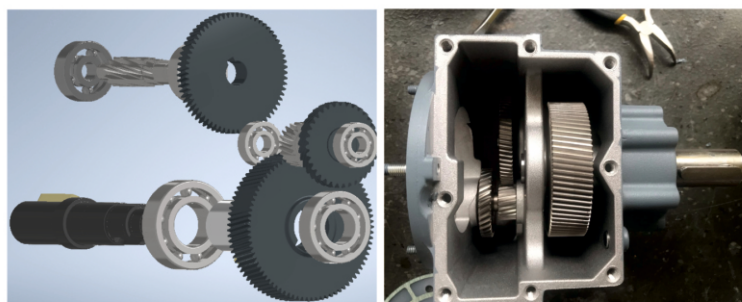
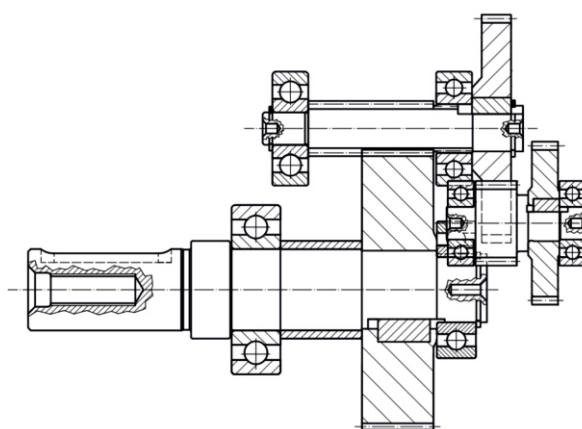




ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΙΩΤΗΡΩΝ



ΜΟΥΝΤΑΚΗ ΕΥΑΝΘΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά
την μητέρα μου, την αδελφή μου,
το σύντροφο μου Λουκά, καθώς και όλες τις φίλες μου,
που ήταν δίπλα μου σε κάθε δυσκολία υλοποίησης.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω,
με όλη την αγάπη και εκτίμηση μου τον καθηγητή κ. Αριστομένη Αντωνιάδη για
την υπομονή και στην υποστήριξη του, καθώς και τον Μαρινάκη Άγγελο,
για την πολύτιμη βοήθεια του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ	6
2.1 Ορισμός μειωτήρα	6
2.2 Λειτουργία ενός μειωτήρα	6
2.3 Διαχωρισμός μειωτήρων	7
2.4 Τύποι και μηχανισμοί παράλληλων αξόνων	7
2.5 Τύποι και μηχανισμοί τεμνόμενων αξόνων	9
2.6 Τύποι και μηχανισμοί διασταυρούμενων αξόνων	10
2.7 Επιλογή μειωτήρα στροφών	11
2.8 Τρόποι τοποθέτησης	12
2.9 Λίπανση μειωτήρα	13
2.10 Μέθοδοι ψύξης μειωτήρα	14
3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕΙΩΤΗΡΩΝ	15
3.1 Λογισμικό Inventor®	15
3.1.1 Περιβάλλον Inventor®	15
3.2 Σχεδίαση επιμέρους τμημάτων μειωτήρων	16
3.2.1 Σχεδίαση διβάθμιου μειωτήρα	17
3.2.1.1 Σχεδίαση κεντρικού άξονα διβάθμιου	19
3.2.1.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση ζεύγους γραναζιών	20
3.2.1.3 Τρισδιάστατη σχεδίαση τρίτου γραναζιού	23
3.2.1.4 Τρισδιάστατη σχεδίαση αποστάσεων	24
3.2.1.5 Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών	25
3.2.1.6 Τρισδιάστατη σχεδίαση εδράνων κύλισης	26
3.2.1.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης	28
3.2.2 Σχεδίαση τριβάθμιου μειωτήρα	29
3.2.2.1 Σχεδίαση κεντρικού άξονα τριβάθμιου	31
3.2.2.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση πρώτου ζεύγους γραναζιών	31
3.2.2.3 Τρισδιάστατη σχεδίαση δεύτερου ζεύγους γραναζιών	33
3.2.2.4 Τρισδιάστατη σχεδίαση τρίτου γραναζιού	35
3.2.2.5 Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών	35
3.2.2.6 Τρισδιάστατη σχεδίαση αποστάσεων	37
3.2.2.7 Τρισδιάστατη σχεδίαση εδράνων κύλισης	37
3.2.2.8 Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης	38
3.2.3 Σχεδίαση μειωτήρα ατέρμονα κοχλία – κορώννα	39

3.2.3.1	Τρισδιάστατη σχεδίαση κεντρικής ατράκτου	40
3.2.3.2	Τρισδιάστατη σχεδίαση κοχλία κορώνας	41
3.2.3.3	Τρισδιάστατη σχεδίαση δεύτερου γραναζιού	43
3.2.3.4	Τρισδιάστατη σχεδίαση απόστασης	44
3.2.3.5	Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών	44
3.2.3.6	Τρισδιάστατη μοντελοποίηση εδράνων κύλισης	45
3.2.3.7	Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης	46
4.	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΈΔΙΑ	47
4.1	Σχέδια μειωτήρων	47
5.	ΣΥΝΟΨΗ	67
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΊΑ	68

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έχει γίνει η μελέτη τριών διαφορετικών μειωτήρων, οι οποίοι θα αποσυναρμολογηθούν, με στόχο την τρισδιάστατη σχεδίαση των εσωτερικών τμημάτων τους. Τα επιμέρους τμήματα αυτά αποτελούνται από: τις ατράκτους, τα γρανάζια, τα ρουλεμάν και τους αποστάτες τους. Τα παραπάνω σχεδιάστηκαν για καθένα μειωτήρα στις τρεις πραγματικές τους διαστάσεις με τη βοήθεια του λογισμικού της Inventor® της Autodesk®. Η σχεδίαση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την τρισδιάστατη αποτύπωση των εσωτερικών τμημάτων του κάθε μειωτήρα και η προσομοίωση λειτουργίας τους. Οι μειωτήρες που μελετήθηκαν είναι:

- i. Μειωτήρας ατέρμονα κοχλία – κορώνας
- ii. Διβάθμιος μειωτήρας με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς
- iii. Τριβάθμιος μειωτήρας με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς

Σε αυτούς τους τρεις μειωτήρες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, πραγματοποιήθηκε η αποσυναρμολόγηση τους, μελετήθηκαν τα εσωτερικά τους τμήματα και ολοκληρώθηκε η τρισδιάστατη απεικόνισή τους με ρεαλιστικές διαστάσεις και χαρακτηριστικά. Μέσα από την τρισδιάστατη σχεδίαση αυτή κατασκευάστηκαν τα δισδιάστατα σχέδια των ατράκτων με τις εδράσεις τους καθώς και τα κατασκευαστικά σχέδια για καθένα μειωτήρα. Τέλος, παρουσιάζονται, πρώτον η κινηματική αλυσίδα των μειωτήρων με κατάλληλη προσομοίωση σε τρισδιάστατη απεικόνιση για την κατανόηση της μετάδοσης της κίνησης της μία ατράκτου στην άλλη και δεύτερον η αποσυναρμολόγηση των τμημάτων για τη κατανόηση της κατασκευής και του τρόπου σύμπλεξης των γραναζιών.



Σχήμα 1: Παρουσίαση μειωτήρων

2. ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ

Οι μειωτήρες ή μειωτήρες στροφών ή κιβώτια ταχυτήτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των εργαλειομηχανών, του βιομηχανικού, του γεωργικού και εξορυκτικού εξοπλισμού, των μεταφορέων αλλά και σε κάθε εφαρμογή μετάδοσης ισχύος περιστροφικής κίνησης που απαιτεί αλλαγές στη ροπή και την ταχύτητα. Έχει δύο ή/και τρεις κύριες λειτουργίες, την αύξηση της ροπής από τον κινητήρα εξοπλισμό (κινητήρα) στον κινούμενο εξοπλισμό, τη μείωση της ταχύτητας που παράγει ο κινητήρας ή/και την αλλαγή της κατεύθυνσης των περιστρεφόμενων αξόνων. Η ταχύτητα και η ροπή συνδέονται αντιστρόφως ανάλογα και αναλογικά η ισχύς διατηρείται σταθερή. Επομένως, καθώς η ταχύτητα μειώνεται, η ροπή αυξάνεται με την ίδια αναλογία.

Λόγω των πολλαπλών χρήσεων τους, διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες της βιομηχανικής αλλά και της αυτοκινητιστικής χρήσης των κιβωτίων ταχυτήτων. Έτσι, θα πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με τις δημοσιευμένες ονομαστικές τιμές των κατασκευαστών, λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές λειτουργίας για τις απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας. Για παράδειγμα στις βαριές βιομηχανίες και την εξειδικευμένη χρήση τους τα κιβώτια ταχυτήτων κατασκευάζονται σχεδόν πάντα κατά παραγγελία, ώστε να ανταποκρίνονται στα απαιτούμενα φορτία κίνησης και στον απαιτούμενο προσανατολισμό κίνησης. Στην παρούσα πτυχιική εργασία οι μειωτήρες που επιλέχθηκαν ανήκουν στη βιομηχανική κατηγορία χρήσεως.

2.1 Ορισμός μειωτήρα

Βασικός ορισμός ενός μειωτήρα ταχυτήτων είναι πως πρόκειται για ένα κλειστό σύστημα οδοντωτών τροχών ή για μια μηχανική μονάδα ή εξάρτημα που αποτελείται από μια σειρά ενσωματωμένων οδοντωτών τροχών μέσα σε ένα περίβλημα. Σκοπός ενός μειωτήρα είναι μετάδοση της κίνησης από τον έναν άξονα στον άλλο, για την μετάδοση της κίνησης αυτής, χρησιμοποιούνται οδοντωτοί τροχοί. Οι οδοντωτοί τροχοί ή αλλιώς γρανάζια είναι τοποθετημένα σε άξονες, οι οποίοι εδράζονται και περιστρέφονται μέσω των ρουλεμάν, δηλαδή κυλιόμενων στοιχείων στο εσωτερικό του μειωτήρα. Οι μειωτήρες στροφών με οδοντωτούς τροχούς πλεονεκτούν στην δυνατότητα υπερφόρτισης των τροχών, καταλαμβάνουν μικρό χώρο, έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, παρουσιάζουν με ακρίβεια τη σχέση μετάδοσης τους, απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και προσδίδουν μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας και ζωής.

2.2 Λειτουργία ενός μειωτήρα

Η κύρια δομή ενός μειωτήρα αποτελείται από ένα μεγάλο γρανάζι που τοποθετείται με ένα μικρότερο γρανάζι, έτσι ώστε τα δύο αυτά γρανάζια να περιστρέφονται μαζί. Στην περίπτωση ενός διβάθμιου μειωτήρα, έχουμε δύο άξονες μετάδοσης και μία σχέση γραναζιών, όπου ένα μεγάλο γρανάζι συνδέεται με ένα μικρότερο γρανάζι, το μικρότερο γρανάζι κάνει δύο στροφές για κάθε μία στροφή του μεγαλύτερου γραναζιού. Με τις πολλαπλές στροφές του μικρότερου γραναζιού, υπάρχει μεγαλύτερη ταχύτητα αλλά απώλεια ροπής.

