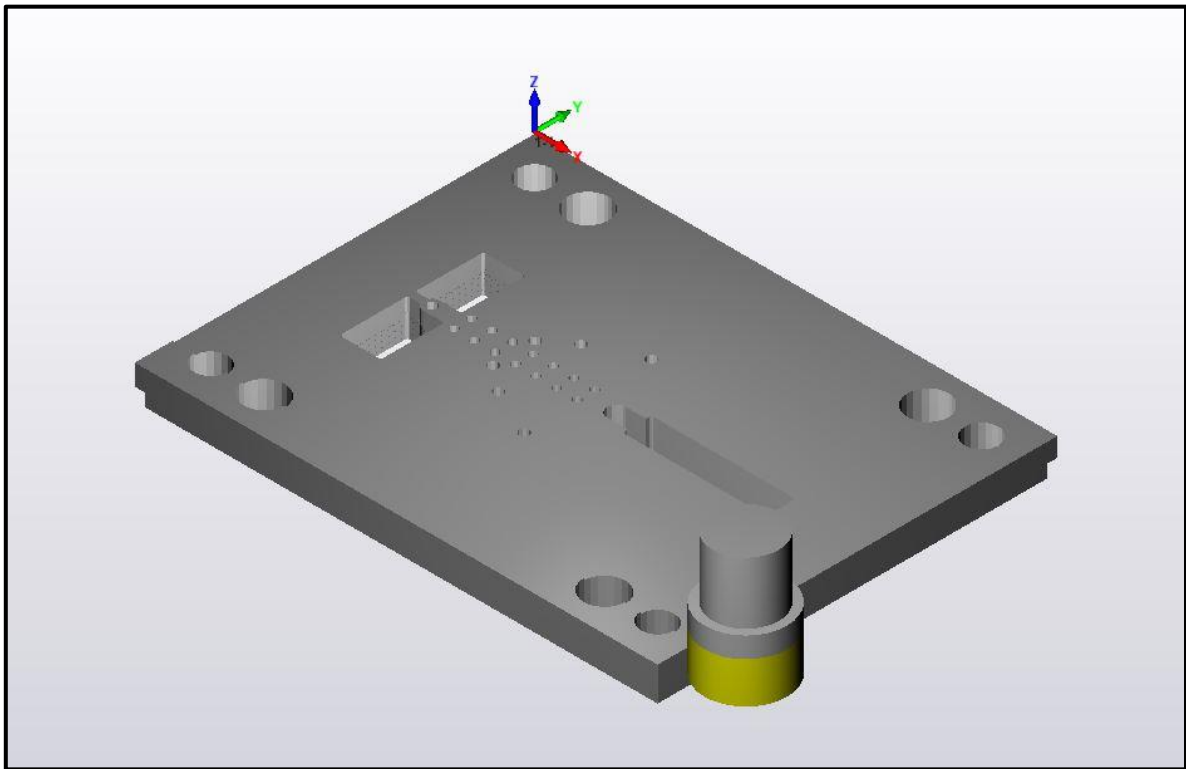
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



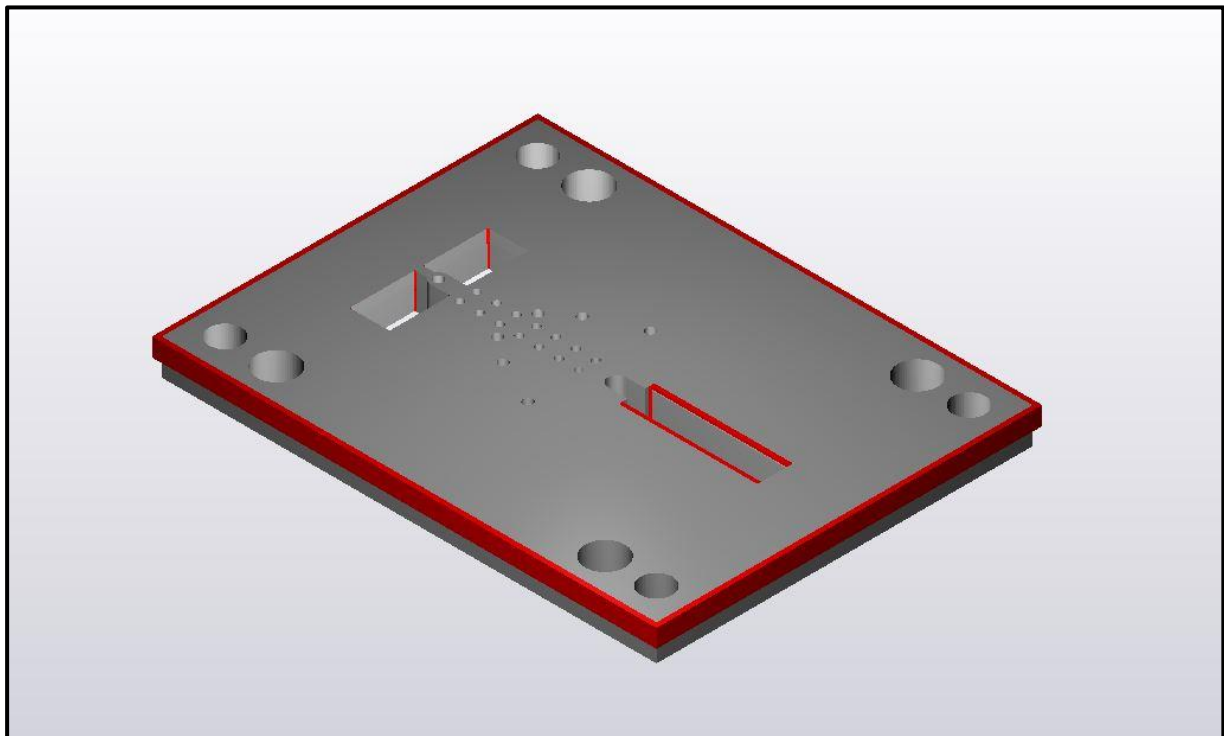
**Πίνακας 79. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>500</b>	<b>320</b>	<b>1,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

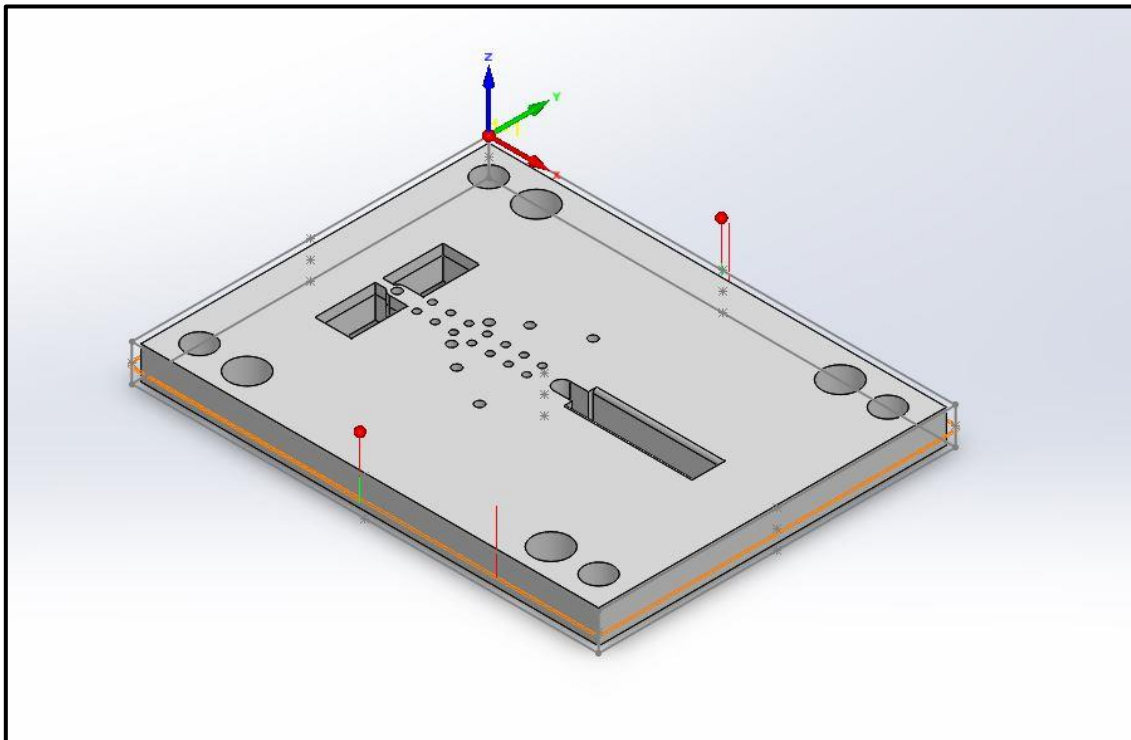




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 8 : ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ – ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	6

**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**

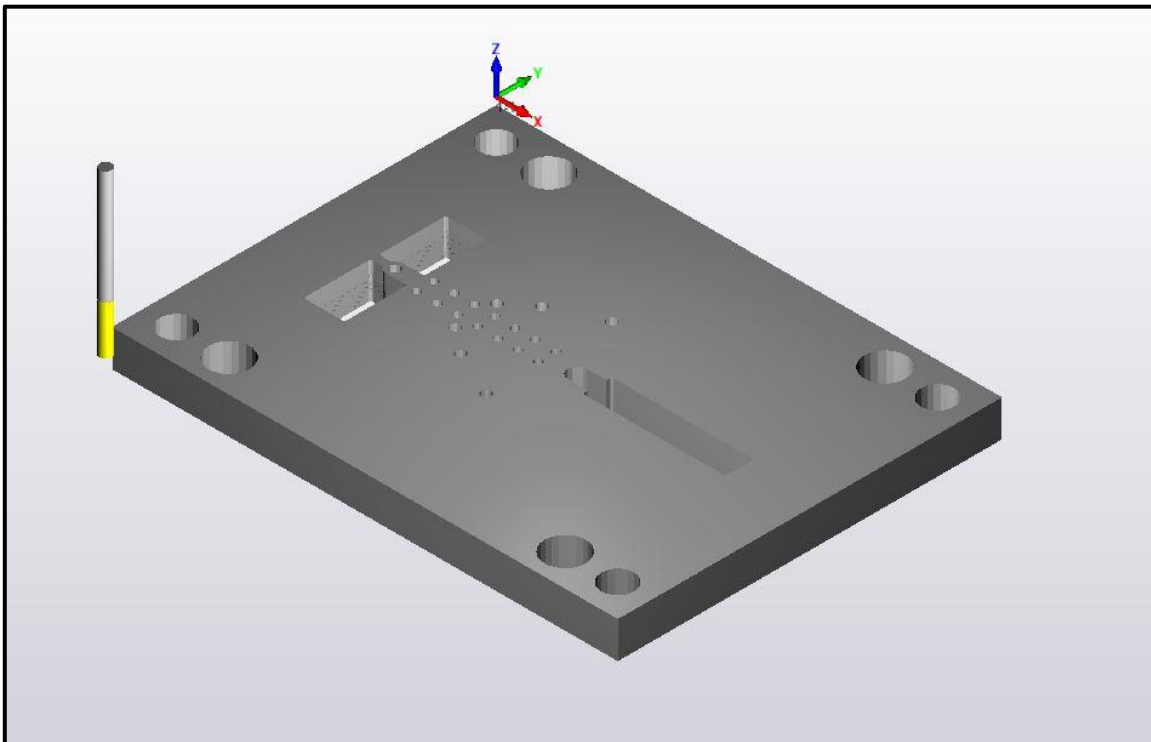


**Πίνακας 80. Δεδομένα κοπής**

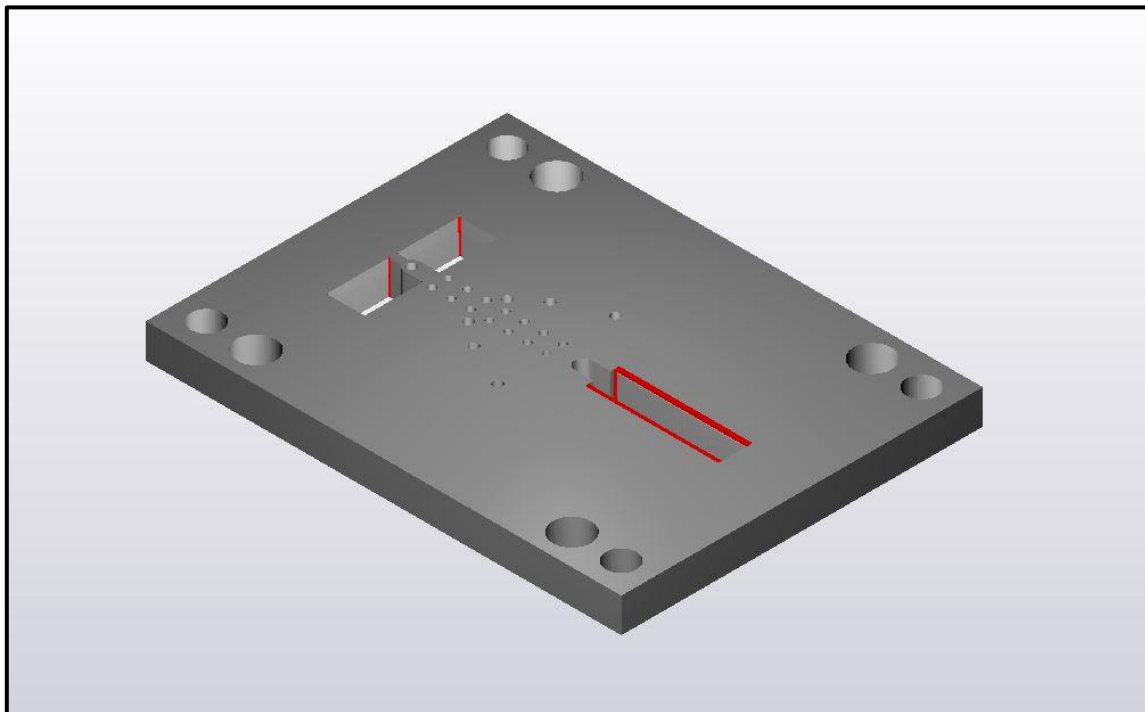
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>10.600</b>	<b>875</b>	<b>8,5</b>

