

---

## **ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

### **ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

---

**<<Μελέτη και ανάπτυξη αρδευτικού σταλακτηφόρου  
σωλήνα ταινίας και η γραμμή παραγωγής του>>**

---

**“Drip tape design and manufacturing”**

---

### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**Ακριτανάκη Κωνσταντίνου**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Νικόλαος Μπιλάλης

Χανιά 2011

Σε όσους πίστεψαν  
σε αυτό το εγχείρημα....

# **Περιεχόμενα**

## **Εισαγωγή**

### **Μέρος Α:Η φύση της στάγδην άρδευσης**

A.1 Τι είναι στάγδην άρδευση;-----	σελ 5
A.2 Γιατί να επιλέξουμε στάγδην άρδευση;-----	σελ 6
A.3 Τι περιλαμβάνει ένα σύστημα στάγδην άρδευσης;-----	σελ 7

### **Μέρος Β: Η φύση των σταλακτηφόρων σωλήνων**

B.1 Πώς λειτουργεί ένας σταλακτηφόρος σωλήνας;-----	σελ 10
---	--------

### **Κεφάλαιο 1:Αρδευτικός σωλήνας ταινίας**

1.1 Τα χαρακτηριστικά-----	σελ 15
1.2 Ο ανταγωνισμός-----	σελ 15

### **Κεφάλαιο 2:Καθορισμός προδιαγραφών και σχεδίαση**

2.1 Καθορισμός προδιαγραφών βάσει ανταγωνισμού-----	σελ 18
2.2 Καθορισμός προδιαγραφών για διευκόλυνση παραγωγής-----	σελ 19
2.3 Σχεδίαση ταινίας-----	σελ 20

### **Κεφάλαιο 3:Γραμμή παραγωγής αρδευτικού σωλήνα ταινίας**

3.1 Περιγραφή γραμμής παραγωγής-----	σελ 25
3.2: Διαδικασία παραγωγής ταινίας-----	σελ 33
3.3 Διαδικασία παραγωγής σωλήνα-----	σελ 34

### **Κεφάλαιο 4:Σχεδιομελέτη γραμμής παραγωγής ταινίας (strip) με χρήση τυμπάνου**

4.1 Εισαγωγή-----	σελ 36
4.1.1 Τύμπανο-----	σελ 37

4.1.2.1 Στήριξη-----σελ 39

4.1.2.2 Επιλογή εδράνων στήριξης άξονα-----σελ 42

## **Κεφάλαιο 5:Σχεδιομελέτη κατασκευής συστήματος ένθεσης**

5.1 Περιγραφή συστήματος-----σελ 53

5.2 Διαδικασία ένθεσης-----σελ 56

## **Κεφάλαιο 6:Βελτιώσεις**

6.1 Βελτιώσεις στη σχεδίαση της ταινίας-----σελ 57

6.2 Βελτιώσεις στη παραγωγή ταινίας-----σελ 61

**Συμπεράσματα-----σελ62**

**Βιβλιογραφία-----σελ63**

# Εισαγωγή

## Μέρος Α

### Η φύση της στάγδην άρδευσης

#### A.1 Τι είναι στάγδην άρδευση;



Σε μια προσπάθεια να βρεθεί μια εναλλακτική μέθοδος άρδευσης, που αφορά καλλιέργειες με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό, επινοήθηκε η στάγδην άρδευση.

Είναι η μέθοδος άρδευσης καλλιεργειών με σταγόνα.

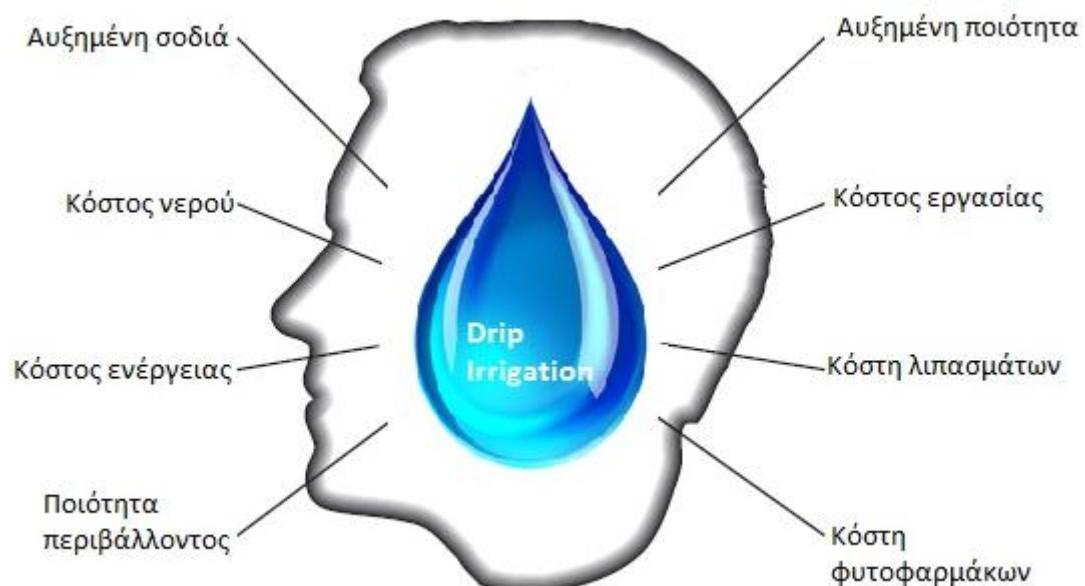
Σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετούνται κατά μήκος της καλλιέργειας (υπόγεια ή υπέργεια), εναποθέτοντας νερό απευθείας στη ρίζα του κάθε φυτού.

## A.2 Γιατί να επιλέξουμε στάγδην άρδευση;

1) Η στάγδην άρδευση μπορεί να μας βοηθήσει να χρησιμοποιήσουμε το νερό αποτελεσματικά καθώς έχουμε μηδενικές απώλειες σε νερό.(<90% αποδοτικότητα)

Αυτό συμβαίνει διότι:

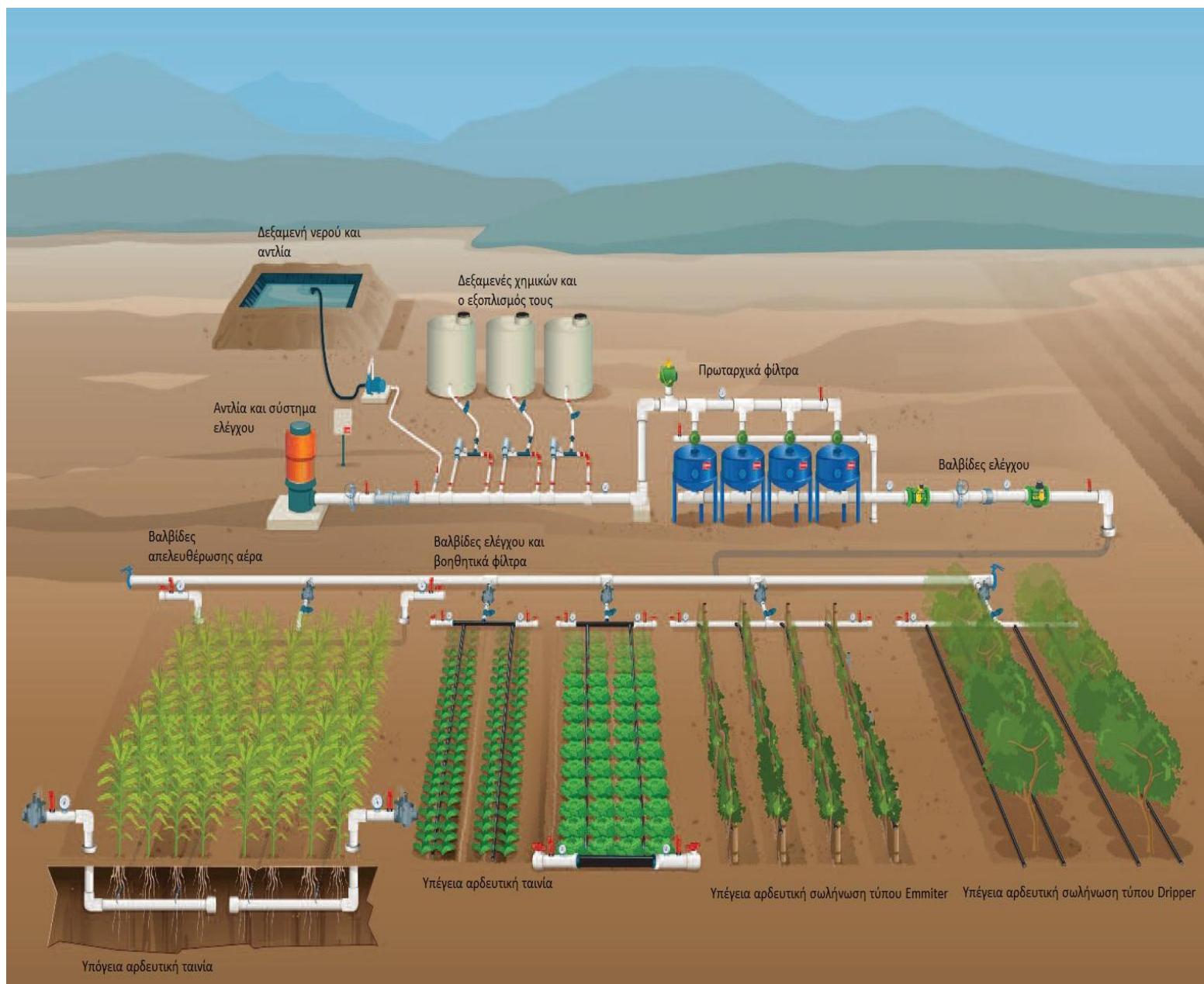
- Αποφεύγεται η βαθιά διήθηση (το νερό κινείται κάτω από το προφίλ του εδάφους κάτω από το ριζικό σύστημα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά)
  - Δεν υπάρχει εξάτμιση νερού
  - Το νερό δεν έρχεται σε επαφή με τα φύλλα ή τους καρπούς των καλλιεργειών.
- 2) Χημικά γεωργικά προϊόντα μπορούν να εφαρμοστούν πιο αποτελεσματικά καθώς εναποτίθενται απευθείας στο σύστημα ριζών.
- 3) Μπορεί να εφαρμοστεί σε ανώμαλο ανάγλυφο εδάφους.
- 4) Μείωνει το κόστος λόγω της μειωμένης χρήσης νερού και λιπασμάτων.



### **A.3 Τι περιλαμβάνει ένα σύστημα στάγδην άρδευσης;**

Ένα τυπικό σύστημα στάγδην άρδευσης σήμερα κοστίζει 300€ με 800€ ανά στρέμμα. Ένα μέρος του κόστους αποτελεί την αρχική επένδυση και διαρκεί αρκετά χρόνια και το υπόλοιπο αποτελεί ετήσιο κόστος.

Ένα τυπικό σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από ένα ελεγχόμενο σύστημα διανομής νερού. Το νερό αντλείται είτε από δεξαμενή επιφανείας, είτε από το έδαφος. Στη συνέχεια εμπλουτίζεται με χημικά πρόσθετα (προαιρετικά), φιλτράρεται και ρυθμίζεται η πίεση του σε επίπεδα αντίστοιχα με αυτά που ορίζει το σύστημα διανομής. Τέλος το νερό, μέσω ενός δικτύου τυφλών σωλήνων τροφοδοτεί τις σταλακτηφόρες αρδευτικές σωληνώσεις.



**Εικόνα 1:Τυπικό σύστημα στάγδην άρδευσης**

Τα βασικά μέρη ενός συστήματος στάγδην άρδευσης είναι:

- Αντλία νερού
- Συστήματα λίπανσης (προαιρετικά)
- Βαλβίδες
- Ρυθμιστές πίεσης
- Φίλτρα
- Σωλήνες μεταφοράς νερού
- Σταλακτηφόροι σωλήνες

Για τον σχεδιασμό ενός συστήματος στάγδην άρδευσης είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός ορισμένων παραμέτρων.

Τέτοιου είδους παράμετροι είναι οι εξής:

- Οι απαιτήσεις του φυτού σε νερό και χώρο.
- Η διάρκεια ζωής της καλλιέργιας.
- Η μορφολογία του εδάφους.
- Η ποιότητα του νερού

Προσδιορίζοντας τις παραπάνω παραμέτρους συμπεραίνουμε τις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα:

- Ισαποχές σταλαχτών και παροχές νερού σταλάκτη
- Είδος σταλάκτη και η παρεχόμενη πίεση στις στους σταλακτηφόρους σωλήνες
- Το πάχος του σωλήνα
- Mesh φίλτραρίσματος (πόσο πυκνό είναι ένα φίλτρο)
- Βάθος τοποθέτησης σωλήνα (εάν είναι υπόγεια τοποθετημένος)

## Μέρος Β

### Η φύση των σταλακτηφόρων σωλήνων

#### **Β.1 Πώς λειτουργεί ένας σταλακτηφόρος σωλήνας;**

Παράδειγμα:

Στόχος είναι να διανεμηθεί συγκεκριμένη ποσότητα νερού σε κάθε φυτό ισόποσα, σε όλο το μήκος της καλλιέργειας.

Θεωρούμε την περίπτωση μιας καλλιέργειας; μήκους 100 μέτρων με φυτά τοποθετημένα ανά 15 εκατοστά όπου τοποθετείται τυφλός σωλήνας με οπές ανά 15 εκατοστά. Υπό σταθερή πίεση νερού θα δημιουργηθούν πίδακες νερού από κάθε οπή, όπου το ύψος του κάθε πίδακα θα φθίνει κατά μήκος της σωληνογραμμής λόγω πτώσης πίεσης.

Για την αποφυγή του παραπάνω αποτελέσματος χρησιμοποιείται ο σταλάκτης, του οποίου κύριος ρόλος είναι να ρυθμίζει την παροχή νερού της κάθε οπής.

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες αποτελούνται από δυο κυρίως μέρη:

#### **1) Έναν τυφλό σωλήνα**



Πρόκειται για σωλήνα πολυαιθυλενίου (PE) χαμηλής ή υψηλής πυκνότητας (LDPE,HDPE). Το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα ποικίλει και είναι ανάλογο της διάρκειας ζωής της καλλιέργειας. Τα πάχη ξεκινούν από 0.15mm (5 mil) και φτάνουν το

1mm (40 mil) (1 mil= 0.0254 mm). Η διάμετρος του σωλήνα ποικίλει μεταξύ 12mm και 23mm και είναι ανάλογη της πίεσης και της παροχής που απαιτεί η καλλιέργεια.

## 2) Ένα σταλάκτη

Ένας απλός σταλάκτης είναι μια πλαστική συσκευή που διαθέτει:

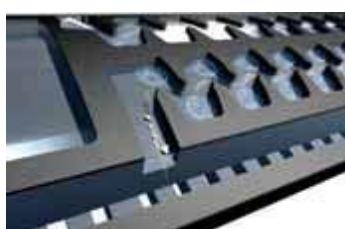
- Είσοδο νερού (water inlet)



- Λαβύρινθο (labyrinth)



- Έξοδο νερού



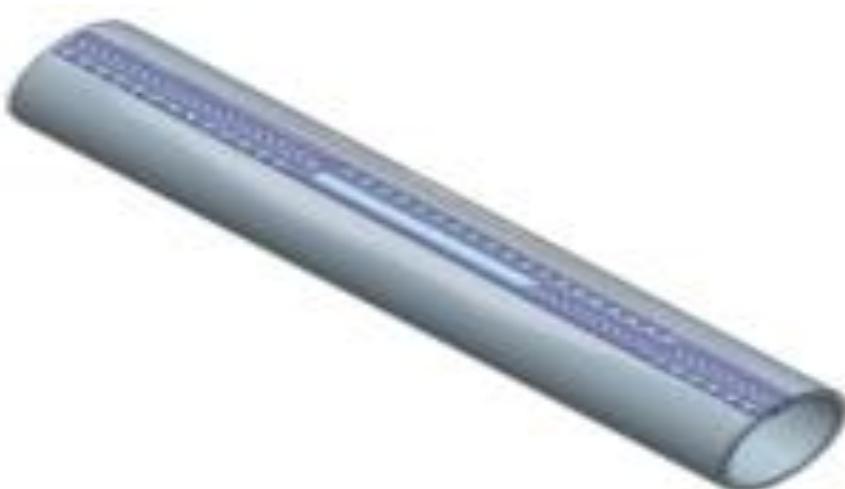
Η συγκεκριμένη συσκευή προσκολλάται στο σωλήνα. Το νερό καθώς κινείται στο εσωτερικό του σωλήνα εισέρχεται στο σταλάκτη μέσω της εισόδου, ακολουθεί ένα λαβύρινθο όπου λόγω των γραμμικών και εντοπισμένων απωλειών μειώνεται η κινητική του ενέργεια και κατά συνέπεια μειώνεται και η πίεση του νερού. Στη συνέχεια το νερό εξέρχεται από την έξοδο σε μορφή σταγόνας.

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες ποικίλουν ανάλογα με την παροχή νερού που εκχύνουν και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά. Ο ιδανικός σταλακτηφόρος σωλήνας έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ανθεκτικός (αντέχει στις εξωτερικές συνθήκες)
- Αντιστέκεται στο βούλωμα λόγω ακαθαρσιών εντός του σωλήνα
- Δυνατότητα να κρατάει σταθερή πίεση ανεξαρτήτως ανωμαλιών εδάφους και μήκους
- Παρέχει σωστή ποσότητα νερού
- Οικονομικός

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες:

### 1) Σταλακτηφόρος σωλήνας ταινίας (Drip Tape)

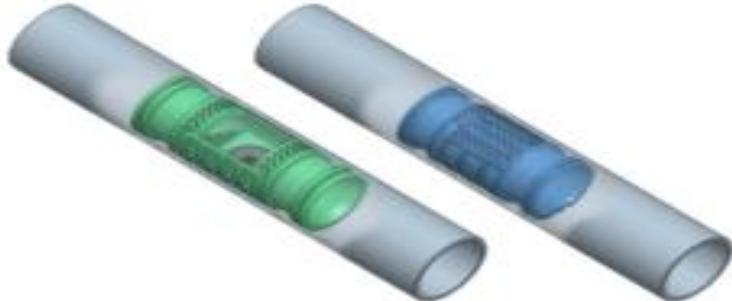


Πρόκειται για μια κατηγορία σωλήνων που κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής. Αποτελείται από ένα τυφλό σωλήνα λεπτού τοιχώματος και από το σταλάκτη ο οποίος είναι σε μορφή ταινίας. Η συγκεκριμένη ταινία κολλιέται στο επάνω μέρος του σωλήνα, σε όλο το μήκος του. Χρησιμοποιείται για καλλιέργεια λαχανικών και οποιαδήποτε καλλιέργεια μπορεί να τοποθετηθεί σε σειρά. Μπορεί να εγκατασταθεί υπόγεια αλλά και υπέργεια.

