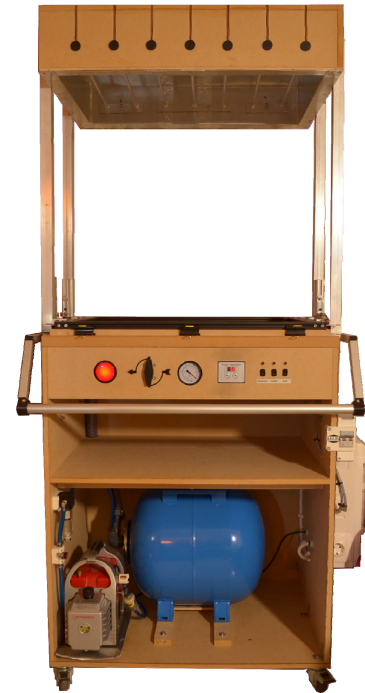


# ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΟΥ (VACUUM-FORMER)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΠΙΚΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Εξεταστική επιτροπή:  
Αντωνιάδης Αριστομένης  
Παρτσινέβελος Παναγιώτης  
Μπιλάλης Νικόλαος



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

- Κενοδιαμόρφωση. Η μέθοδος.
  - Πεδίο εφαρμογών
  - Πλεονεκτήματα – Αντενδείξεις
- Τύποι μηχανών
- Η υλοποίηση της παρούσας εργασίας
  - Στατικό-Δομικό μέρος
  - Πνευματικό σύστημα
  - Ηλεκτρολογικό/Ηλεκτρολογικό σύστημα
- Λειτουργία - Δοκιμές
- Απολογισμός
  - Ικανοποίηση στόχων
  - Απόδοση κόστους



Δομή παρουσίασης

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

- Σχεδιασμός και κατασκευή μιας μηχανής, χωρίς καθοδήγηση από κάποιο εμπορικό πρότυπο. Ελεύθερη ιδέα, καθοδηγούμενη μόνο από την αρχή λειτουργίας.
- Εντοπισμός και υπέρβαση δυσκολιών που προκύπτουν από ένα τέτοιο εγχείρημα, πχ:
  - Κατασκευή ειδικών εξαρτημάτων
  - Αξιοποίηση εξαρτημάτων με εναλλακτικούς τρόπους για ελαχιστοποίηση κόστους.
  - Υπέρβαση εμποδίων που προκύπτουν κατά την μετάβαση από την θεωρία στην υλοποίηση μιας ιδέας.
- Απόκτηση γνώσης και εμπειρίας σχετικά με την μέθοδο της κενοδιαμόρφωσης και τους κενοδιαμορφωτές



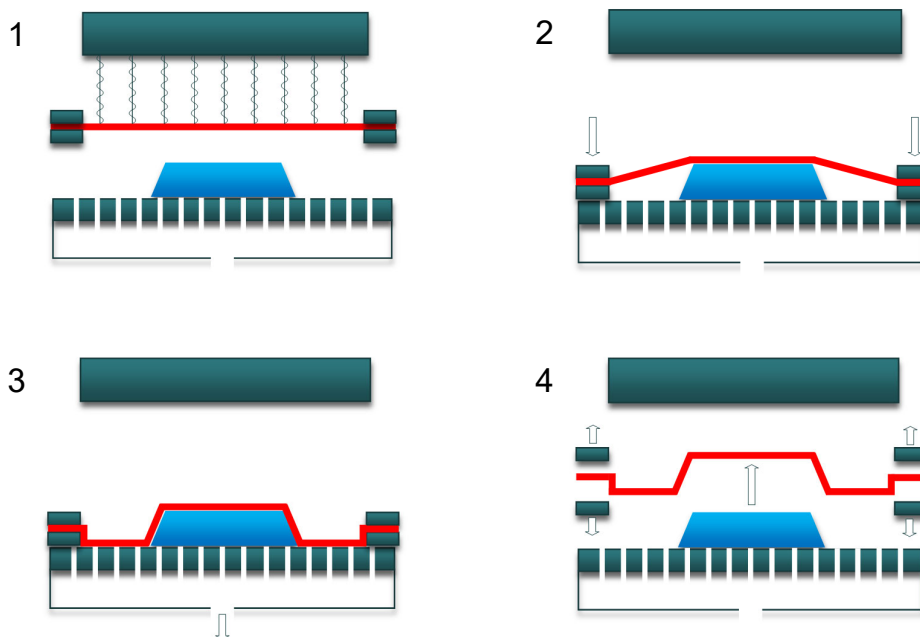
## Στόχοι της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



## Κενοδιαμόρφωση. Η μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Εφαρμογές

- Συσκευασίες «Blister»
- Κατασκευή Εσωτερικού liner ψυγείων
- Κατασκευή τμημάτων φανοποιείας (ανταλλακτικά, non-OEM)
- Πλαστικές συσκευασίες τροφίμων, ανταλλακτικών, εξαρτημάτων κάθε είδους
- Παντός τύπου εφαρμογές που απαιτούν τον σχηματισμό μεγάλων αντικειμένων με λεπτά τοιχώματα.