8


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



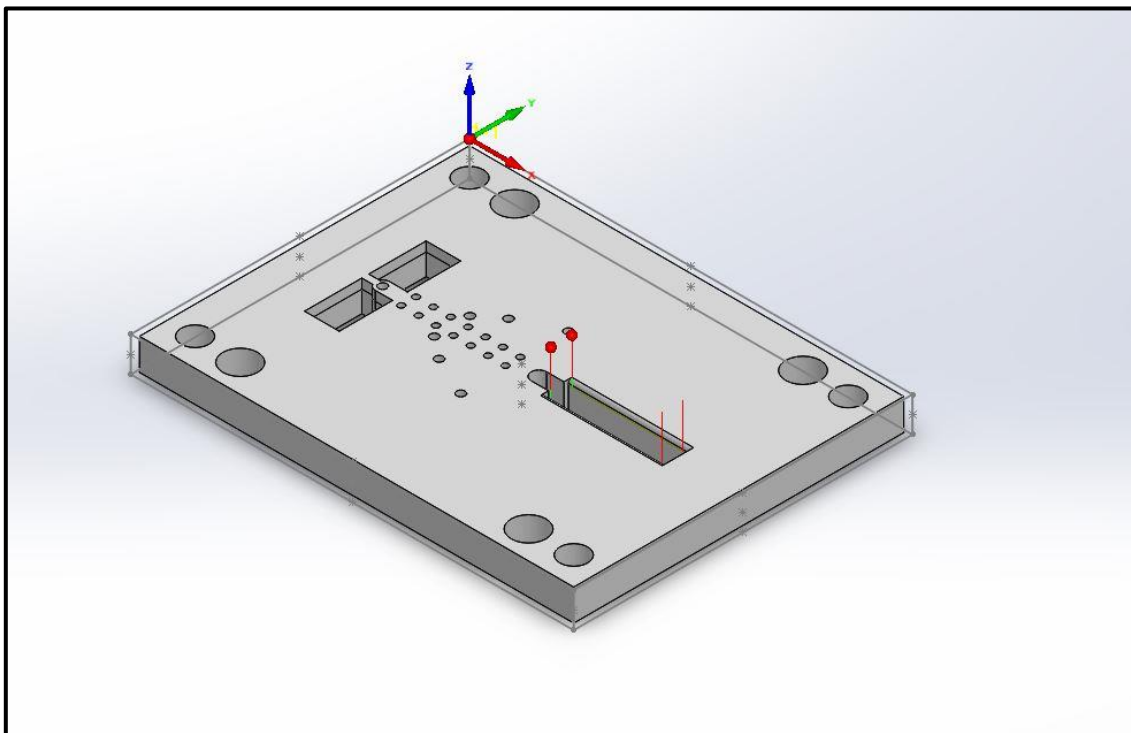
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 9 : 2mm FILLETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	External Radius End Mill	6

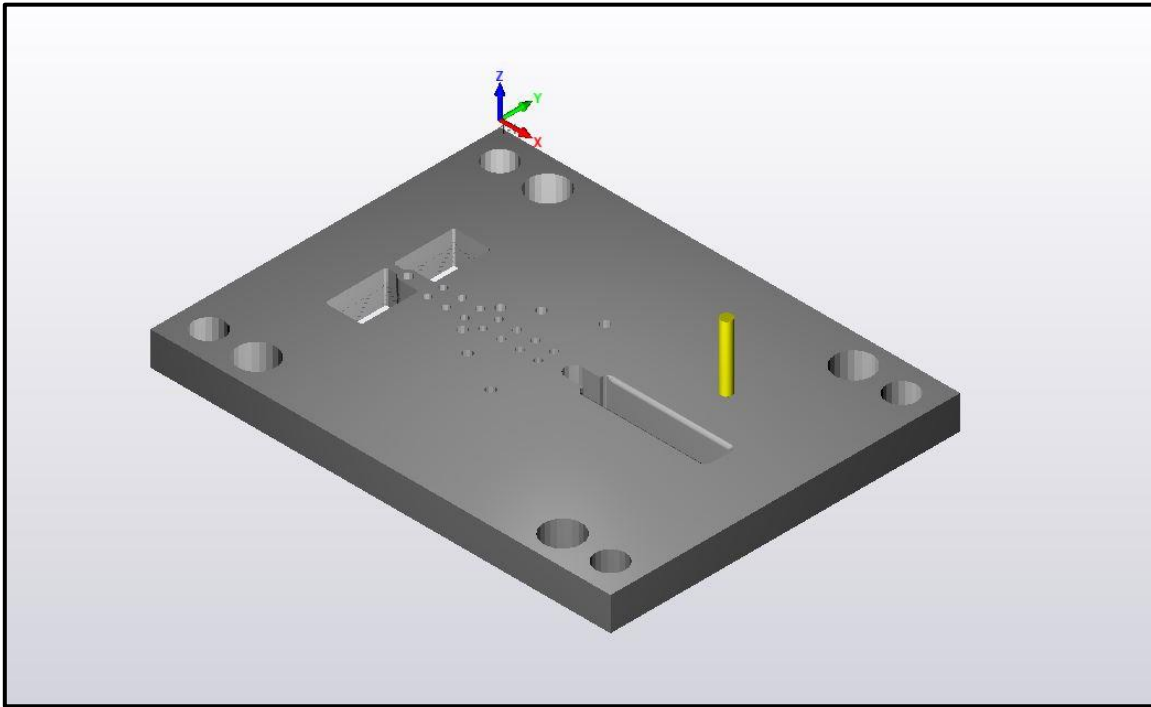
### **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



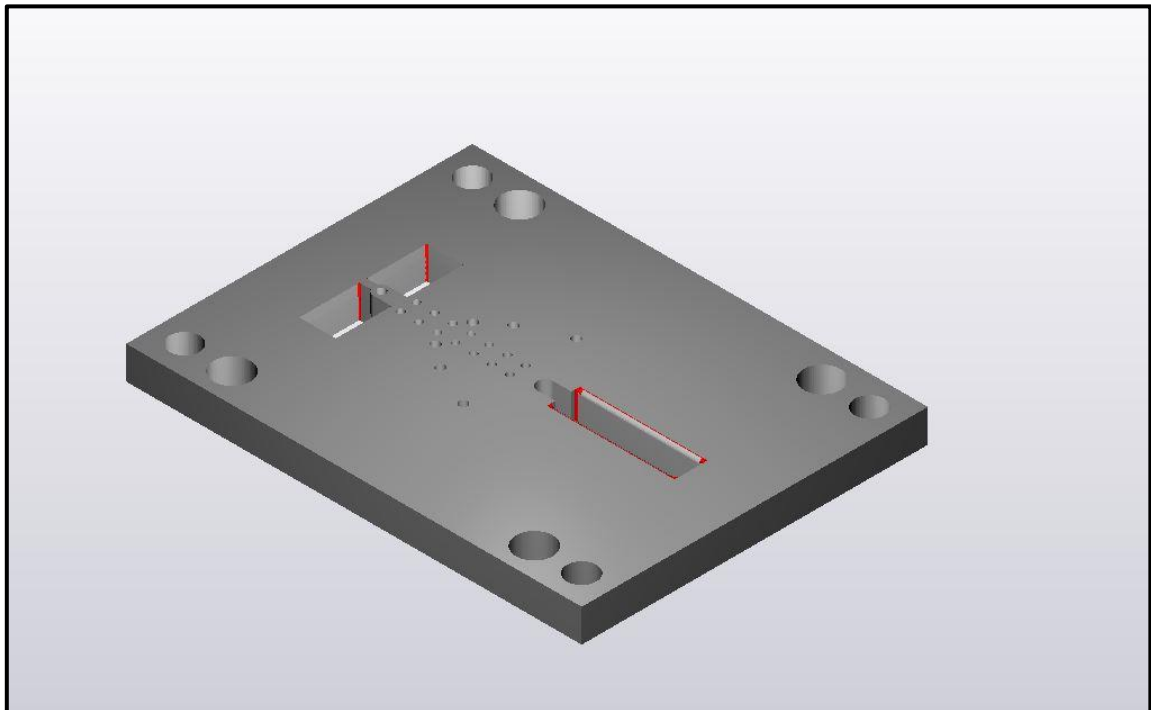
*Πίνακας 81. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.540</b>	<b>500</b>	<b>3,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

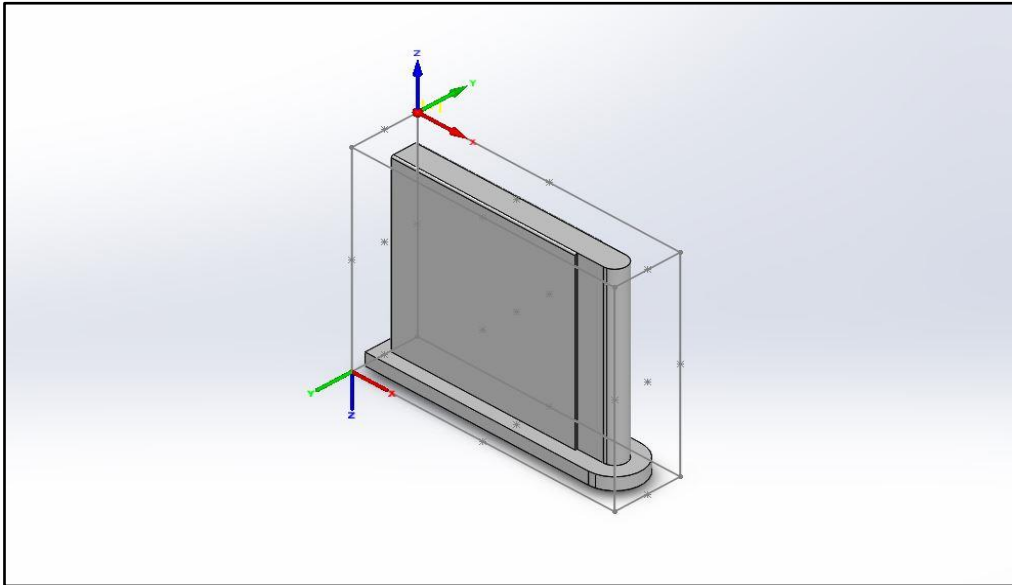


## 5.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΜΒΟΛΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

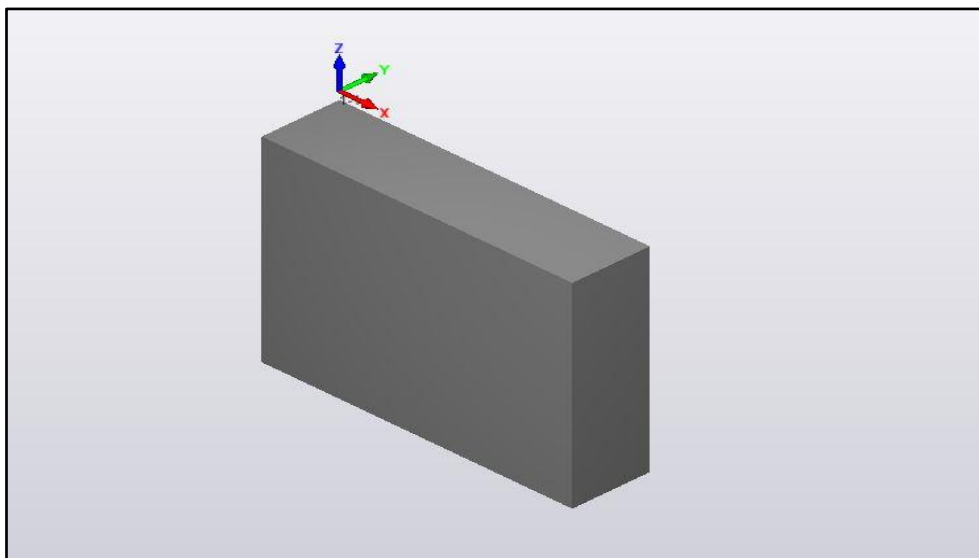
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος του εμβόλου λυγισμού.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
20x95x75	25x100x80



Εικόνα 44. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

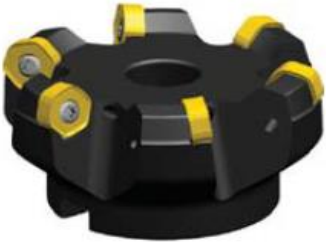
Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



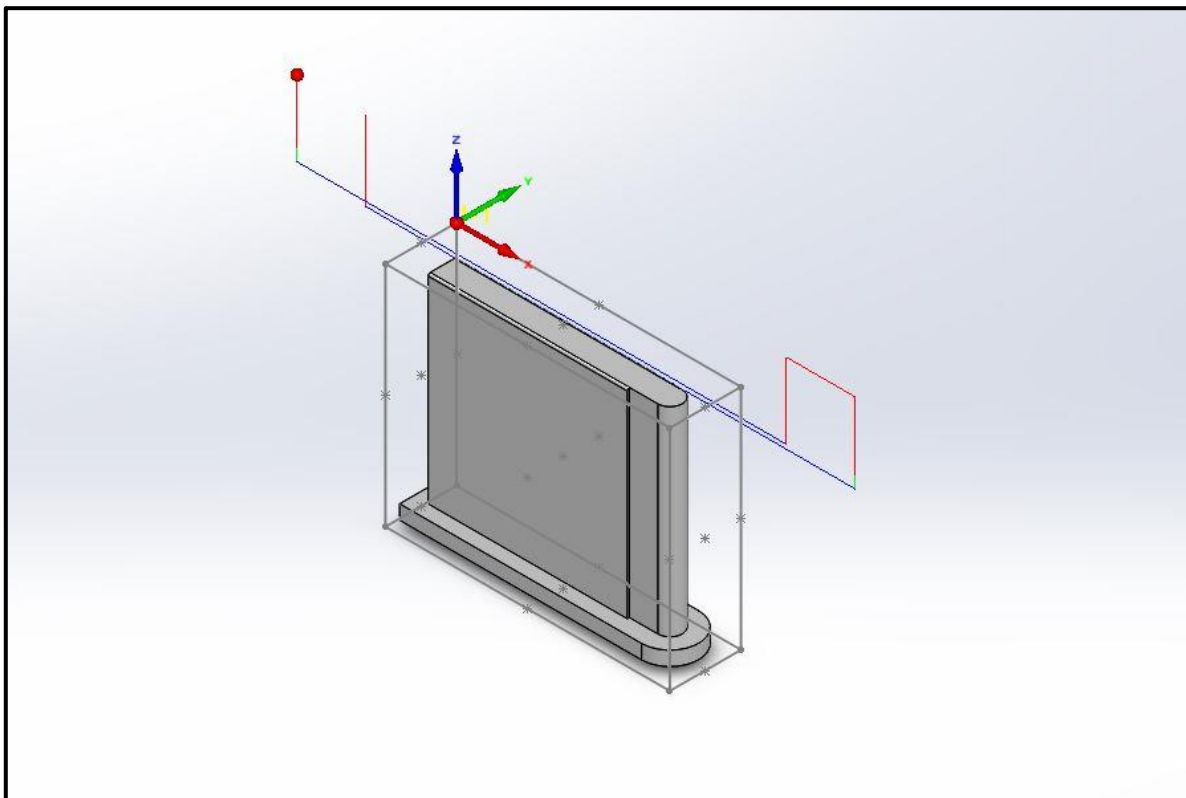
Εικόνα 45. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Facemill	40