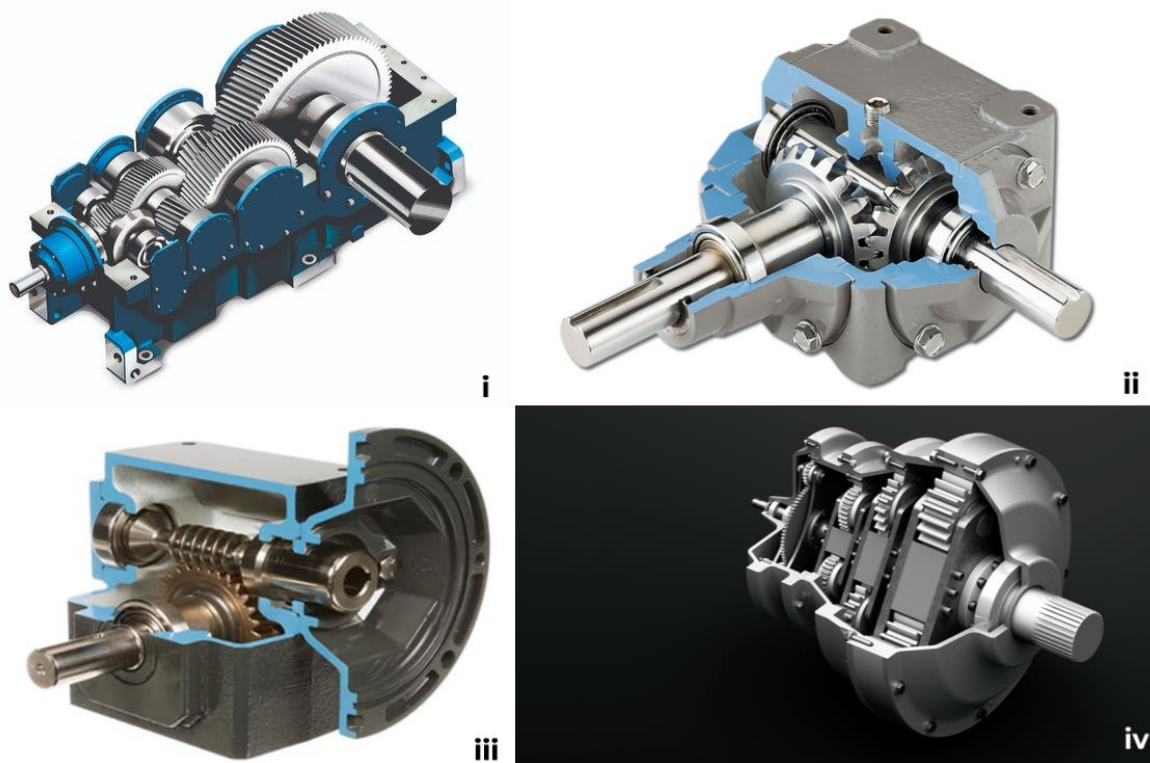
Η επιλογή του κατάλληλου αριθμού γραναζιών πραγματοποιείται έχοντας προκαθορισμένες σχέσεις, ανταποκρινόμενες στα χαρακτηριστικά των οδοντωτών τροχών εισόδου και εξόδου. Ένας μειωτήρας στροφών επιτυγχάνει την αλλαγή της ενέργειας με την αλλαγή της αναλογίας των κινούμενων γραναζιών. Τα γρανάζια ενός μειωτήρα στροφών έχουν περισσότερα δόντια από αυτά που υπάρχουν στο γρανάζι εισόδου, γεγονός που επιτρέπει στο γρανάζι εξόδου να περιστρέφεται πιο αργά και να αυξάνει τη ροπή. Τοποθετημένος μεταξύ ενός κινητήρα και ενός μηχανήματος, ένας μειωτήρας στροφών μειώνει την ταχύτητα που παρέχει ο κινητήρας, έτσι ώστε μια

εφαρμογή να είναι σε θέση να αξιοποιεί την ενέργεια του κινητήρα. Σε έναν μειωτήρα στροφών, ένα σύνολο μεγάλων και μικρών οδοντωτών τροχών συνεργάζονται για να μειώσουν την ταχύτητα εισόδου αυξάνοντας παράλληλα τη ροπή. Η αλλαγή της ταχύτητας εξόδου μιας μηχανής επιτρέπει τον καλύτερο και ακριβέστερο έλεγχο μιας διαδικασίας για την παραγωγή καλύτερων αποτελεσμάτων.

2.3 Διαχωρισμός μειωτήρων

Παρακάτω αναφέρονται με κριτήριο διαχωρισμού τον τύπο οδοντωτών γραναζιών που φέρουν, τα είδη των μειωτήρων:

- μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί (ευθείας, ελικοειδής ή τοξοειδής οδόντωσης) που συνδέουν παράλληλους άξονες,
- κωνικοί οδοντωτοί τροχοί (ευθείας, ελικοειδής, διπλά ελικοειδής ή υποειδής) που συνδέουν τεμνόμενους ή διασταυρούμενους άξονες,
- σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώννα για διασταυρούμενους άξονες,
- πλανητικοί οδοντωτοί τροχοί παράλληλων αξόνων.



Σχήμα 2: Μειωτήρες: i) μετωπικός με ελικοειδή οδόντωση, ii) κωνικός με ευθεία οδόντωση, iii) συστήματος κοχλία κορώννα και iv) πλανητικοί

2.4 Τύποι και μηχανισμοί παράλληλων αξόνων

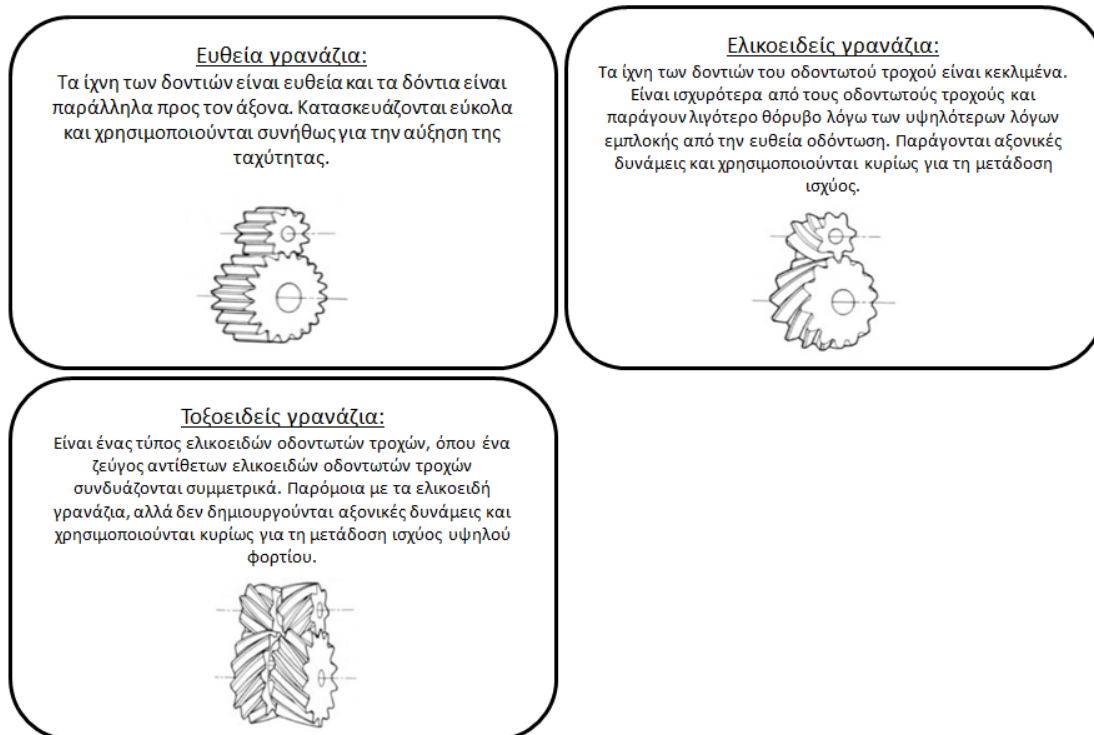
Ένας μειωτήρας παράλληλου άξονα χρησιμοποιεί τα γρανάζια ως μέσω μείωσης της ταχύτητας. Ονομάζονται “παράλληλοι άξονες”, διότι ο άξονας του κινητήρα και ο άξονας του μειωτήρα στροφών τοποθετούνται σε παράλληλα επίπεδα. Οι μειωτήρες αυτοί χρησιμοποιούν ευθείς, ελικοειδείς ή διπλά ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς.

Οι άξονες εισόδου και εξόδου τους είναι παράλληλοι και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Για γρανάζια υψηλής ακρίβειας, η απόδοση μετάδοσης είναι πολύ υψηλή.
- Όταν υπάρχει ορθή λίπανση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Το κόστος παραγωγής είναι σχετικά οικονομικό, καθώς χρησιμοποιούνται τυποποιημένα γρανάζια.
- Οι μειωτήρες με ευθείς οδοντώσεις, χρησιμοποιούνται για την αύξηση της ταχύτητας.

Τα μεγέθη των μειωτήρων με ευθείς οδοντώσεις είναι συνήθως μεγάλα, σε σύγκριση με τους μειωτήρες με σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώννα αναφερόμενοι στον ίδιο λόγο ταχύτητας. Το εξωτερικό τους περίβλημα είναι μεγάλο, επομένως και ο αριθμός των εξαρτημάτων αυξάνεται, γεγονός που οδηγεί σε κατασκευαστικά μειονεκτήματα. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται για μηχανές με υψηλή περιστροφή στην πλευρά του φορτίου ή όπου απαιτείται υψηλότερη περιστροφή εξόδου από τις κύριες μηχανές (για αύξηση της ταχύτητας). Οι τύποι και τα χαρακτηριστικά των οδοντωτών τροχών παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα 3.

Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών φαίνεται για τους μειωτήρες με παράλληλους άξονες να προτιμάται η χρήση ελικοειδών γραναζιών. Αυτοί χρησιμοποιούνται σε χαλυβουργικές εγκαταστάσεις, πλοία, γερανούς, ανελκυστήρες και μεταφορείς. Όσον αφορά τις μηχανές αυτοματισμού, αυτοί οι μειωτήρες γραναζιών είναι επίσης γνωστοί για τους οδοντωτούς κινητήρες, οι οποίοι είναι μειωτήρες γραναζιών με απευθείας συνδεδεμένους κινητήρες.



Σχήμα 3: Ιδιότητες γραναζιών σε παράλληλους άξονες. Σχήμα τροποποιημένο από ιστοσελίδα:

2.5 Τύποι και μηχανισμοί τεμνόμενων αξόνων

Οι μειωτήρες οδοντωτών τροχών με ορθογώνιους άξονες είναι επίσης γνωστοί ως μειωτήρες κωνικών οδοντωτών τροχών, των οποίων οι άξονες εισόδου και εξόδου είναι κάθετοι. Μεταξύ των οδοντωτών τροχών που χρησιμοποιούνται είναι: οι ευθύγραμμοι, οι ελικοειδείς, οι σπειροειδείς, οι οδοντωτοί τροχοί Zerol, οι οδοντωτοί τροχοί με πρόσωπο και οι οδοντωτοί τροχοί με κορώνα. Οι μειωτήρες οδοντωτών τροχών με ορθογώνιους άξονες χρησιμοποιούνται συνήθως ως συσκευές διακλάδωσης ισχύος για βιομηχανική χρήση.

Η ακρίβεια των μειωτήρων με κάθετα τεμνόμενους άξονες είναι μικρότερη από τους μειωτήρες με παράλληλους άξονες. Ειδικότερα, το γρανάζι που στηρίζεται μόνο στη μία πλευρά είναι εύκολο να εκτραπεί, οδηγώντας σε κάπως χαμηλότερη απόδοση μετάδοσης (98%) λόγω της κακής επαφής των δοντιών. Οι ευθύγραμμοι μειωτήρες οδοντωτών τροχών είναι κατάλληλοι για αργή περιστροφή και οι τυποποιημένες αναλογίες μείωσης είναι 1:1 και 1:2.

Οι τύποι και τα χαρακτηριστικά των οδοντωτών τροχών σε ορθογώνιους άξονες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα 4.

Ευθεία κωνικά γρανάζια	Τα γρανάζια με ευθύγραμμο ίχνος δοντιού κόβονται σε επιφάνεια σχήματος κώνου.
Ελικοειδείς κωνικά γρανάζια	Τα δόντια των ελικοειδών οδοντωτών τροχών είναι κεκλιμένα και είναι ισχυρότερα από αυτά των ευθύγραμμων κωνικών τροχών.
Σπειροειδείς οδοντωτά γρανάζια	Το ίχνος του δοντιού είναι καμπυλωτό και η περιοχή επαφής του δοντιού είναι μεγάλη. Εμφανίζει υψηλότερη αντοχή και χαμηλότερο θόρυβο. Όμως είναι αρκετά δύσκολη η κατασκευή τους και η αξονική δύναμη είναι μεγάλη. Χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές.
Zerol κωνικά γρανάζια	Είναι σπειροειδείς οδοντωτοί τροχοί με μηδενική γωνία συστροφής. Οι αξονικές δυνάμεις είναι μικρότερες από αυτές των σπειροειδών οδοντωτών τροχών και είναι παρόμοιες με αυτές των ευθύγραμμων οδοντωτών τροχών.
Γρανάζια προσώπου	Τα λοξά γρανάζια κόβονται σε κυκλικούς δίσκους και εμπλέκονται με τα οδοντωτά γρανάζια για τη μετάδοση της δύναμης. Οι δύο άξονες τέμνονται σε ορισμένες περιπτώσεις και χρησιμοποιούνται κυρίως για ελαφρά φορτία και για τη μετάδοση απλών κινήσεων.
Γρανάζια κορώνας	Είναι κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με επίπεδη επιφάνεια βήματος και ισοδύναμοι με τα ράφια των οδοντωτών τροχών.