## Αντενδείξεις

- Αντικείμενα με ανάγκη για διαφοροποίηση στο πάχος του υλικού. (που δεν μπορούν να σχηματιστούν από ισοπαχή φύλλα)
- Αντικείμενα με πολύπλοκες τρισδιάστατες γεωμετρίες που εγκλωβίζουν τα καλούπια
- Εφαρμογές που απαιτούν θερμοσκληραινόμενα πολυμερή (thermosets)



## Κενοδιαμόρφωση. Η μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

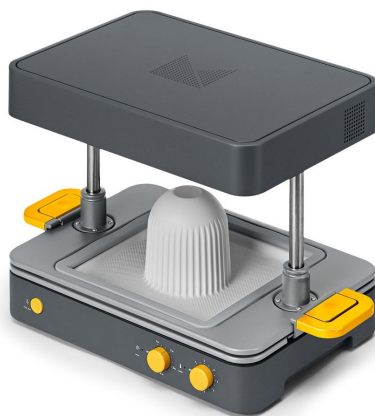


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Μικρές χειροκίνητες μηχανές.

- Μικρή μηχανή για παραγωγή καλουπιών για οδοντιατρικές εφαρμογές (OEM μοντέλο). ([www.zipy.gr](http://www.zipy.gr))



- Μαγκυ. Μικρής κλίμακας μηχανή κυρίως για χρήση σε χειροτεχνίες. ([www.hellasdigital.gr](http://www.hellasdigital.gr))



## Τύποι μηχανών

<http://www.m3.tuc.gr>

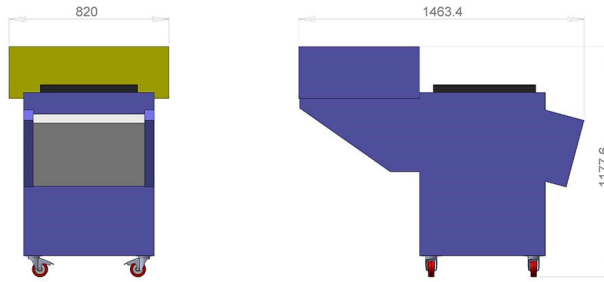


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

Μέσου μεγέθους μηχανές για γενική χρήση, διαστάσεις φύλλου της τάξης του 0.25 έως 0.75m<sup>2</sup>

- Μηχανή Cr Clarke 1820. Ένα κατεξοχήν αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας.
- Διάσταση φύλλου 508 x 458mm και μέγιστου πάχους 6mm.



<https://www.crclarke.co.uk/products/vacuum-formers>



Μηχανές μεγάλης κλίμακας, μερικώς ή πλήρως αυτοματοποιημένες

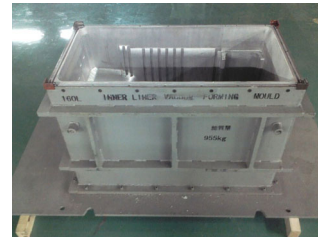
- Μηχανή TF1050. Αυτοματοποιημένη μηχανή-κέντρο της Formech.
- Διάσταση Φύλλου 1x1m
- Συνεχής λειτουργία με ρολό υλικού



<https://formech.com/product/formech-tf1050-vacuum-former-us>

## Ολοκληρωμένες, αυτόματες βιομηχανικές μονάδες

- Αυτόματη μηχανή κενοδιαμόρφωσης, για την παραγωγή του εσωτερικού καλύμματος/κελύφους ενός οικιακού ψυγείου, και αντίστοιχο καλούπι.
- Μονάδες τέτοιου τύπου ποικίλουν σε μορφή ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία σχεδιάζονται



Φωτογραφίες από: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum\\_forming](https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_forming)



## Οργάνωση κατασκευής, κριτήρια επιλογής διαμόρφωσης

- Φύλλο υλικού διάστασης 50cm x 70cm (nominal)
- Κατά το δυνατόν μικρότερη απασχόληση χώρου
- Χαμηλό κόστος
- Δυνατότητα λειτουργίας και από οικιακή πρίζα 16Α με αυτόματη ρύθμιση μέγιστης ισχύος

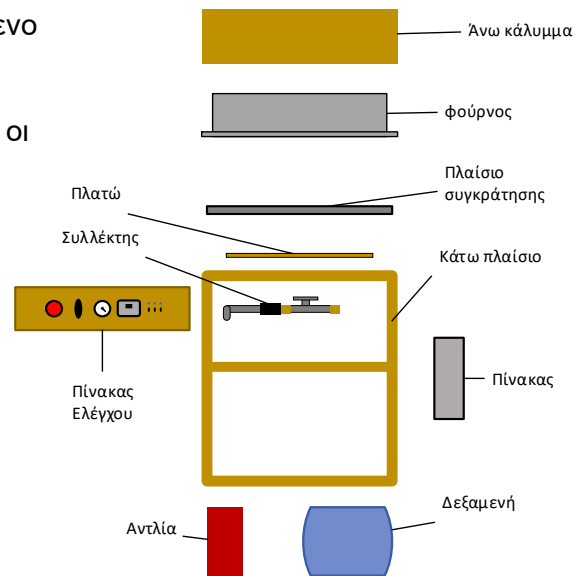
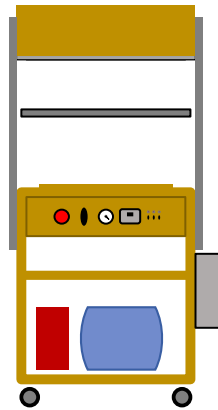
### Δευτερεύοντα στοιχεία