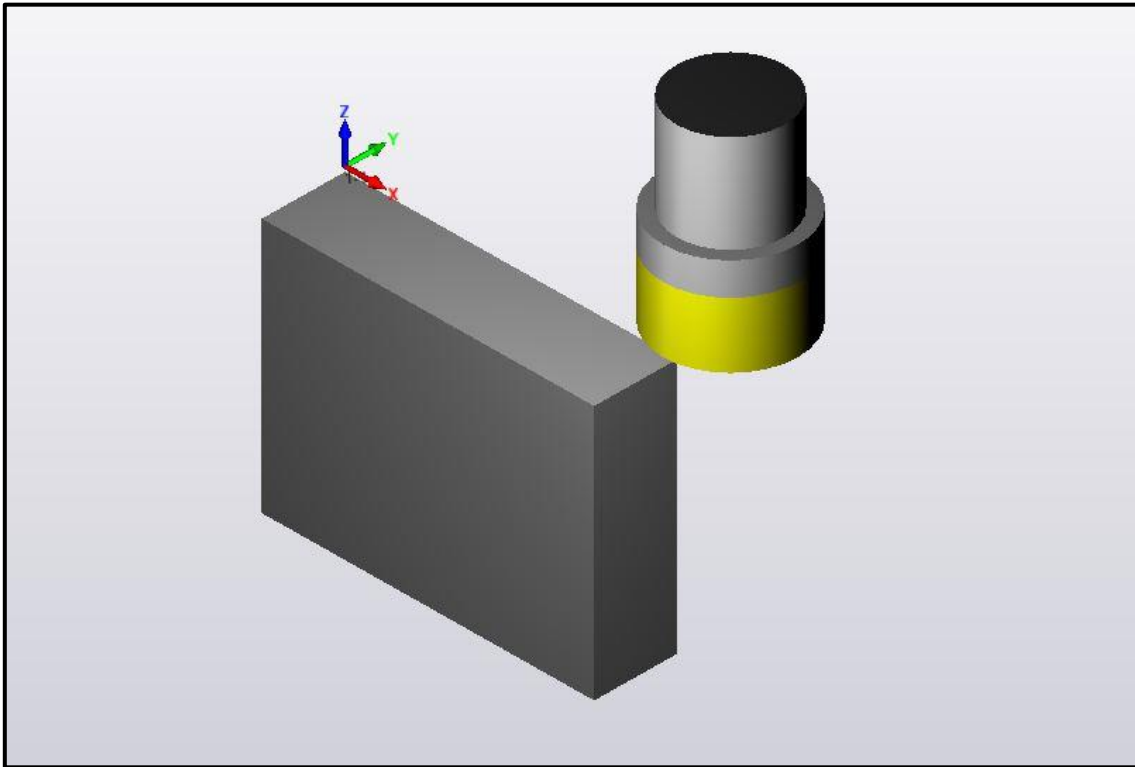
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



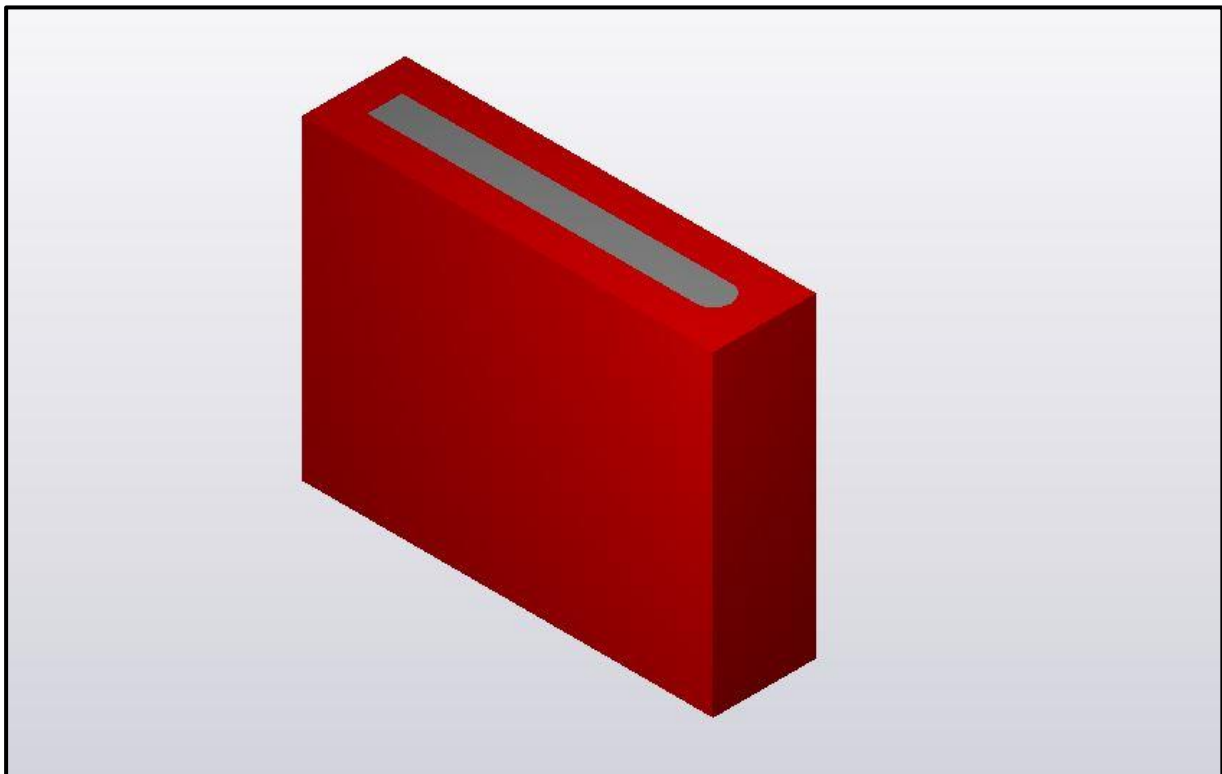
**Πίνακας 82. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>450</b>	<b>265</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**




**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

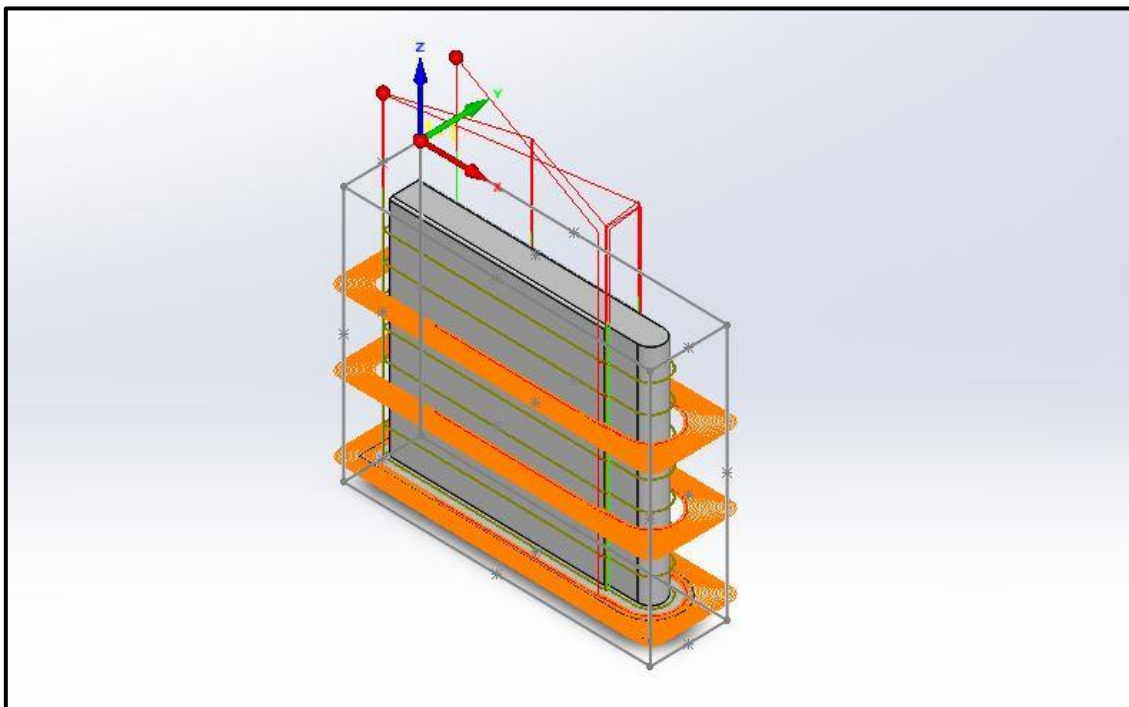




## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : PROFILE

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	12

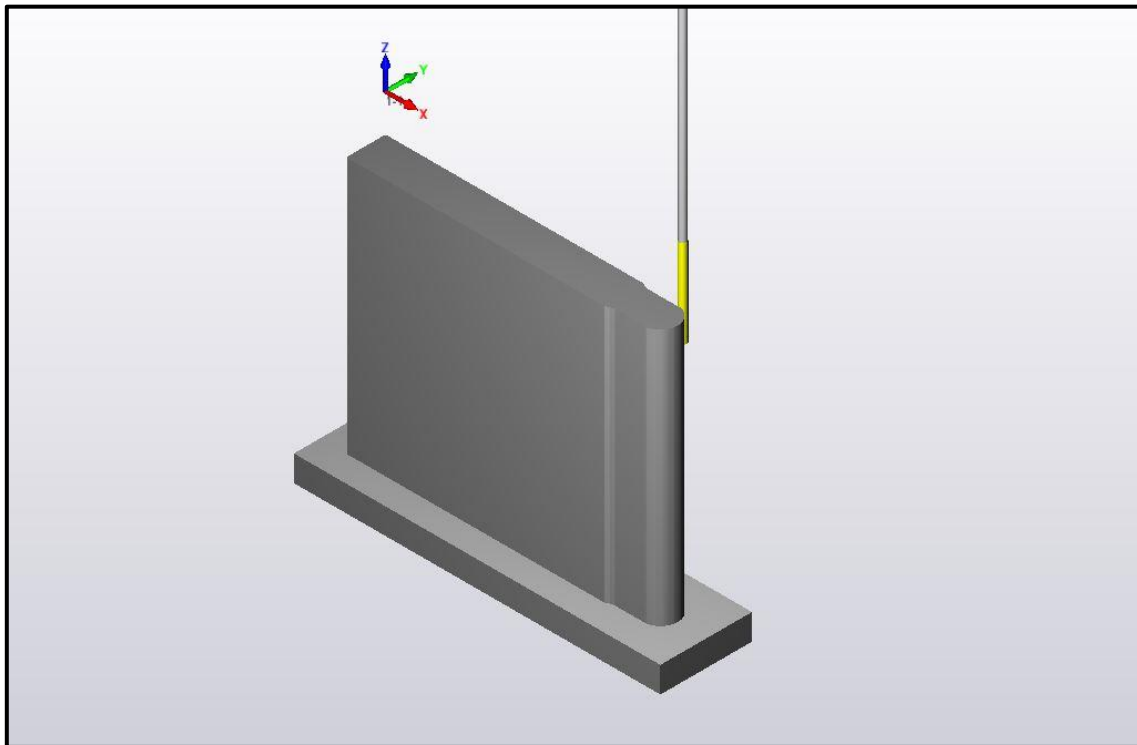
## ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:



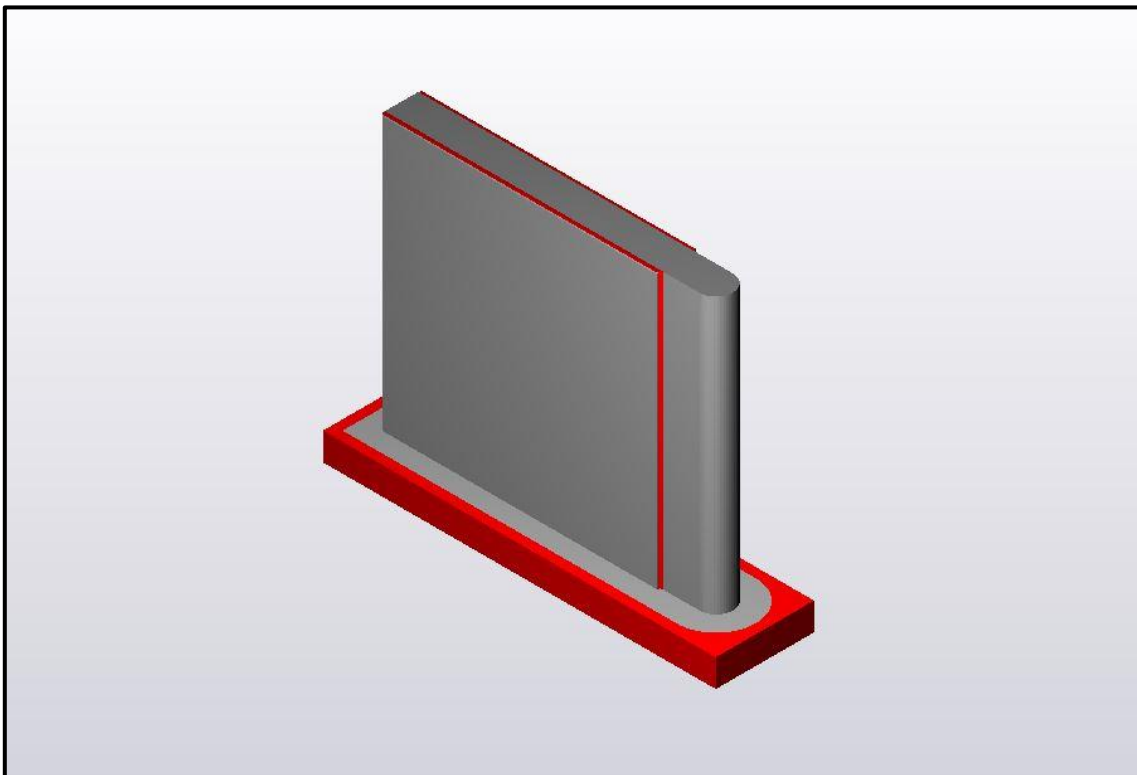
Πίνακας 83. Δεδομένα κοπής

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1285</b>	<b>118</b>	<b>24,0</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



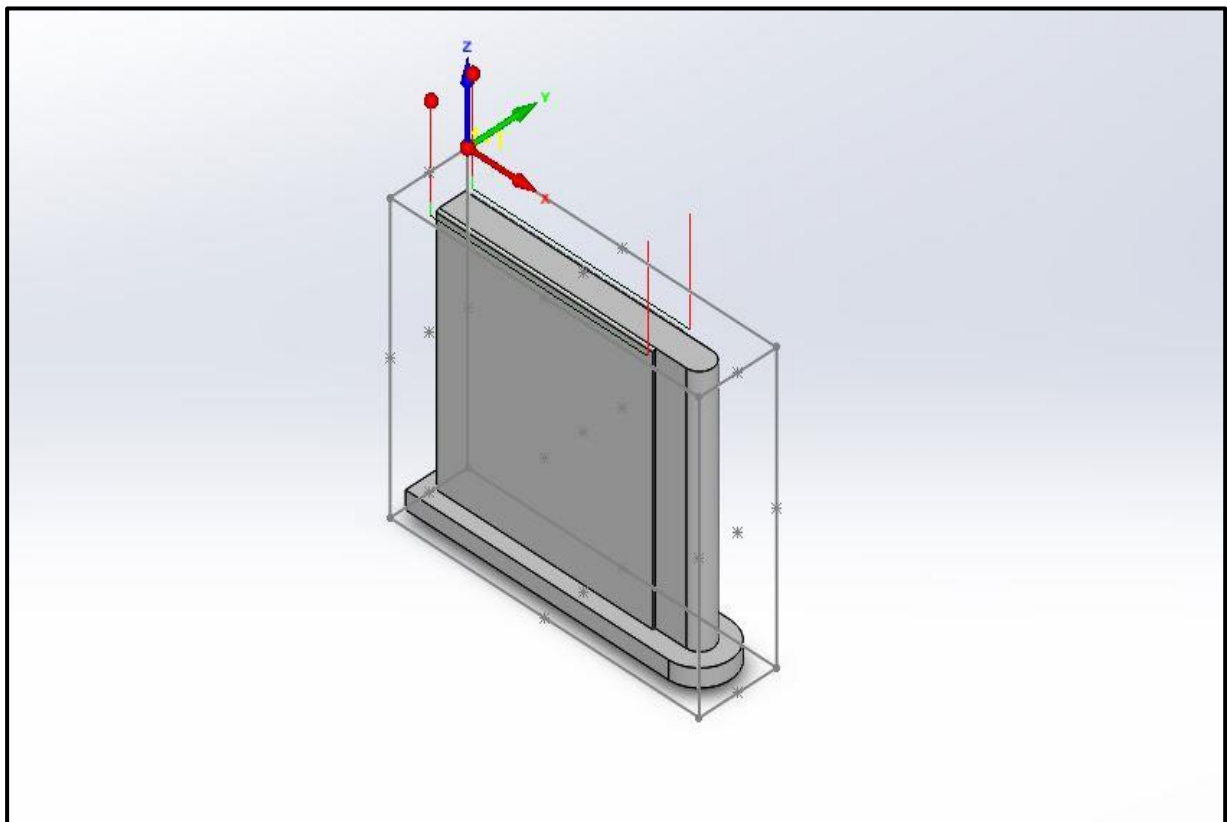
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : 2mm FILLETS