## 2) Σταλακτηφόρος σωλήνας με εσωτερικό σταλάκτη (Dripline)

Υπάρχουν δύο είδη του συγκεκριμένου σωλήνα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν:

- Στρογγυλού τύπου



- Φλάτ τύπου

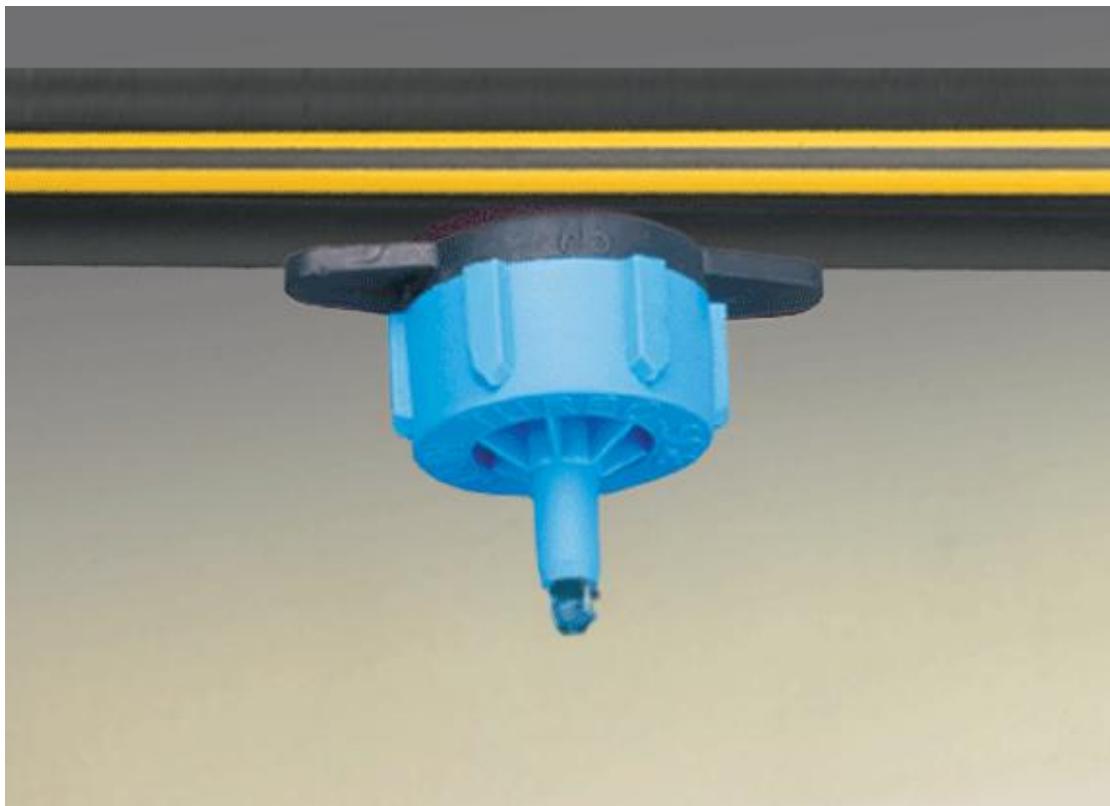


Ο συγκεκριμένος τύπος αποτελείται από το σωλήνα και από ένα μικρό πλαστικό σταλάκτη, ο οποίος τοποθετείται στο εσωτερικό του σωλήνα κατά τη διάρκεια της παραγωγής του. Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους σταλακτών είναι ότι προσφέρουν μια ευρεία γκάμα παροχών και λειτουργούν ιδανικά σε συνθήκες υψηλής πίεσης.

Οι στρογγυλοί σταλάκτες χρησιμοποιούνται κυρίως για υψηλές παροχές νερού. Οι ιδανικές εφαρμογές περιλαμβάνουν υπόγειες εγκαταστάσεις σε γραμμικές καλλιέργειες, βαμβάκι, τριφύλλι, όπως και σε οπωρώνες, αμπελώνες και φυτώρια (ιδιαίτερα σε χωράφια με κλίση μέχρι 3%).

Οι επίπεδοι (φλάτ) σταλάκτες μπορούν να επιτύχουν μικρές παροχές και μεγάλη ακρίβεια. Οι ιδανικές εφαρμογές περιλαμβάνουν υπέργειες και ελαφρώς υπόγειες εγκαταστάσεις σε καλλιέργειες όπως τομάτα, πιπεριά, πεπόνι, βαμβάκι, σταφύλι, πατάτα και άλλες γραμμικές καλλιέργειες.

### 3) Σταλακτηφόρος σωλήνας με εξωτερικό σταλάκτη (On-line dripper)



Πρόκειται για μικρές πλαστικές συσκευές που τοποθετούνται πάνω στο σωλήνα, σε σημεία που εμείς επιθυμούμε, δημιουργώντας μια ειδική οπή. Χρησιμοποιείται κυρίως για μικρής έκτασης καλλιέργειες καθώς κάθε σταλάκτης πρέπει να τοποθετείται με το χέρι. Οι ιδανικές εφαρμογές περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις σε αμπελώνες, θερμοκήπια, φυτώρια και αρχιτεκτονική τοπίου, σε μεγάλο εύρος πιέσεων.

## Αρδευτικός σωλήνας ταινίας

### 1.1 Τα χαρακτηριστικά

Πρόκειται για μία κατηγορία σταλακτηφόρων σωλήνων ευρέως διαδεδομένη της οποίας κύριο χαρακτηριστικό είναι το χαμηλό κόστος παραγωγής και κατ'επέκταση κτήσης.

Τα πλεονεκτήματα:

- Παραγωγή χαμηλού κόστους
- Αντοχή στο βιούλωμα (λόγω ακαθαρσιών που κυκλοφορούν στο σύστημα ύδρευσης)
- Μπορούν να επιτευχθούν πολύ χαμηλές παροχές

### 1.2 Ο ανταγωνισμός

Υπάρχουν πολλές εταιρίες που, εδώ και αρκετά χρόνια, προμηθεύουν την αγορά με αρδευτικούς σωλήνες ταινίας.

Οι εταιρίες με τα αντίστοιχα προϊόντα είναι:

- Jain Irrigation systems: Chapin

Κύρια χαρακτηριστικά:

Πρόκειται για ένα προϊόν βασισμένο σε μια πατέντα του 1985 και αποτελεί τον πρωτοπόρο του είδους. Κατά τη διάρκεια των χρόνων έχουν επέλθει βελτιώσεις στη διαδικασία παραγωγής αλλά και στο ίδιο το προϊόν. Χαρακτηρίζεται από

χαμηλή ταχύτητα παραγωγής, σωλήνα με ραφή και ταυτόχρονη παραγωγή ταινίας. Η ταινία εισάγεται μέσω εξώθησης όταν ο σωλήνας είναι ακόμα ανοικτός και στη συνέχεια πατιέται ο λαβύρινθος, διπλώνεται σε μορφή σωλήνα και κολλιέται μέσω μιας θερμικής διαδικασίας ή με κόλλα.

Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $60-70 \text{ m/min}$

- Roberts: Rodrip

Κύρια χαρακτηριστικά:

Βασίζεται σε πατέντα του 1993. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή ταχύτητα παραγωγής, σωλήνα με ραφή και αποτελεί το πρωτόπορο στην αποτύπωση του λαβυρίνθου απευθείας στην επιφάνεια του σωλήνα. Η διαδικασία της παραγωγής είναι αργή αλλά δεν απαιτείται ξεχωριστή γραμμή για την παραγωγή ταινίας. Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $30-40 \text{ m/min}$

- John Deree: T-tape

Κύρια χαρακτηριστικά:

Πρόκειται για ένα σωλήνα που έχει γνωρίσει αρκετά μεγάλη εμπορική επιτυχία. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή ταχύτητα παραγωγής, σωλήνα με ραφή και ξεχωριστή γραμμή παραγωγής ταινίας. Η διαφοροποίηση από της υπόλοιπες εταιρίες είναι στο λαβύρινθο και στην παραγωγική διαδικασία όπου για λόγους ευκολίας η κόλληση γίνεται στο σημείο όπου τοποθετείται η ταινία και όταν ο σωλήνας είναι ακόμα σε ημιτηγμένη μορφή. Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $60-70 \text{ m/min}$

- Chamsa: Pathfinder

Κύρια χαρακτηριστικά:

Βασίζεται σε μια πατέντα που έχει εκπονηθεί από την εταιρία Nelson.

Χαρακτηρίζεται από χαμηλή ταχύτητα παραγωγής, σωλήνα με ραφή και ξεχωριστή γραμμή παραγωγής ταινίας. Η κόλληση γίνεται στο εσωτερικό του σωλήνα με μια θερμική διαδικασία. Το συγκεκριμένο προϊόν μοιάζει με το Chapin με τη διαφορά ότι η ταινία εισάγεται έτοιμη στο σωλήνα και δεν παράγεται εκείνη τη στιγμή.

Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $60-70 \text{ m/min}$

- Queengil:

Κύρια χαρακτηριστικά:

Πρόκειται για ένα οικονομικό και αποδεδειγμένα χαμηλής ποιότητας αρδευτικό σωλήνα. Βασίζεται σε μια πατέντα που μοιάζει με της εταιρίας Roberts αλλά με ορισμένες βελτιώσεις (σωλήνας με ραφή, αποτύπωση λαβυρίνθου επάνω στο σωλήνα). Χαρακτηρίζεται από αρκετά αργό ρυθμό παραγωγής. Τα μηχανήματα για την παραγωγή τέτοιου είδους σωλήνα έχουν πολύ χαμηλό κόστος κτήσης και μπορεί να τα προμηθευτεί κανείς εύκολα έναντι 13000-15000€.

Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $30-40 \text{ m/min}$

- Toro:Aquatrazx

Κύρια χαρακτηριστικά:

Πρόκειται για τον καλύτερο και τεχνολογικά πιο εξελιγμένο σωλήνα του τύπου. Βασίζεται σε μια πατέντα του 2004 και εξελίσσεται μέχρι σήμερα. Χαρακτηρίζεται από γρήγορο ρυθμό παραγωγής και ξεχωριστή γραμμή παραγωγής ταινίας. Είναι η μοναδική εταιρία που έχει αναπτύξει αυτορυθμιζόμενη ταινία (η παροχή δεν αλλάζει σε μικρές διακυμάνσεις της πίεσης).

Η ταχύτητα παραγωγής είναι  $150-170 \text{ m/min}$

# **2**

## **Καθορισμός προδιαγραφών και σχεδίαση**



### **2.1 Καθορισμός προδιαγραφών βάσει ανταγωνισμού**

Κύριος στόχος για την παραγωγή του συγκεκριμένου σωλήνα είναι σε πρώτη φάση να κατακτήσει μερίδιο της αγοράς στο συγκεκριμένο τύπο, και σε δεύτερη φάση να κατακτήσει μερίδιο της αγοράς σε άλλους τύπους. Βασικό χαρακτηριστικό είναι το χαμηλό κόστος κτήσης σε σχέση με την ποιότητα που προσφέρει.

Προκειμένου το προϊόν που θα παραχθεί να είναι βιώσιμο στην αγορά θα πρέπει να υπερέχει του ανταγωνισμού χωρίς να χάνει το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους. Συνεπώς στόχος είναι η παραγωγή ενός σωλήνα ο οποίος θα έχει:

- Μικρό κόστος κτήσης
- Υψηλή ποιότητα

- Ανθεκτικότητα
- Ακρίβεια
- Μικρό ποσοστό ελαπτωματικών
- Μεγάλη ταχύτητα παραγωγής

Ο συγκεκριμένος αρδευτικός σωλήνας θα χρησιμοποιείται για επτοχικές καλλιέργειες φυτών που απέχουν μικρή απόσταση το ένα από το άλλο όπως:

- Ζάχαρη
- Βαμβάκι
- Πλατάτες
- Φράουλες
- Ξηρούς καρπούς
- Μπαχαρικά
- Διάφορα λαχανικά

Οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούνται ώστε να υπερτερούν στα κριτήρια του ανταγωνισμού είναι:

- Σωλήνας χωρίς ραφή (μεγάλη αντοχή στις πιέσεις)
- Σωλήνας καλιμπραρισμένος (ομοιομορφία και μεγαλύτερη αντοχή)
- Μεγάλη ταχύτητα παραγωγής (άνω των  $170^m/min$ )
- Τρύπημα για δημιουργία εξόδου νερού με laser (μεγαλύτερη ακρίβεια)
- Αντοχή στο φράξιμο από ακαθαρσίες του υδρευτικού συστήματος
- Επίτευξη πολύ χαμηλών παροχών

Με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το συγκεκριμένο προϊόν υπερέχει όλων των προϊόντων της αγοράς στο συγκεκριμένο τύπο (σωλήνες με ραφή, χαμηλές ταχύτητες παραγωγής, μικρή αντοχή στο φράξιμο) εκτός από ένα, της εταιρίας Toro.Η συγκεκριμένη εταιρία προσφέρει όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Η ειδοποιός διαφορά με το σωλήνα της Toro είναι στη σχεδίαση του λαβυρίνθου της ταινίας.

## 2.2 Καθορισμός προδιαγραφών για διευκόλυνση παραγωγής

Για να αποφευχθούν τυχόν δυσκολίες κατά την διάρκεια της παραγωγής καθορίζουμε τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται:

- Σκληρότητα ταινίας τέτοια ώστε να μην διπλώνει κατά την εισαγωγή της στο σωλήνα.

- Έξοδος του νερού να είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται το τρύπημα.
- Επιλογή ανακυκλώσιμου υλικού για επαναχρησιμοποίηση του σκάρτου και για λιγότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον.

## 2.3 Σχεδίαση ταινίας

Για να ικανοποιούνται οι ανωτέρω προδιαγραφές, κατά το σχεδιασμό θα πρέπει:

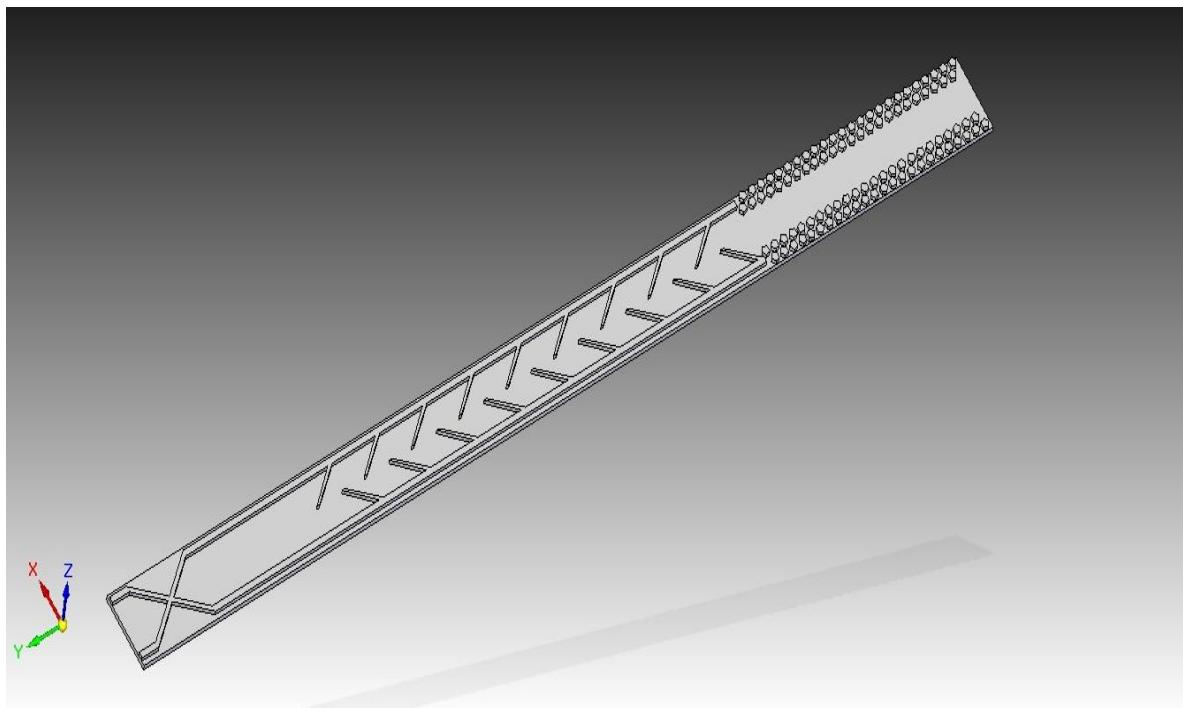
- Επιλογή υλικού :Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) για επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας και μεγαλύτερης σκληρότητας .
- **Διπλή είσοδος νερού με διπλό φίλτρο για μεγαλύτερη αντοχή στο βούλωμα.**
- **Εύκαμπτος πάτος ώστε να διευκολύνεται η απομάκρυνση των ακαθαρσιών. Επίσης με αυτόν τον τρόπο αποκολλούνται και τα άλατα που εντοπίζονται εντός του λαβυρίνθου.**
- Μεγάλες και απότομες στροφές στη ροή του νερού εντός του λαβυρίνθου, για μεγαλύτερες εντοπισμένες απώλειες και κατ'επέκταση επίτευξη μικρότερων παροχών.
- Έξοδος νερού ορθογωνικού σχήματος με μεγάλες διαστάσεις ώστε να επιτυγχάνεται ευκολότερα το τρύπημα.
- Τριγωνικό τελείωμα ώστε να υπάρχει μια συνεχής ροή υλικού στην επιφάνεια του τυμπάνου και να μην διαφεύγει από τα πλάγια.

**Οι τελείες που είναι με παχιά γράμματα είναι η ειδοποιός διαφορά με τον αντίστοιχο σωλήνα της Toro.Ο σωλήνας της Toro διαθέτει είσοδο νερού με μονό φίλτρο καθώς και χρησιμοποιεί αρκετά σκληρά υλικά για την παραγωγή της ταινίας.**

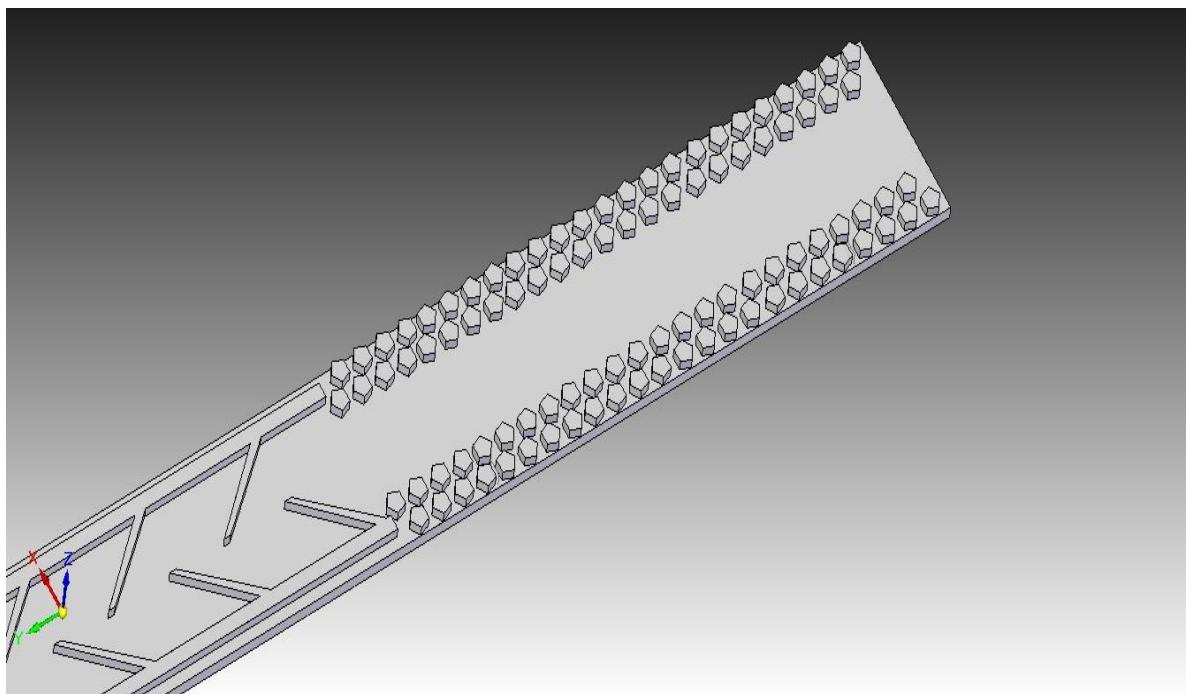
Σύμφωνα με τις παραπάνω προδιαγραφές η αρδευτική ταινία σχεδιάστηκε ως εξής:

- Πλάτος 8mm ώστε να χωράει σε όλες τις δυνατές διαμέτρους σωλήνα (Φ12, Φ16 , Φ17 ,Φ20 , Φ23).
- Ύψος 1mm ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή σκληρότητα προς αποφυγήν δίπλωσης κατά την ένθεση.
- Διπλές είσοδοι από κάθε πλευρά σε μορφή κόκκων, οι οποίοι λειτουργούν ως φίλτρο νερού.
- Διαστάσεις εξόδου 16,5mmX5,7mm