- Ικανότητα σύνδεσης με εξωτερική αναρρόφηση, χαμηλού κενού αλλά μεγάλης ροής



## Γενική διάταξη της παρούσας υλοποίησης

- Σταθερός φούρνος και πλατύ, κινούμενο πλαίσιο συγκράτησης
  - Μικρό εμβαδό δαπέδου
  - Χαμηλό κόστος αφού μειώνονται οι πολύπλοκοι μηχανισμοί κίνησης



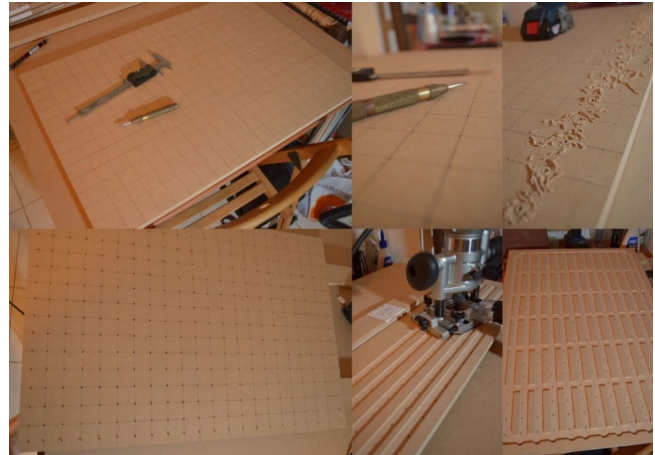
## Κάτω πλαίσιο

- Σχεδιασμένο να μπορεί να λυθεί και επανασυναρμολογηθεί επανειλημμένα.
- Βίδες μετρικού σπειρώματος σε «παξιμάδια ξύλου»



## Πλατώ

- Σχηματισμένο από ένα ενιαίο τεμάχιο MDF.
- Πυκνή διάταξη από σημεία υποστήριξης για αποφυγή παραμόρφωσης υπό φορτίο.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Άνω πλαίσιο και κολώνες

- Φέρει κατάλληλες διαμορφώσεις για την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών συνδέσεων θέρμανσης
- Κώλωνες από αλουμίνιο. Στήριξη επάνω με παξιμαδί ξύλου και κάτω με διαμπερή κοχλίωση.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

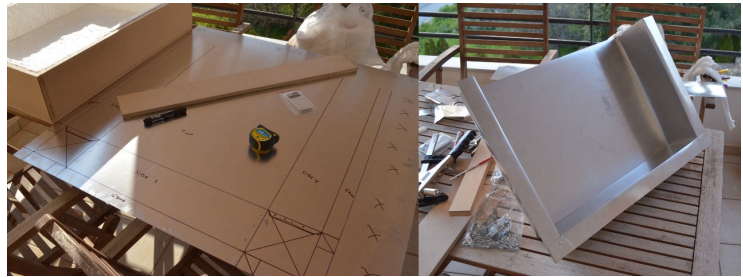


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Φούρνος 1/2

- Σώμα φούρνου από φύλο αλουμινίου 0.7mm
- Μόνωση φούρνου από μαλακό κεραμοβάμβακα 25mm



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

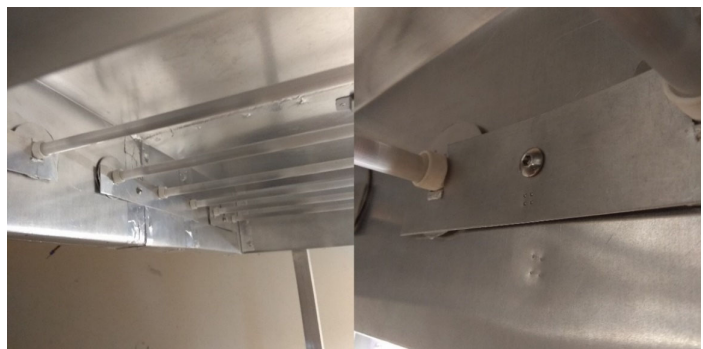


**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Φούρνος 2/2

- Λαμπτήρες χαλαζία. (Υπέριθρη θέρμανση)
- Σταθεροποίηση λαμπτήρων με αφαιρούμενα ελάσματα
- Εξαερισμός που εμποδίζει την διάχυση θερμού αέρα από τα περιθώρια του φούρνου.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>