Σχήμα 4: Χαρακτηριστικά γραναζιών για τεμνόμενους άξονες. Σχήμα τροποποιημένο από τον διαδικτυακό τόπο: https://khkgears.net/new/gear_knowledge/Types_and_Mechanisms_of_Gear_Reducers.html

2.6 Τύποι και μηχανισμοί διασταυρούμενων αξόνων

Οι μειωτήρες οδοντωτών τροχών των οποίων οι άξονες εισόδου και εξόδου είναι μετατοπισμένοι και ορθογώνιοι μεταξύ τους χρησιμοποιούν γενικά υποειδή γρανάζια ή σκουληκοειδή γρανάζια. Ειδικότερα, τα σκουληκοειδή γρανάζια χρησιμοποιούνται για τη μείωση της ταχύτητας. Τα διακριτικά χαρακτηριστικά αυτών των μειωτήρων είναι τα εξής :

- i. Υψηλός λόγος μείωσης σε ένα μόνο στάδιο.
Το εύρος της μείωσης ταχύτητας κυμαίνεται μεταξύ 1:5 και 1:100. Είναι δυνατόν να επιτευχθεί ο λόγος αναγωγής 1:10.000 εάν συνδυαστούν δύο συστήματα γραναζιών ατέρμονα κοχλία κορώννα.
- ii. Λιγότερος θόρυβος και κραδασμοί.
Τα συστήματα ατέρμονα κοχλία κορώννα παράγουν λιγότερο θόρυβο και κραδασμούς, καθώς λαμβάνει χώρα κυρίως επαφή ολίσθησης. Εκμεταλλευόμενοι αυτό το χαρακτηριστικό, οι μειωτήρες αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί για πηγές κίνησης. Ωστόσο, λόγω της χαμηλής απόδοσης μετάδοσης, έχουν αντικατασταθεί από μειωτήρες με ορθογώνιους άξονες, όπως με τη χρήση υποειδών οδοντωτών τροχών ή με παράλληλους άξονες, όπως αναλύεται στη συνέχεια.
- iii. Οι άξονες εισόδου και εξόδου βρίσκονται σε ορθή γωνία.
Υπάρχουν λιγότερα εξαρτήματα ακόμη και όταν ενσωματώνονται σε κιβώτια ταχυτήτων και τα μεγέθη τους είναι μικρά, έτσι ώστε να εξοικονομούνται χώροι εγκατάστασης.
- iv. Ιδιότητα αυτοσυγκράτησης.
Όταν ο λόγος μείωσης είναι υψηλός, ενδέχεται να μην είναι δυνατή η περιστροφή του άξονα εισόδου με τη χρήση του άξονα έξοδο. Στην πραγματικότητα, η απόλυτη αυτή έννοια είναι δύσκολο να συμβεί. Από την άλλη πλευρά όμως, αυτό το χαρακτηριστικό είναι πιο αποτελεσματικό στην περίπτωση μηχανισμών με έκκεντρο, όπου εφαρμόζονται φορτία θετικής και αρνητικής κατεύθυνσης ενώ περιστρέφονται με έναν τρόπο.
- v. Χαμηλή απόδοση μετάδοσης.
Οι απώλειες τριβής των μηχανισμών ατέρμονα κοχλία κορώννα είναι μεγάλες επειδή χρησιμοποιούν επαφές ολίσθησης. Ως εκ τούτου, η απόδοση μετάδοσης είναι χαμηλή και ποικίλλει ευρέως ανάλογα με τη γωνία προσαγωγής. Όταν η γωνία πρόωσης είναι 5 έως 40°, η απόδοση μετάδοσης είναι 60 έως 95%. Η ταχεία μείωση της απόδοσης μετάδοσης όταν η γωνία πρόωσης πλησιάζει τις 15° είναι το μειονέκτημά τους.
- vi. Ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας.
Οι μηχανισμοί ατέρμονα κοχλία κορώννα έχουν ολίσθηση κατά μήκος του ίχνους των δοντιών, εκτός από την ολίσθηση κατά μήκος του προφίλ των δοντιών. Καθώς αυτή η ολίσθηση κατά μήκος του ίχνους του δοντιού είναι πολύ μεγάλη, εάν η επαφή του δοντιού κατά μήκος του ίχνους του δοντιού είναι μικρή, παράγεται υψηλή επιφανειακή πίεση και το φιλμ λιπαντικού ελαίου μπορεί να σπάσει. Όταν η θερμοκρασία στο σημείο εμπλοκής είναι υψηλή και χρησιμοποιείται ορυκτέλαιο, οι 90°C θεωρούνται το όριο της επιτρεπόμενης θερμοκρασίας στο εξωτερικό περίβλημα.

Τα χαρακτηριστικά τώρα των οδοντωτών τροχών που χρησιμοποιούνται σε αυτόν τον τύπο αξόνων παρουσιάζονται στον παρακάτω σχήμα 5.

Υποειδείς γρανάζια	Είναι ένας τύπος κωνικών οδοντωτών τροχών όπου οι δύο άξονες δεν τέμνονται, επομένως δεν ονομάζονται κωνικοί οδοντωτοί τροχοί. Παρουσιάζουν λιγότερο θόρυβο, αλλά είναι δύσκολη η κατασκευή τους και εμφανίζουν μεγάλη ολίσθηση στις επιφάνειες εμπλοκής.
Κυλινδρικό σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώννα	Ο λόγος μείωσης είναι μεγάλος, αλλά μικρός σε μέγεθος. Είναι δυνατή η αυτοασφάλιση με τη χρήση της δύναμης από την πλευρά της εξόδου και εμφανίζεται μεγάλη ολίσθηση στις επιφάνειες εμπλοκής.
Σύστημα κλεψύδρας ατέρμονα κοχλία κορώννα	Σε σύγκριση με τα κυλινδρικά συστήματα ατέρμονα κοχλία κορώννα, έχουν μεγαλύτερο αριθμό δοντιών εμπλοκής, γεγονός που τους προσδίδει μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς φορτίου σε σχέση με το μέγεθός τους. Είναι δύσκολη η κατασκευή τους και η επαφή των δοντιών διαφοροποιείται όταν τα γρανάζια μετακινούνται αξονικά.

Σχήμα 5: Χαρακτηριστικά γραναζιών διασταυρούμενων αξόνων

2.7 Επιλογή μειωτήρα στροφών

Για την επιλογή και την αγορά ενός μειωτήρα στροφών, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, ένας μειωτήρας χρησιμοποιείται για την προσαρμογή των χαρακτηριστικών (ροπή και ταχύτητα) του άξονα εισόδου και του άξονα εξόδου ενός μηχανισμού. Για την επιλογή λοιπόν, θα πρέπει να είναι γνωστή η ζητούμενη ροπή και η ταχύτητα περιστροφής που επιθυμεί ο χρήστης. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι μειωτήρων οδοντωτών τροχών, όπως έχουν προαναφερθεί, κάθε τύπος όμως έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αντίστοιχα. Έτσι πέρα από την επιλογή του με βάση των ζητούμενων χαρακτηριστικών, θα πρέπει η απόφαση αυτή να αντισταθμίζεται και με βάση της επίδοσης του τύπου μειωτήρα, ώστε να επιλεγεί εκείνος που είναι πιο αποδοτικός στην προβλεπόμενη χρήση.

- A. Ο μειωτήρας μετωπικού οδοντωτού τροχού είναι γενικότερα ο απλούστερος τύπος, καθώς χρησιμοποιεί παράλληλους άξονες για τη μετάδοση της ισχύος απευθείας από το ένα άκρο στο άλλο. Λόγω της απλότητάς τους, μπορούν να επιτύχουν πολύ υψηλές σχέσεις μετάδοσης και ταυτόχρονα έτσι, μειώνουν το κόστος της συντήρησης και των επισκευών τους. Ωστόσο, δεν είναι πολύ ευπροσάρμοστοι, καθώς τείνουν να είναι μεγαλύτεροι από άλλους τύπους μειωτήρων.
- B. Ο μειωτήρας κωνικού οδοντωτού τροχού χρησιμοποιεί γωνιακό στρόφαλο καμπάνας, προσφέροντας στον χρήστη επιλογές ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε φορά. Σε αντίθεση με τους περισσότερους μειωτήρες, το σύστημα περιστροφής τους μπορεί να αλλάξει μεταξύ εγκάρσιων και διαμήκη συστημάτων περιστροφής και υποστηρίζουν τόσο σύγχρονους όσο και ασύγχρονους κινητήρες. Αυτή η

ευελιξία επιτρέπει τη χρήση τους σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Ο τύπος αυτός τείνει να είναι ένας από τους πιο αθόρυβους τύπους, γεγονός που ευνοεί το περιβάλλον εργασίας όταν ο θόρυβος έχει σημασία. Επίσης, συγκαταλέγονται μεταξύ των ισχυρότερων μειωτήρων ταχυτήτων, ικανών να διαχειριστούν υψηλές ταχύτητες εισόδου και ροπή χωρίς πρόβλημα. Το επίπεδο απόδοσης και η ενεργειακή τους απόδοση είναι αρκετά καλή. Όμως επειδή η εσωτερική τους διαμόρφωση είναι περίπλοκη καθιστά την εφαρμογή και τη συντήρησή τους δαπανηρή.

- C. Ο μειωτήρας με το σύστημα του ατέρμονα κοχλία κορώνα αποτελεί έναν από τους πιο συνηθισμένους τύπους, έχοντας μια σειρά από κάθετους άξονες που μειώνουν την ισχύ του κινητήρα, χαρακτηριστικό το οποίο χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν πολύ υψηλή σχέση μετάδοσης. Η διαμόρφωση του αυτή του επιτρέπει να επιτυγχάνει υψηλή σχέση μετάδοσης, ενώ παράλληλα καταλαμβάνει σχετικά μικρό χώρο. Είναι ευρέως διαδεδομένοι, καθώς αποτελεί μία από τις λιγότερο δαπανηρές επιλογές στην αγορά και τείνουν να λειτουργούν αθόρυβα σε σύγκριση με τις άλλες επιλογές. Τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου είναι πρώτον πως ο μηχανισμός τους είναι μη αναστρέψιμος, δηλαδή η πλευρά εξόδου δεν θα μπορούσε ποτέ να κινήσει το σύστημα και δεύτερον λόγω της συμπαγούς διαμόρφωσης τους είναι επιρρεπείς στη συσσώρευση θερμότητας και χρειάζονται συχνά ένα τρόπο ψύξης.
- D. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πλανητικού μειωτήρα, είναι η ομοαξονική του διάταξη, με αποτέλεσμα αυτή του η συναρμολόγηση να είναι συμπαγής. Στα πλεονεκτήματα του περιλαμβάνεται το συμπαγές μέγεθος, η υψηλή απόδοση και ο υψηλός λόγος ροπής προς βάρος. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για εφαρμογές όπου χρειάζεστε αργή ταχύτητα κινητήρα, διατηρώντας παράλληλα υψηλή ροπή. Από την άλλη πλευρά, ο πολύπλοκος και δαπανηρός σχεδιασμός τους απαιτεί εξειδικευμένη συντήρηση.

2.8 Τρόποι τοποθέτησης

Η εταιρεία παραγωγής των κιβωτίων ταχυτήτων, Sew- Eurodrive, χωρίζει τα μοντέλα της σε τρεις κατηγορίες τους: i) μειωτήρες, ii) ηλεκτρομειωτήρες και iii) ηλεκτρομειωτήρες MOVIMOT και τους κατηγοριοποιεί σε έξι διαφορετικούς τύπους κατασκευής. Ανάλογα τη κατηγορία που ανήκει ο μειωτήρας και το προσανατολισμό της θέσης, στην οποία τοποθετείται, χωρίζονται σε οριζόντια, κάθετη και όρθια, προκύπτοντας το παρακάτω σχήμα 6 εξηγώντας τη κωδικοποίηση των θέσεων τοποθέτησης.