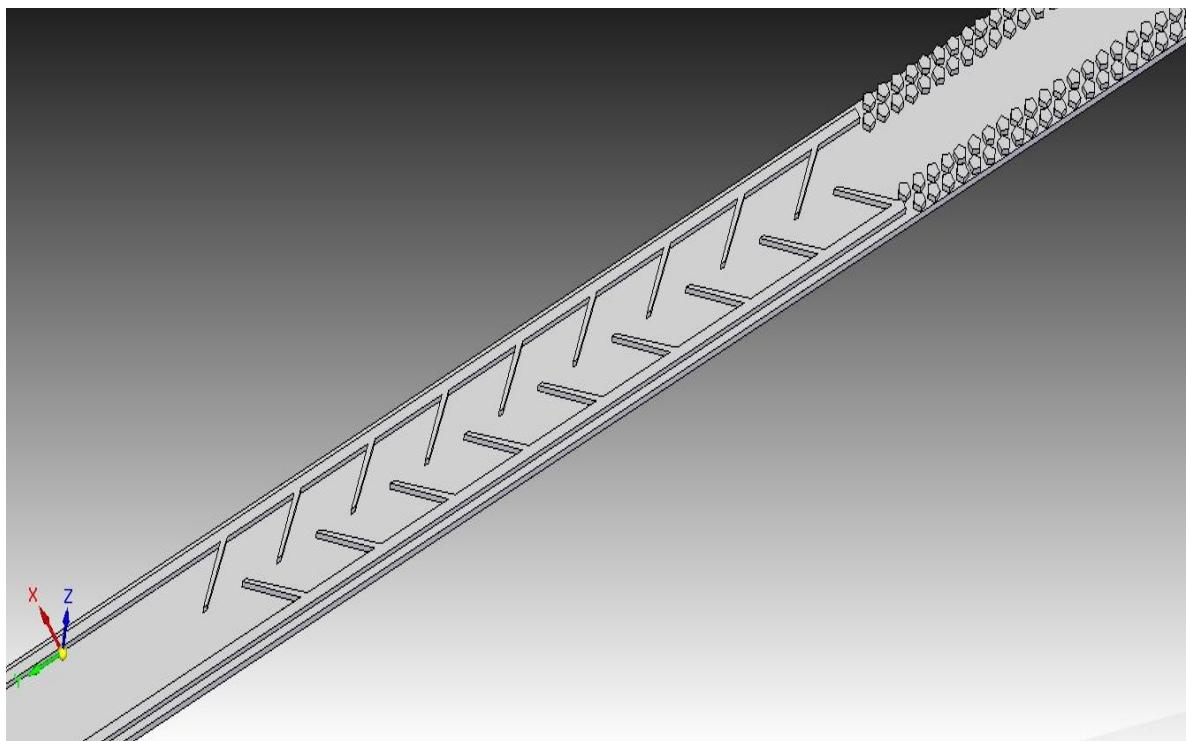
Τα παραπάνω φαίνονται στις ακόλουθες φωτογραφίες:



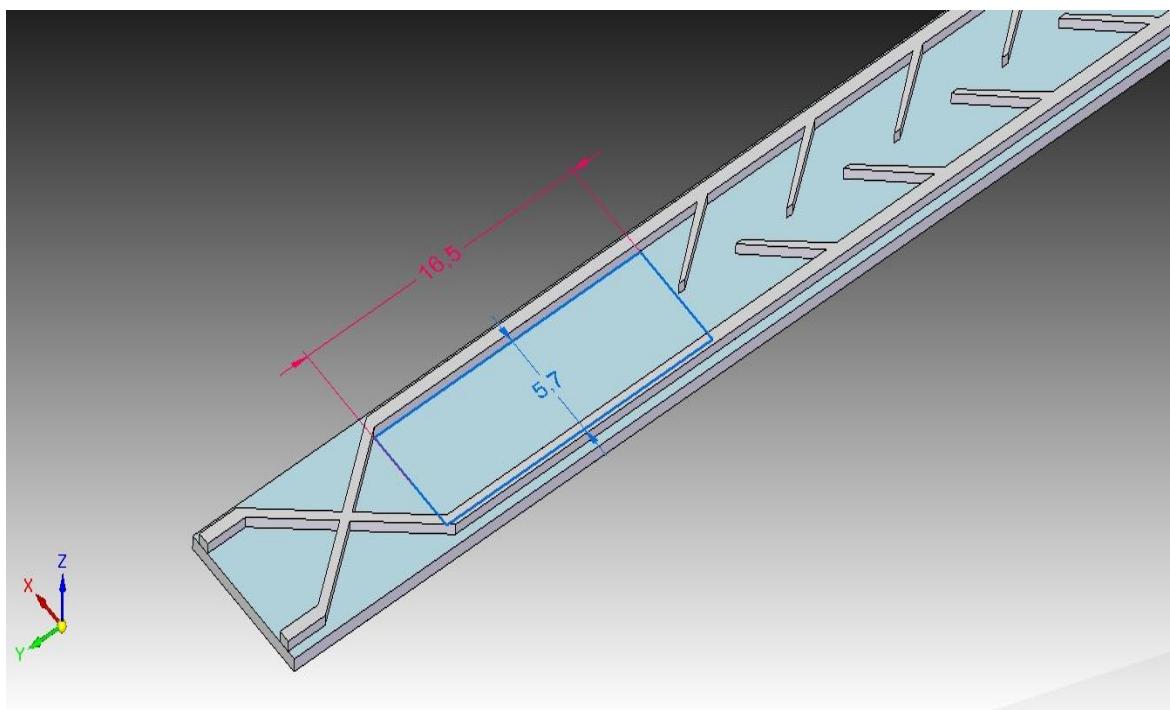
**Εικόνα 1: Κομμάτι αρδευτικής ταινίας**



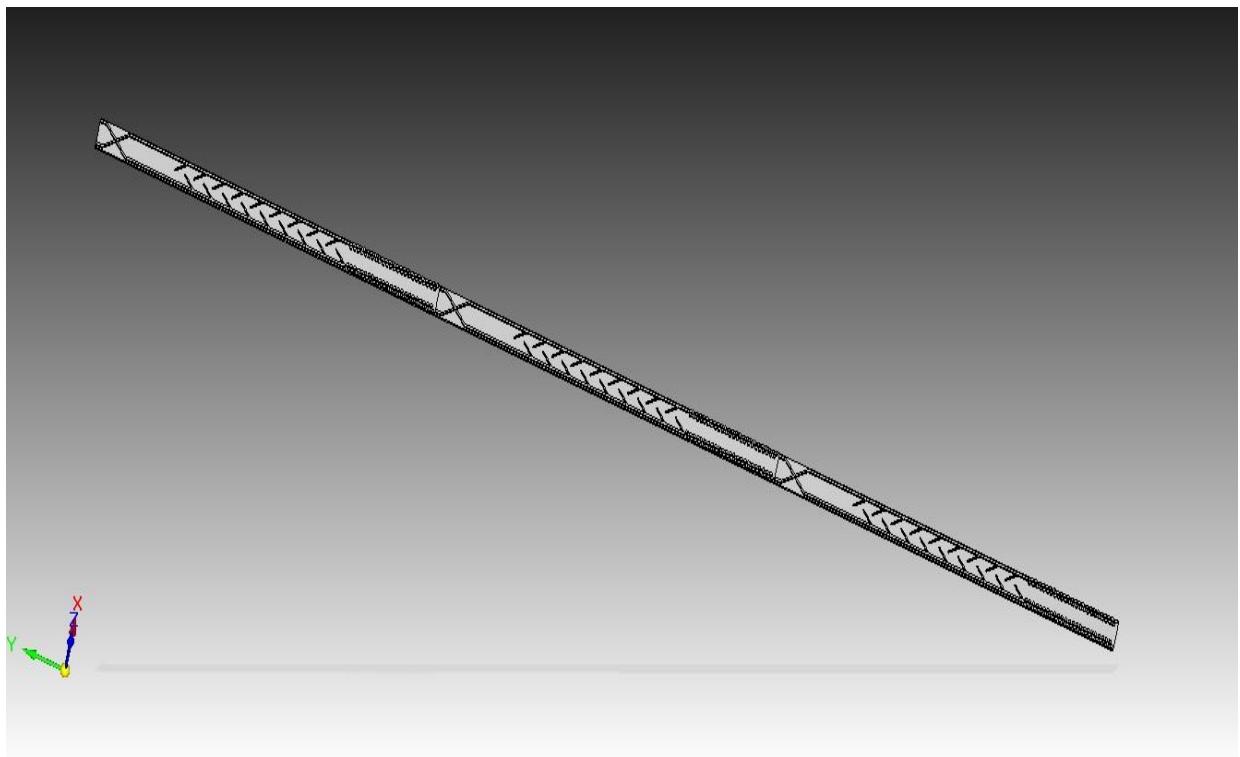
Εικόνα 2: Είσοδος νερού με διπλό φίλτρο



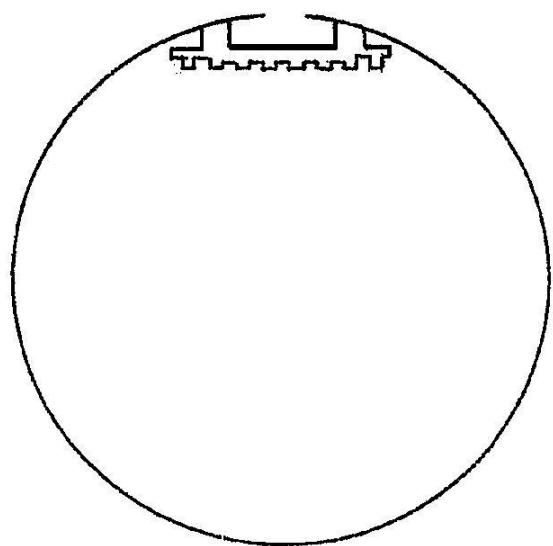
Εικόνα 3: Λαβύρινθος



Εικόνα 4: Έξοδος και οι διατάσεις της



Εικόνα 5: Αποψη αρδευτικής ταινία



Εικόνα 6: Διατομή αρδευτικού σωλήνα ταινίας

# **3**

## **Γραμμή παραγωγής αρδευτικού σωλήνα ταινίας**

### **3.1 Περιγραφή γραμμής παραγωγής**

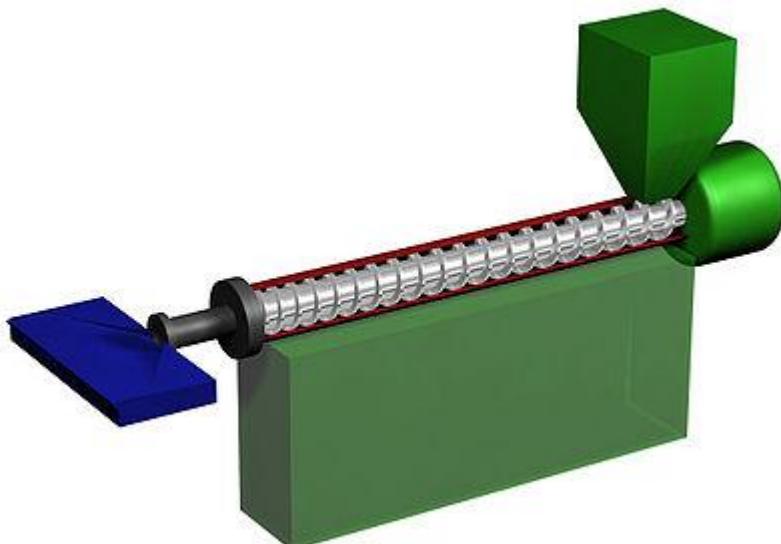
Στόχος είναι η ταυτόχρονη παραγωγή σωλήνα και ταινίας καθώς και η επίτευξη μεγάλων ρυθμών παραγωγής.

Η διαδικασία παραγωγής χωρίζεται σε δύο τμήματα:

- 1) Παραγωγή ταινίας
- 2) Παραγωγή σωλήνα

Η γραμμή παραγωγής αποτελείται από τα εξής μηχανήματα

- Εξωθητής (extruder)



Κατά την διαδικασία της εξώθησης, ακατέργαστο πολυαιθυλένιο υπό τη μορφή κόκκων εισέρχεται σε σιλό το οποίο βρίσκεται στην αρχή του κοχλία εξώθησης. Μαζί με το πολυαιθυλένιο προσθέτονται και άλλα πρόσθετα όπως χρώμα ή προστατευτικά υπεριώδους ακτινοβολίας.

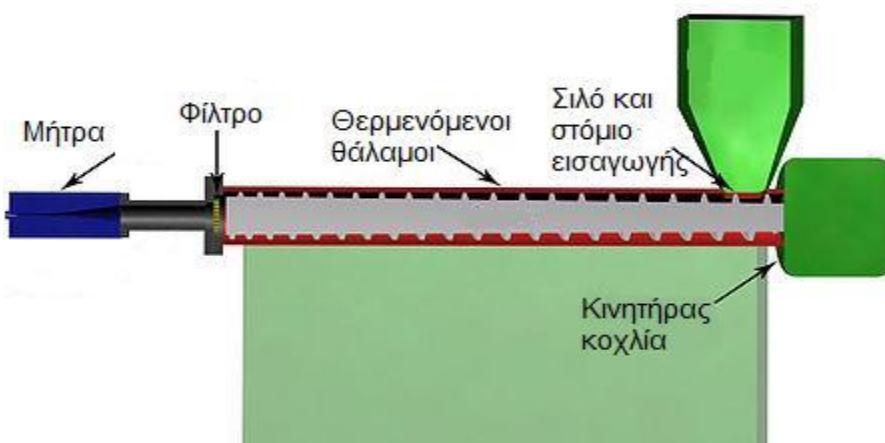
Το μίγμα εισέρχεται μέσω του στομίου στο κάτω μέρος του σιλό στην αρχή του περιστρεφόμενου κοχλία (συνήθης ταχύτητα περιστροφής 120rpm) και ωθεί το μίγμα προς τα εμπρός εντός θερμαινόμενων θαλάμων. Συνήθως μια μηχανή εξώθησης αποτελείται από τουλάχιστον τρείς ανεξάρτητους θερμαινόμενους θαλάμους. Η θερμοκρασία αυξάνεται διαδοχικά από θάλαμο σε θάλαμο ως την επίτευξη της θερμοκρασίας τήξης (αυτό συμβαίνει για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του υλικού). Η θερμοκρασία ποικίλει μεταξύ των  $200^{\circ}\text{C}$  και  $275^{\circ}\text{C}$ . Επιπλέον θερμότητα αναπτύσσεται λόγω τριβής μεταξύ του κοχλία και του μίγματος.

Το μίγμα έχοντας περάσει από τους θαλάμους θέρμανσης έχει τηχθεί και βρίσκεται σε υγρή μορφή. Αφήνοντας τους θαλάμους περνάει από φίλτρο του οποίου ο ρόλος είναι:

- Απομάκρυνση ακαθαρσιών μίγματος
- Μετατροπή της κίνησης εξώθησης από περιστροφική σε γραμμική
- Δημιουργία πίεσης αντίστασης εντός του περιστρεφόμενου κοχλία

Στη συνέχεια μόλις περάσει από το φίλτρο, το μίγμα εισάγεται εντός μήτρας η οποία δίνει την τελική μορφή του προϊόντος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο εξωθητής για την παραγωγή σωλήνα έχει μήτρα κυλινδρικής διατομής, ενώ ο εξωθητής ταινίας έχει μήτρα ορθογωνικής διατομής.

Στο σημείο αυτό το μίγμα έχει πάρει την τελική του μορφή και είναι έτοιμο να ψυχθεί. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τραβήγματος του προϊόντος εντός μπάνιου ή τυμπάνου ψύξης.

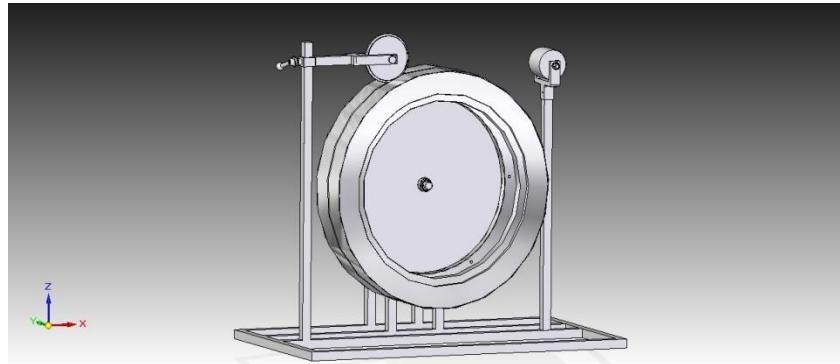


- Τύμπανο

Το τύμπανο διαθέτει διπτό ρόλο κατά την παραγωγική διαδικασία:

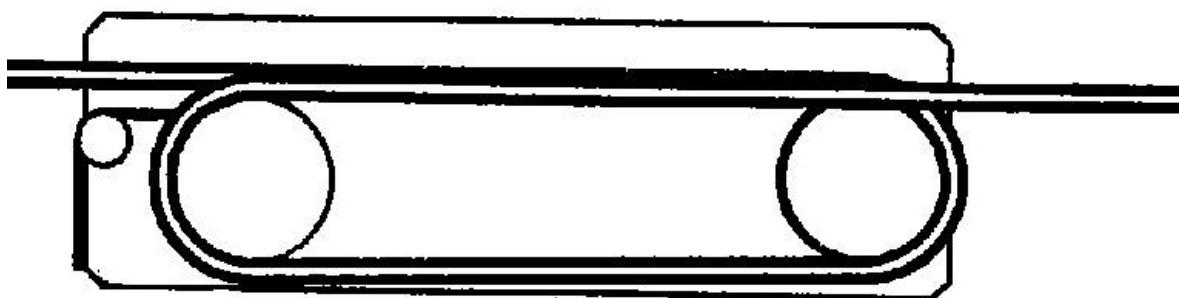
- Ψύξη
- Μορφοποίηση της ταινίας

(Αναλυτική περιγραφή στη συνέχεια)

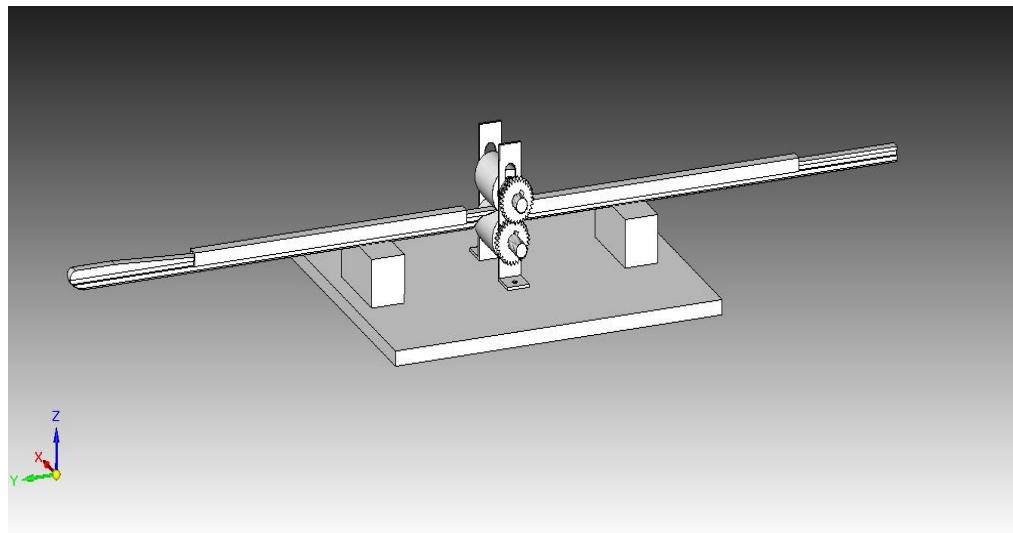


- Τεντωτήρας

Ο τεντωτήρας χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία παραγωγής της ταινίας και ο κύριος ρόλος του είναι να κρατάει μια διαρκή τάση στην ταινία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω δύο κυλίνδρων οι οποίοι συνδέονται με ελατήριο το οποίο τα συγκρατεί σε απόσταση μεταξύ τους. Η ταινία τυλίγεται μεταξύ των δυο αυτών κυλίνδρων και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η διαρκής τάση και αποφεύγονται τυχόν ανωμαλίες στην ταχύτητα της παραγωγής.



- Σύστημα ένθεσης



Το σύστημα ένθεσης χρησιμοποιείται για εισαχθεί η ταινία στο εσωτερικό του σωλήνα.