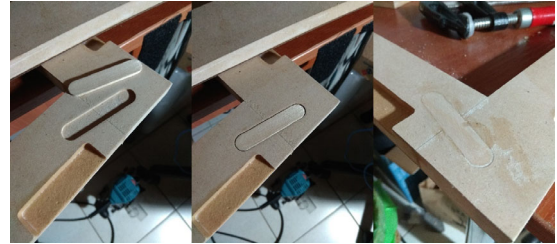
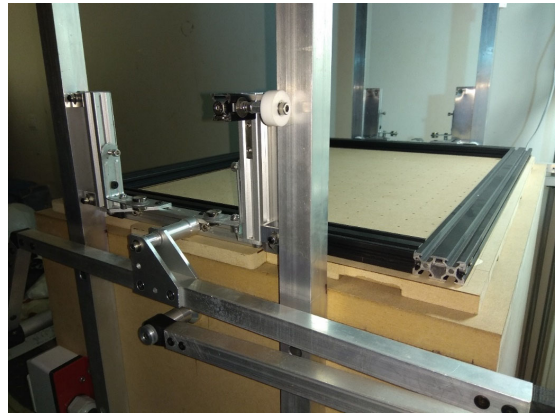
**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



## Μηχανισμός Συγκράτησης 1/2

- Δεσμευμένο άνω τελάρο από προφίλ αλουμινίου
- Ελεύθερο κάτω τελάρο από MDF
- Επιτρέπει την τοποθέτηση του φύλλου χωρίς να απαιτείται η αφαίρεση του ελεύθερου τελάρου από τη μηχανή.
- Μαγνητική συγκράτηση του μηχανισμού στην άνω θέση.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

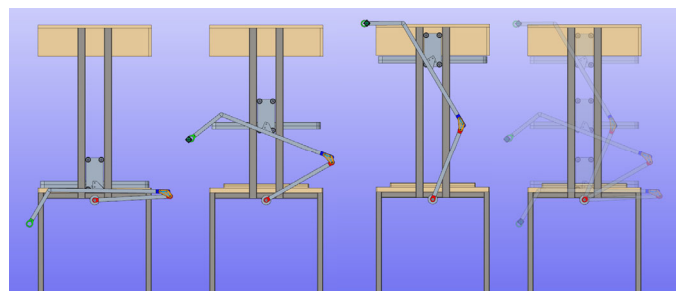
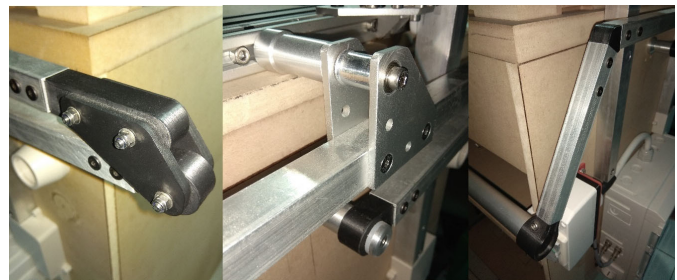


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Μηχανισμός Συγκράτησης 2/2

- Μοχλοί ανύψωσης από προφίλ αλουμινίου και 3D εκτυπωμένα εξαρτήματα και εξαρτήματα κατασκευασμένα σε τόρνο.
- Η διάταξη των μοχλών μοντελοποιήθηκε σε σύστημα CAD για να προσδιοριστεί το βέλτιστο μήκος των προφίλ.
- Συμπαγής κατασκευή, καταλαμβάνει μικρό χώρο.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>



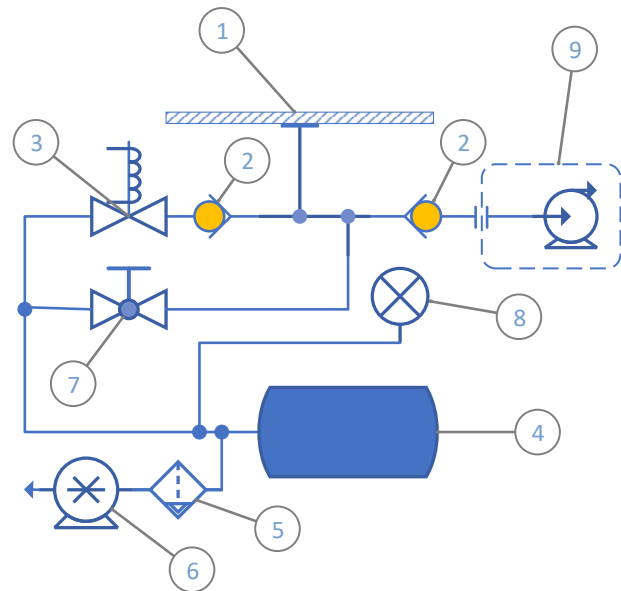
School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Πνευματικό Σύστημα 1/3

- Ενσωματωμένο σύστημα αναρρόφησης με αντλία κενού και δεξαμενή.
- Δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικής αναρρόφησης

id	Εξάρτημα
1	Πλατό
2	Βαλβίδα αντεπιστροφής
3	Ηλεκτροβάννα
4	Δεξαμενή Κενού
5	Υδατοπαγίδα/Φίλτρο
6	Αντλία Κενού
7	Χειροκίνητη Βάνα
8	Μανόμετρο
9	Εξωτερική Μονάδα Κενού



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Πνευματικό Σύστημα 2/3

- Άνω συλλέκτης από εξαρτήματα PVC, ABS, nylon και ορείχαλκο.
- Βάσεις τοποθέτησης από 3D εκτυπωμένο ASA.
- Τα πλαστικά εξαρτήματα τροποποιήθηκαν σε τόρνο για να γίνουν συμβατά τα λοιπά εξαρτήματα.