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	External Radius End Mill	6

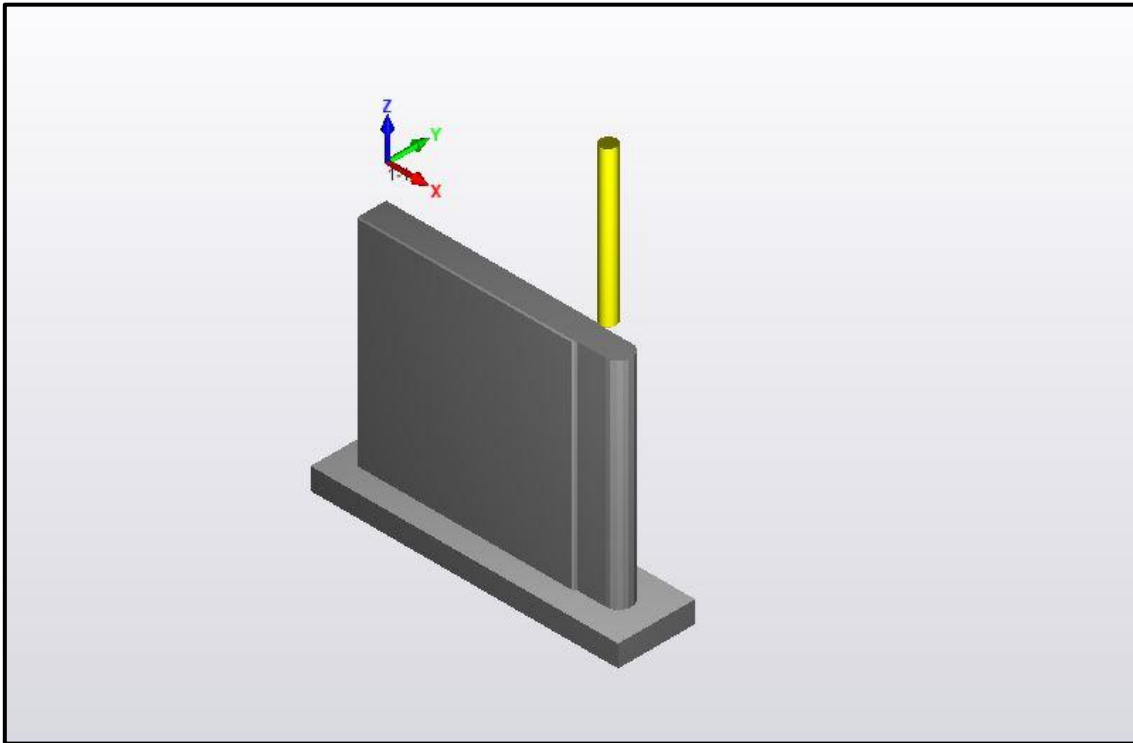
### ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:



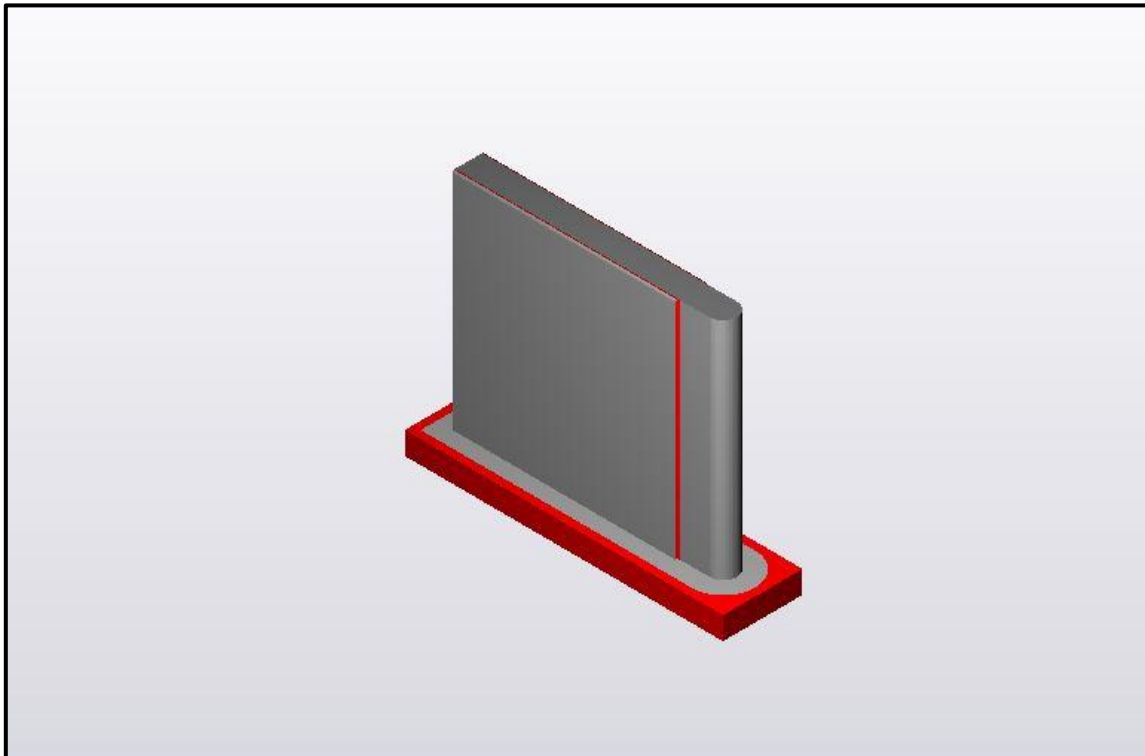
### Πίνακας 84. Δεδομένα κοπής

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>5.500</b>	<b>500</b>	<b>1,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



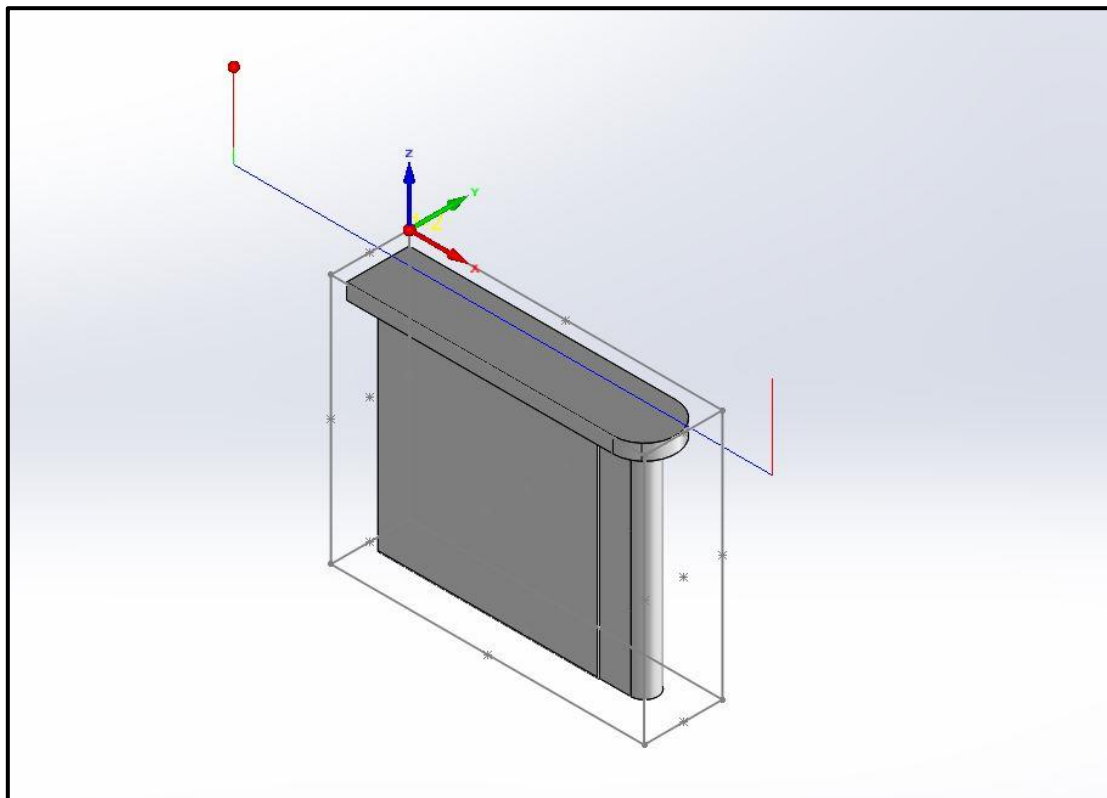
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

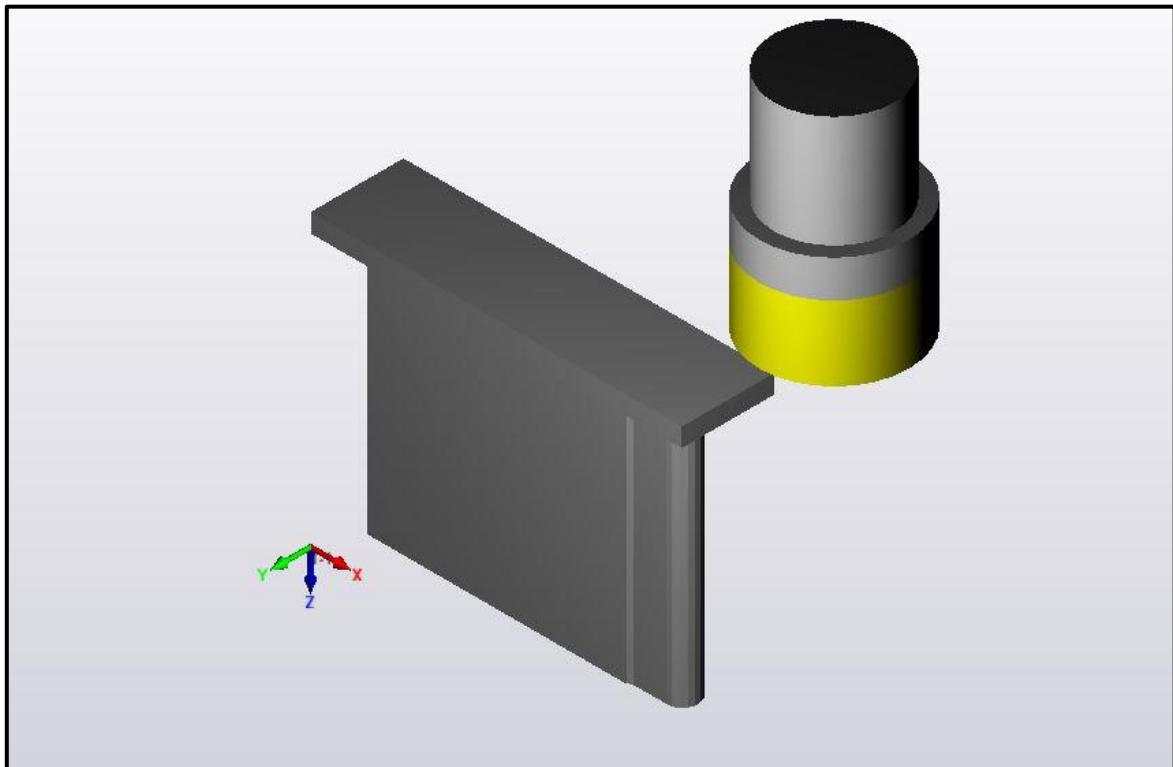
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



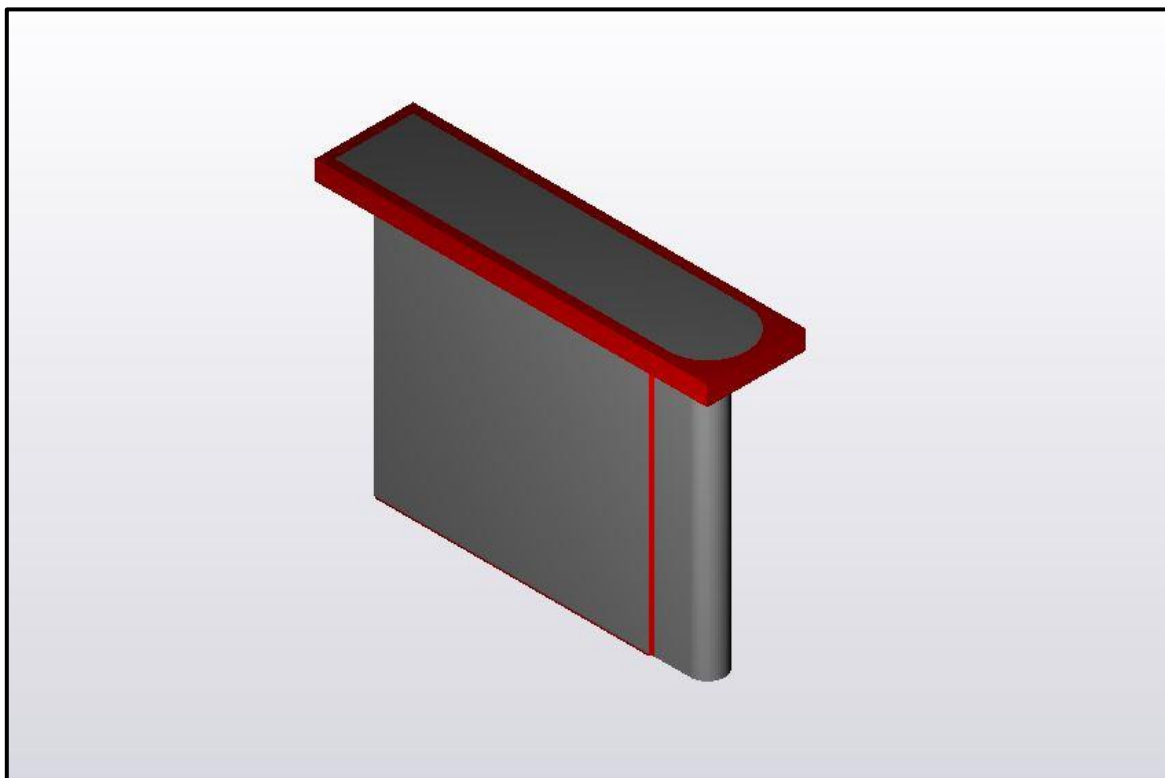
**Πίνακας 85. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>450</b>	<b>265</b>	<b>1,5</b>