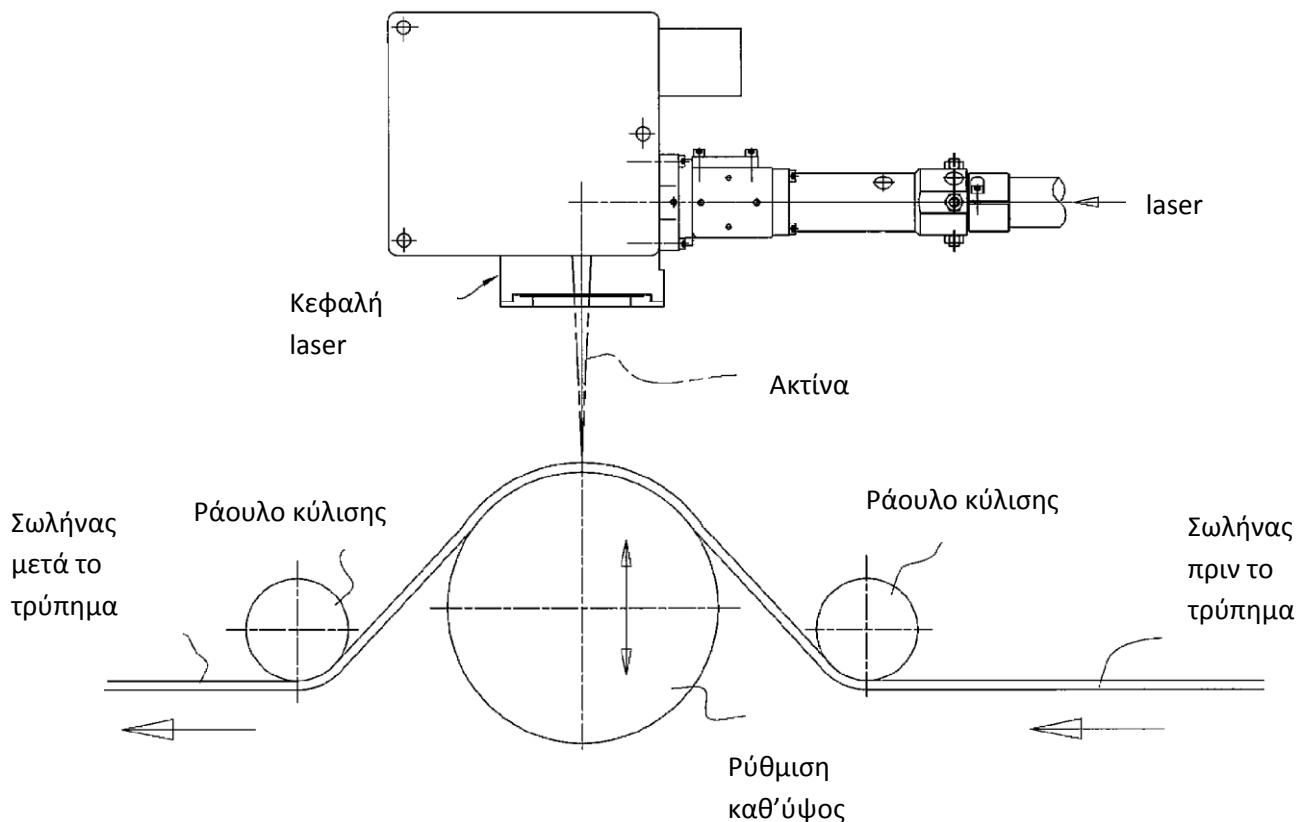
(Εκτενής περιγραφή στη συνέχεια)

- Μπάνιο-Θάλαμος υποπίεσης



Το μπάνιο-θάλαμος υποπίεσης χρησιμοποιείται για να ψύξει το σωλήνα και για να καλιμπράρει το πάχος του. Προκειμένου να επιτευχθεί η ψύξη ο σωλήνας εισέρχεται εντός δεξαμενής με νερό. Η συγκεκριμένη δεξαμενή είναι κλειστή αεροστεγώς και μέσω αντλίας κενού επιτυγχάνεται η επιθυμητή υποπίεση.

- Τρύπημα



Για μεγαλύτερη ακρίβεια στο τρύπημα χρησιμοποιείται laser υψηλής ακτινοβολίας. Το συγκεκριμένο σύστημα δέχεται σήμα από το σύστημα ελέγχου PLC το οποίο σηματοδοτεί το σημείο όπου πρέπει να επιτευχθεί το τρύπημα το οποίο με τη σειρά του θα αποτελεί την έξοδο του νερού. Το σύστημα laser διαθέτει κύλινδρο κύλισης ρυθμιζόμενο καθ'ύψος ώστε να ελέγχεται η ένταση της ακτίνας. Το σχήμα του τρυπήματος είναι ένα ελαφρύ σκίσιμο. Με αυτό τον τρόπο η έξοδος του νερού είναι κλειστή όταν δεν υπάρχει επαρκής πίεση εντός του σωλήνα, καθώς επίσης αποτρέπεται η εισβολή ριζών των φυτών εντός του λαβυρίνθου.

- Τράβηγμα



Το τράβηγμα του σωλήνα επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος Haul-off. Διαθέτει δυο αντίρροπα κινούμενους ιμάντες, ανάμεσα στους οποίους βρίσκεται ο σωλήνας. Η ταχύτητα των κυλίνδρων καθορίζεται από το σύστημα ελέγχου.

- Ανέμη



Η ανέμη είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την περιτύλιξη του σωλήνα σε κουλούρες. Η λειτουργία της είναι συνεχής και αυτόματη. Συγκεκριμένα, μόλις ολοκληρωθεί η περιτύλιξη μίας κουλούρας, χωρίς να διακοπεί η λειτουργία της, μέσω ενός μαχαιριού, κόβεται ο σωλήνας και η άκρη του περνά σε δεύτερο σημείο τύλιξης. Η

ταχύτητα περιτύλιξης καθορίζεται από την αντίσταση που έχει ο σωλήνας κατά την περιτύλιξη.

- Σύστημα ελέγχου

Η γραμμή παραγωγής συγχρονίζεται μέσω ενός συστήματος ελέγχου PLC. Στο σύστημα αυτό είναι συνδεδεμένα:

- Εξωθητής 1
- Εξωθητής 2
- Τύμπανο
- Σύστημα ένθεσης
- Τρύπημα
- Τράβηγμα
- Ανέμη

Προκειμένου η γραμμή παραγωγής να λειτουργεί εύρυθμα θα πρέπει να υπάρχει μια κοινή ταχύτητα λειτουργίας ανάμεσα στα επιμέρους μηχανήματα. Το σύστημα ελέγχου PLC συγχρονίζει την ταχύτητα εξώθησης των εξωθητών 1 και 2 με την ταχύτητα περιστροφής τυμπάνου. Η ταχύτητα στα δυο αυτά συστήματα ελέγχεται μέσω της τάσης στους αντίστοιχους ηλεκτροκινητήρες των δυο αυτών μηχανημάτων. Στη συνέχεια συγχρονίζεται η ταχύτητα του συστήματος ένθεσης με την ταχύτητα τραβήγματος. Στο σύστημα ένθεσης υπάρχει αισθητήρας θέσης ο οποίος σηματοδοτεί το σημείο στο οποίο θα γίνει το τρύπημα. Τέλος, στο σύστημα ένθεσης υπάρχει αισθητήρας θέσης ο οποίος σηματοδοτεί το σημείο όπου βρίσκεται η έξοδος του νερού. Το σήμα αυτό μεταφέρεται στο τρύπημα Laser για την δημιουργία της αντίστοιχης εξόδου.

Σημείωση: Μηχανήματα τα τα οποία υπάρχουν στο εμπόριο απλώς αναφέρονται.

Μηχανήματα τα οποία δεν υπάρχουν και απαιτούν κατασκευή υπάρχει σχεδιομελέτη.

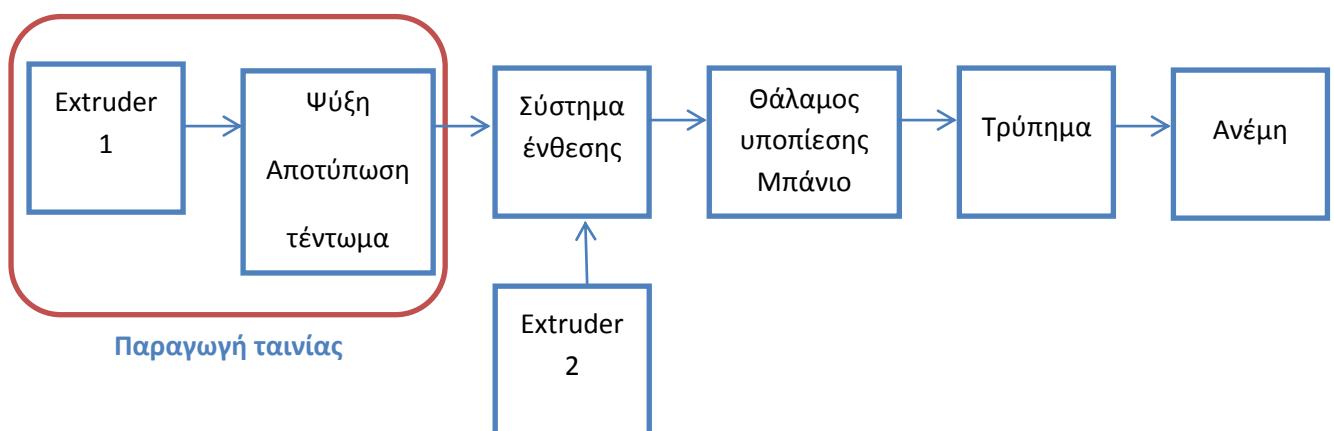
Μηχανήματα εμπορίου:

- Εξωθητής (extruder)
- Θάλαμος υποπίεσης/μπάνιο
- Τρύπημα laser
- Ανέμη

Μηχανήματα που απαιτούν σχεδιομελέτη:

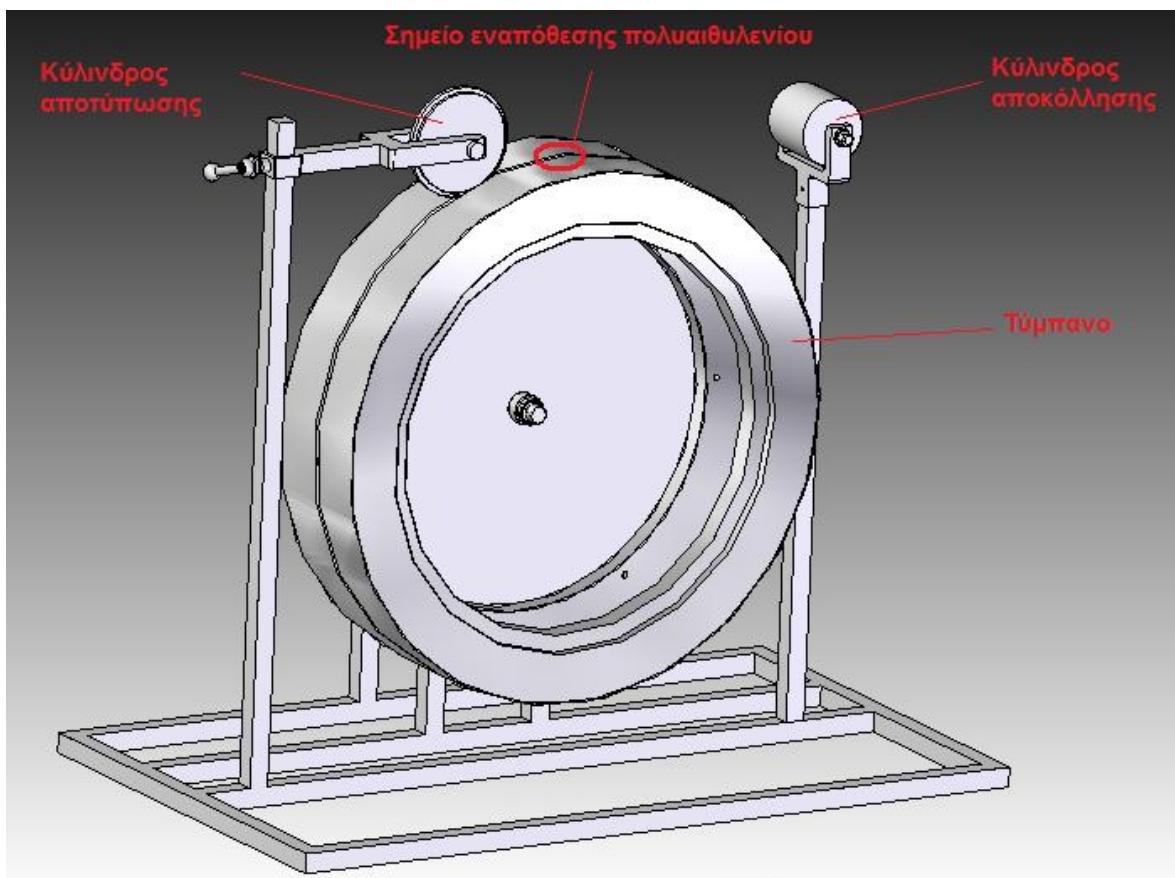
- Τύμπανο ψύξης και αποτύπωση
- Σύστημα ένθεσης (inserting)

Τα δύο τμήματα ενώνονται μέσω του συστήματος ένθεσης



### 3.2 Διαδικασία παραγωγής ταινίας

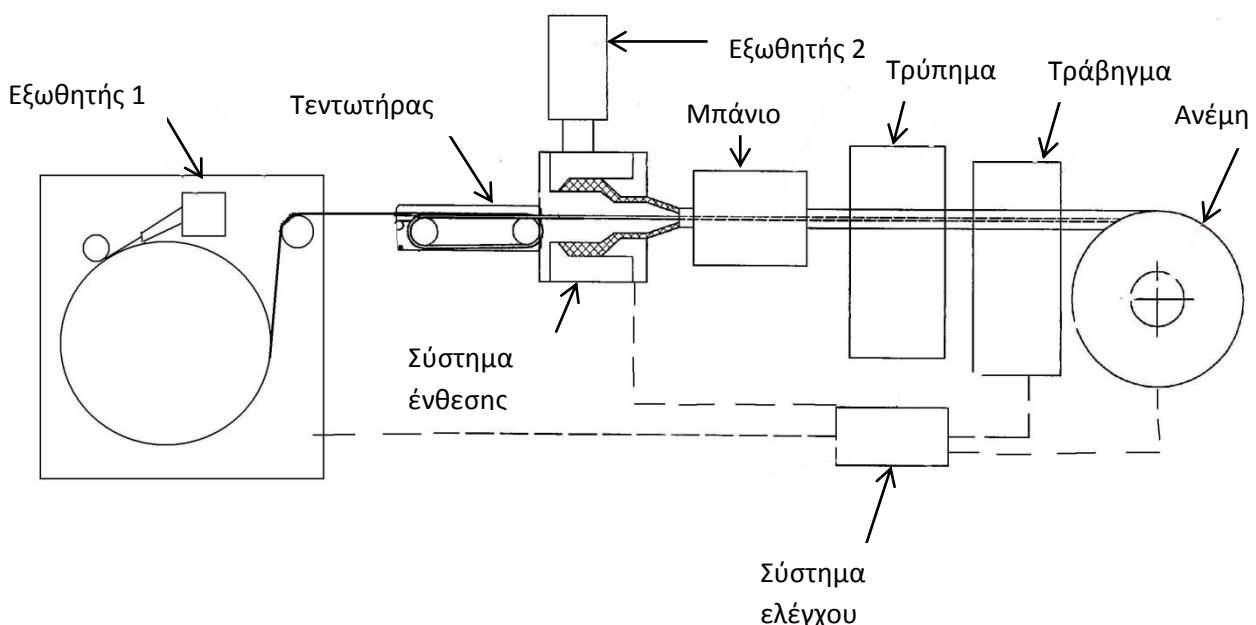
- 1) Εξώθηση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας(HDPE) μέσω μήτρας ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 8mm x 1mm.
- 2) Το πολυαιθυλένιο εκχύνεται εντός εγκοπής περιστρεφόμενου τυμπάνου.
- 3) Ακολουθεί αποτύπωση του λαβυρίνθου μέσω του κυλίνδρου αποτύπωσης η οποία έχει στην επιφάνεια της χαραγμένο το λαβύρινθο σε αρνητική μορφή.
- 4) Το πολυαιθυλένιο πλέον έχει πάρει τη μορφή ταινίας και ακολουθεί όλη τη διαδρομή του τυμπάνου ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ψύξη.
- 5) Μετά το στάδιο της ψύξης υπάρχει τεντωτήρας ταινίας ώστε να επιτυγχάνεται μια διαρκής τάση.



Εικόνα 6:Τύμπανο ψύξης και αποτύπωσης

### 3.3 Διαδικασία παραγωγής σωλήνα

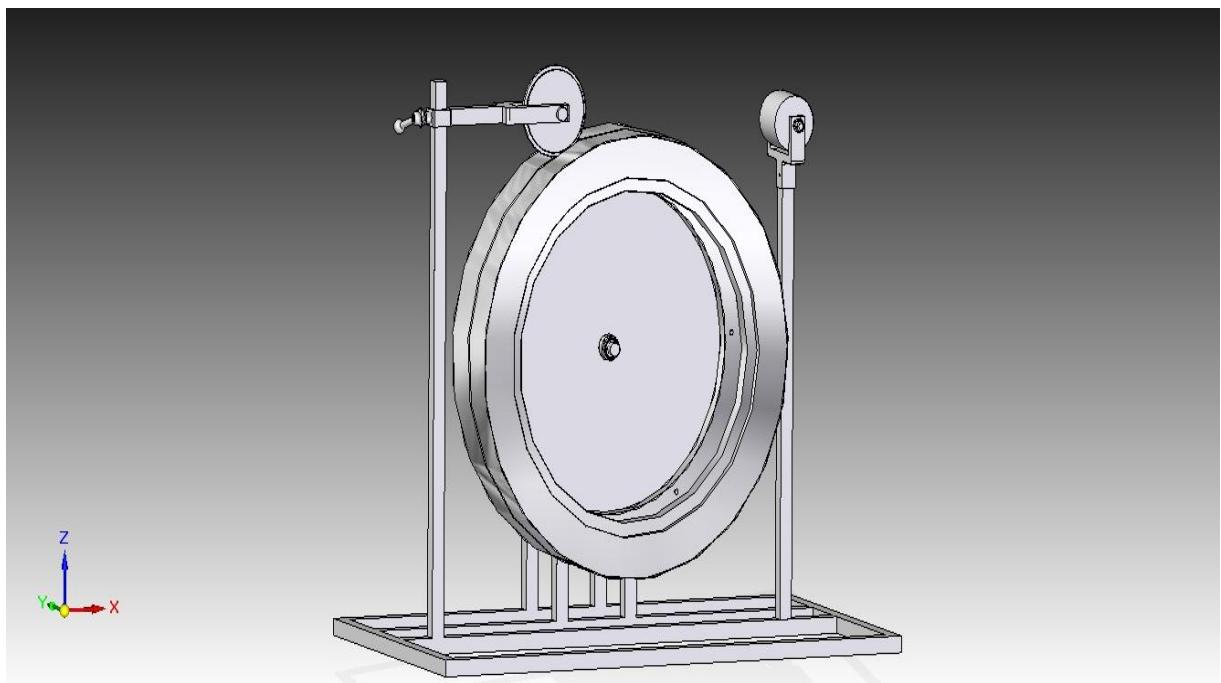
- 1) Εξώθηση πολυαιθυλενίου μεσαίας πυκνότητας (MDPE) μέσω μήτρας κυλινδρικής διατομής διαστάσεων ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη
- 2) Η ταινία εισέρχεται (με την ίδια ταχύτητα εξώθησης σωλήνα) στο εσωτερικό της μήτρας μέσω του συστήματος ένθεσης και ακουμπά στο εσωτερικό και επάνω μέρος του σωλήνα όπου λόγω των θερμοκρασιακών συνθηκών συγκολλείται.
- 3) Ο σωλήνας με την συγκολλημένη ταινία εισέρχονται στο θάλαμο υποπίεσης όπου επιτυγχάνεται το καλιμπράρισμα.
- 4) Ακολουθεί το μπάνιο το οποίο αποτελείται από μια δεξαμενή με νερό όπου ο σωλήνας ψύχεται στο σύνολό του.
- 5) Στέγνωμα όπου ο σωλήνας περνά από περιοχές που διέρχεται αέρας υψηλής πίεσης.
- 6) Τρύπημα μέσω laser στο επιθυμητό σημείο.
- 7) Τράβηγμα του σωλήνα μέσω αντίθετα κινούμενων ερπυστριών (caterpillar).
- 8) Ανέμη όπου ο σωλήνας τυλίγεται σε κουλούρες.