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

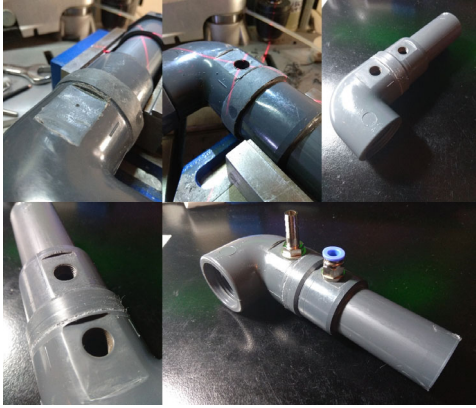


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Πνευματικό Σύστημα 3/3

- Ειδικά εξαρτήματα για την σύνδεση της αντλίας κενού και της δεξαμενής.



- Περιστρεφόμενος ανάπτορας αντλίας από ορείχαλκο
- Συλλέκτης από PVC για τη σύνδεση των διάφορων σωλήνων στην δεξαμενή



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

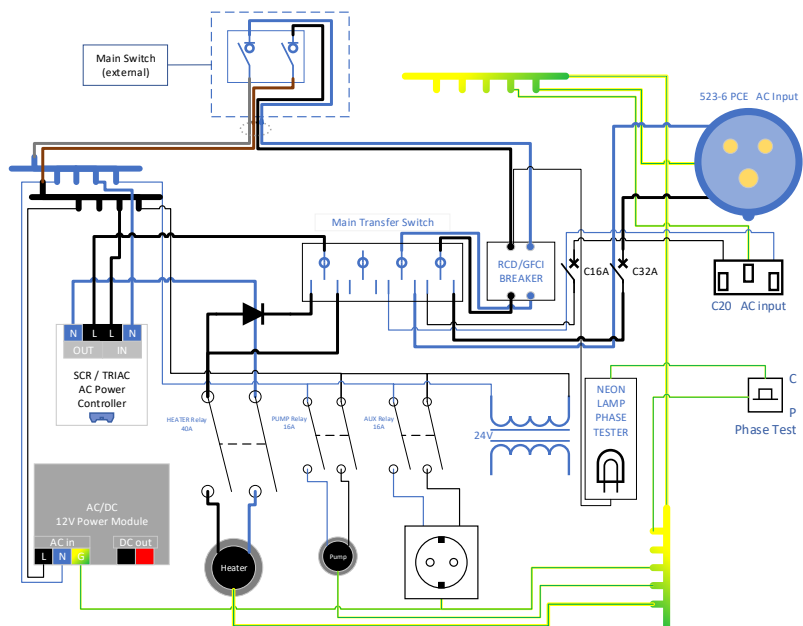


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Ηλεκτρολογικό σύστημα 1/2

- Σύστημα διπλής τροφοδοσίας. 16A και 32A από διαφορετικούς τύπους βύσματος
- Αυτόματη ρύθμιση ισχύος θέρμανσης με την επιλογή εισόδου ισχύος
- Ενσωματωμένος έλεγχος σωστής φάσης και γείωσης



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

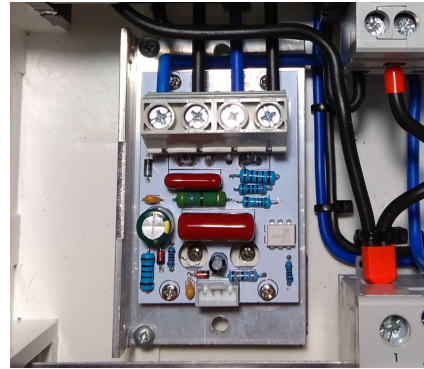
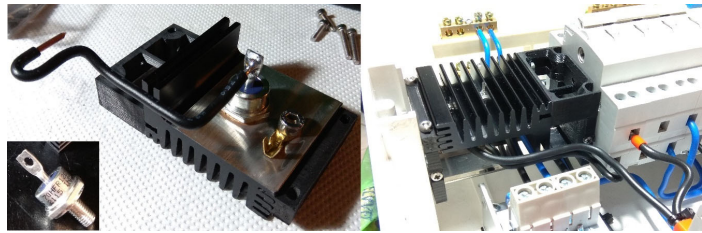


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Ηλεκτρολογικό σύστημα 2/2

- Έλεγχος ισχύος με ηλεκτρονικό ελεγκτή βασισμένο σε TRIAC
- Περιορισμός μέγιστης ισχύος, για τη λειτουργία των 16A, με δίοδο ισχύος



2022

Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος διαμόρφωσης θερμοπλαστικών με χρήση κενού (vacuum-former).