**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



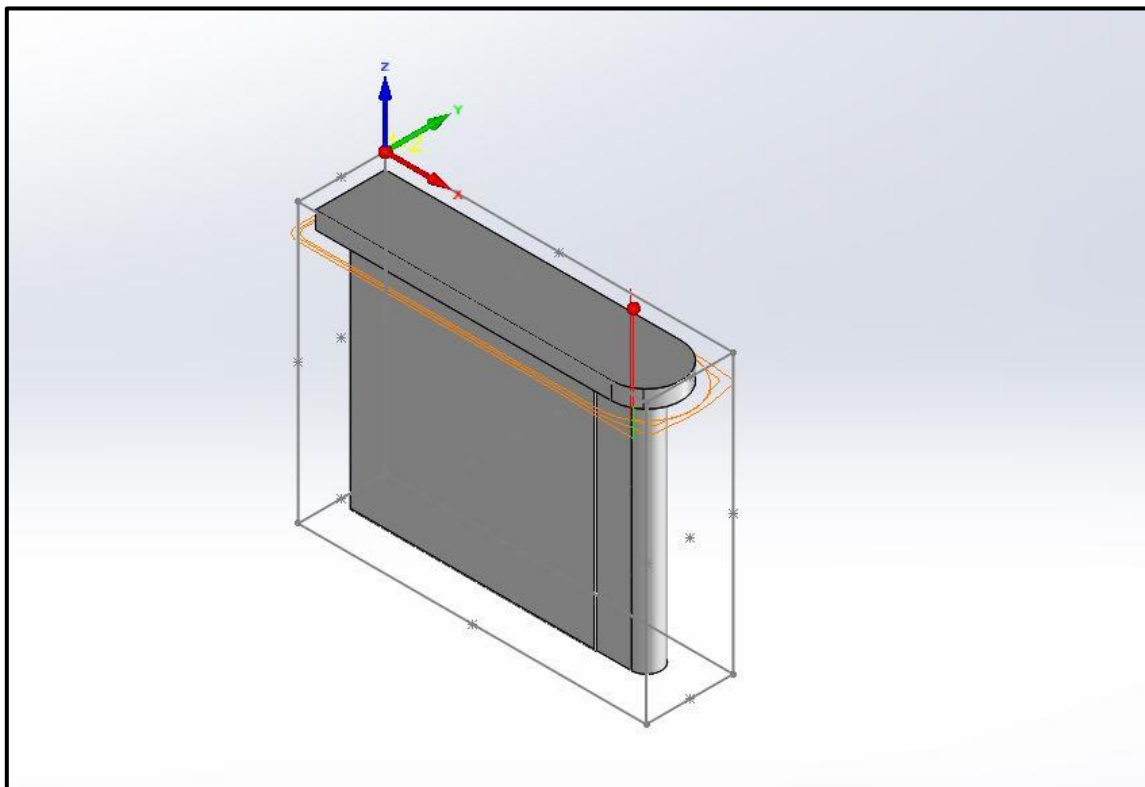
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



### ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : PROFILE

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	12

### ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:

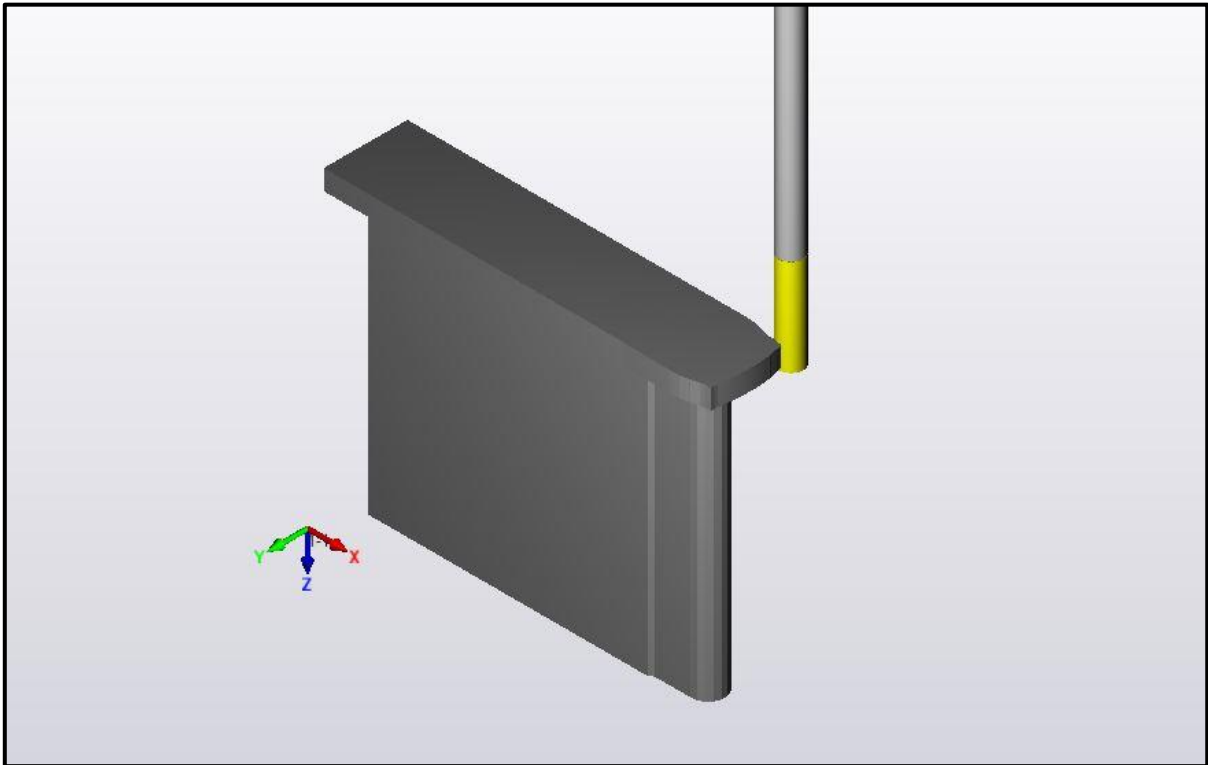


### Πίνακας 86. Δεδομένα κοπής

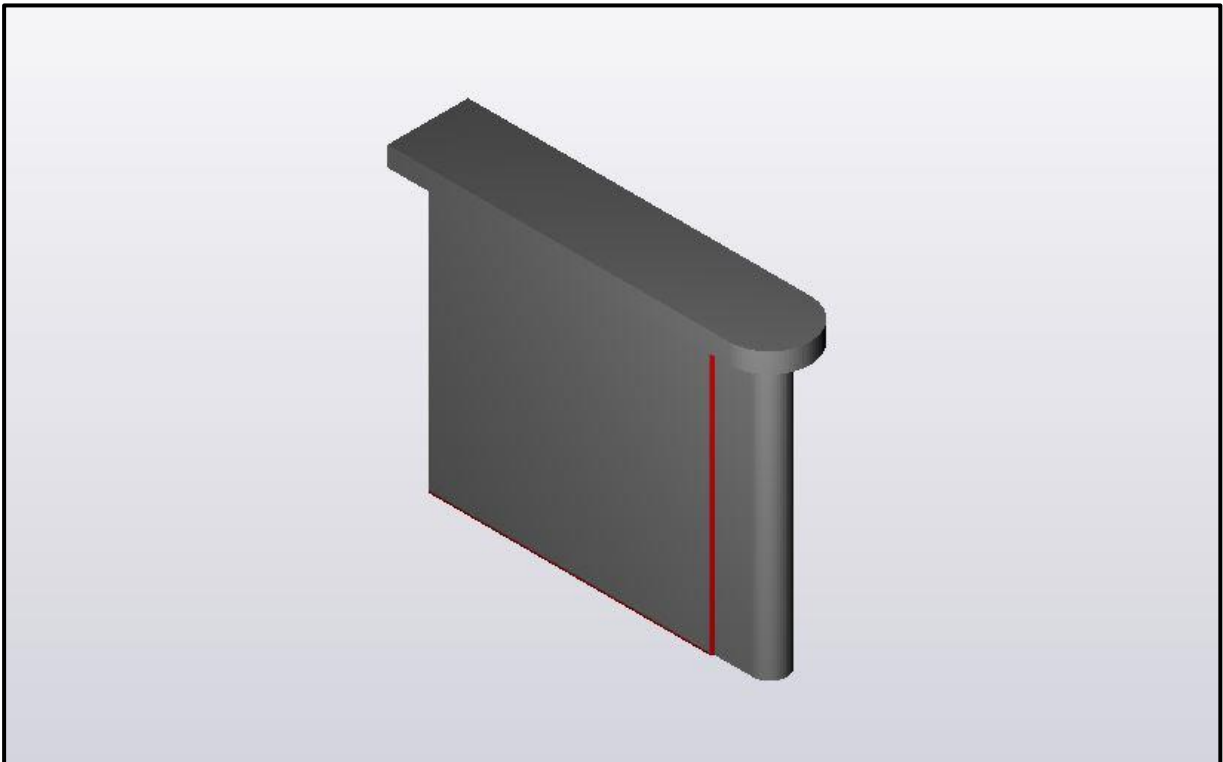
ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>1.285</b>	<b>205</b>	<b>6,0</b>



**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

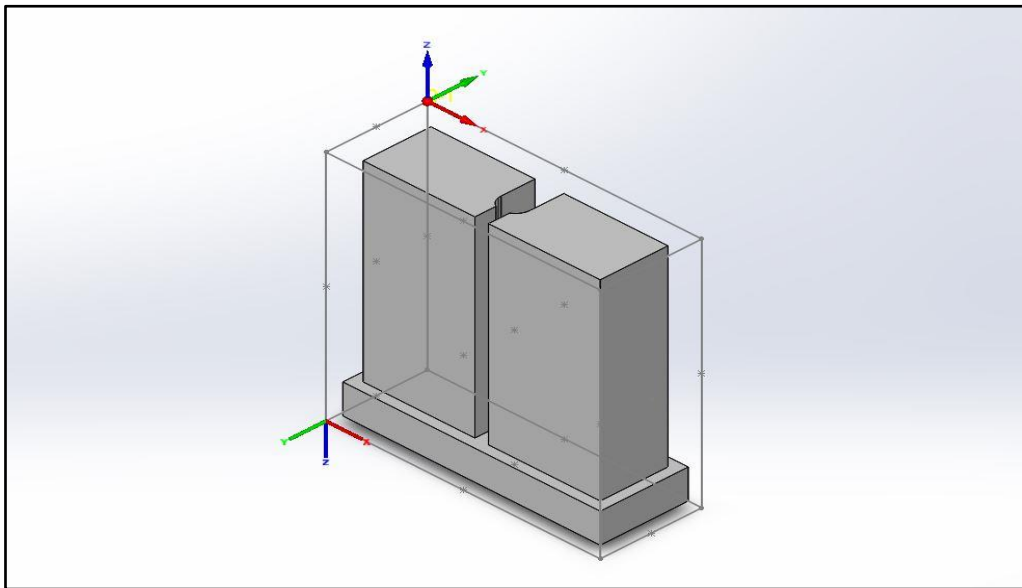


## 5.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΜΒΟΛΟΥ ΚΟΠΗΣ

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:

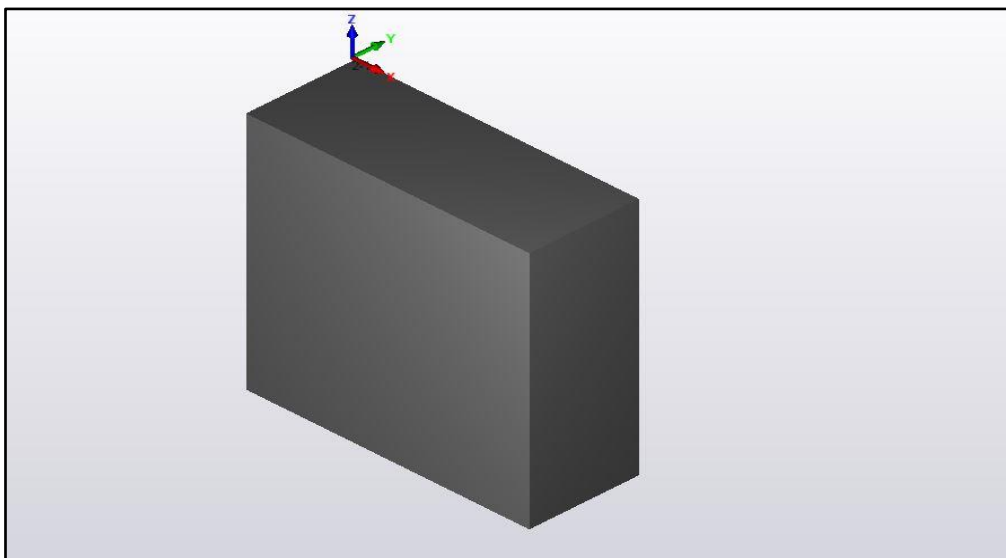
Αρχικά πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του προπλάσματος του εμβόλου κοπής.

Διαστάσεις εξαρτήματος [mm]	Διαστάσεις προπλάσματος [mm]
76x75x26	80x80x30



Εικόνα 46. Πρόπλασμα με τα μηδενικά σημεία

Επειδή το εξάρτημα χρειάζεται μορφοποίηση και στις 2 πλευρές του, θα ορίσουμε 2 μηδενικά σημεία (0,0). Επίσης υποθέτουμε ότι ο τρόπος συγκράτησης είναι η μέγγενη για οικονομία στο πρόπλασμα σε σχέση με τις δέστρες. Κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό.