Εικόνα 7:Γραμμή παραγωγής

# 4

Σχεδιομελέτη γραμμής παραγωγής ταινίας (strip) με χρήση τυμπάνου



## 4.1 Εισαγωγή

Στόχος είναι η κατασκευή τυμπάνου με εγκοπή στη μέση του πλάτους της επιφάνειας της περιφέρειας, (εικόνα 2) όπου θα εκχύνεται πολυαιθυλένιο(HDPE) και στη συνέχεια θα πατιέται από δεύτερο κύλινδρο όπου αποτυπώνεται ο λαβύρινθος.

### Τεχνικές προδιαγραφές:

- Τύμπανο κατασκευασμένο από **θερμικά αγώγιμο** υλικό ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ψύξη
- Σταθερή περιστροφή με ηλεκτροκινητήρα (περίπου 2,5 PS) με μέγιστη ταχύτητα **500rpm**
- Η κίνηση θα μεταδίδεται με **ιμάντα**
- Ο τροχός που θα αποτυπώνει το λαβύρινθο θα έχει τη δυνατότητα να **κινείται γραμμικά στους άξονες x,y,z** ώστε να επιτυγχάνονται τυχόν μικρορυθμίσεις.

### Γενικές προδιαγραφές:

- Θερμοκρασία: Φυσικό περιβάλλον (25 C)
- Υγρασία: Κανονική
- Ρύπανση: Σκόνη

Η κατασκευή θα αποτελείται από τα εξής κομμάτια:

- 1) Τύμπανο
- 2) Στήριξη (η οποία θα αποτελείται από βάση στήριξης κατασκευής, άτρακτο, ρουλεμάν)
- 3) Κύλινδρος αποτύπωσης και αποκόλλησης

#### 4.1.1 Τύμπανο

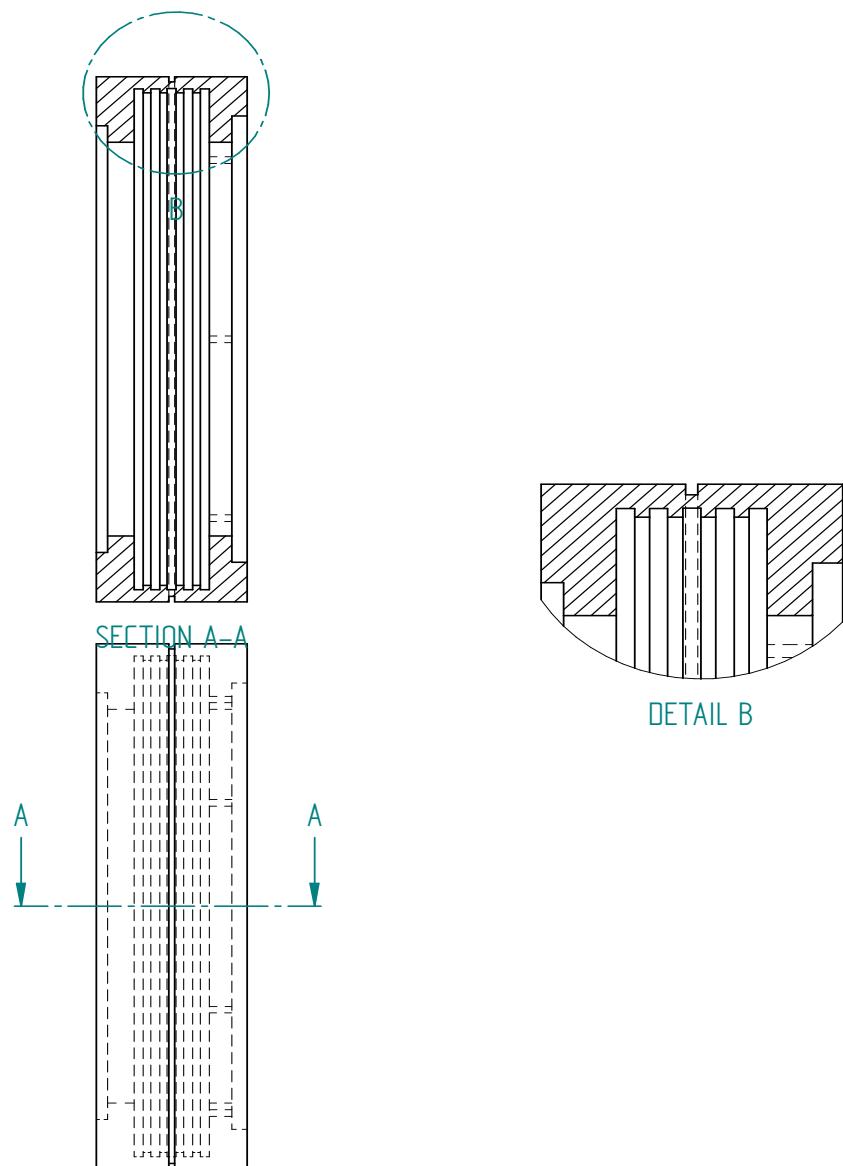
Ο κύριος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται το τύμπανο είναι η ψύξη της ταινίας. Η ταινία τη στιγμή που εξέρχεται από τον εξωθητή (extruder) βρίσκεται στη θερμοκρασία των  $200^{\circ}\text{C}$  και την στιγμή που φεύγει από το τύμπανο πρέπει να έχει θερμοκρασία τουλάχιστον  $70^{\circ}\text{C}$  ή μικρότερη. Για να επιτευχθεί μέγιστη ψύξη γίνονται οι εξής κινήσεις:

- Επιλέγεται το αλουμίνιο για την κατασκευή του τυμπάνου λόγω μεγάλης αγωγιμότητας στη θερμότητα
- Μέσο ψύξης του τυμπάνου επιλέγεται νερό ( $22^{\circ}\text{C}$ ) το οποίο κυκλοφορεί στην εσωτερική επιφάνεια και ανακυκλώνεται μέσω ενός συστήματος ψύξης.
- Για μέγιστη αγωγιμότητα η εσωτερική επιφάνεια του τυμπάνου φέρει αυλακώσεις που παίζουν το ρόλο των πτερυγίων ώστε να μεγαλώσει η ειδική επιφάνεια

Παρακάτω φαίνεται το σχέδιο του τυμπάνου που ικανοποιεί τις παραπάνω προδιαγραφές, καθώς και το αντίστοιχο τρισδιάστατο μοντέλο:



Εικόνα 8: Τύμπανο

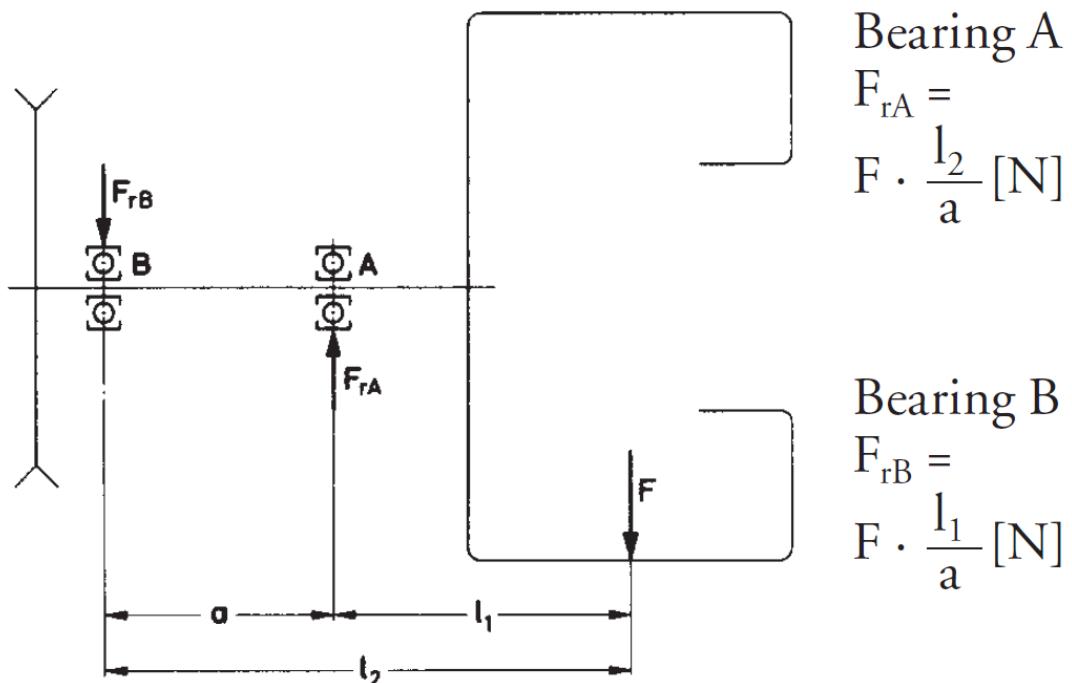


#### 4.1.2.1: Εδραση τυμπάνου

Υπολογισμός δυνάμεων που αναπτύσσονται για την ορθή επιλογή της διαμέτρου της ατράκτου καθώς και των εδράνων κύλισης

Στο σχήμα (πλάγια όψη) βλέπουμε τη διάταξη που πρέπει να διέπει την κατασκευή καθώς και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα έδρανα:

The bearing loads are:



Εικόνα 9: Σχεδιάγραμμα δυνάμεων

Σημείωση:

Παρατηρούμε ότι όσο μικραίνει η απόσταση  $l_1$  μικραίνουν και οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα έδρανα (θεωρούμε απόσταση  $a$  σταθερή και ίση με 220mm). Συνεπώς στόχος μας είναι να φέρουμε το τύμπανο στην ελάχιστη απόσταση από το έδρανο A.

Για τον υπολογισμό της ελάχιστης διαμέτρου έχουμε:

1) Δεδομένου ότι:

- Ισχύς κινητήρα=2,5PS
- Στροφές=500rpm

Η στρεπτική ροπή που καταπονεί την περιστρεφόμενη άτρακτο είναι

$$T=3,581 \text{ kpm}$$

Επιλέγουμε για υλικό κατασκευής του άξονα **Χάλυβα St37**

2) Δεδομένου ότι:

- Βάρος τυμπάνου=20kg
- $M_\alpha=10 \text{ kpm}$  (ημιεύρος εναλλασσόμενης καμπτικής ροπής)
- $(\sigma_{bA})=34 \text{ kp/mm}^2$  (ημιεύρος αρχικής δυναμικής αντοχής σε εναλλασσόμενη κάμψη)
- $(T_{tp})=17 \text{ kp/mm}^2$  (όριο ροής σε στρέψη)
- $C_{st}=1,0$

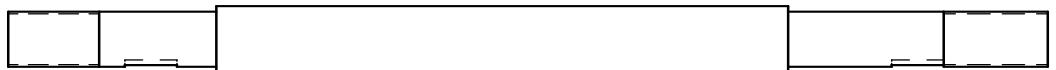
Αντικαθιστώντας στον ακόλουθο τύπο έχουμε (χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ελάχιστων διαμέτρων ατράκτου):

$$D_n \geq 35 \cdot 8 \cdot \left[ \frac{C_{st}}{\sigma_{bA}} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot \left[ M_\alpha^2 + \left( \frac{(\sigma_{bA})}{2 \cdot T_{tp}} \cdot T \right)^2 \right]^{\frac{1}{6}}$$

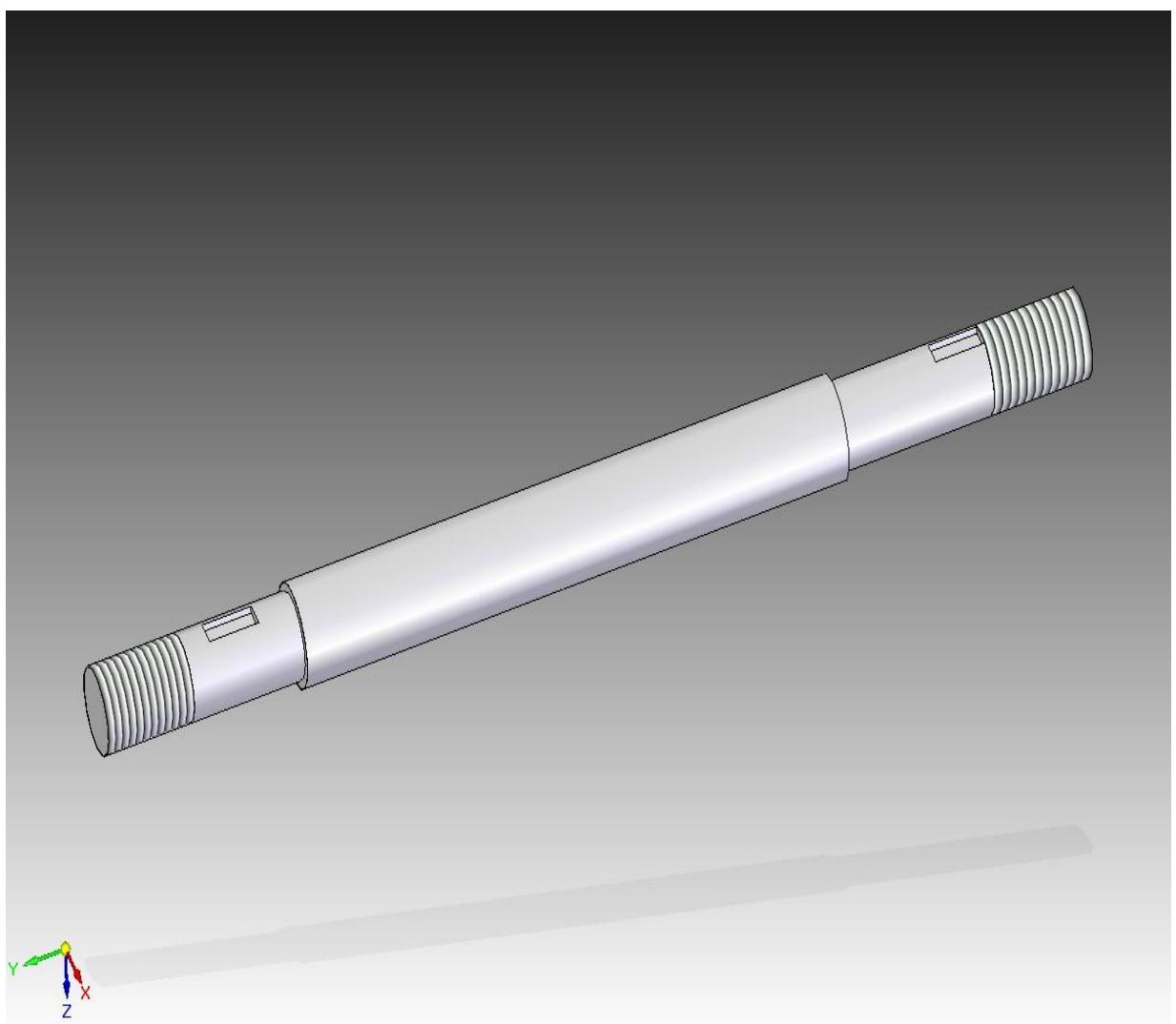
Ελάχιστη διάμετρος άξονα **D<sub>n</sub>=23,41mm**

Επιλέγεται **D<sub>n</sub>=30mm** επειδή θα τοποθετηθεί σφήνα οδηγός.

Από κάτω βλέπουμε το σχέδιο της ατράκτου καθώς και το τρισδιάστατο μοντέλο



Εικόνα 10: Σχέδιο ατράκτου



Εικόνα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο ατράκτου

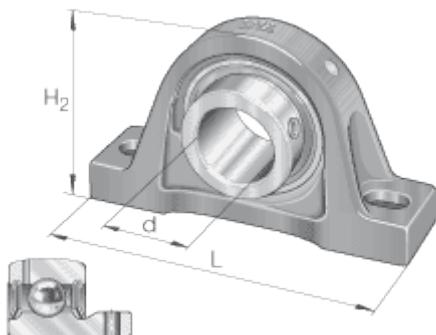
#### 4.1.2.2:

##### Επιλογή εδράνων στήριξης άξονα:

Προκειμένου να αποφευχθούν θλιππικές τάσεις στην άτρακτο, λόγω συστολής, κλειδώνουμε την άτρακτο στο σημείο Β ως προς την εγκάρσια κίνηση και την αφήνουμε ελεύθερη στο σημείο Α.

Συνεπώς επιλέγουμε έδρανο με ενσωματωμένο ρουλεμάν ενιαίας χύτευσης για διάμετρο ατράκτου **25mm για το σημείο Β** (όπου ασκούνται οι μικρότερες δυνάμεις)

Και **30mm για το σημείο Α**



Εικόνα 12: Έδρανο κύλισης

Τέτοιου είδους έδρανα που τηρούν τις προδιαγραφές είναι τα:

- **PASEY25-N**
- **PASEY30-N**

της εταιρίας **FAG-INN** για 25 και 30mm αντίστοιχα.

#### 4.1.2.3:

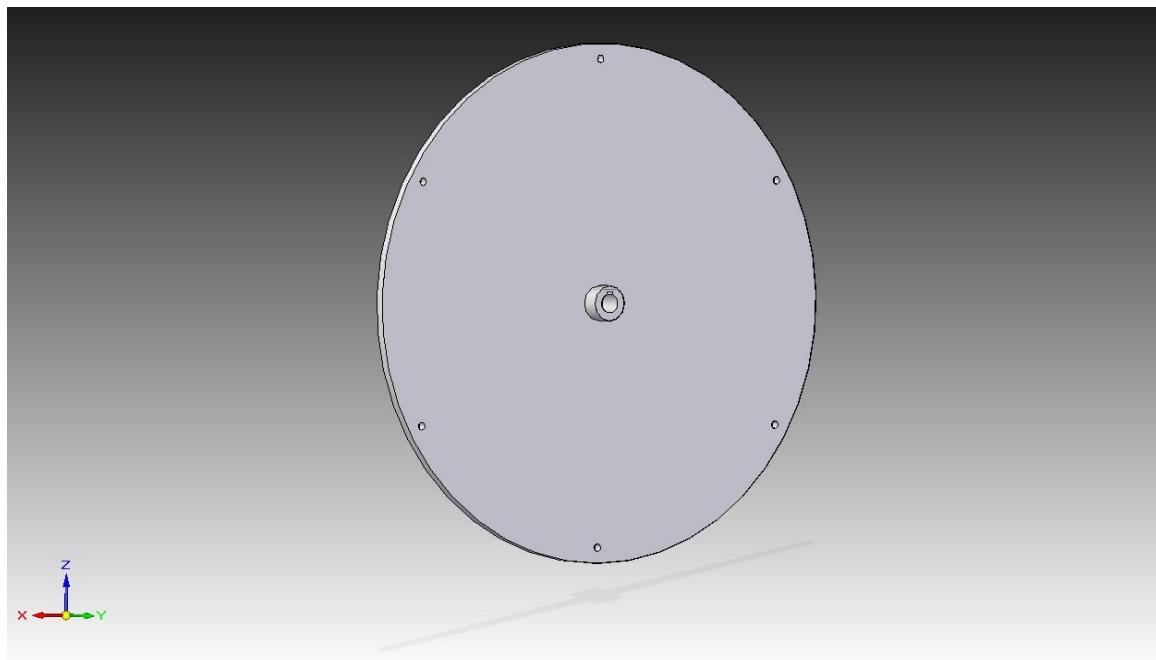
Τη στήριξη του τυμπάνου συνοδεύουν πλειάδα από δευτερεύοντα στοιχεία.

Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

1. Βάση πρόσδεσης τυμπάνου
2. Περικόχλια σύσφιξης
3. Σφήνες μετάδοσης κίνησης
4. Τροχαλία
5. Βάση στήριξης κατασκευής

Πιο αναλυτικά:

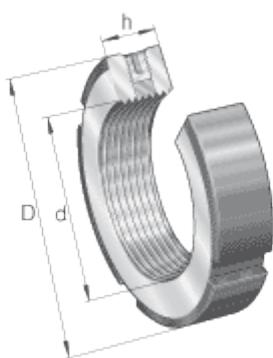
##### 4.1.2.3.1:



**Εικόνα 13: Βάση πρόσδεσης**

Η βάση πρόσδεσης τυμπάνου είναι ένα στοιχείο του οποίου ο ρόλος είναι να συγκρατεί το τύμπανο στην υπόλοιπη κατασκευή. Ο συγκεκριμένος τύπος δεν υπάρχει στο εμπόριο και κατασκευάζεται μέσω χύτευσης. Διαθέτει οπή με αύλακα στο κέντρο για την πρόσδεση στον άξονα καθώς και μικρότερες οπές περιφερειακά για την πρόσδεση στο τύμπανο.

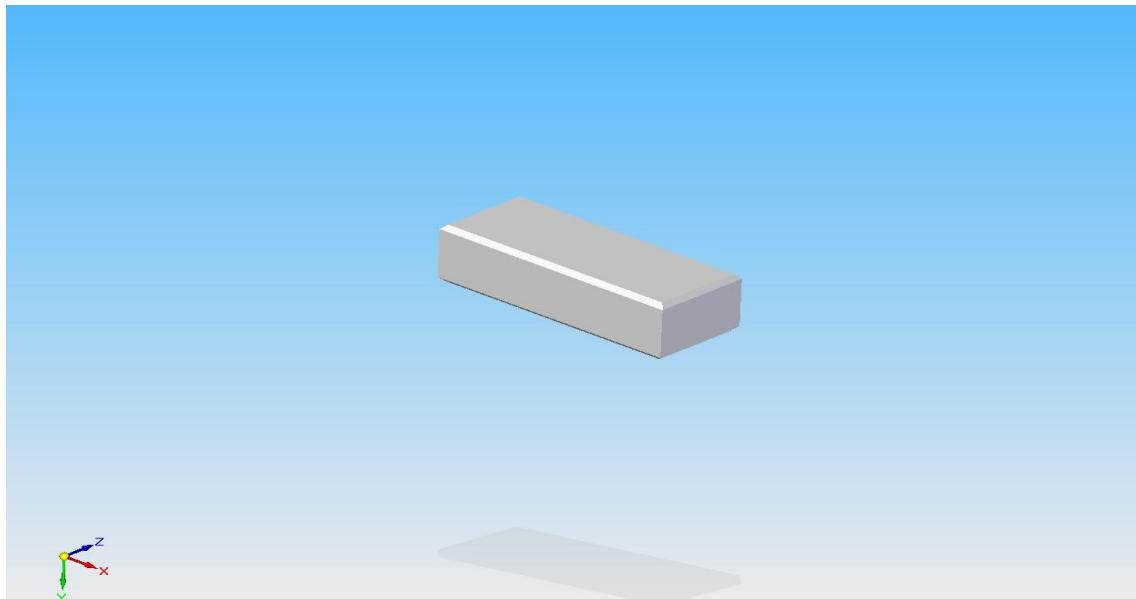
#### 4.1.2.3.2:



Εικόνα 10: Περικόχλιο σύσφιξης

Στη συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν δύο περικόχλια σύσφιξης της εταιρίας **FAG-INN** με κωδικό και ονομασία **ZM25 Precision locknuts**.Η τοποθέτησή τους έγινε στο εμπρός και πίσω μέρος της ατράκτου στο αντίστοιχο σπείρωμα.

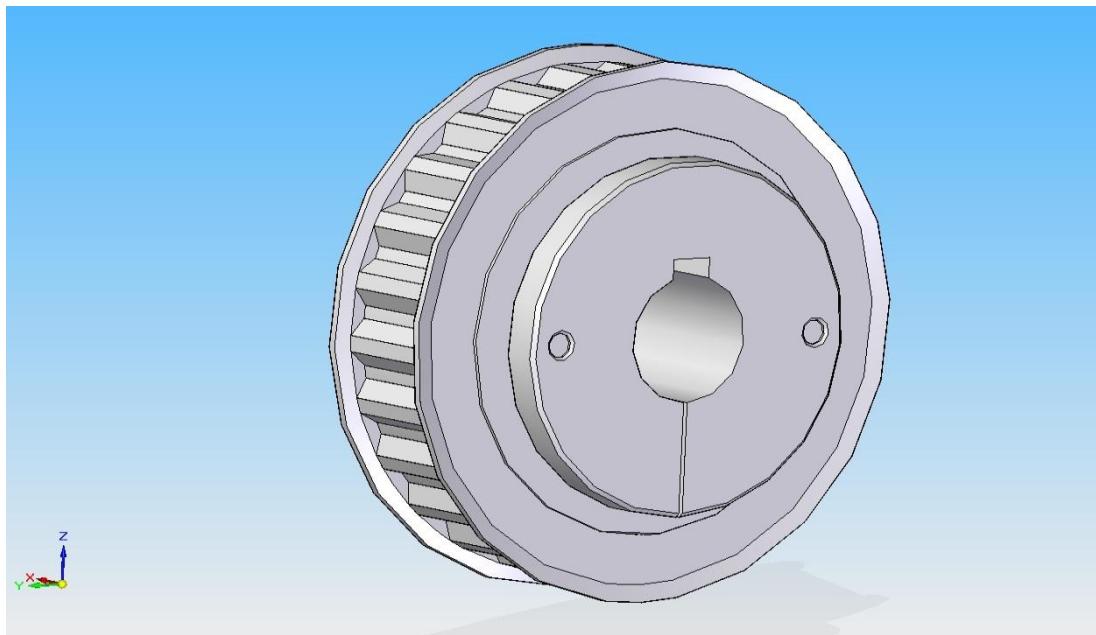
#### 4.1.2.3.3:



Εικόνα 14: Σφήνα

Οι σφήνες που χρησιμοποιήθηκαν υπάρχουν από πολλές εταιρίες στο εμπόριο με τυποποίηση B 8 x 5 x 20 mm - UNI 7510.

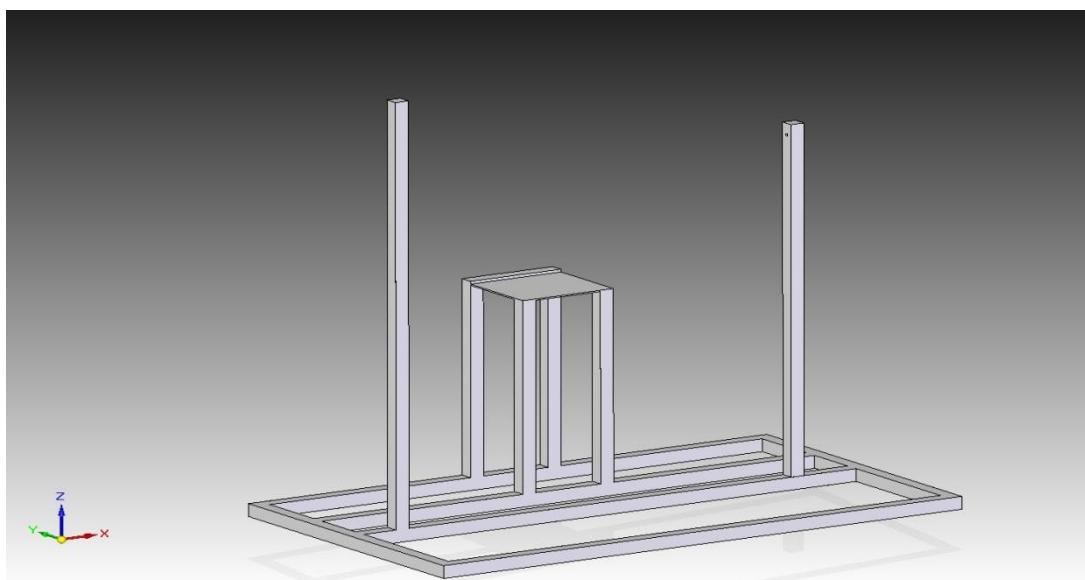
#### 4.1.2.3.4:



Εικόνα 15: Τροχαλία

Η τροχαλία που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρίας POGGY με τυποποίηση B 25 L 100-3BF, bore: 25 mm για μετάδοση κίνησης μέσω ιμάντα.

#### 4.1.2.3.5:



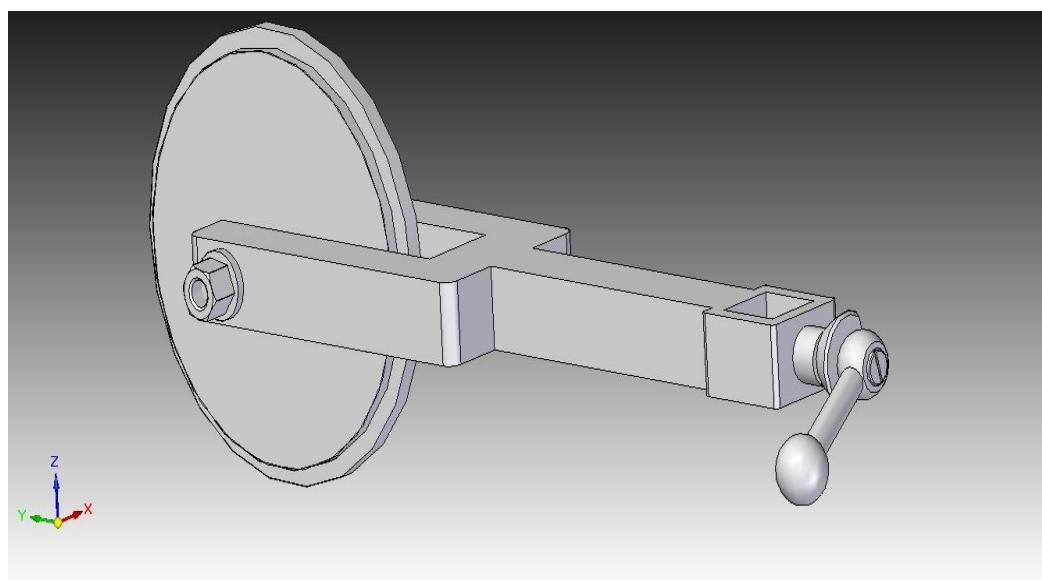
Εικόνα 16: Βάση στήριξης

Η βάση στήριξης της κατασκευής είναι κατασκευασμένη από κοιλοδοκούς χάλυβα, διαστάσεων 30X30 και οι ενώσεις της γίνονται μέσω συγκόλλησης με επενδυόμενο ηλεκτρόδιο.

#### 4.1.3:

##### Κύλινδροι αποτύπωσης και αποκόλλησης

Πρόκειται για δυο ξεχωριστούς κυλίνδρους που σκοπός τους είναι να αποτυπώνουν το λαβύρινθο και να αποκολλούν την ταινία από το τύμπανο αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένοι κύλινδροι σηματοδοτούν την αρχή και το τέλος της διαδρομής της ταινίας πάνω στο τύμπανο. Η εξωτερική διαβάθμιση της περιφέρειας του κυλίνδρου, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του τυμπάνου και του προσδίδει κίνηση αντίθετη της φοράς του τυμπάνου. Η εσωτερική διαβάθμιση εισέρχεται στην εγκοπή του τυμπάνου χωρίς να έρχεται σε επαφή με το ίδιο το τύμπανο αλλά με το πλαστικό όπου επιτυγχάνεται η αποτύπωση του λαβυρίνθου.

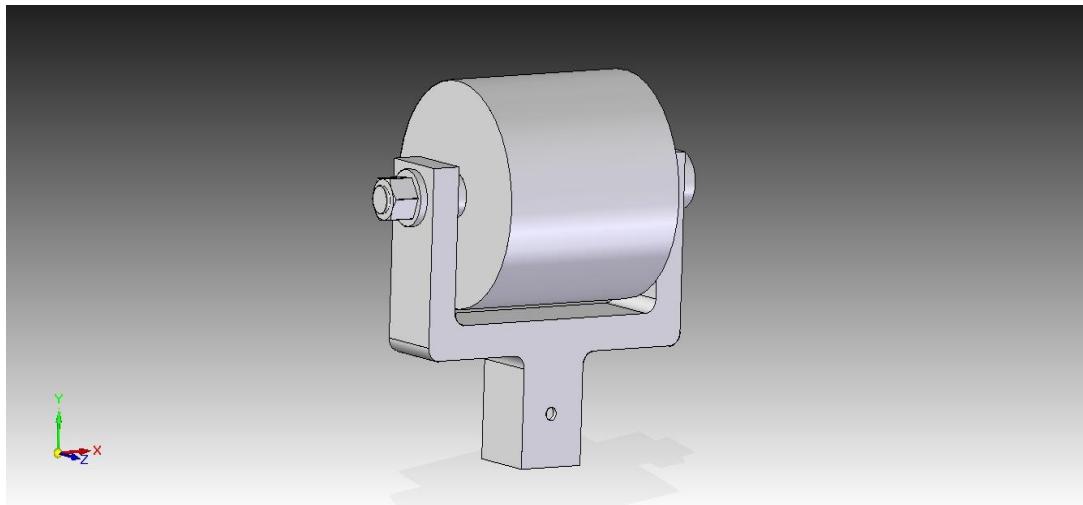


Εικόνα 17: Κύλινδρος αποτύπωσης

Αποτελείται από:

- Πιρούνι στήριξης
- Άξονα
- Κοχλία σύσφιξης
- Κύλινδρο

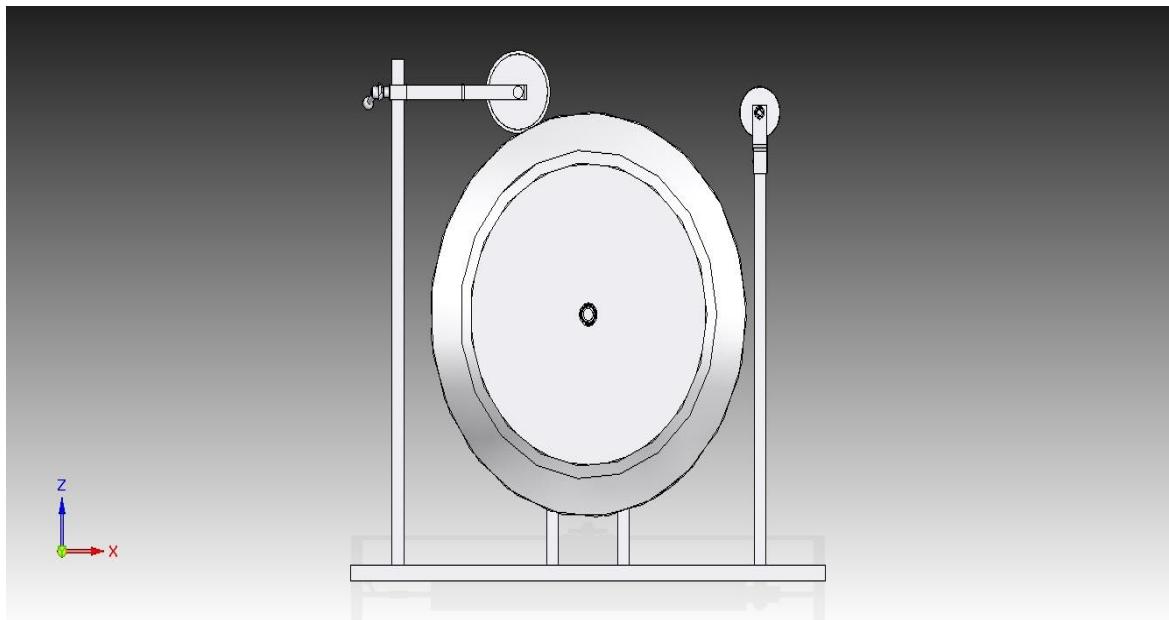
Η συγκεκριμένη διάταξη μπορεί και κινείται γραμμικά επάνω σε κοιλοδοκό που βρίσκεται εμπρός της εγκοπής όπου εκχύεται το πλαστικό στο τύμπανο.

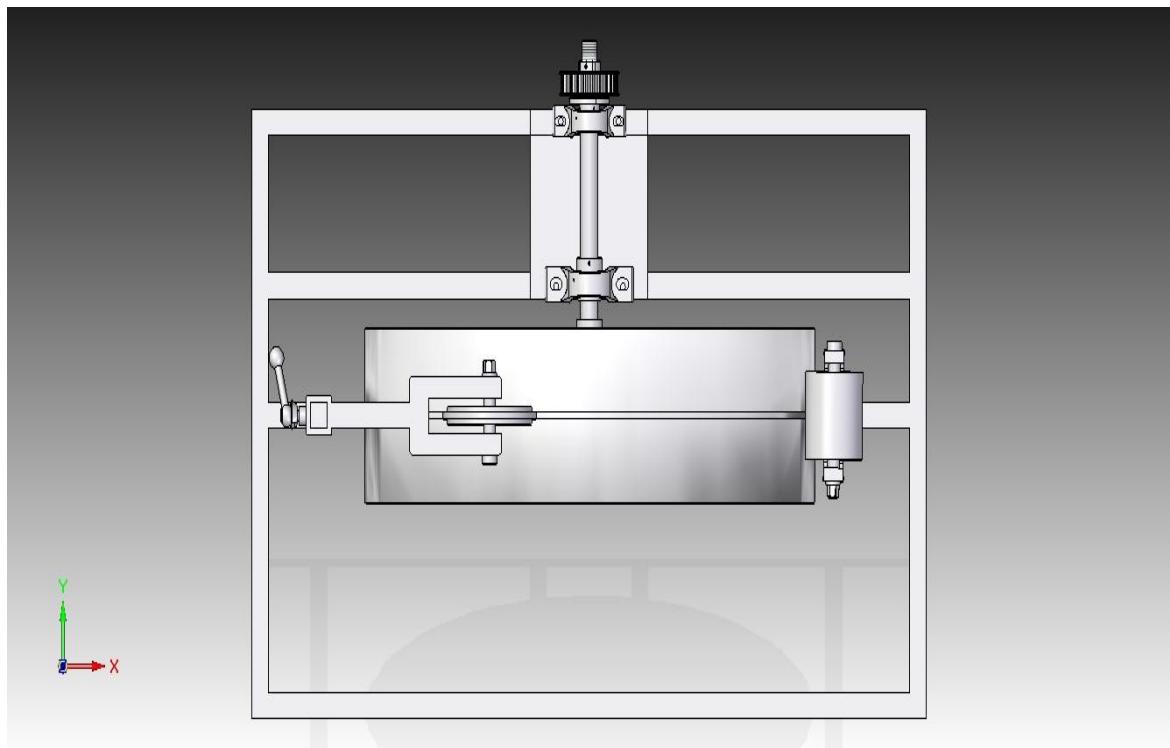
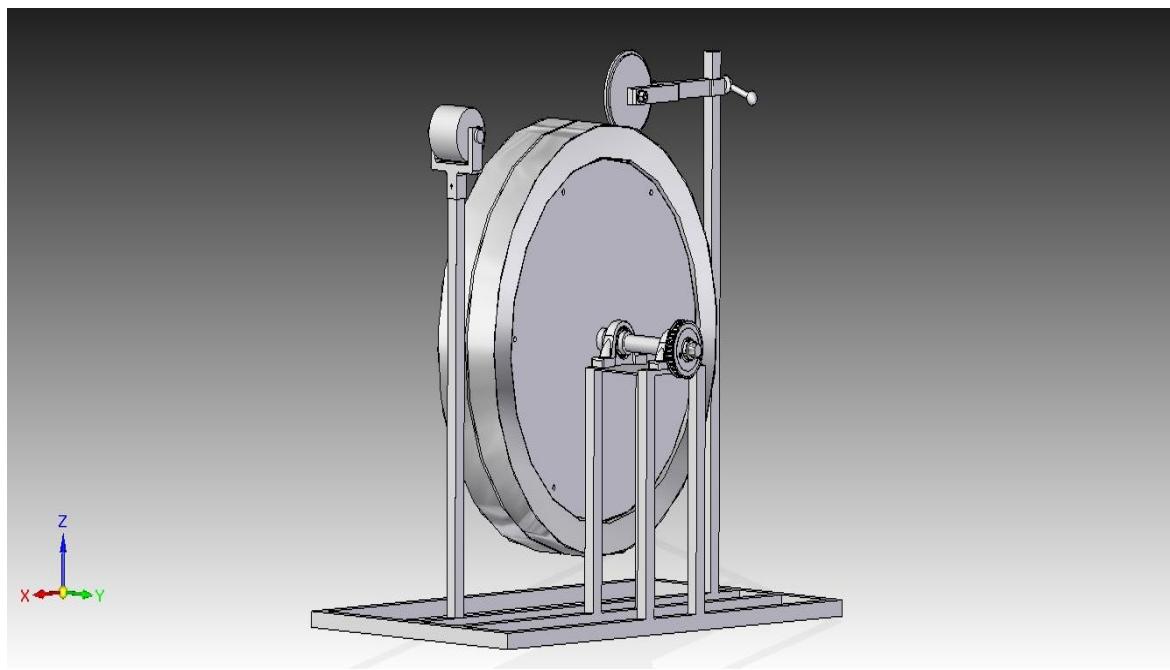