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

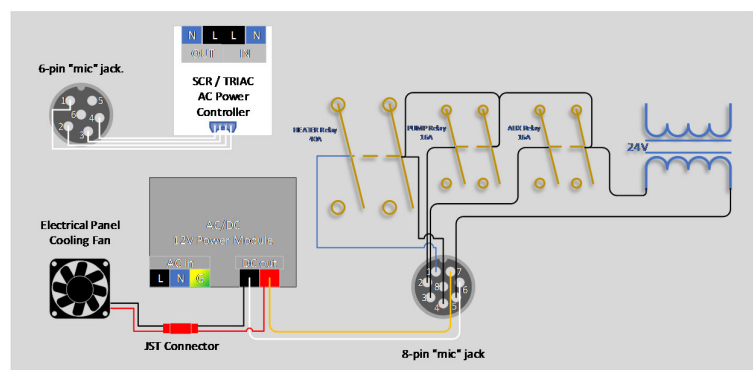


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Ηλεκτρικό σύστημα

- Ενσωματωμένες τροφοδοσίες 24V AC και 12V DC.
- Κύκλωμα 24V για τον χειρισμό των ηλεκτρονόμων και του ρελέ έλξης της ηλεκτροβάνας
- Κύκλωμα 12V για τις ενδεικτικές λυχνίες και τον ανεμιστήρα ψύξης του πίνακα.



2022

Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος διαμόρφωσης θερμοπλαστικών με χρήση κενού (vacuum-former).



Υλοποίηση της εργασίας

<http://www.m3.tuc.gr>

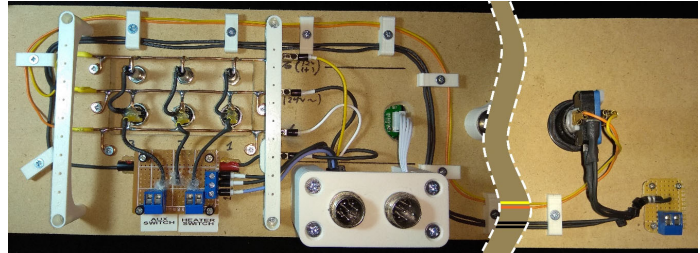


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

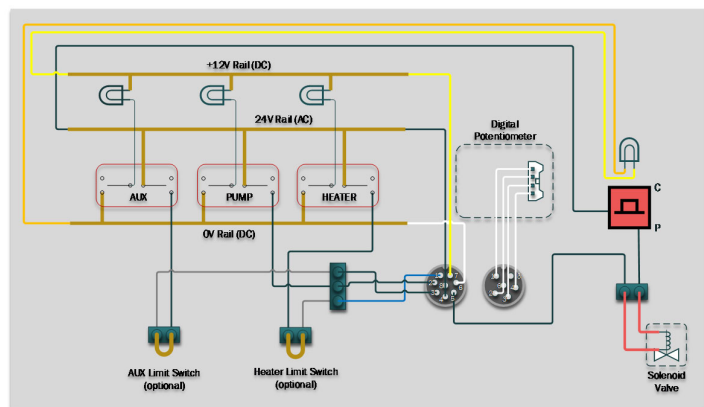
## Πίνακας ελέγχου 1/2

- Ψηφιακή ρύθμιση του ελεγκτή ισχύος έντασης θέρμανσης. Ακρίβεια και επαναληψιμότητα.
- Ηλεκτρικός και μηχανικός έλεγχος του ενσωματωμένου συστήματος κενού.
- Εκτεταμένη χρήση 3D εκτυπωμένων εξαρτημάτων για τα διάφορα όργανα-χειριστήρια

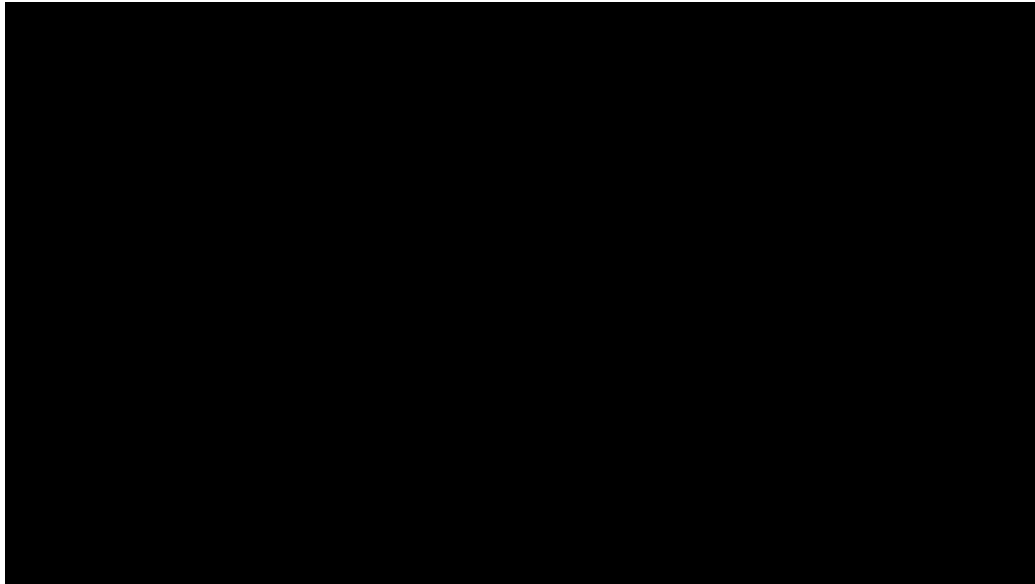


## Πίνακας ελέγχου 2/2

- Λειτουργία του πίνακα αποκλειστικά με χαμηλές τάσεις (12V/24V). Ασφάλεια για τον χρήστη.
- Ενσωματωμένες αναμονές για σύνδεση τερματικού διακόπτη στα κυκλώματα του φούρνου και της εξωτερικής παροχής ισχύος
- Καλώδια ρυθμιστή ισχύος σε διαφορετικό καλώδιο για αποφυγή παρεμβολών.