Εικόνα 47. Πρόπλασμα πριν την επεξεργασία

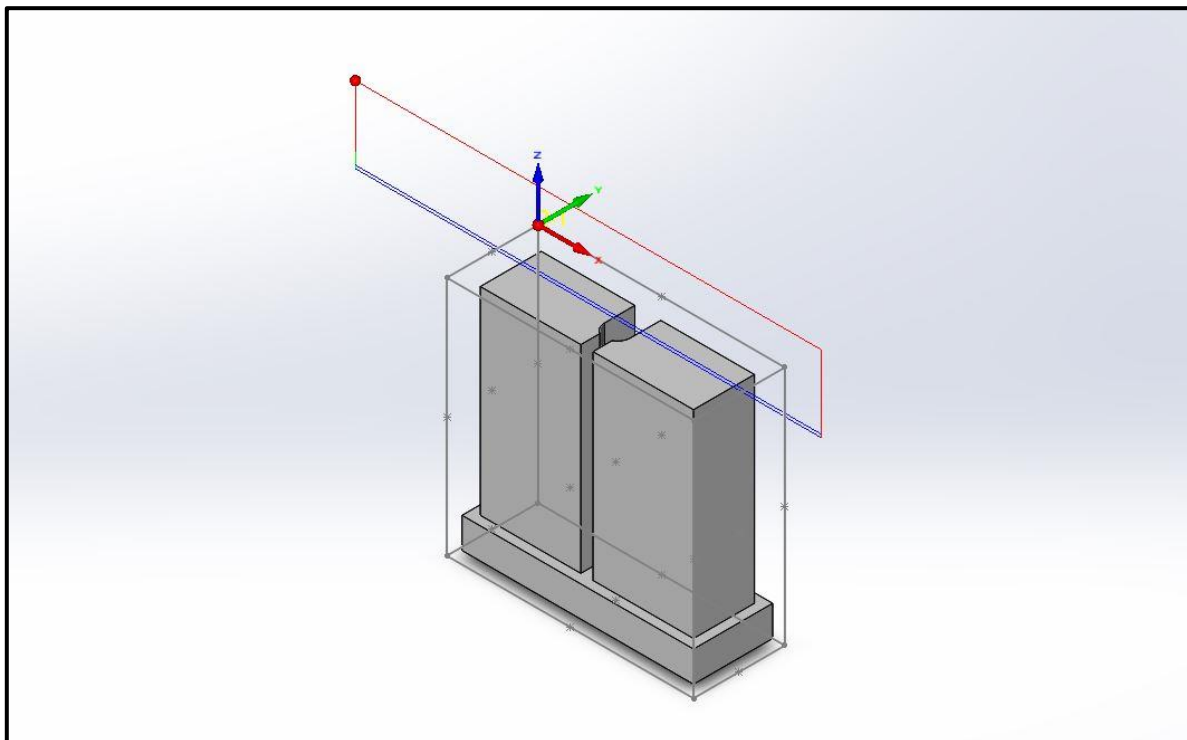
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 1:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 1 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 1**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

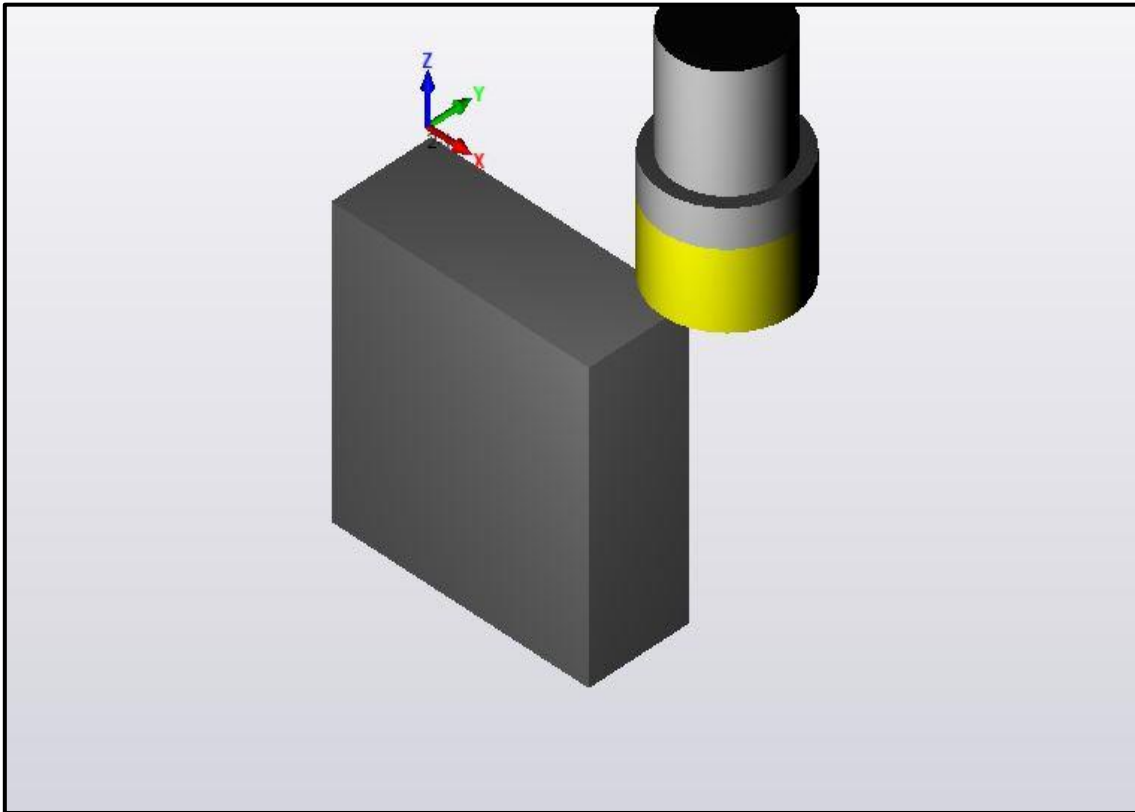
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



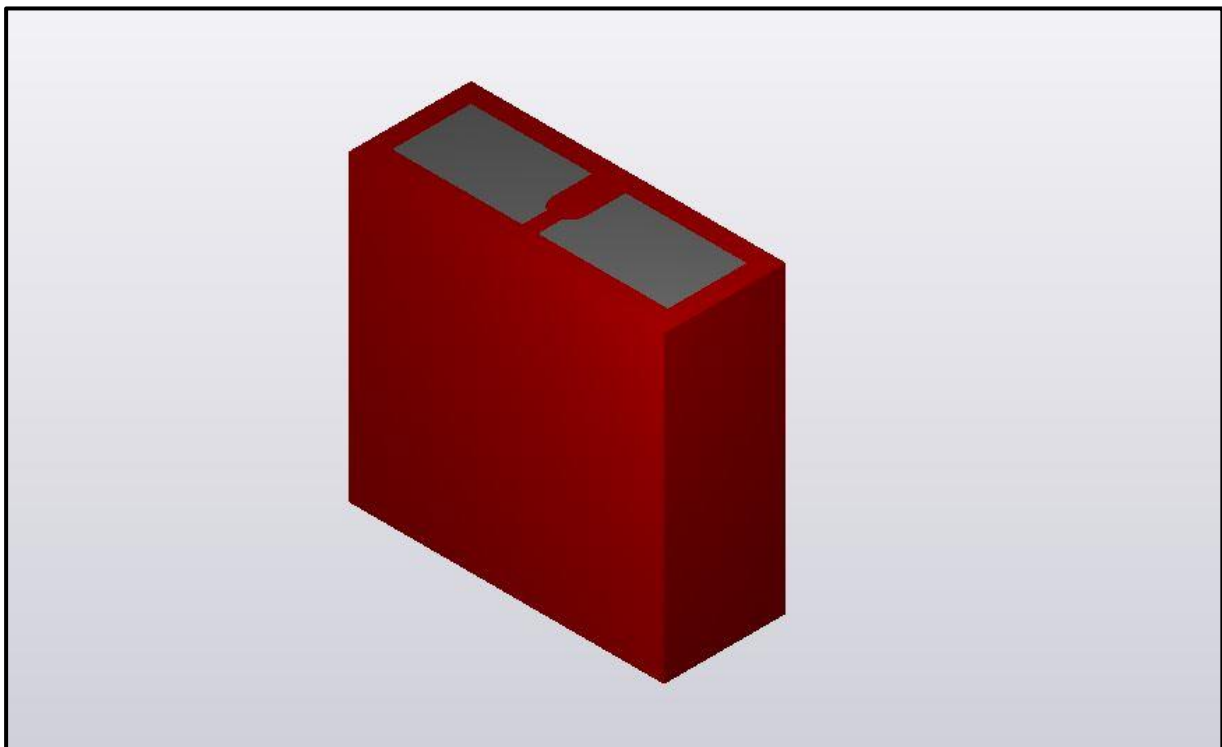
**Πίνακας 87. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>450</b>	<b>265</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



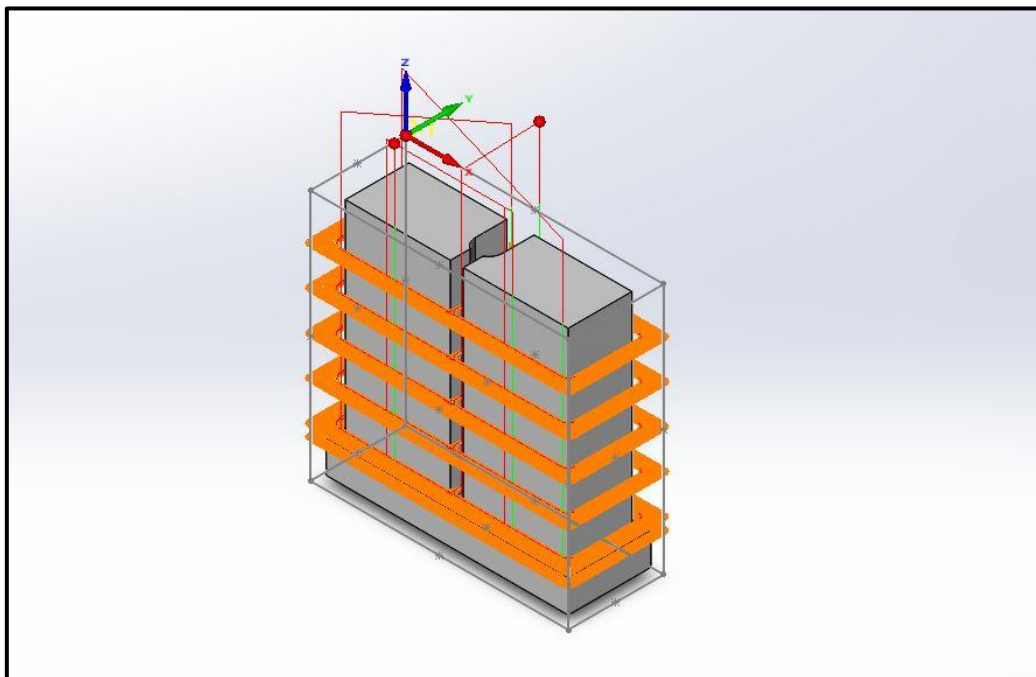
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



## ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 2 : PROFILE

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	3

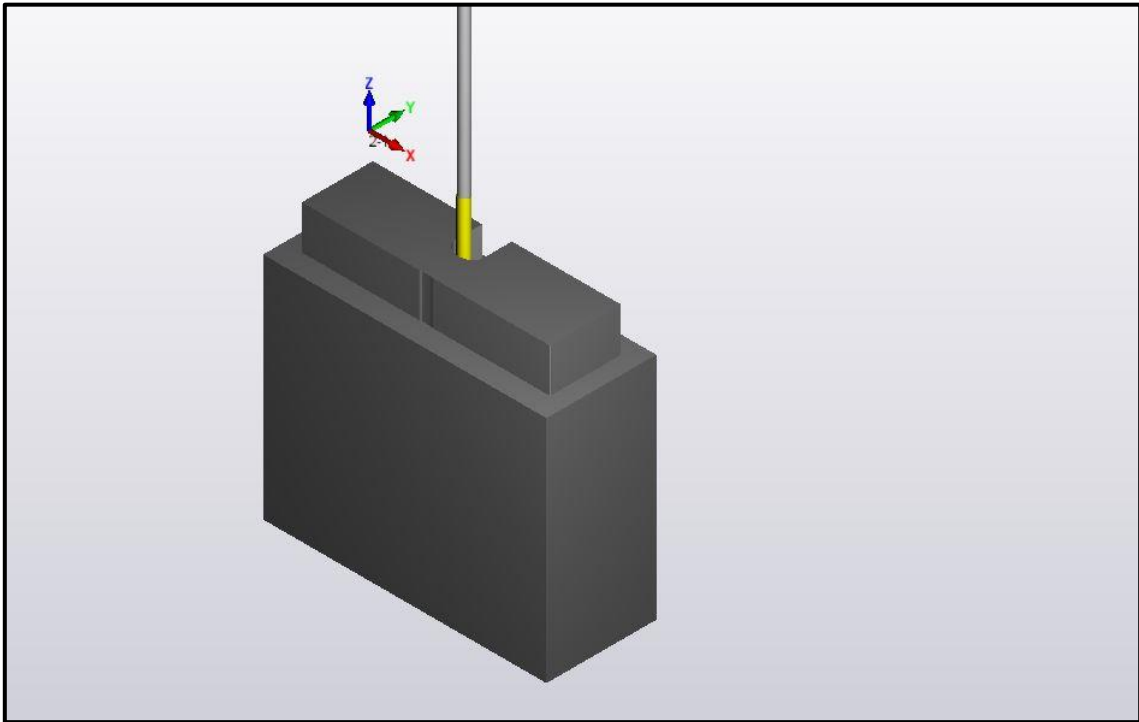
## **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



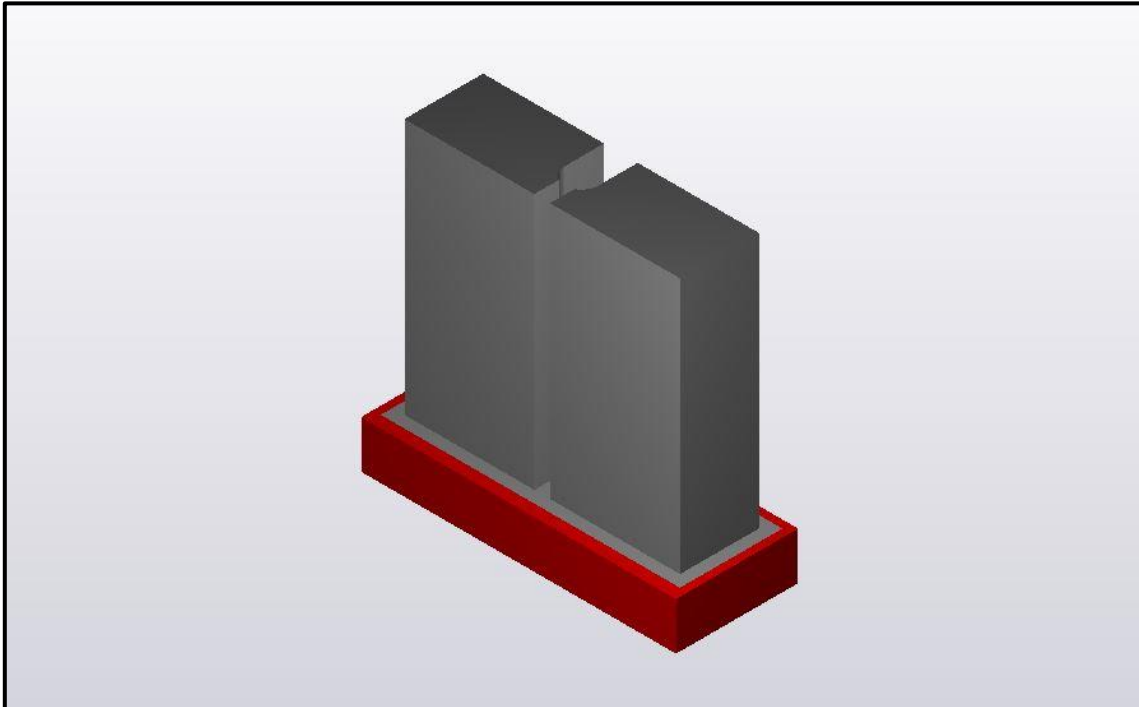
*Πίνακας 88. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΩΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>10.515</b>	<b>661</b>	<b>12,25</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