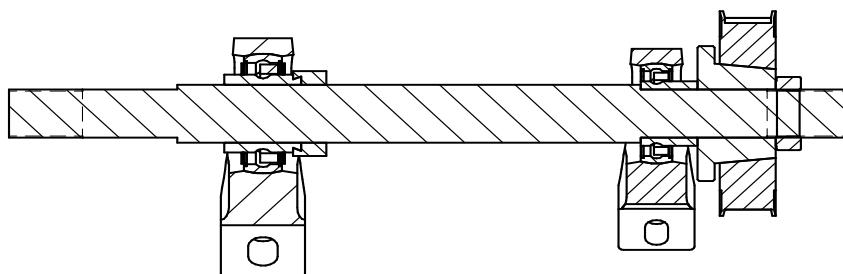
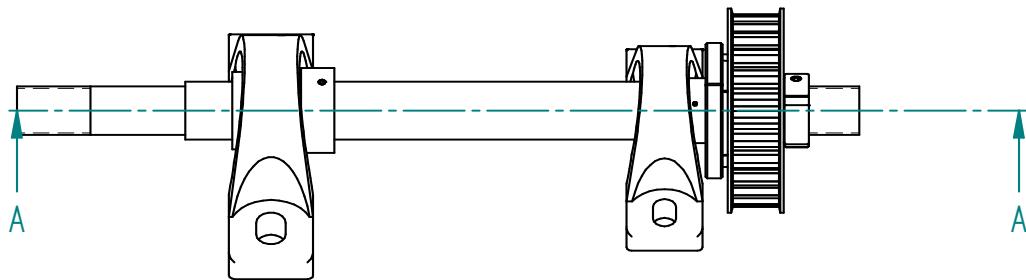
**Εικόνα 18: Κύλινδρος αποκόλλησης**

Αποτελείται κυρίως από τα ίδια στοιχεία με τον κύλινδρο αποτύπωσης με τη διαφορά ότι τοποθετείται σε σταθερό σημείο πάνω σε κοιλοδοκό και δεν έρχεται σε επαφή με το τύμπανο. Σκοπός είναι να οδηγήσει την ταινία εκτός τυμπάνου, στο επόμενο στάδιο

Ακολουθούν φωτογραφίες ολόκληρης της διάταξης:







SECTION A-A

**Εικόνα 19: Τομή θραύσης έδρασης της ατράκτου**

**Λίστα υλικών για την κατασκευή του τυμπάνου και της έδρασης του (Bill Of Materials)**

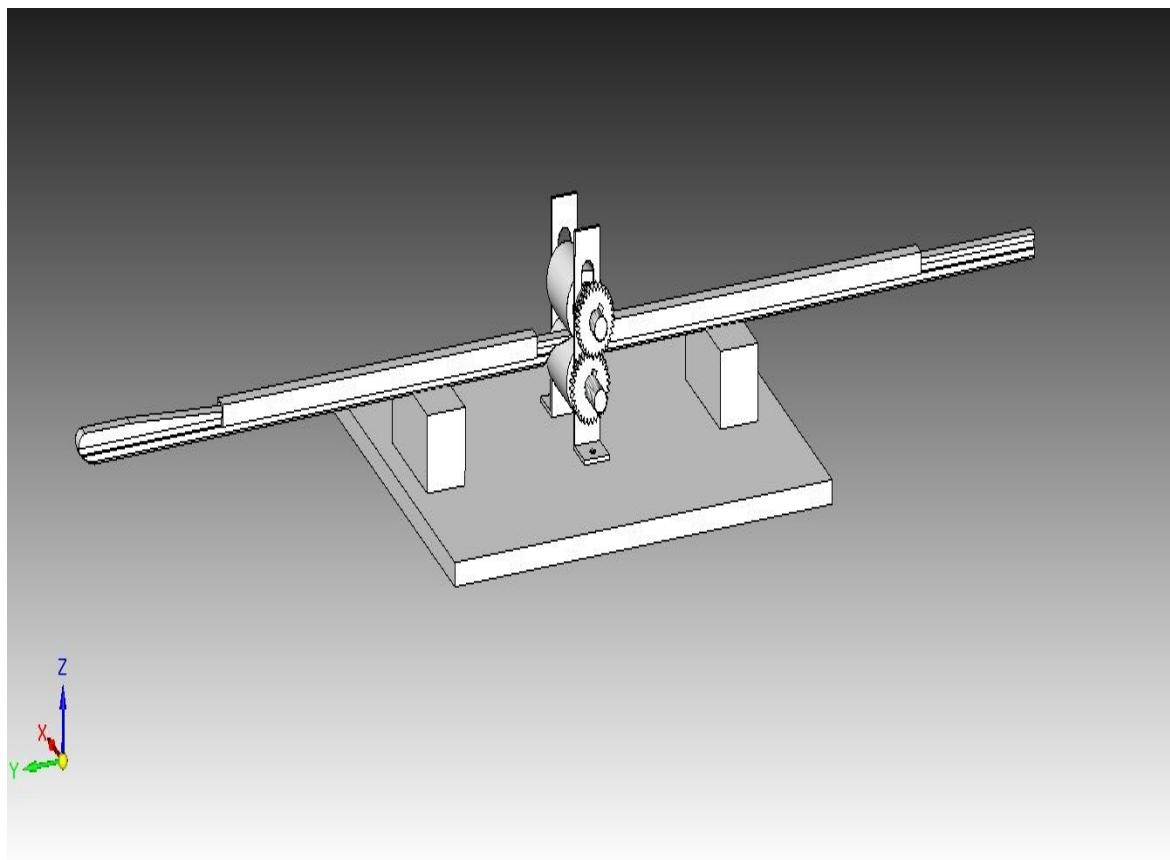
α/α	Ποσότητα	Όνομα	Περιγραφή
1	1x	Τύμπανο	Κατασκευή: χύτευση, υλικό: αλουμίνιο, Σχήμα: Επισυνάπτεται σχέδιο
2	1x	Βάση Σύνδεσης τυμπάνου	Κατασκευή: χύτευση, Σχήμα: Επισυνάπτεται σχέδιο
3	1x	Άξονας	Προδιαγραφές: αναφέρονται προηγουμένως, Σχήμα: Επισυνάπτεται σχέδιο

<b>4</b>	1x	Έδρανο	PASEY25-N, Εταιρία: FAG-INA
<b>5</b>	1x	Έδρανο	PASEY30-N, Εταιρία: FAG-INA
<b>6</b>	1x	Τροχαλία	Εταιρία:POGGY,  B 25 L 100-3BF, bore: 25 mm
<b>7</b>	2x	Σφήνα	Εταιρία: οποιαδήποτε,  Parallel keys  B 8 x 5 x 20 mm - UNI 7510
<b>8</b>	2x	Περικόχλια	Εταιρία: FAG-INA,  σύσφιξης στην άτρακτο Precision locknuts ZM25
<b>9</b>	11x	Πλαίσιο	Κοιλοδοκοί 30x30,  στήριξης Υλικό: χάλυβας St 37,2,  Σύνδεση: Συγκόλληση,  Εταιρία: οποιαδήποτε
<b>10</b>	4x	Περικόχλια	Εταιρία: οποιαδήποτε,M12
<b>11</b>	2x	Πιρούνι στήριξης	Περιλαμβάνεται σχέδιο, Υλικό: Αλουμίνιο
<b>12</b>	1x	Κύλινδρος αποτύπωσης	Περιλαμβάνεται σχέδιο, Υλικό: Αλουμίνιο
<b>13</b>	1x	Κύλινδρος αποκόλλησης	Περιλαμβάνεται σχέδιο, Υλικό: Αλουμίνιο

## Κεφάλαιο

# 5

### Σχεδιομελέτη συστήματος ένθεσης



Εικόνα 20: Σύστημα ένθεσης

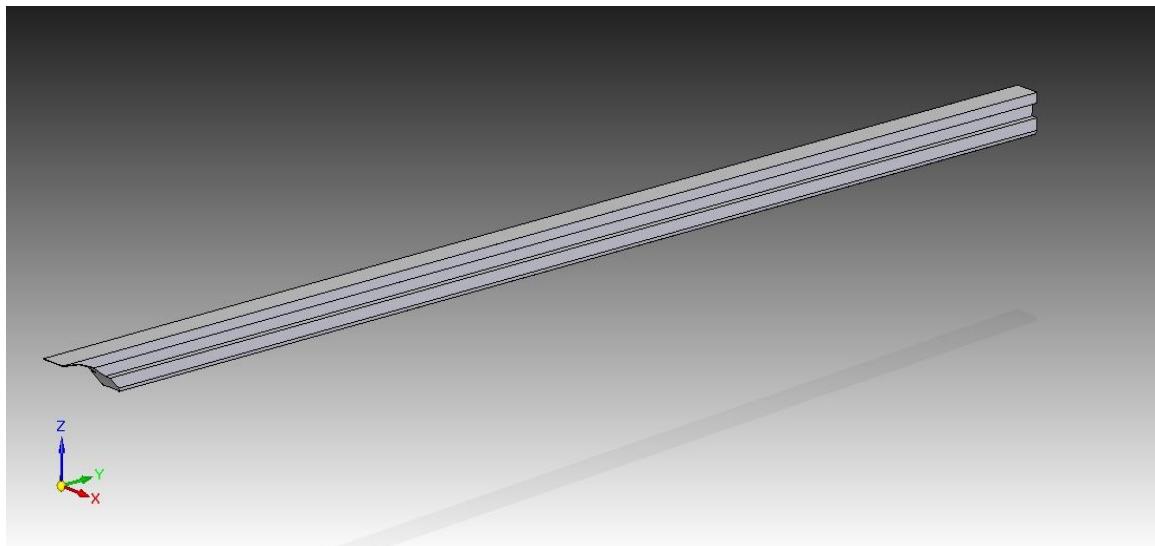
## 5.1 Περιγραφή συστήματος

Το σύστημα ένθεσης είναι ένα σύστημα το οποίο τοποθετεί την αρδευτική ταινία εντός του σωλήνα στο εσωτερικό και επάνω μέρος. Για να επιτευχθεί η ένωση και ο αρδευτικός σωλήνας να λειτουργεί κανονικά δίνοντας σωστές παροχές θα πρέπει:

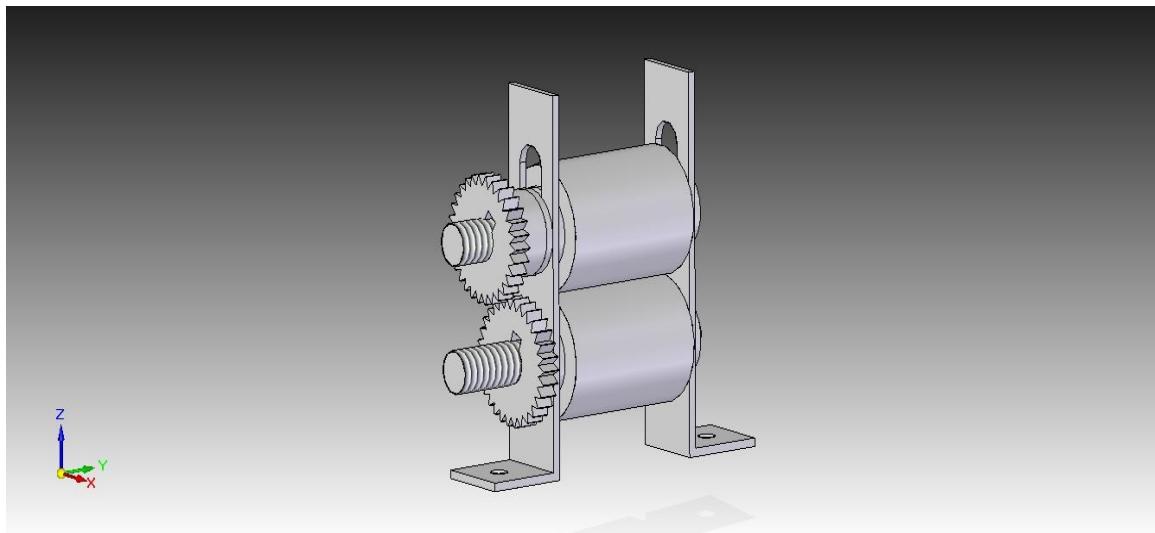
- Η ταινία να πατιέται στο εσωτερικό του σωλήνα με συγκεκριμένη δύναμη ώστε να αποφευχθεί εισχώρηση υλικού του σωλήνα εντός του λαβυρίνθου της ταινίας.
- Η ταχύτητα εισαγωγής να είναι ακριβώς ίδια με την ταχύτητα εξώθησης του σωλήνα

Προκειμένου να επιτευχθεί το πάτημα και η εισαγωγή της ταινίας εντός του λαβυρίνθου χρησιμοποιείται το σύστημα ένθεσης. Το σύστημα ένθεσης αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

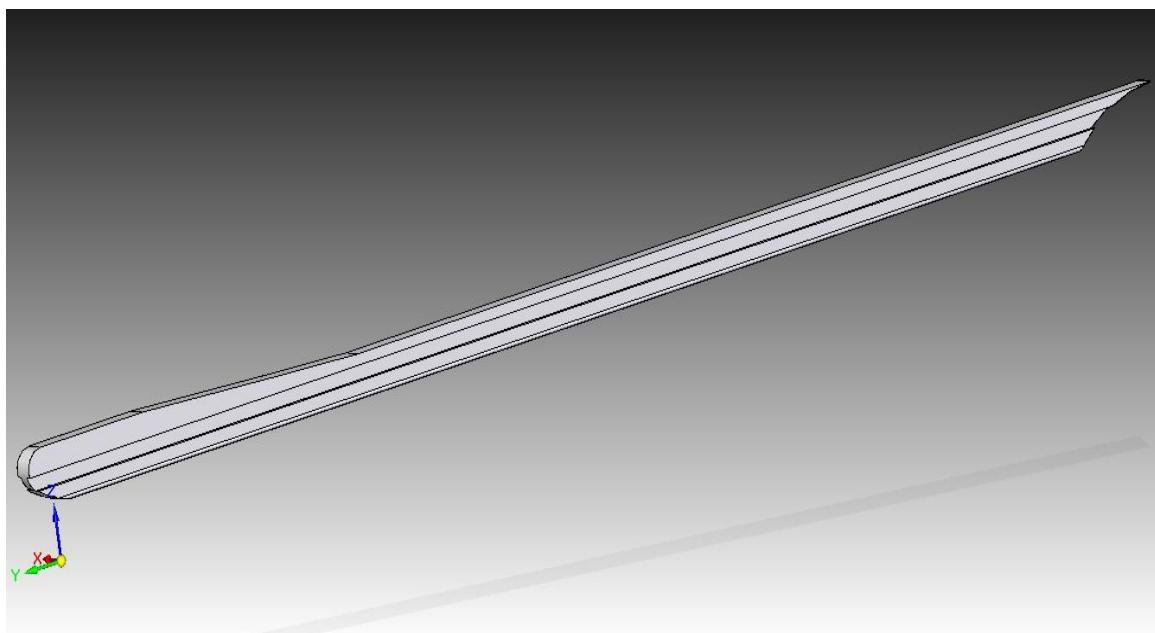
- Διάδρομος εισαγωγής πίσω



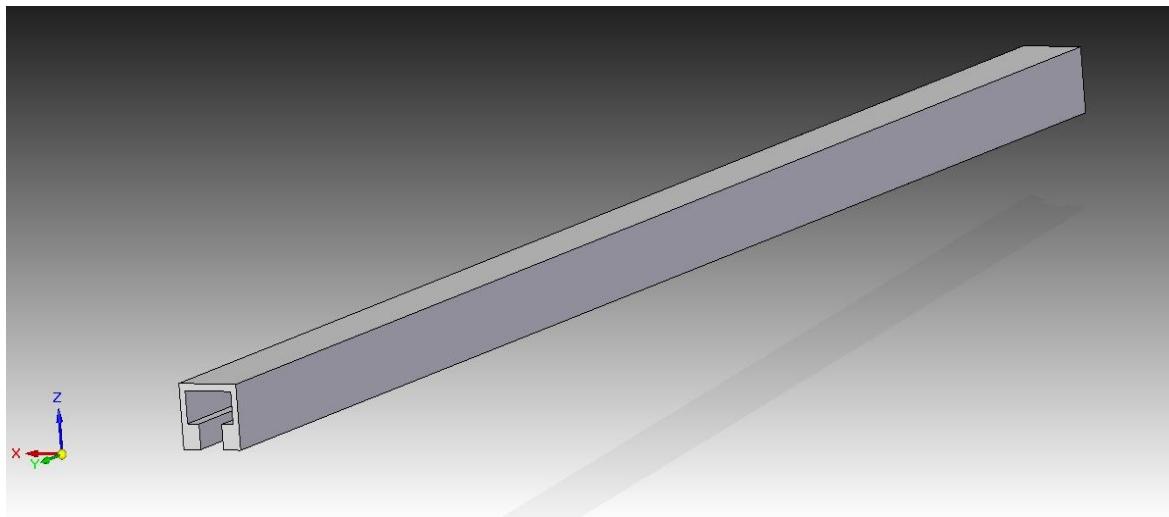
- Αντίρροπα κινούμενοι κύλινδροι τραβήγματος



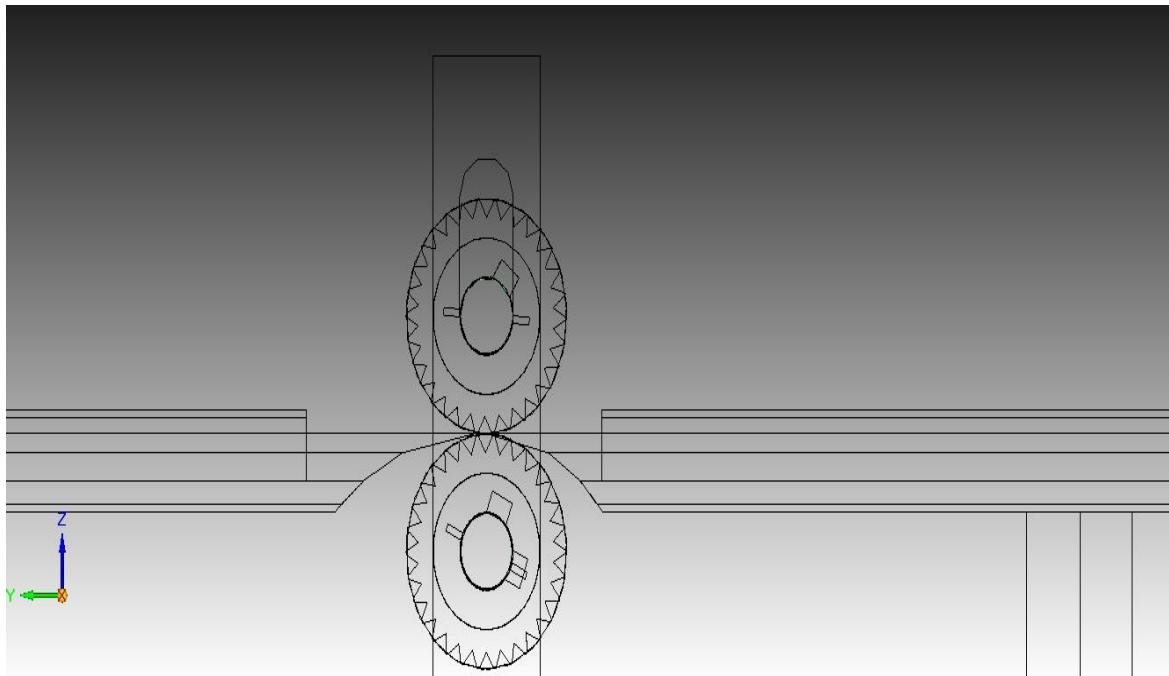
- Ηλεκτροκινητήρας κυλίνδρων
- Διάδρομος εισαγωγής εμπρός – Αναβατόριο