- Παράδειγμα εφαρμογής ABS 1.5mm



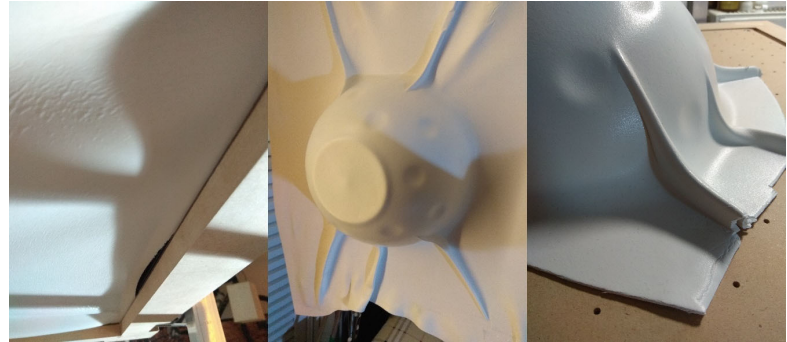
## Λειτουργία της μηχανής

- Δοκιμή με ABS, πάχους 1.5mm, σε κυκλικά μπολς
- Άριστη εφαρμογή
- Παρουσιάστηκε ελαφρό φαινόμενο «webbing» λόγω της εγγύτητας των καλουπιών. Μπορεί να διορθωθεί με μικρότερη ταχύτητα αναρρόφησης και τοποθέτηση ενδιάμεσων σωμάτων.



## Λειτουργία της μηχανής

- Δοκιμή με Βινύλιο, πάχους 2.2mm, μεγάλο κυκλικό μπολ
- Καλή αναπαραγωγή χαρακτηριστικών, αλλά κακή συνολική εφαρμογή, με έντονο webbing.
- Το υλικό παρουσίασε έντονη συστολή κάνοντας την συγκράτηση πολύ δύσκολη



### Αποτελέσματα δοκιμών

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Λειτουργία της μηχανής

- Δοκιμή με Πολυκαρβονικό, πάχους 2mm, Καλούπι ιδιοκατασκευή, για κατασκευή καλύμματος για μεγάλο UAV
- Παρουσιάστηκε έντονο πρόβλημα υγρασίας στο υλικό. Σχηματισμός έντονων φουσαλίδων. Το υλικό πρέπει να αφυγρανθεί πριν την εφαρμογή.
- Το υλικό δεν εφάρμοσε σωστά λόγω ελλιπούς ευπλαστότητας. Ευθύνεται η χαμηλή θερμοκρασία εφαρμογής σε συνδυασμό με την υγρασία.



### Αποτελέσματα δοκιμών

<http://www.m3.tuc.gr>

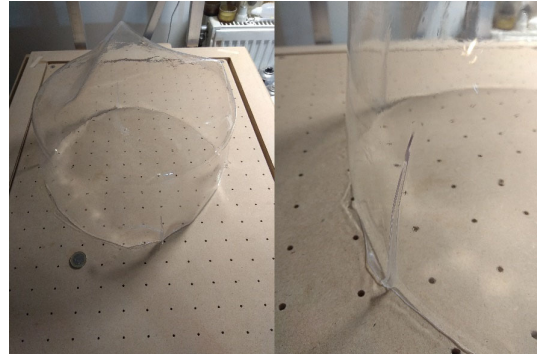


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Λειτουργία της μηχανής

- Δοκιμή με PET πάχους 1.25mm, Καλούπι ιδιοκατασκευή, για κατασκευή καλύμματος για μεγάλο UAV
- Εξαιρετική εφαρμογή, παρά τον πολύ μεγάλο όγκο του καλουπιού.
- Ελάχιστο webbing λόγω κυρίως της μεγάλης ταχύτητας αναρρόφησης και του μεγάλου ύψους του καλουπιού.



### Αποτελέσματα δοκιμών

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Συμπεράσματα, σχολιασμός αποτελεσμάτων.

### Επίτευξη Στόχων

- Η μηχανή λειτουργεί με απόλυτη επιτυχία, ιδιαίτερα σε υλικά έως και μέτριας δυσκολίας και πάχους, ακόμη και στα 16A.
- Εύκολη ενσωμάτωση των δύο συστημάτων αναρρόφησης, χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες.
- Η μηχανή καταλαμβάνει μικρό χώρο για την χωρητικότητά της.

### Παρατηρήσεις

- Μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στο επίπεδο υγρασίας των πρώτων υλών.
- Χρήσιμη η μετατροπή του συστήματος σύσφιξης των τελάρων για καλύτερη συγκράτηση του φύλλου υλικού.
- Ιδιαίτερα προσεκτικοί χειρισμοί χρειάζονται σε δύσκολα καλούπια για να αποφεύγεται το webbing.