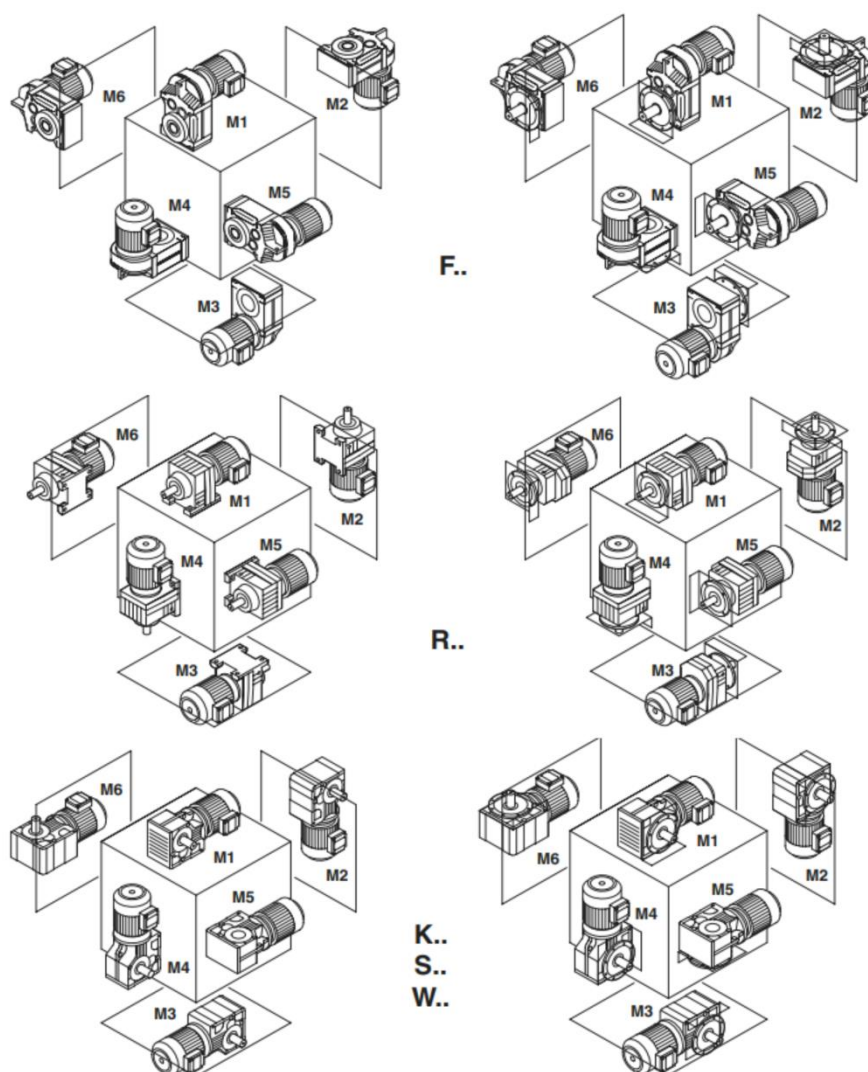
	Τυπική θέση τοποθέτησης	Εναλλακτική θέση τοποθέτησης
Οριζόντιος	M1	M3
Κάθετος	M5	M6
Όρθιος	M4	M2

Σχήμα 6: Κωδικοποίηση

θέσεων

Έπειτα σύμφωνα με τη παραπάνω κωδικοποίηση, για να τοποθετηθεί σωστά ένας μειωτήρας η εταιρεία διαχωρίζει τα μοντέλα σύμφωνα με την κλίση των γραναζιών και την

σχέση των αξόνων, δηλαδή χαρακτηρίζει τους μειωτήρες παράλληλων αξόνων με F, τους γωνιακούς με κωνικά γρανάζια ως K, τους ευθύγραμμους με ελικοειδή γρανάζια ως R, τους γωνιακούς SPIROPLAN ως W και τους γωνιακούς με ατέρμονα – κορώνα ως S. Σύμφωνα με τους παραπάνω χαρακτηρισμούς παρουσιάζονται οι πιθανοί τρόποι τοποθέτησης στο σχήμα 7.



Σχήμα 7: Τρόποι τοποθέτησης

2.9 Λίπανση μειωτήρα

Η ορθή λίπανση ενός μειωτήρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην αποτελεσματικότητα του και συνεπώς στην διάρκεια ζωής του. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να γίνεται η κατάλληλη επιθεώρηση και συντήρηση τους, ακολουθώντας τις οδηγίες της κατασκευαστικής τους εταιρείας και στη συγκεκριμένη περίπτωση της Sew – eurodrive. Μερικοί από τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο έλεγχος και η συντήρηση τους, είναι από την χρήση του μειωτήρα, σε βιομηχανική ή βιοτεχνική εγκατάσταση, το περιβάλλον χρήσης, δηλαδή εάν βρίσκεται σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο, η τοποθέτηση σωστής ποσότητας πλήρωσης του λιπαντικού και ο τρόπος τοποθέτησης τους.

Ενδείκνυται ο έλεγχος τους, ανάλογα με τις παραπάνω συνθήκες λειτουργίας, το αργότερο κάθε δώδεκα μήνες. Η εταιρεία κατασκευής τους, παρέχει ενδεικτικές τιμές της ποσότητας πλήρωσης λιπαντικού για καθένα από τα μοντέλα της. Παρ' όλα αυτά και οι τιμές αυτές μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τον αριθμό βαθμίδων και τη σχέση μετάδοσης τους. Έπειτα, από τη διαδικασία πλήρωσης του λιπαντικού είναι αναγκαίος ο έλεγχος της τάπας ελέγχου της στάθμης του λαδιού, έτσι ώστε να μην αποκλίνει η ένδειξη από τη πραγματική τιμή. Παρακάτω αναφέρονται οι μέθοδοι λίπανσης ενός μειωτήρα στροφών.

- ⇒ Λίπανση με έγχυση: στην μέθοδο λίπανσης με έγχυση η στάθμη του λαδιού είναι χαμηλή. Τα στοιχεία της οδόντωσης και των εδράνων που δεν βυθίζονται στο λουτρό λαδιού λιπαίνονται από το εκτινασσόμενο λάδι. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται σίγουρα για οριζόντιες θέσεις τοποθέτησης (M1 ή M3).
- ⇒ Λίπανση με λουτρό λαδιού: στον τρόπο λίπανσης αυτόν, η στάθμη του λαδιού μέσα στον μειωτήρα είναι σχεδόν ή πλήρης. Έτσι όλα τα σημεία της οδόντωσης και των εδράνων βυθίζονται μερικώς ή πλήρως στο λουτρό του λαδιού.
- ⇒ Λίπανση με πίεση: στην περίπτωση αυτή ο μειωτήρας περιλαμβάνει μία αντλία. Η στάθμη του λαδιού εδώ είναι χαμηλή και σε κάποιες περιπτώσεις είναι ακόμα χαμηλότερη από αυτή της λίπανσης με έγχυση. Οι οδοντώσεις και τα σημεία των εδράνων που δεν βρίσκονται στο λουτρό λαδιού τροφοδοτούνται με λάδι μέσω των αγωγών λίπανσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν:
 - Δεν είναι δυνατή η λίπανση με έγχυση, η οποία εξαρτάται από την θέση τοποθέτησης του μειωτήρα.
 - Ο τρόπος λίπανσης με λουτρό λαδιού, δεν επιθυμείτε ή θεωρείται ασύμφορη για λόγους θερμοκρασίας.
 - Υπάρχουν υψηλές στροφές εισόδου και υπερβαίνουν τις οριακές στροφές για τους άλλους τύπους λίπανσης, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος του μειωτήρα, τον τύπο και τον αριθμό των βαθμίδων του.

2.10 Μέθοδοι ψύξης μειωτήρα

Η ψύξη ενός μειωτήρα στροφών είναι εξίσου σημαντική με τη λίπανση του, καθώς οι δύο αυτές έννοιες αλληλοσυνδέονται και επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής και την απόδοση του. Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει το ιξώδες του λαδιού που εμπεριέχεται σε αυτόν, με απόρροια τη μη σωστή λειτουργία του. Παρακάτω αναφέρονται οι τρεις τρόποι ψύξης ενός μειωτήρα στροφών:

- ⇒ Ψύξη με ανεμιστήρα: στη μέθοδο αυτή τοποθετείται στον άξονα εισόδου ένας ανεμιστήρας, του οποίου το ρεύμα αέρα βελτιστοποιεί τη μετάβαση της θερμότητας από την επιφάνεια του μειωτήρα προς το περιβάλλον.
- ⇒ Ενσωματωμένη ψύξη: στην περίπτωση αυτή το σύστημα ψύξης είναι ενσωματωμένο απευθείας στο κέλυφος του μειωτήρα ή είναι τοποθετημένο πολύ κοντά σε αυτό, παραδείγματος χάριν καπάκι ψύξης νερού ή φυσίγγιο ψύξης νερού.

- ⇒ Ψύξη κυκλοφορίας: πρόκειται για μία εγκατάσταση παροχής λαδιού με εναλλάκτη θερμότητας λαδιού/νερού και το λάδι μεταφέρεται μέσω μιας αντλίας από τον μειωτήρα στον εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕΙΩΤΗΡΩΝ

Έχοντας αναφέρει παραπάνω όλους τους τύπους των μειωτήρων που υπάρχουν στο εμπόριο, για την παρούσα πτυχιακή εργασία έχουν επιλεγθεί τρεις τύποι αυτών με τα εξής χαρακτηριστικά: ένας διβάθμιος μειωτήρας στροφών, ένας τριβάθμιος και ένας με σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώνα. Ο χαρακτηρισμός της τάξεως του μειωτήρα εξαρτάται από τον αριθμό σχέσεων μετάδοσης του, στην περίπτωση μας ο διβάθμιος μειωτήρας αποτελείται από δύο άξονες, ένας εισόδου και ένας εξόδου και μία σχέση γραναζιών, ενώ ο τριβάθμιος αντίστοιχα από τρεις άξονες και δύο σχέσεις γραναζιών. Οι δύο αυτοί μειωτήρες κατατάσσονται στην κατηγορία των μετωπικών οδοντωτών τροχών με πλάγια οδόντωση, οι οποίοι συνδέουν παράλληλους άξονες. Ενώ, το σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώνα κατατάσσεται σε μία ξεχωριστή κατηγορία και συνδέει διασταυρούμενους άξονες.

Η τρισδιάστατη σχεδίαση των εσωτερικών τμημάτων των τριών αυτών μειωτήρων ολοκληρώθηκε στο πρόγραμμα του Inventor® της AutoDesk®. Η εταιρείας κατασκευής και των τριών είναι η SEW – Eurodrive, αναφερόμενη σε μια Γερμανική κατασκευαστική εταιρεία, η οποία παράγει μειωτήρες στροφών, κινητήρες, ηλεκτροκινητήρες και τεχνολογίες inventor.