- Κάλυμμα εισαγωγής



- Ράουλο πατήματος

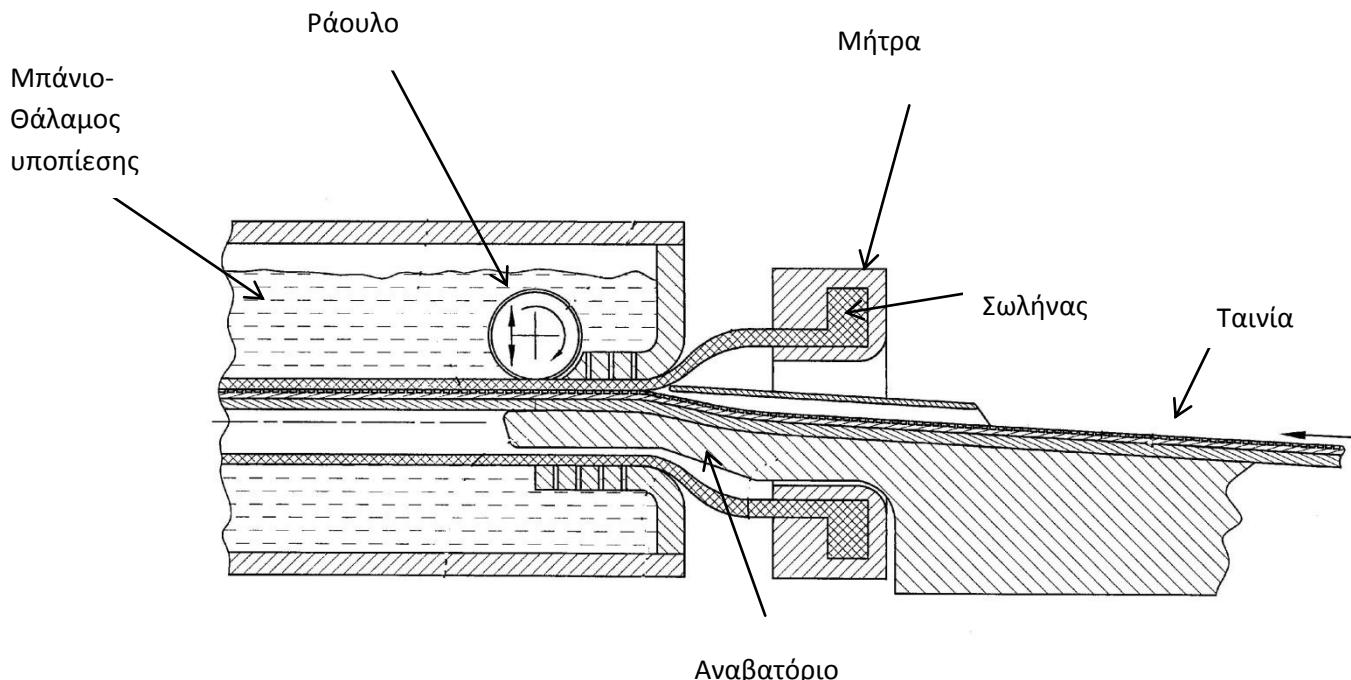


Εικόνα 21: Απεικόνιση διαδρόμων σε συνδυασμό με κυλίνδρους

## 5.2 Διαδικασία ένθεσης

Τα βήματα της ένθεσης έχουν ως εξής:

1. Η ταινία έρχεται από το τύμπανο και περνάει στο διάδρομο εισαγωγής-πίσω.
2. Τραβιέται από τους αντίρροπα κινούμενους κυλίνδρους
3. Περνάει στο διάδρομο εισαγωγής-μπροστά και στη συνέχεια ανέρχεται το αναβατόριο, το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό του σωλήνα.
4. Ακριβώς επάνω από το αναβατόριο υπάρχει το ράουλο. Ο σωλήνας βρίσκεται μεταξύ αυτών των δυο εξαρτημάτων. Το ράουλο διαθέτει ρύθμιση καθ' ύψος ώστε να ελέγχεται η δύναμη, που θα πατιέται η ταινία στο σωλήνα.



Εικόνα 22: Τομή θραύσης συστήματος ένθεσης, μήτρας και μπάνιου

Ολόκληρο το σύστημα ένθεσης βρίσκεται σε ράγες ώστε να κινείται γραμμικά εντός της μήτρας. Σε περίπτωση κολλήματος της μηχανής ή κοπής του σωλήνα, το σύστημα τραβιέται πίσω προς αποφυγήν επιπλέον βλαβών.

# 6

## Βελτιώσεις

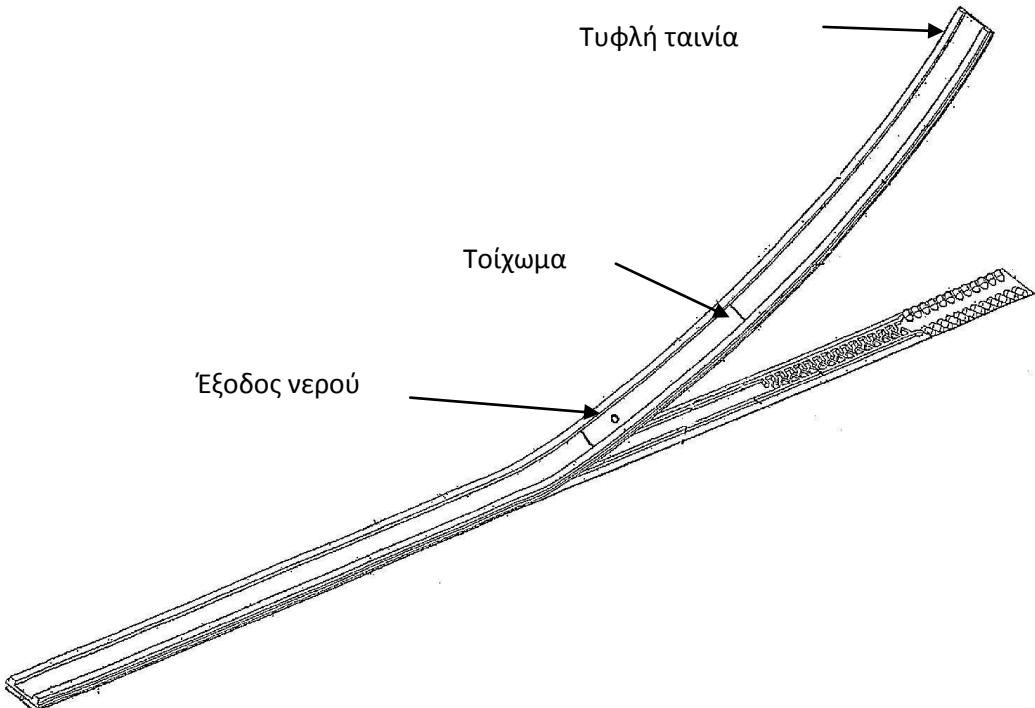
Το συγκεκριμένο προϊόν καθώς και η γραμμή παραγωγής του επιδέχονται περαιτέρω βελτιώσεις για να αποφευχθούν ορισμένα προβλήματα που είναι γνωστό εκ πείρας ότι προκύπτουν κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

### 6.1 Βελτιώσεις στη σχεδίαση της ταινίας

Ένα πρόβλημα που παρατηρείται συχνά στην παραγωγή αρδευτικού σωλήνα είναι οι λανθασμένες παροχές που δίνει ο σταλάκτης. Αυτό συμβαίνει διότι ορισμένες φορές ο σταλάκτης πατιέται με μεγαλύτερη δύναμη στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα υλικό να εισχωρεί στο εσωτερικό του λαβυρίνθου και να μειώνεται η παροχή του νερού. Κύριο επακόλουθο του συγκεκριμένου προβλήματος είναι οι μεγάλες ποσότητες σκάρτου υλικού.

Πιο συγκεκριμένα όσων αφορά την ποιότητα του προϊόντος μπορούν να γίνουν ορισμένες αλλαγές στη σχεδίαση της ταινίας ώστε να επιτευχθούν ακριβέστερες παροχές, προσθέτοντας βέβαια το ανάλογο κόστος. Για την επίτευξη της περεταίρω ακρίβειας των παροχών του σωλήνα προτείνεται η εξής μεθοδολογία:

Η ήδη υπάρχουσα ταινία επικαλύπτεται με ένα δεύτερο στρώμα, ταινίας επικάλυψης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



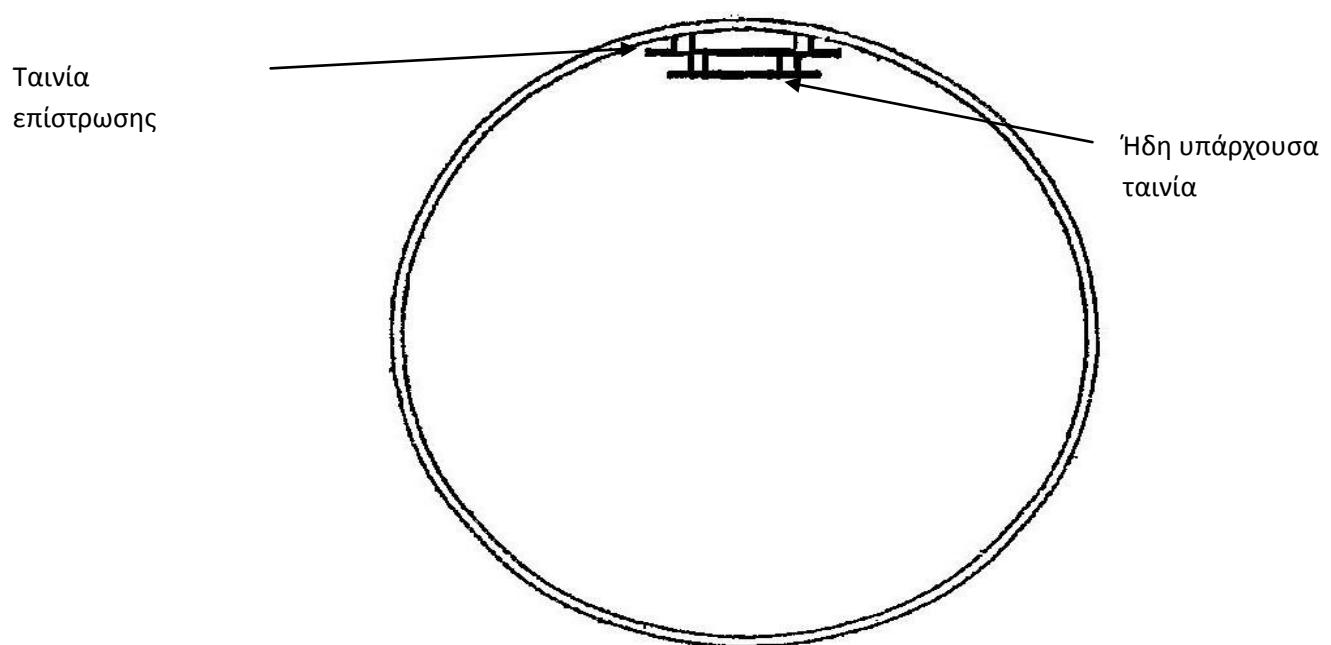
Η ταινία επικάλυψης στο επάνω μέρος της διαθέτει δυο τοιχώματα καθώς και οπή για την έξοδο του νερού. Το σημείο της οπής πρέπει να βρίσκεται πάνω από το σημείο εξόδου του νερού της ταινίας. Η απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων πρέπει να είναι ίδια κατά μήκος της ταινίας επικάλυψης και πάντα ανάμεσα σε δύο τοιχώματα πρέπει να υπάρχει μία μόνο τρύπα.

Οι δύο συγκολλημένες ταινίες εισέρχονται στο εσωτερικό του σωλήνα με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5.

Με τον τρόπο αυτό η παροχή που δίνει η ταινία είναι καθορισμένη και ανεξάρτητη του πατήματος στο εσωτερικό του σωλήνα.

Το επιπλέον κόστος είναι η χρησιμοποίηση υλικού για την παραγωγή της ταινίας επικάλυψης.

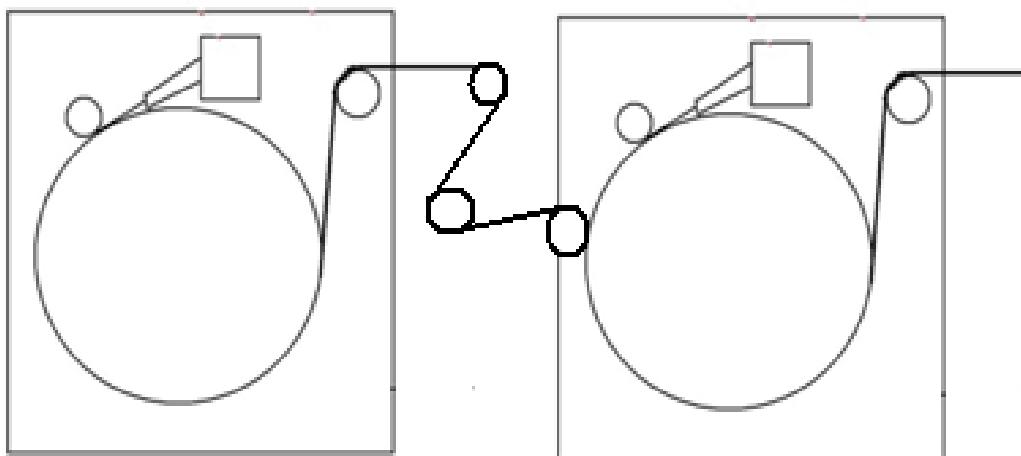
Με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία δημιουργείται ένα νέο προϊόν, αντίστοιχο του οποίου δεν κυκλοφορεί στην αγορά.



**Εικόνα 20: Αρδευτικός σωλήνας ταινίας με βελτίωση**

Για την παραγωγή της ταινίας επίστρωσης τοποθετείται εμπρός του τυμπάνου παραγωγής ταινίας μία ίδια διάταξη με τις εξής ιδιότητες:

- Ο κύλινδρος αποτύπωσης φέρει στην περιφερειακή του επιφάνεια, τα τοιχώματα και τις οπές της ταινίας επίστρωσης, σε αρνητική μορφή.
- Η συγκεκριμένη διάταξη τοποθετείται εμπρός της διάταξης για την παραγωγή αρδευτικής ταινίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Η διαδικασία παραγωγής έχει ως εξής:

- Πολυαιθυλένιο ορθογωνικής διατομής εξωθείται και στη συνέχεια πατιέται από κύλινδρο αποτύπωσης όπου αποτυπώνονται η οπή και τα τοιχώματα της ταινίας επικάλυψης.
- Στη συνέχεια οδηγείται μέσω κυλίνδρων στο επόμενο τύμπανο
- Στο επόμενο τύμπανο παράγεται αρδευτική ταινία όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.
- Η ταινία επικάλυψης ακουμπά μέσω κυλίνδρου στο επάνω μέρος της αρδευτικής ταινίας, όταν είναι ακόμα σε τιγμένη μορφή, ώστε να επιτευχθεί η κόλληση.
- Στη συνέχεια ψύχονται μαζί και ακολουθεί η διαδικασία εισαγωγής στο σωλήνα.
- Προκειμένου να διευκολυνθεί το τρύπημα τοποθετείται υψημετρικός σένσορας ο οποίος εντοπίζει τα επερχόμενα διαχωριστικά τοιχώματα και σηματοδοτεί το τρύπημα.

## 6.2 Βελτιώσεις στη παραγωγή ταινίας

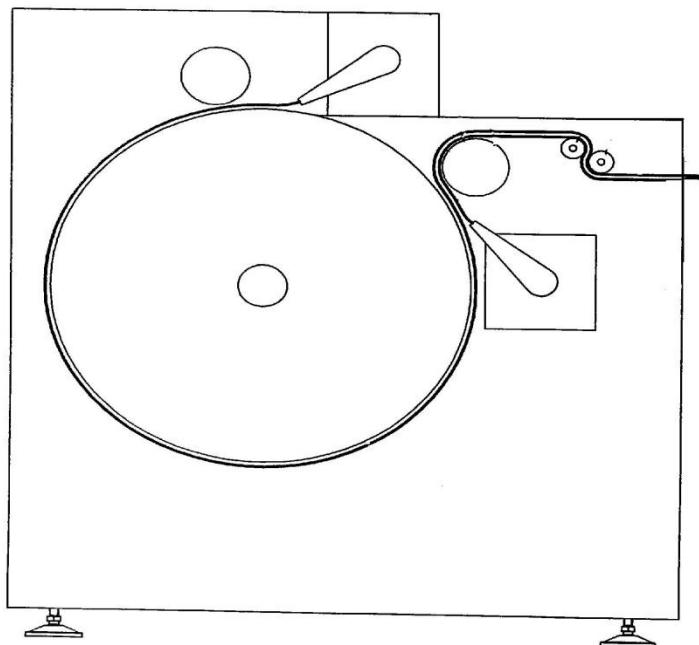
Λόγω της αυξημένης ταχύτητας παραγωγής, παρατηρούνται προβλήματα αποτύπωσης του λαβυρίνθου στην επιφάνεια της ταινίας καθώς και κόψιμο της ταινίας. Αυτό συμβαίνει διότι δεν προλαβαίνει να τηρεί το υλικό.

Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος επιλέγεται η τοποθέτηση υποστρώματος λαβυρίνθου με διπλή εξώθηση.

Πιο συγκεκριμένα εξωθείται μια τυφλή ταινία και στη συνέχεια εξωθείται στη λεία επιφάνεια της νέα ταινία στην οποία αποτυπώνεται και ο λαβύρινθος.

Με αυτό τον τρόπο κατά την διάρκεια της αποτύπωσης υπάρχει ήδη ένα ψυχρό υπόστρωμα να στηρίζει την αποτύπωση καθώς και να αποτρέπει τυχόν κοψίματα της ταινίας.

Η διπλή εξώθηση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



## Συμπεράσματα

Η παραγωγή αρδευτικού σωλήνα ταινίας είναι μια απλή και οικονομική διαδικασία συγκριτικά με την παραγωγή αρδευτικών σωλήνων τύπου φλάτ ή στρογγυλών.

Αυτό συμβαίνει διότι:

- Χαμηλό κόστος παραγωγής ταινίας σε σχέση με την παραγωγή σταλακτών με χρήση injection
- Δυνατότητα ταυτόχρονης παραγωγής σταλάκτη και σωλήνα και κατ'επέκταση λιγότερος απαιτούμενος χώρος για παραγωγή
- Μειωμένος όγκος σκάρτων παρτίδων λόγω λανθασμένων ισαποχών.
- Μεγάλη ακρίβεια στις παροχές.

Δεδομένου ότι, κατά την παραγωγή τηρούνται όλες οι προαναφερόμενες προδιαγραφές, το συγκεκριμένο προϊόν έχει την δυνατότητα να κατακτήσει ένα μεγάλο μερίδιο της αγοράς:

- Στο συγκεκριμένο τύπο, λόγω τεχνολογικής υπεροχής έναντι ανταγωνισμού
- Σε άλλους τύπους αρδευτικών σωλήνων λόγω χαμηλού κόστους κτήσης

## **Βιβλιογραφία**

### **1) Patents:**

**-Drip irrigation system employing adjacently arranged flow-restricting passages,** inventor: Richard D.Chapin

**-Drip tape manufacturing process,** inventors: Charles R.Harold , Theodore J.Bren

**-Drip irrigation tape including a series of alternately offset elongated chambers,** inventor: James C.Roberts

**-Dosing elements for a drip irrigation tube and method and device for producing these dosing elements,** inventor: Eberhard Kertcher

### **2) “Product Design and Development”, Ulrich – Eppinger**

### **3) “Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development”, Kevin Otto - Kristin Wood**

### **4) “Μελέτη και ανάπτυξη προϊόντων” , Νικόλαος Μπιλάλης**

### **5) Συστήματα cad/cam τρισδιάστατη μοντελοποίηση, Νικόλαος Μπιλάλης-Μαραβελάκης**