### Συμπεράσματα

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



## Αξιολόγηση κόστους

### Υλοποίηση εργασίας

- Χωρητικότητα: 700x500mm
- Κενό: Αντλία κενού -0.95Bar, δεξαμενή κενού και εξωτερική σύνδεση αναρρόφησης
- Εξωτερικές διαστάσεις: 1000x800mm, ύψος 1.95m
- Κόστος: ~900€

### CR Clarcke 1820

- Χωρητικότητα: 482x432mm
- Κενό: ενσωματωμένη αντλία -0.83Bar. Υποβοήθηση απελευθέρωσης καλουπιού με πίεση.
- Εξωτερικές διαστάσεις: 820x1464mm, ύψος 1.17m
- Τιμή: ~9500€ (~3300€ μεταχειρισμένη)

Οι μηχανές θεωρούνται αντίστοιχες, καθώς η μια έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα, ενώ η άλλη κάποιες παραπάνω λειτουργίες, πχ πολυζωνική θέρμανση φύλλου κ.α.



## Συμπεράσματα

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

## Μελλοντικές βελτιώσεις

### Άμεσα σχέδια

- Αντικατάσταση του κάτω τελάρου με μεταλλικό, και αλλαγή των συνδετήρων με ισχυρότερους.
- Ενίσχυση του δαπέδου της μηχανής με νεύρο εμπρός για αποφυγή σχηματισμού τόξου στο MDF
- Εγκατάσταση των προσχεδιασμένων διακοπών ορίων (limit switches) για τον φούρνο και την εξωτερική παροχή ισχύος

### Επόμενη υλοποίηση

- Κατασκευή των μοχλών ανύψωσης από πιο άκαμπτα υλικά.
- Αλλαγή του συστήματος συγκράτησης των λαμπτήρων με ένα που να επιτρέπει μεγαλύτερη ανοχή σε διαφοροποιήσεις στο μήκος της λάμπας.



## Μελλοντικά σχέδια

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

# Τέλος Παρουσίασης

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Ακολουθεί παράρτημα με φωτογραφικό υλικό.

2022

Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος διαμόρφωσης θερμοπλαστικών με χρήση κενού (vacuum-former).



Τέλος παρουσίασης

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος

2022

Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος διαμόρφωσης θερμοπλαστικών με χρήση κενού (vacuum-former).



Όψεις μηχανής



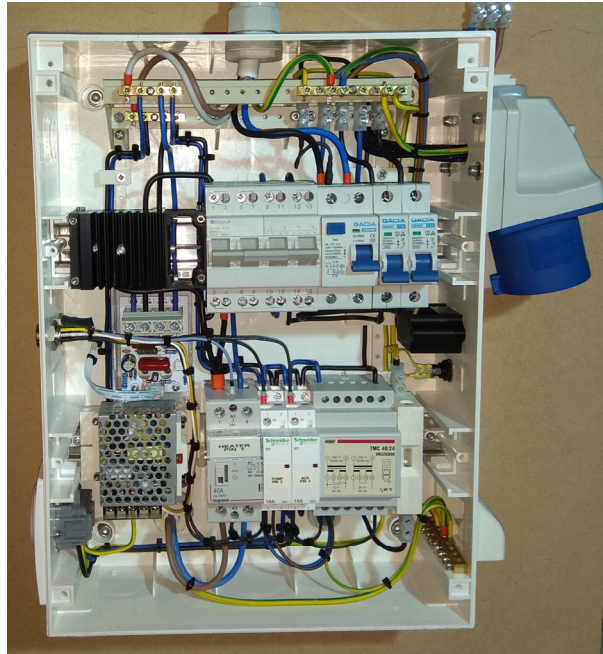
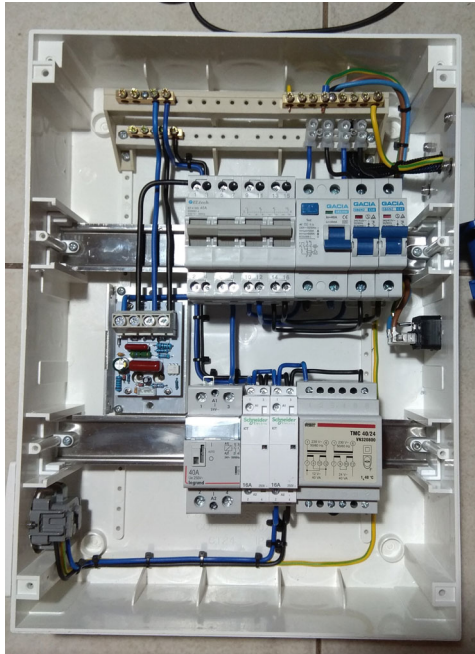
Παράρτημα

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



Φάσεις κατασκευής του ηλεκτρολογικού πίνακα.



## Παράρτημα

<http://www.m3.tuc.gr>



**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



3D Εκτυπωμένο template για καθοδήγηση του ρούτερ στην διάνοιξη πατούρας για διακόπτη, με εξάρτημα ευθυγράμμισης



3D εκτυπωμένο καπάκι καλωδίωσης.



## Παράρτημα

<http://www.m3.tuc.gr>



**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευστάθιος Μπίκος



Εξαρτήματα κατασκευασμένα στον τόρνο.