3.1 Λογισμικό Inventor®

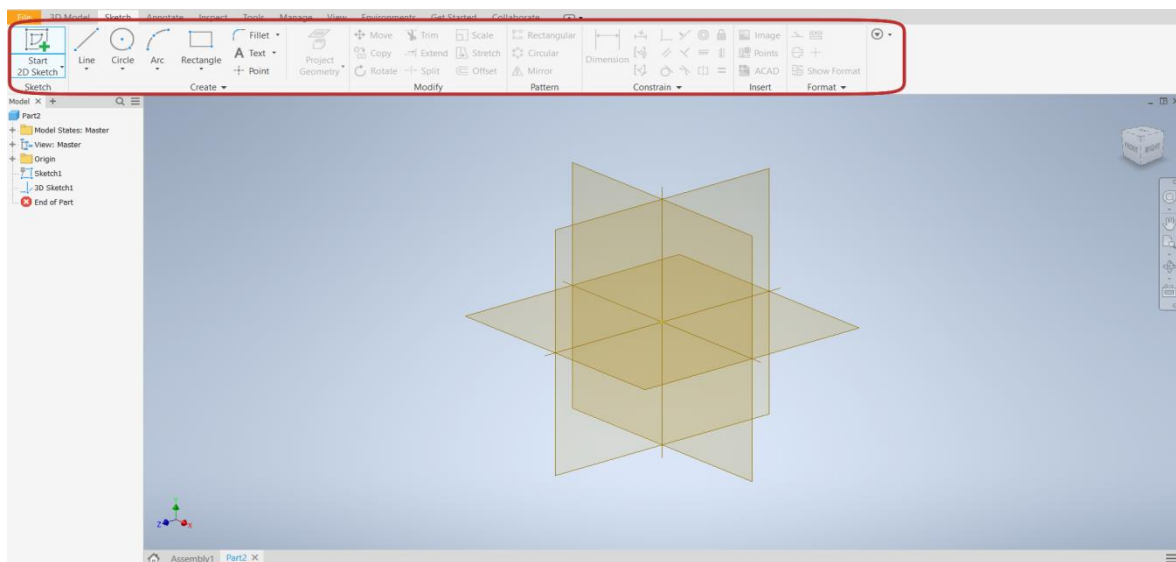
Το λογισμικό του Inventor® της AutoDesk® προσφέρει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων σχεδιασμού και μηχανικής, έχοντας τη δυνατότητα επαγγελματικής τρισδιάστατης σχεδίασης, τεκμηρίωσης και εργαλείων προσομοίωσης προϊόντων. Παρέχει ένα έγκαιρο δίκτυο συνεργασίας και ανταλλαγής σχολίων, για την άμεση επίλυση προβλημάτων και θεμάτων στη χρήση των προγραμμάτων της, οποιαδήποτε χρονική στιγμή και οπουδήποτε βρίσκεται ο χρήστης. Αποτελεί έναν ισχυρό συνδυασμό δυνατοτήτων παραμετρικού, άμεσου, ελεύθερου και με κανόνες σχεδιασμού. Διαθέτει ολοκληρωμένα εξειδικευμένα εργαλεία σχεδίασης λαμαρίνας, πλαισίων, μηχανών και πολλών άλλων και τέλος, ικανοποιεί τις ανάγκες για προσαρμοσμένα προϊόντα και αυτοματοποιημένες διαδικασίες, δίνοντας προσαρμοσμένες βιβλιοθήκες για την αναπαραγωγή τυποποιημένων προϊόντων σε βιδωτές συνδέσεις, γρανάζια, ρουλεμάν και άλλα. Είναι επίσης δυνατή η απόδοση της κινηματικής σχέσης μιας συναρμολόγησης, καθώς και η δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων από τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράχθηκαν στο γραφιστικό περιβάλλον του προγράμματος.

3.1.1 Περιβάλλον Inventor®

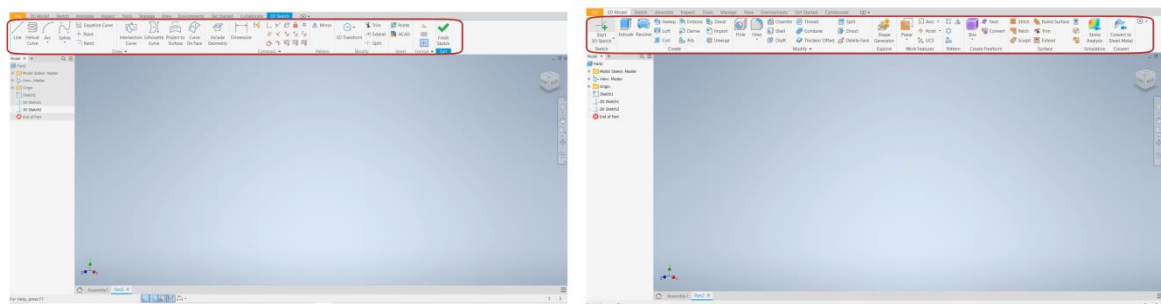
Σχετικά με το γραφιστικό περιβάλλον του Inventor®, αποδίδει τη δισδιάστατη αλλά και τη τρισδιάστατη σχεδίαση με απόλυτη ακρίβεια διαστάσεων. Αυτό προκύπτει από τη δυνατότητα των εργαλείων του να εφαρμόζονται οι καθορισμένες παράμετροι, διαστάσεων και γεωμετρικών σχέσεων στο μοντέλο σχεδίασης. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της εφαρμογής αυτής είναι, πως όταν υπάρξει μεταβολή μίας παραμέτρου ή μετατροπή στη σχεδίαση ενός μοντέλου, τότε αυτό αυτόματα ενημερώνεται σε όλες τις

τυχόν εμφανίσεις του στο σχεδιαστικό περιβάλλον του Inventor®, δίχως να χρειάζεται χειροκίνητη ενημέρωση ή να δοθούν εκ νέου οι γεωμετρικές παράμετροι.

Στα παρακάτω σχήματα 9 και 10 είναι εμφανής το περιβάλλον εργασίας είτε στη δισδιάστατη είτε στη τρισδιάστατη σχεδίαση, η γραμμή εργαλείων εμφανίζεται το πάνω μέρος του παραθύρου και σημειώνεται στα σχήματα με κόκκινο πλαίσιο. Στη γραμμή αυτή εμφανίζονται όλες οι σχεδιαστικές δυνατότητες του προγράμματος για τη κατασκευή ενός τεμαχίου.



Σχήμα 9: Περιβάλλον δισδιάστατης σχεδίασης



Σχήμα 10: Περιβάλλοντα τρισδιάστατης σχεδίασης

3.2 Σχεδίαση επιμέρους τμημάτων μειωτήρων

Για καθένα από τους προαναφερόμενους, στο κεφάλαιο 3, μειωτήρες σχεδιάστηκαν τα εσωτερικά τους εξαρτήματα τα οποία τους αποτελούν, δηλαδή τα έδρανα κύλισης (ρουλεμάν), τις ατράκτους, τις ατράκτους με οδόντωση, τους οδοντωτούς τροχούς, τις αποστάσεις και τις σφήνες.

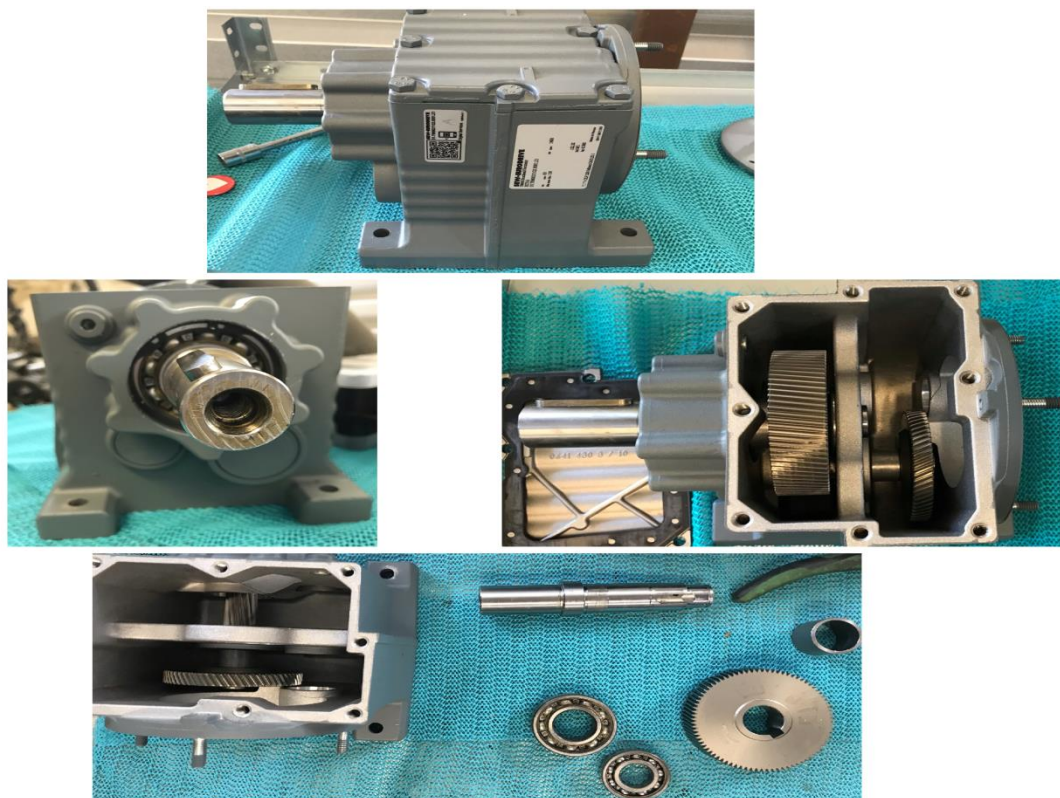
3.2.1 Σχεδίαση διβάθμιου μειωτήρα

Ο διβάθμιος μειωτήρας στροφών που επιλέχθηκε είναι της εταιρείας Sew – Eurodrive με κωδικό R 27/ A, όπως φαίνεται και στο σχήμα 11. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται η ταμπέλα που είναι τοποθετημένη πάνω στο μειωτήρα, στην οποία αναγράφονται τα χαρακτηριστικά του. Έτσι, ο κωδικός R 27/ A, αναφέρεται στο χαρακτηρισμό του R ως ευθύγραμμο μειωτήρα με ελικοειδή γρανάζια, ο αριθμός 27 προσδιορίζει το μέγεθος της μονάδας και το γράμμα A την επιλογή του εξαρτήματος της μονάδας των γραναζιών στην πλευρά εισόδου, όταν ο μειωτήρας συνδεθεί με κινητήρα. Στην παρούσα περίπτωση αυτό δεν μας επηρεάζει. Άλλα χαρακτηριστικά που αναγράφονται στη ταμπέλα αυτή είναι ο αριθμός στροφών εισόδου / εξόδου 1400 / 63 [r/min], η ονομαστική ροπή του μειωτήρα στα 130 [Nm], η ακριβής σχέση μείωσης του σε 22,32 [i], ο τρόπος τοποθέτησης του σε θέση M1, το συνολικό του βάρος 4,586 [kg] και μία από τις σημαντικότερες πληροφορίες που θα πρέπει να γνωρίζει ο αγοραστής είναι ο βαθμός του λαδιού και η κλάση του ιξώδους του, στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κατασκευαστής προτείνει CLP 220, Miner oil με ιξώδες 0,25 l.

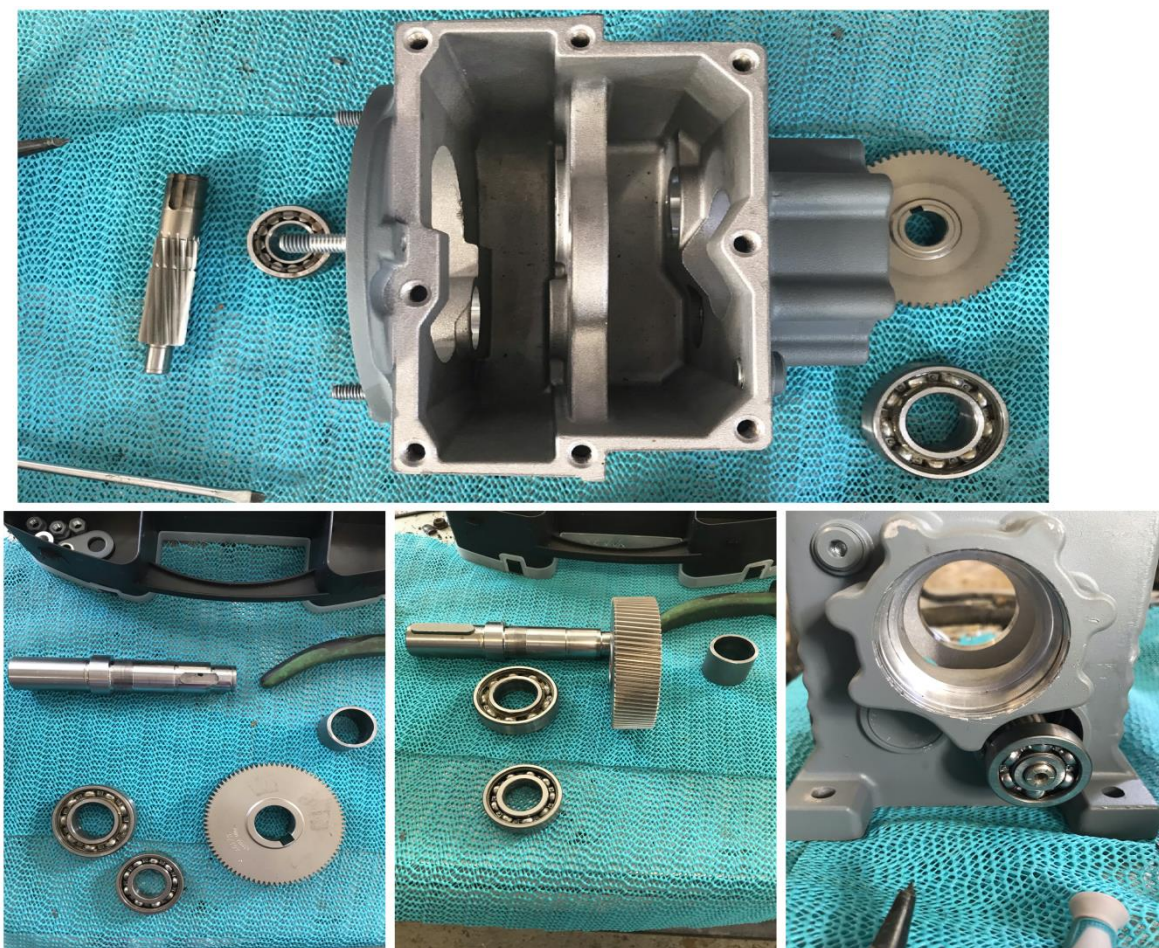


Σχήμα 11: Πινακίδα δευτεροβάθμιου μειωτήρα

Η αρχική μορφή του μειωτήρα πριν από την αποσυναρμολόγηση παρουσιάζεται στο σχήμα 12 και στα έπειτα σχήματα ακολουθούν διάφορα στάδια της αποσυναρμολόγησης του.