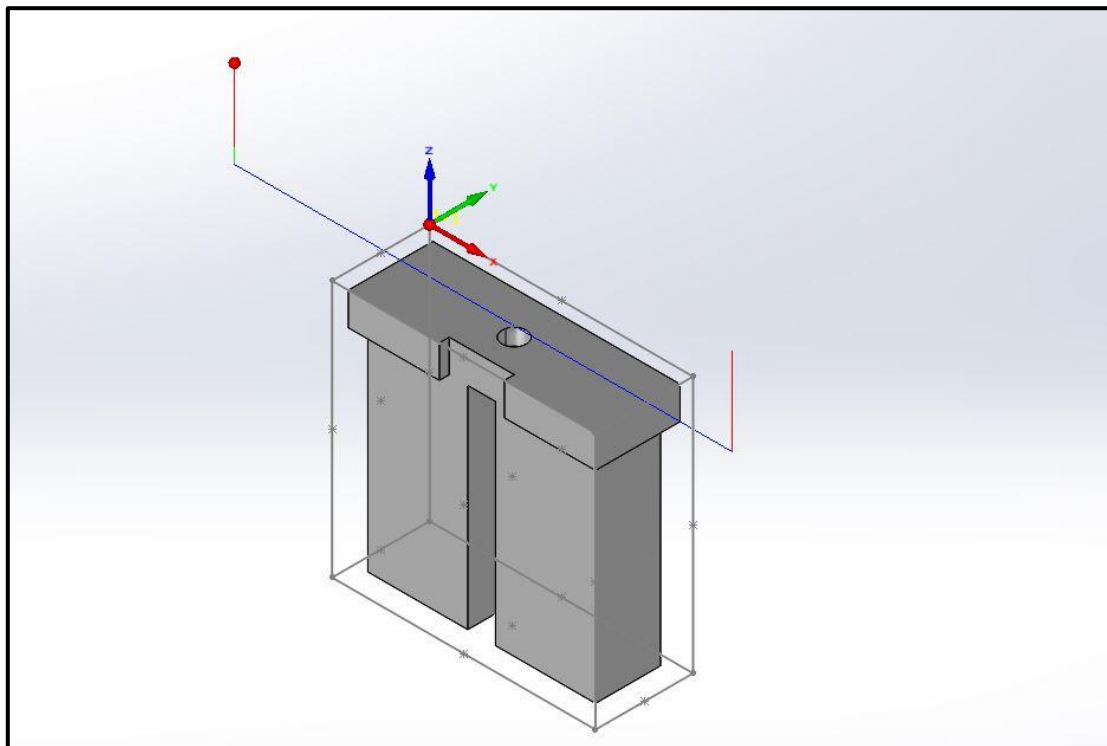
- ΣΗΜΕΙΟ (0,0) 2:

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 3 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 2**



ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
Facemill	40

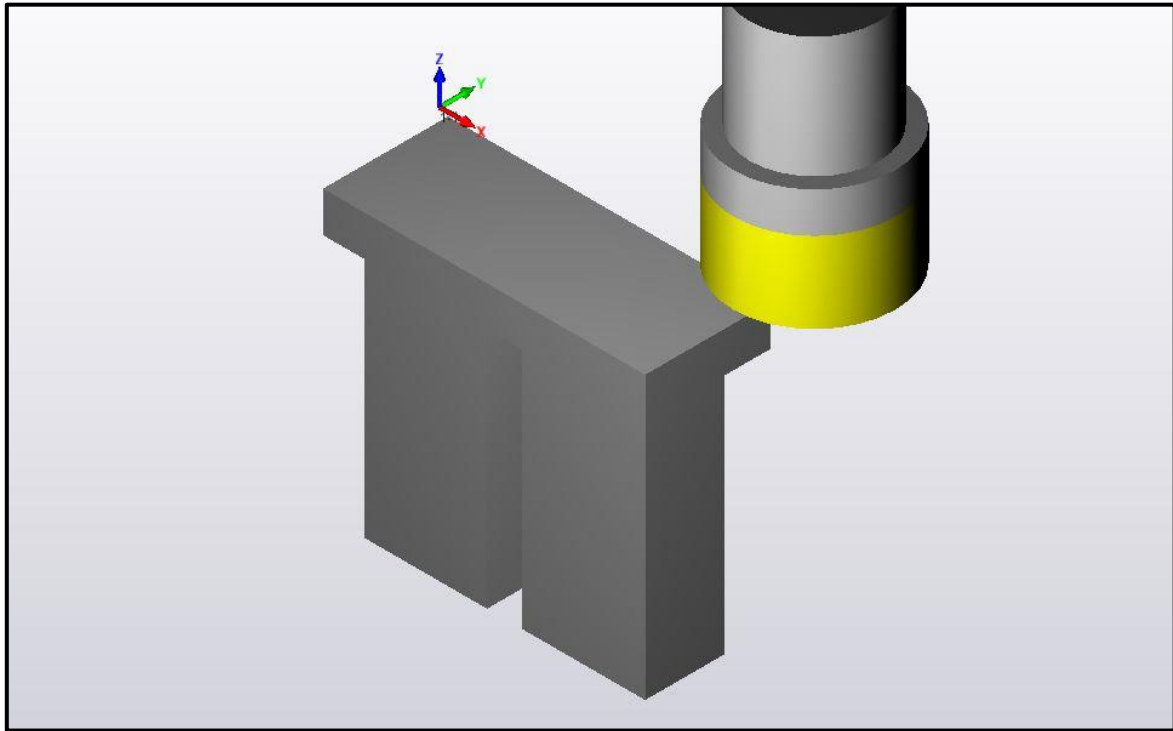
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



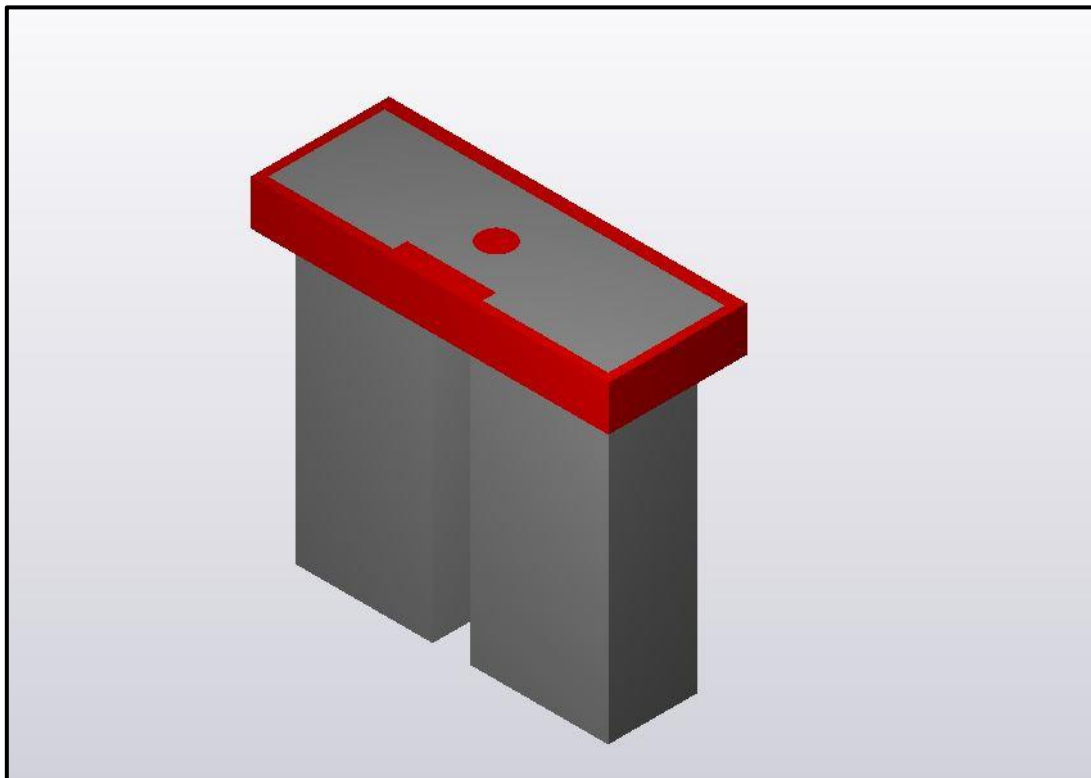
*Πίνακας 89. Δεδομένα κοπής*

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>450</b>	<b>265</b>	<b>1,5</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**

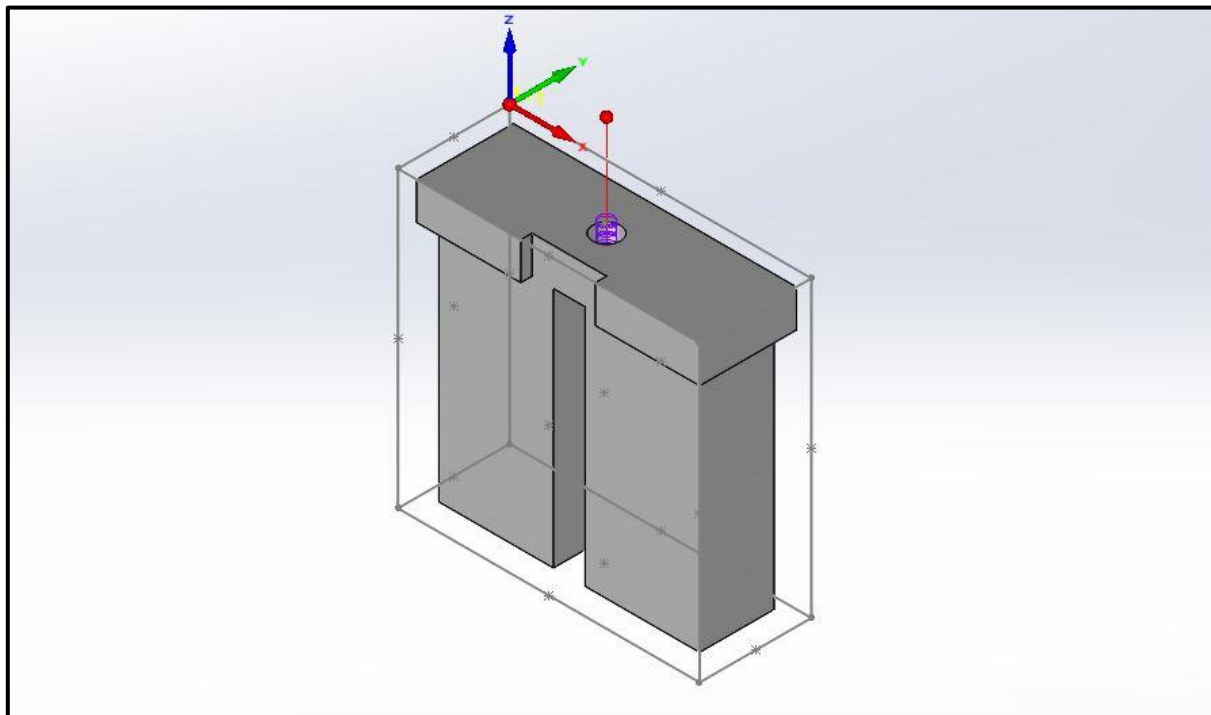




**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 4 : ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ Ø4:**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	Drill	4

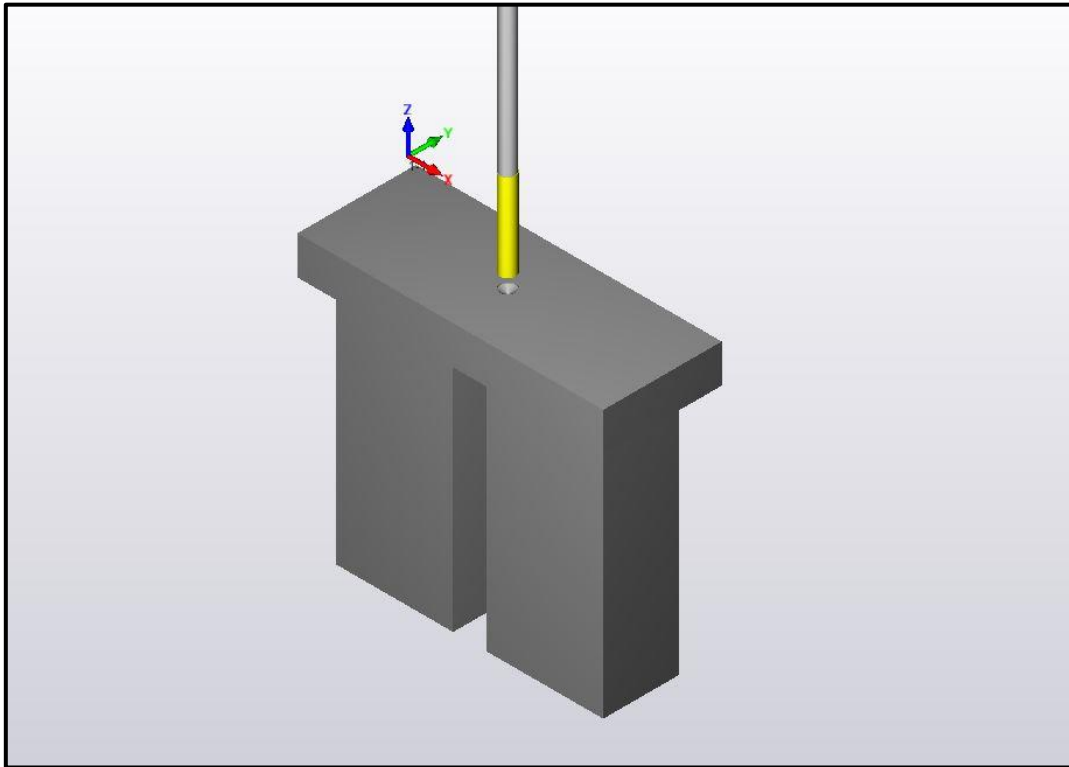
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



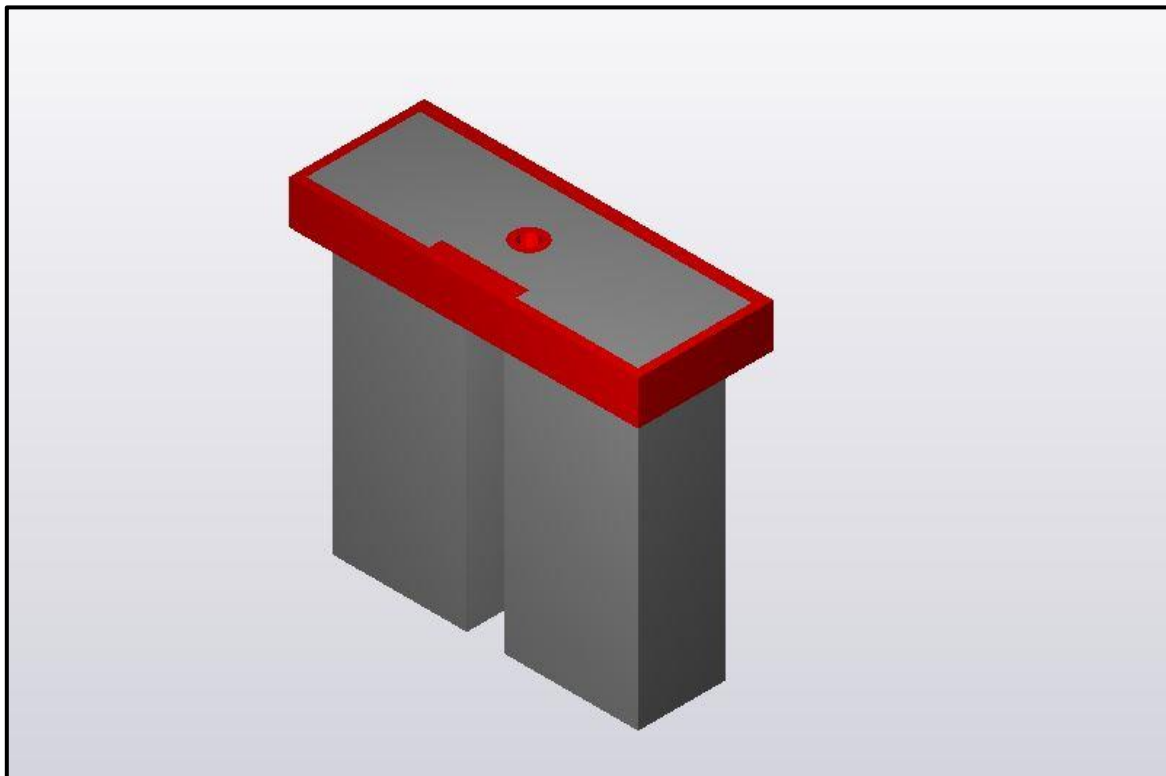
**Πίνακας 90. Δεδομένα Κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>3.060</b>	<b>196</b>	<b>2,0</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