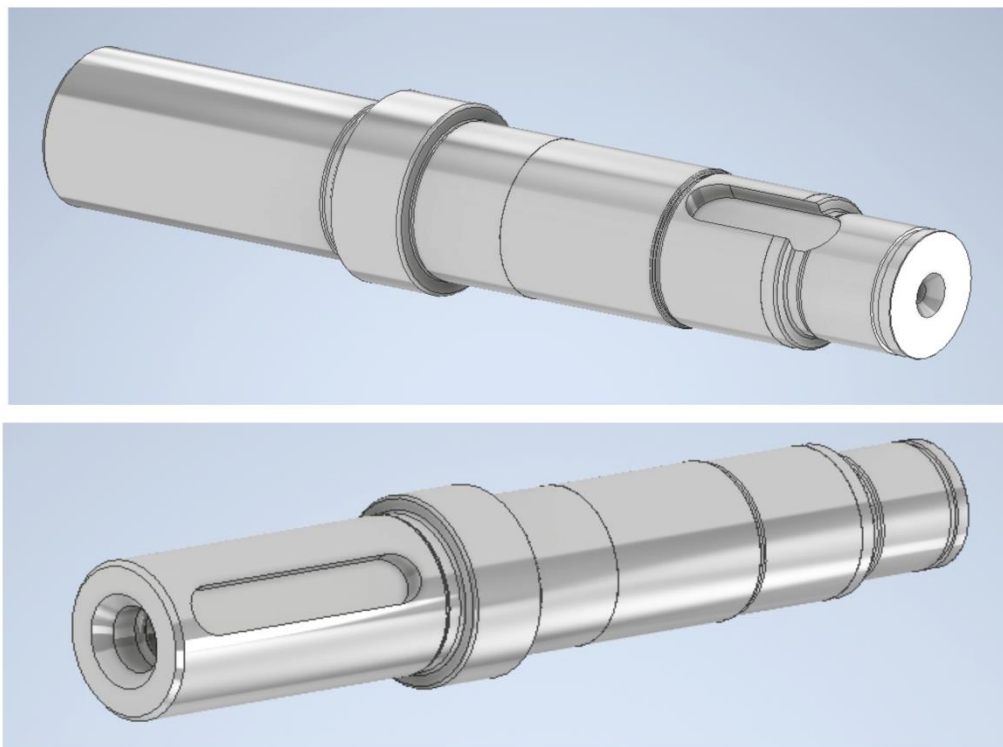
Σχήμα 12: Στάδια αποσυναρμολόγησης



Σχήμα 13: Επιμέρους τμήματα μειωτήρα

3.2.1.1 Σχεδίαση κεντρικού άξονα διβάθμιου

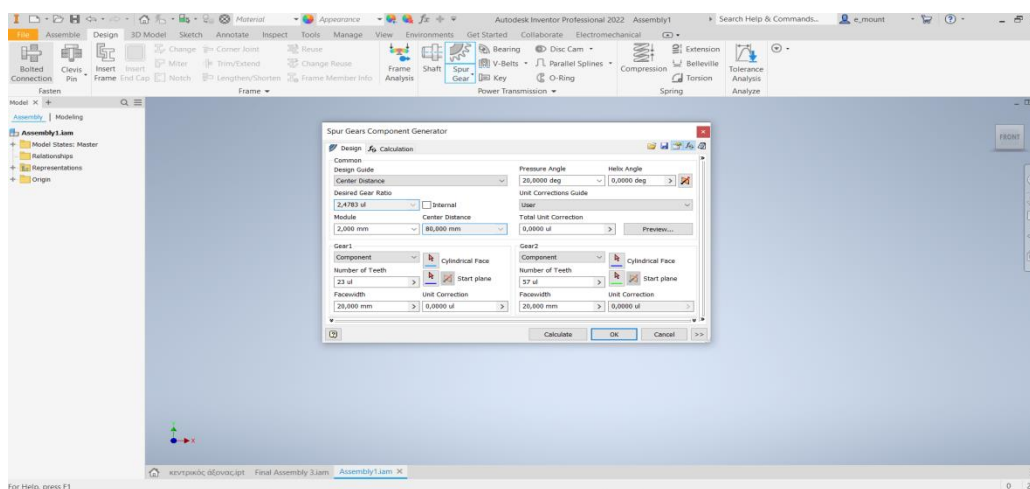
Με τη βοήθεια του προγράμματος Inventor® ολοκληρώθηκε η τρισδιάστατη απεικόνιση του κεντρικού άξονα, έχοντας λάβει τις διαστάσεις και τις παραμέτρους σχεδίασης του από την πρότυπο άτρακτο που αποσυναρμολογήθηκε. Παρακάτω στο σχήμα 14 αποτυπώνεται η μορφή της μέσα από το σχεδιαστικό περιβάλλον.



Σχήμα 14: Τρισδιάστατη απεικόνιση ατράκτου διβάθμιου μειωτήρα

3.2.1.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση ζεύγους γραναζιών

Τα γρανάζια που χρησιμοποιούνται στον διβάθμιο αυτό μειωτήρα είναι μετωπικοί τροχοί με πλάγια οδόντωση, για την σχεδίαση τους απαιτείται η καταγραφή και ο υπολογισμός κάποιων χαρακτηριστικών, ώστε να δοθούν ως παράμετροι στο σχεδιαστικό περιβάλλον του Inventor®. Το πρόγραμμα αυτό όπως φαίνεται στο [σχήμα 15](#) παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να παράγει γρανάζια όλων των τύπων εισάγοντας πρώτα τις σωστές παραμέτρους.



Σχήμα 15: Περιβάλλον προγράμματος Inventor® δημιουργίας γραναζιών

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των γραναζιών που είναι δυνατόν να υπολογιστούν από τη αποσυναρμολόγηση, είναι η περιφέρεια κεφαλών (d_k), η οποία διέρχεται από τις κεφαλές των δοντιών, η διάμετρος ποδιών (d_f), ο αριθμός των δοντιών (z), η κλίση της οδόντωσης (h) και το πάχος του γραναζιού (w). Για να είναι δυνατή η σχεδίαση αυτή απαιτείται και ο υπολογισμός του μέτρου οδόντωσης ή αλλιώς modul (m), το οποίο ορίζεται ως το πηλίκο της αρχικής διαμέτρου του οδοντωτού τροχού προς τον αριθμό των δοντιών του z .

$$m = d_0 / z$$

Επειδή, όμως στην περίπτωση αυτή δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός της αρχικής διαμέτρου, χρησιμοποιείται ο τύπος υπολογισμού της διαμέτρου κεφαλής:

$$d_k = d_0 + 2 m$$

$$\text{όπου, } d_0 = m t z$$

$$\text{και } m t = m / \cos(h).$$

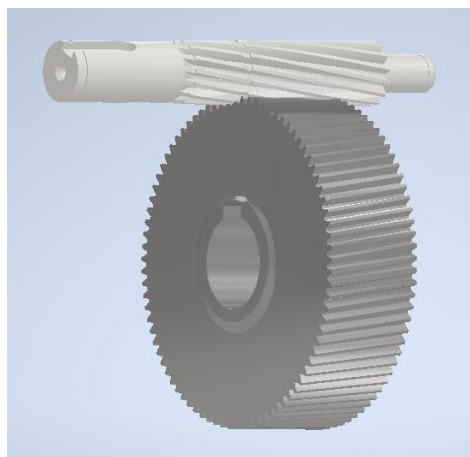
Επομένως, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τα δεδομένα που χρειάζονται για την εισαγωγή τους στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.

d_{k1}	84.4 mm
h	10°
z_1	83
$z / \cos(h)$	84.264
m	1
w_1	22 mm

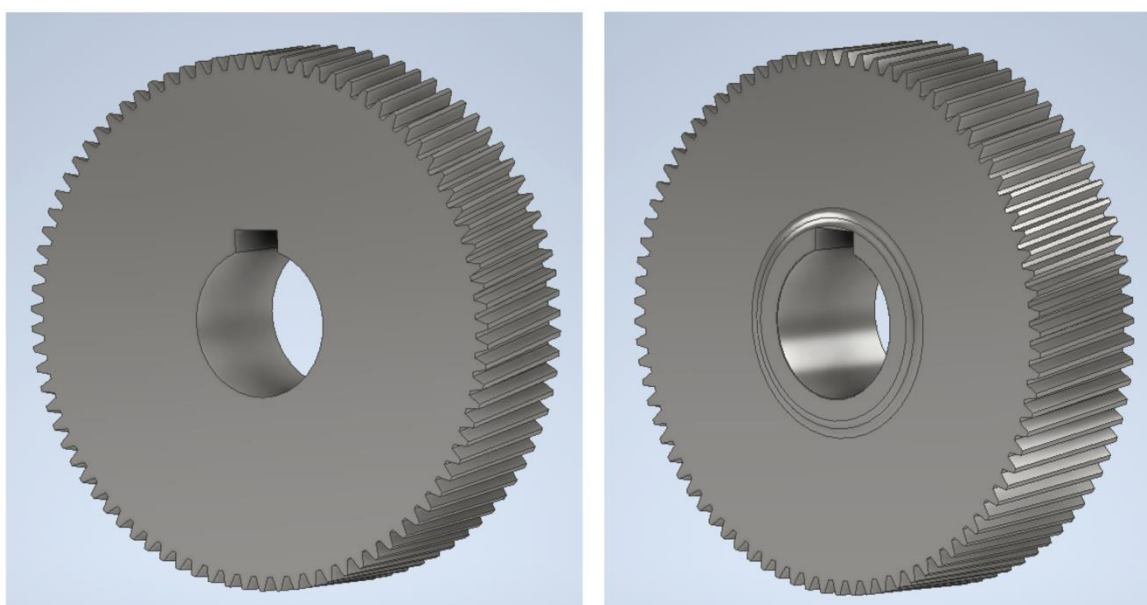
Για τον λόγο, ότι η σχεδίαση αυτή αφορά ζεύγος γραναζιών θα πρέπει να δοθεί ως παράμετρος στο πρόγραμμα το πάχος του δεύτερου γραναζιού και ο αριθμός των δοντιών του, διότι ο αριθμός modul θα είναι ο ίδιος αφού τα δύο γρανάζια συνεργάζονται μεταξύ τους.

z_2	64
w_2	50 mm

Έχοντας λοιπόν τα δεδομένα από τους δύο παραπάνω πίνακες, εισάγονται στο πρόγραμμα και δημιουργούνται τα γρανάζια που φαίνονται στο σχήμα 16. Επίσης, μέσα από το σχήμα αυτό είναι εμφανής και η σύμπλεξη των γραναζιών αυτών. Οι διαμορφώσεις που φέρουν τα γρανάζια έχουν υπολογιστεί και σχεδιαστεί, ξεχωριστά για το καθένα, με βάση την ρεαλιστική τους εμφάνιση.

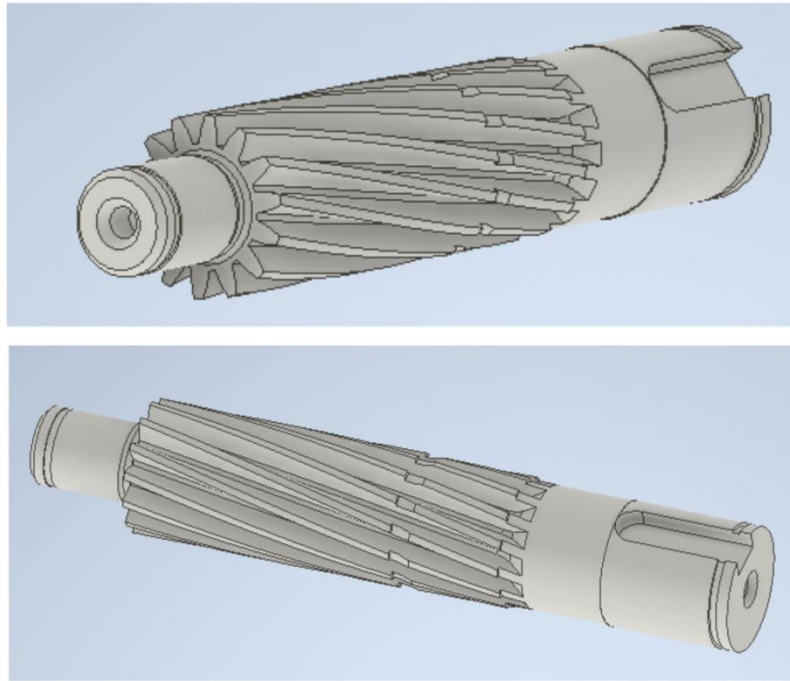


Σχήμα 16: Απεικόνιση σχέσης γραναζιών



Σχήμα 17: Τρισδιάστατη απεικόνιση γραναζιού 1

Στο παρακάτω σχήμα 18 παρατηρείται, πως η σχεδίαση αυτή δεν αφορά απλά ένα γρανάζι αλλά μία άτρακτο που φέρει τη συνεργαζόμενη οδόντωση με το γρανάζι ένα της συναρμολόγησης αυτής του διβάθμιου μειωτήρα.



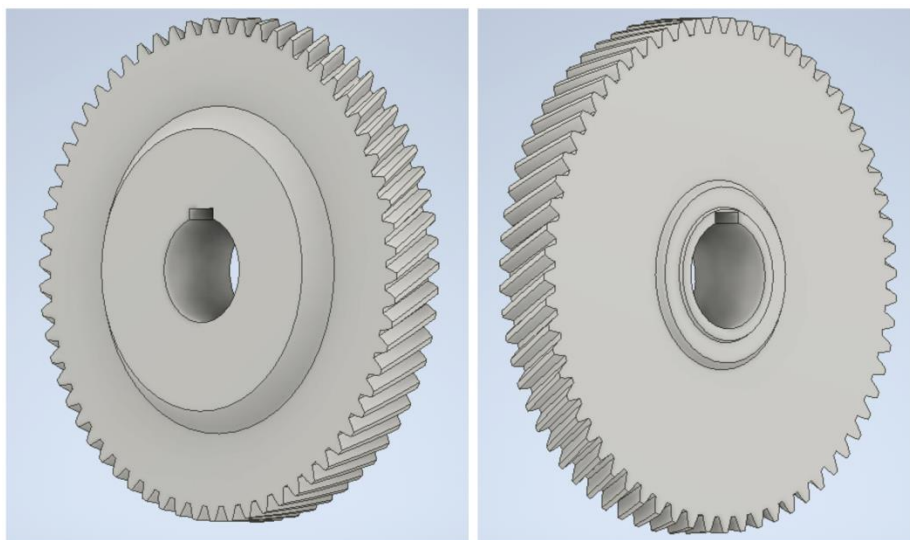
Σχήμα 18: Τρισδιάστατη σχεδίαση ατράκτου με οδόντωση

3.2.1.3 Τρισδιάστατη σχεδίαση τρίτου γραναζιού

Για την σχεδίαση του τελευταίου γραναζιού του μειωτήρα, επειδή δεν συνεργάζεται με κάποιο άλλο, θα πρέπει να σχεδιαστεί μόνο του. Το πρόγραμμα Inventor®, διαθέτει την επιλογή να εισαχθούν δεδομένα και να παραχθεί μόνο ένα γράναζι. Έτσι, συλλέγονται και παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα τα χαρακτηριστικά του γραναζιού αυτού που θα δοθούν ως παράμετροι σχεδίασης.

d_k	70 mm
h	30 °
z	64
$z / \cos(h)$	73,9
m	1
w_1	9 mm

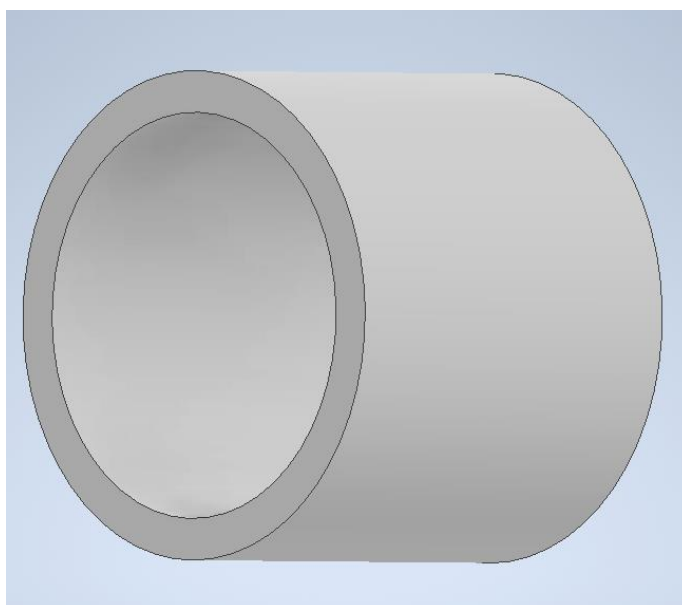
Με τα παραπάνω δεδομένα το πρόγραμμά μας αναπαριστά το γράναζι, όπως φαίνεται στο σχήμα 19.



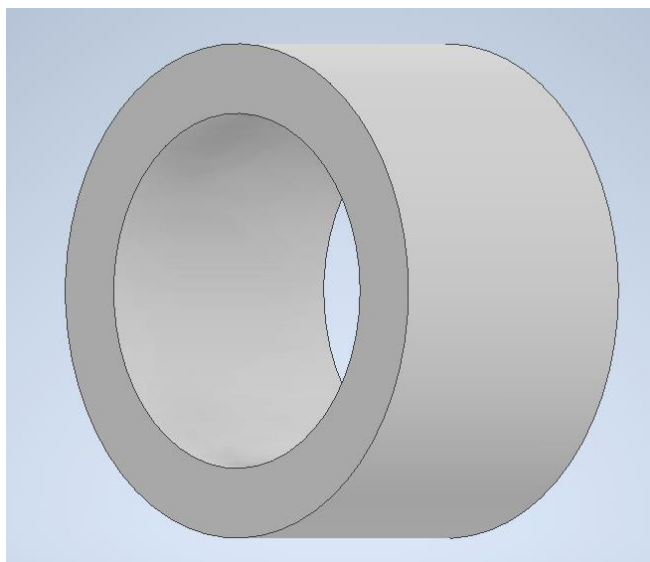
Σχήμα 19: Τρισδιάστατη σχεδίαση τρίτου γραναζιού

3.2.1.4 Τρισδιάστατη σχεδίαση αποστάσεων

Οι αποστάτες στο διβάθμιο αυτό μειωτήρα είναι δύο και έχουν κυλινδρική μορφή. Για την τρισδιάστατη σχεδίαση τους μετρήθηκαν, για τον κάθε αποστάτη ξεχωριστά, η εσωτερική και εξωτερική τους διάμετρος καθώς και το πλάτος τους. Έτσι, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες σχεδιαστικές εντολές, χωρίς να δοθούν σε αυτά τα σχέδια συγκεκριμένες παράμετροι, διότι είναι απλές κατασκευές, προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα σε τρισδιάστατη απεικόνιση.



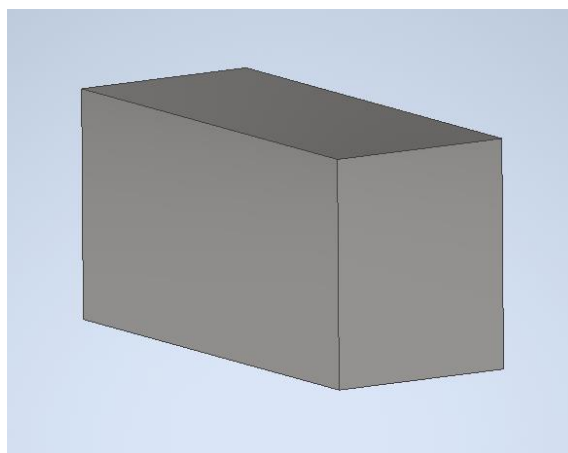
Σχήμα 20: Τρισδιάστατη μορφή κυλινδρικού αποστάτη 1



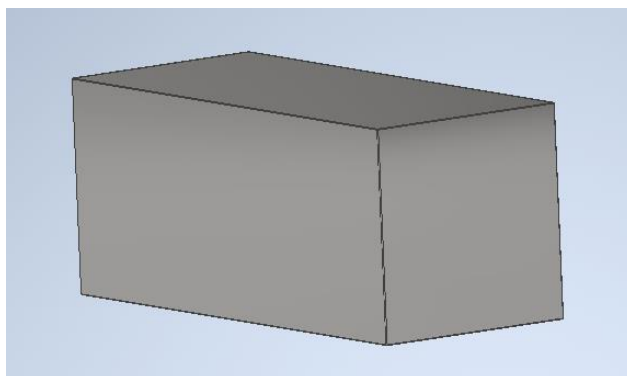
Σχήμα 21: Τρισδιάστατη προβολή κυλινδρικού αποστάτη 2

3.2.1.5 Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών

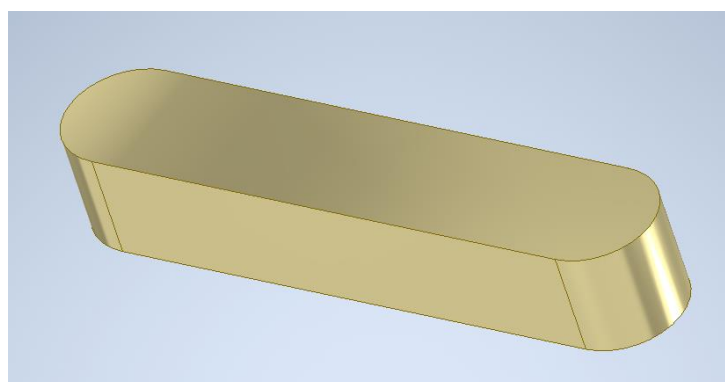
Οι σφήνες σε έναν μειωτήρα χρησιμεύουν στη διατήρηση της σταθερότητας του γραναζιού πάνω στην άτρακτο, στην ουσία ο ρόλος τους είναι ακριβώς όπως το ορίζει η ονομασία τους, δηλαδή σφηνώνουν τα δύο αυτά εξαρτήματα για να μπορούν να κινούνται αρμονικά μαζί. Στο διβάθμιο μειωτήρα που μελετάτε στη παρούσα πτυχιακή υπάρχουν τρεις σφήνες, οι δύο βρίσκονται στο «εσωτερικό», ως θεωρηθεί, τμήμα του μειωτήρα και είναι τοποθετημένες μεταξύ της ατράκτου και του γραναζιού και η τρίτη σφήνα είναι τοποθετημένη στην άτρακτο εισόδου, αλλά στο εξωτερικό της τμήμα που είναι εκτός του κελύφους για να συνδεθεί με τον κινητήρα. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως το σχήμα των δύο πρώτων σφηνών διαφέρει από την άλλη σφήνα. Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε την τρισδιάστατη τους απεικόνιση.