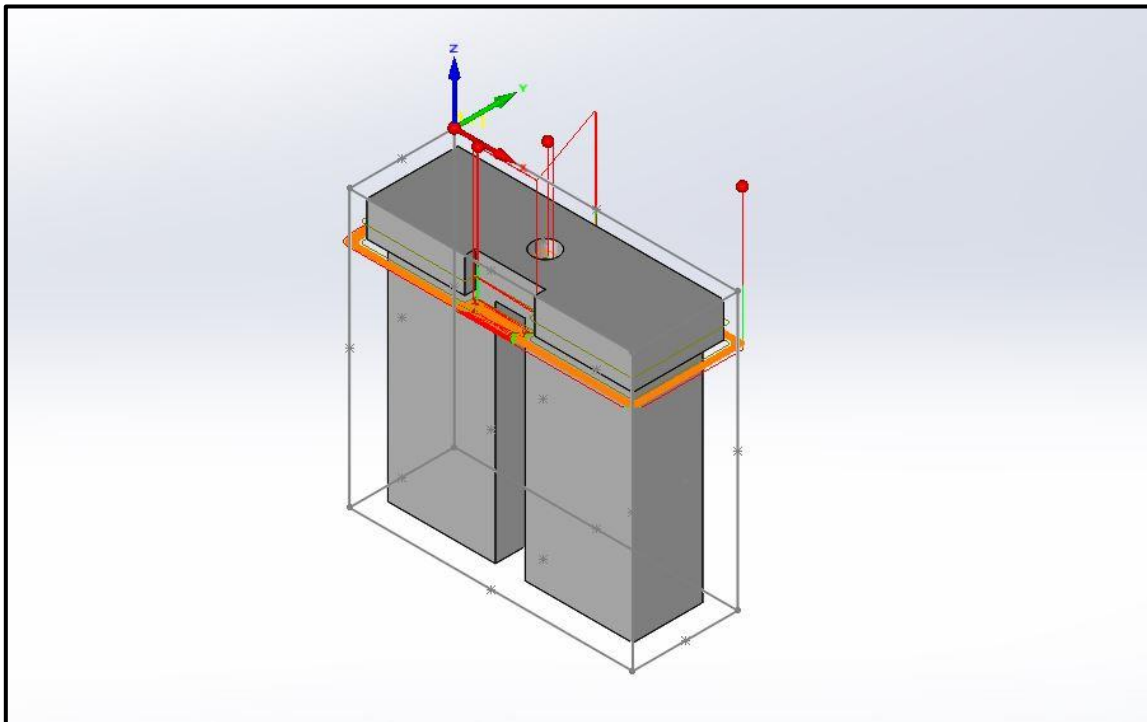
**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ 5 : PROFILE - POCKET**

	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ [mm]
	End Mill	3

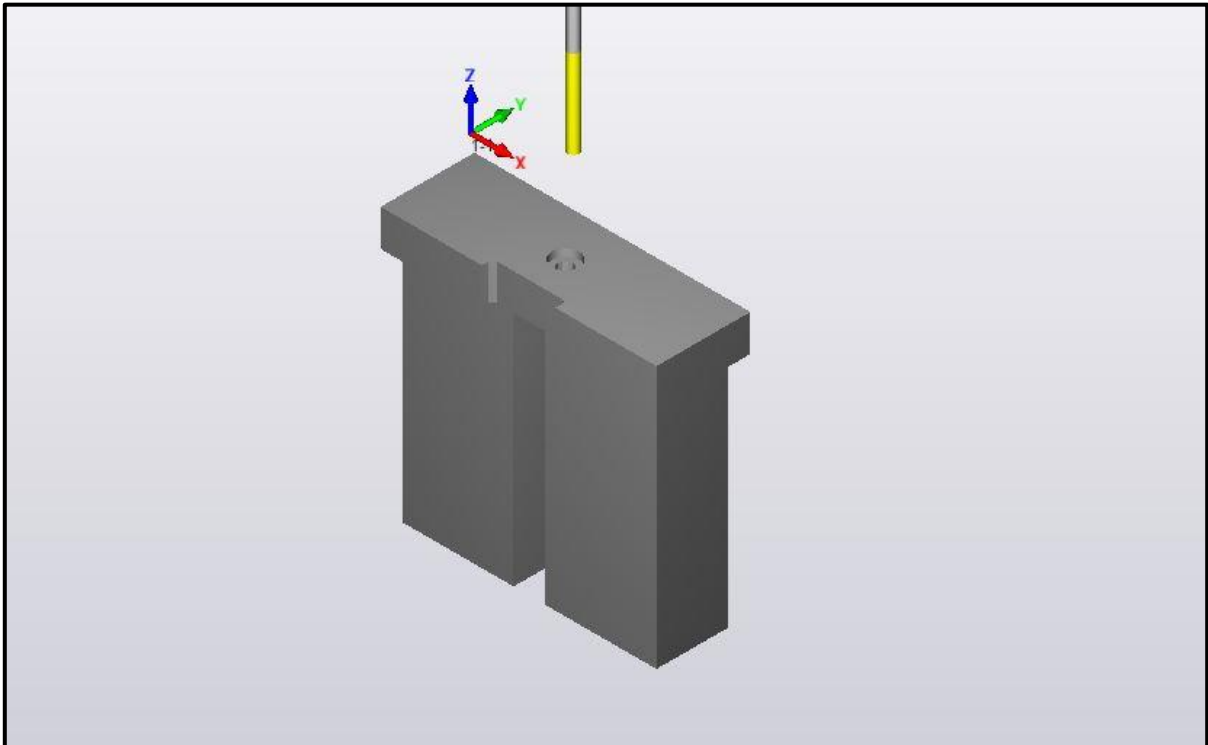
**ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ:**



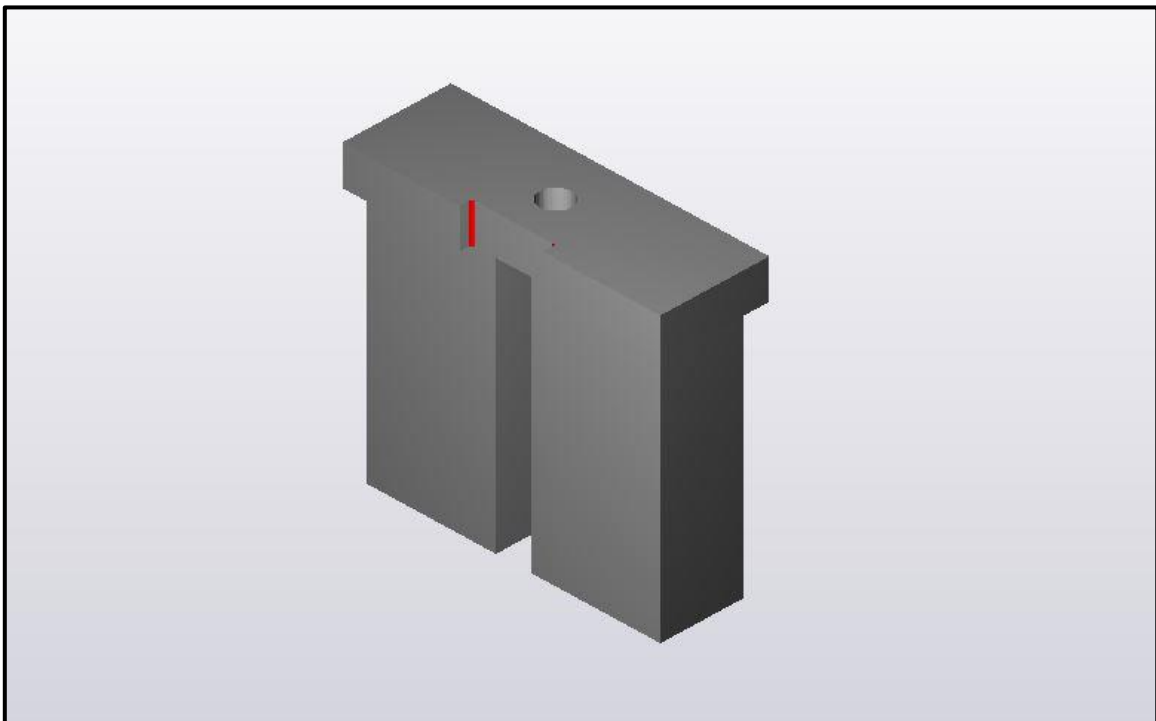
**Πίνακας 91. Δεδομένα κοπής**

ΣΤΡΟΦΕΣ S [rpm]	ΠΡΟΩΣΗ F [mm/s]	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ MAX [mm]
<b>10.500</b>	<b>593</b>	<b>10,85</b>

**ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΟΠΗΣ:**



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**



**\*\* ΟΛΟΙ ΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΟΠΗΣ ΕΓΙΝΑΝ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: GWizard: Machinist's Calculator**

## 5.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Για την κατασκευή του προοδευτικού καλουπιού αυτής της πτυχιακής εργασίας, μερικά εξαρτήματα όπως είδαμε θα κατασκευαστούν από εμάς και μερικά άλλα θα προμηθευτούν από καταλόγους καθώς η κατασκευή και επεξεργασία τους είναι πιο δαπανηρή.

– Κόστος εξαρτημάτων από καταλόγους:

α/α	Εξάρτημα	Τεμάχια	Τιμή(€)/Τεμάχιο	Συνολική Τιμή (€)	Προμηθευτής
1.	Έμβολο Φ3	14	9,30	130,20	Meusburger Georg GmbH & Co KG
2.	Έμβολο Φ4	7	9,40	65,80	
3.	Πείρος συγκράτησης 40/30	1	24,10	24,10	
4.	Βίδα Allen M16x110	4	3,00	12,00	
5.	Βίδα Allen M16x70	4	2,50	10,00	
6.	Πείρος 20x100 (ISO 8734)	4	4,00	16,00	
7.	Πείρος οδήγησης 38x200	4	24,25	97,00	Ramseier Normalien
8.	Δακτύλιος ολίσθησης 38x85	4	57,90	231,60	

– Κόστος υλικών προπλάσματος κατασκευασμένων εξαρτημάτων:

α/α	Εξάρτημα	Υλικό	Διαστάσεις προπλάσματος	Βάρος προπλάσματος	Τιμή €
9.	Μήτρα	1.2436	260x200x20	8,0 kg	105,00
10.	Άνω ενδιάμεση πλάκα	1.0050	260x200x20	8,1 kg	39,50
11.	Κάτω ενδιάμεση πλάκα	1.0050	260x200x20	8,1 kg	39,50
12.	Εξολκέας	1.0050	260x200x40	16,2 kg	59,80
13.	Πλάκα εμβόλων	1.0050	260x200x30	12,2 kg	52,00
14.	Άνω βάση	1.0037	460x370x50	66,4 kg	36,40
15.	Κάτω βάση	1.0037	470x455x60	100,1 kg	54,80
16.	Έμβολο κοπής	1.3343	80x80x30	8,3 kg	93,60
17.	Έμβολο λυγισμού	1.3343	100x80x25	8,6 kg	97,50

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ =

**1.164,80 €**

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### – **BIBΛΙΑ:**

1. Αντωνιάδης Α., “Μηχανουργική Τεχνολογία”, 3<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2018
2. Μπουζάκης Κ., “Μορφοποιήσεις με πλαστική παραμόρφωση υλικού”, 1<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη Πελαγία & Σια, 2000
3. Keller E., Kilgus R., Klein W., Ott R., “Τεχνολογία κατασκευής εργαλείων & καλουπιών”, Τόμος Ι-1<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδοτικός όμιλος ΙΩΝ, 1998
4. Prakash H. Joshi, “Press Tools: Design and Construction”, Wheeler Publishing, New Delhi, 1999
5. Paquin J.R., “Die Design Fundamentals”, Industrial Press Inc., New York, 1987
6. Smith D., “Die Design Handbook”, Society of Manufacturing Engineers, 1990
7. Suchy I., “Handbook of Die Design”, McGraw-Hill Handbooks, 1988
8. Kalpakjian S., Schmid S., “Manufacturing Engineering and Technology”, 7<sup>th</sup> ed., Pearson, 2018
9. Marciniak Z., Duncan J.L., Hu S.J., “Mechanics of Sheet Metal Forming”, Butterworth Heinemann, 2002
10. Altan T., Tekkaya E., “Sheet Metal Forming: Processes and Applications”, ASM International, 2002
11. Boljanovic V., “Sheet Metal Forming Processes and Die Design”, 2<sup>nd</sup> ed., Industrial Press, 2014
12. Joshi P.H., “Machine Tools Handbook: Design and Operation”, McGraw-Hill Handbooks, New Delhi, 2007
13. Stanley F.A., “Punches and Dies”, McGraw-Hill Book Company Inc, London, 1919

### – **ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

1. Ch.Mastanamma, K. Prasada Rao, Dr. M. Venkateshwara Rao, “Design and Analysis of Progressive die”, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol.1 Issue 6, 2012
2. Dr.D.Ramegowda, Madhusudhana M., “Design of Blanking Punch and Die for Cam Head Washer Component using Finite Element Analysis”, IJERT, Vol.4 Issue 7, 2015
3. Bidkar S., Wankhade U., Kuchekar K., Dr. Kulkarni M., “Design and Analysis of Die for Macro Cup Forming”, IJERT, Vol.3 Issue 3, 2014
4. Kumaresh A.K., Balaji B., Raj Kumar M., “Design and Analysis of Punching Die”, IJERT, Vol.5 Issue 4, 2016
5. Bhajantri V., Kapashi G., Bajantri S., “Analysis of Progressive Dies”, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Vol.3 Issue 7, 2014
6. Pawar S., Dalu R., “Compound Die Design: A Case Study”, International Journal of Science and Research (IJSR), Vol.3 Issue 5, 2014
7. Zone-Ching Lin, Ching-Hua Deng, “Analysis of a torque equilibrium model and the optimal strip working sequence for a shearing-cut and bending progressive die”, Journal of Materials Processing Technology, 2001

8. Patil R., Panchal A., *"Design of Die for Industrial Part"*, IJCRT, 2017

– **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

1. <https://calcresource.com/statics-cantilever-beam.html>
2. <https://www.engineeringtoolbox.com>
3. <https://www.thoughtco.com/type-316-and-316l-stainless-steel-2340262>
4. <https://www.steel-grades.com>
5. <https://www.ramseier-normteile.at>
6. <https://ecom.meusbuerger.com/index/index.asp>
7. <http://bahrsdie.com/progressive-stamping-dies/>
8. <https://pauly-stahlhandel.com>
9. <https://www.praeziflachstahl.de/en.html>