Σχήμα 22: Τρισδιάστατη προβολή σφήνας 1



Σχήμα 23: Τρισδιάστατη προβολή σφήνας 1



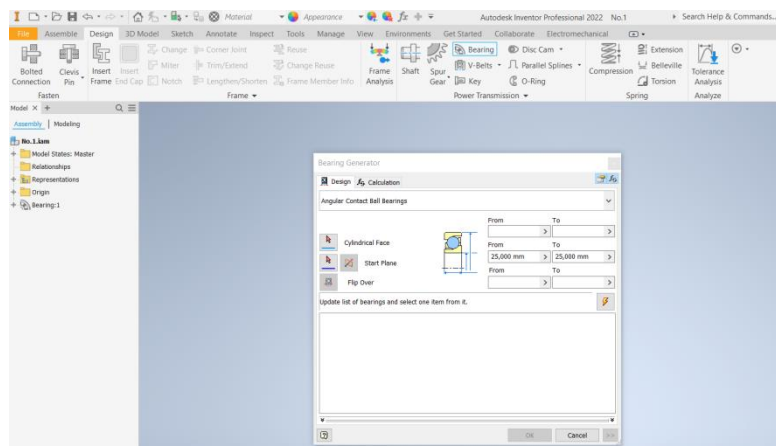
Σχήμα 24: Τρισδιάστατη προβολή σφήνας 3

3.2.1.6 Τρισδιάστατη σχεδίαση εδράνων κύλισης

Το εξωτερικό τμήμα του εδράνου κύλισης τοποθετείται στο κέλυφος του μειωτήρα, ενώ στο εσωτερικό του τοποθετείται η άτρακτο, ώστε να έχει ελευθερία περιστροφής. Καθώς τα ρουλεμάν αποτελούν τυποποιημένα προϊόντα με συγκεκριμένες κωδικοποιήσεις ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους, το πρόγραμμα Inventor® διαθέτει βιβλιοθήκες, στις οποίες περιλαμβάνονται αυτά. Αυτό που χρειάζεται για την παραγωγή του ορθού τύπου εδράνου είναι η μέτρηση στοιχείων όπως σε πιο τύπο ανήκει το ρουλεμάν και έπειτα η μέτρηση με παχύμετρο της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου, αλλά και το πάχος του. Η εισαγωγή των μετρήσεων αυτών παρουσιάζονται στο παρακάτω [σχήμα 25](#) από το παράθυρο του προγράμματος.

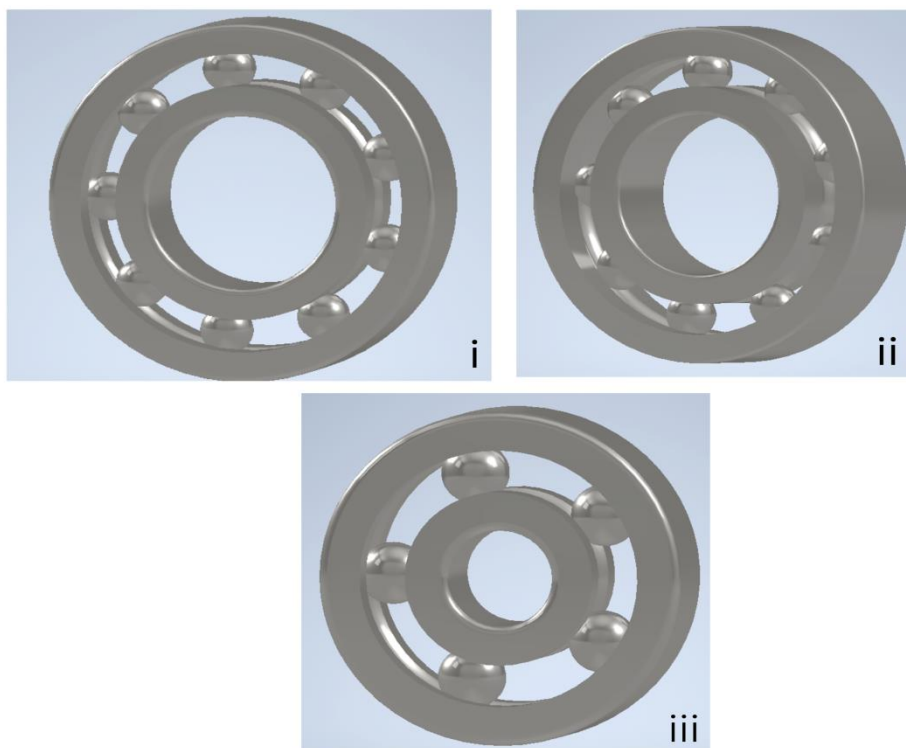
Για τον διβάθμιο μειωτήρα που σχεδιάστηκε τώρα, παράχθηκαν τέσσερα ρουλεμάν σύμφωνα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

	Κωδικός	Εξωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Πάχος
No. 1	6205 Z	52	25	15
No. 2	6004	42	20	12
No. 3	6300 B	35	10	11
No. 4	-	35	17	12

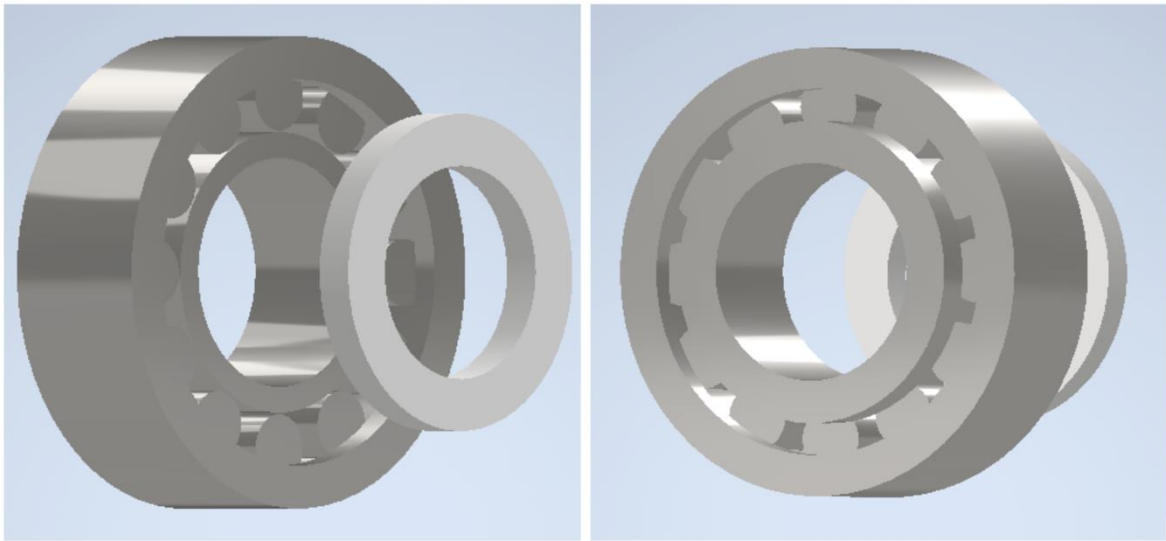


Σχήμα 25: Περιβάλλον Inventor® για τη σχεδίαση ρουλεμάν

Για την σχεδίαση του τελευταίου ρουλεμάν χρειάστηκε χειροκίνητη διαδικασία σχεδίασης, διότι ο συγκεκριμένος τύπος ρουλεμάν δεν υπήρχε διαθέσιμος στις βιβλιοθήκες του προγράμματος. Το έδρανο αυτό όμως σχεδιάστηκε με ευκολία, καθώς από τη μία πλευρά του φέρει ελεύθερο τμήμα απόστασης για τη συγκράτηση των κυλινδρικών σφαιριδίων του. Έτσι, αυτό αφαιρέθηκε και υπολογίστηκαν με ακρίβεια τα τμήμα του για να σχεδιαστούν, το έδρανο κύλισης αυτό φαίνεται πιο συγκεκριμένα στο σχήμα 27.



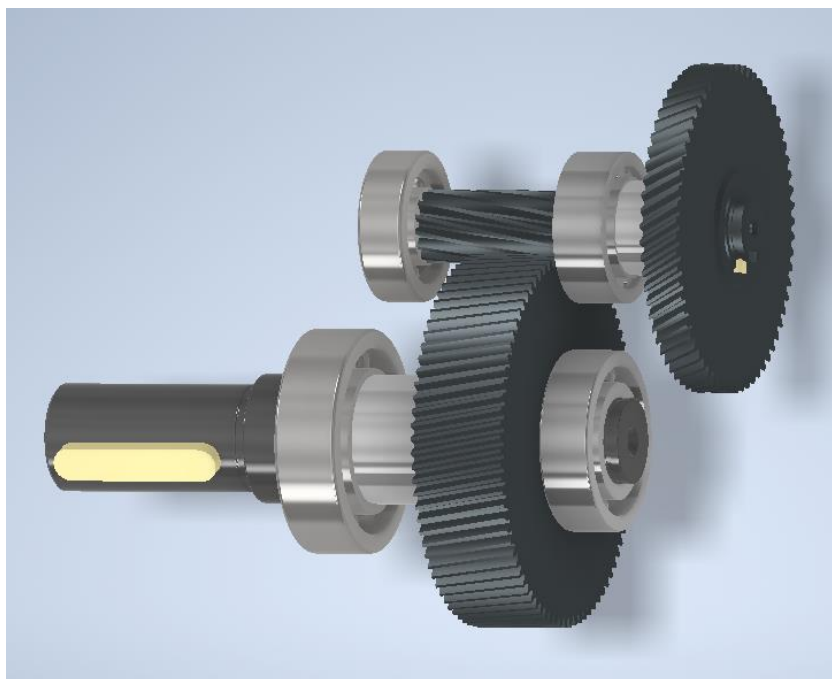
Σχήμα 26: Τρισδιάστατη απεικόνιση ρουλεμάν: i) 6205, ii) 6004 και iii) 6300



Σχήμα 27: Τρισδιάστατη απεικόνιση ρουλεμάν με απόσταση

3.2.1.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης

Πέρα της σχεδίασης των επιμέρους τμημάτων του μειωτήρα στο πρόγραμμα, ζητάτε η επίδειξη της συναρμολογημένης τρισδιάστατης διάταξης. Στο συγκεκριμένο βήμα κατασκευής απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή οι παράμετροι που δοθούν, έτσι ώστε να είναι σε θέση η συναρμολόγηση να ακολουθήσει τη κίνηση από τον άξονα εισόδου και να λειτουργήσει το σύστημα των γραναζιών, για να μετατρέψει την ροπή εισόδου. Στο παρακάτω σχήμα 28 εμφανίζεται η συναρμολόγηση του διβάθμιου μειωτήρα, αξίζει να σημειωθεί, πως υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα που έχουν αναφερθεί παραπάνω και ας μην είναι ορατά στο συγκεκριμένο σχήμα.



Σχήμα 28: Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολογημένης διάταξης διβάθμιου μειωτήρα

3.2.2 Σχεδίαση τριβάθμιου μειωτήρα

Ο τριβάθμιος μειωτήρας στροφών που επιλέχθηκε είναι και αυτός της εταιρείας Sew – Eurodrive με ίδιο κωδικό R 27/ A, όπως και του διβάθμιου. Στο [σχήμα 29](#) παρουσιάζεται η ταμπέλα που είναι τοποθετημένη πάνω στο μειωτήρα, στην οποία αναγράφονται τα χαρακτηριστικά του. Έτσι, ο κωδικός R 27/ A, αναφέρεται στο χαρακτηρισμό του R ως ευθύγραμμο μειωτήρα με ελικοειδή γρανάζια, ο αριθμός 27 προσδιορίζει το μέγεθος της μονάδας και το γράμμα A την επιλογή του εξαρτήματος της μονάδας των γραναζιών στην πλευρά εισόδου, όταν ο μειωτήρας συνδεθεί με κινητήρα. Στην παρούσα περίπτωση αυτό δεν μας επηρεάζει. Άλλα χαρακτηριστικά που αναγράφονται στη ταμπέλα αυτή είναι ο αριθμός στροφών εισόδου / εξόδου 1400 / 57 [r/min], η ονομαστική ροπή του μειωτήρα στα 130 [Nm], η ακριβής σχέση μείωσης του σε 24,47 [i], ο τρόπος τοποθέτησης του σε θέση M1, το συνολικό του βάρος 4,624 [kg] και μία από τις σημαντικότερες πληροφορίες που θα πρέπει να γνωρίζει ο αγοραστής είναι ο βαθμός του λαδιού και η κλάση του ιξώδους του, στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κατασκευαστής προτείνει CLP 220, Miner oil με ιξώδες 0,25 l.

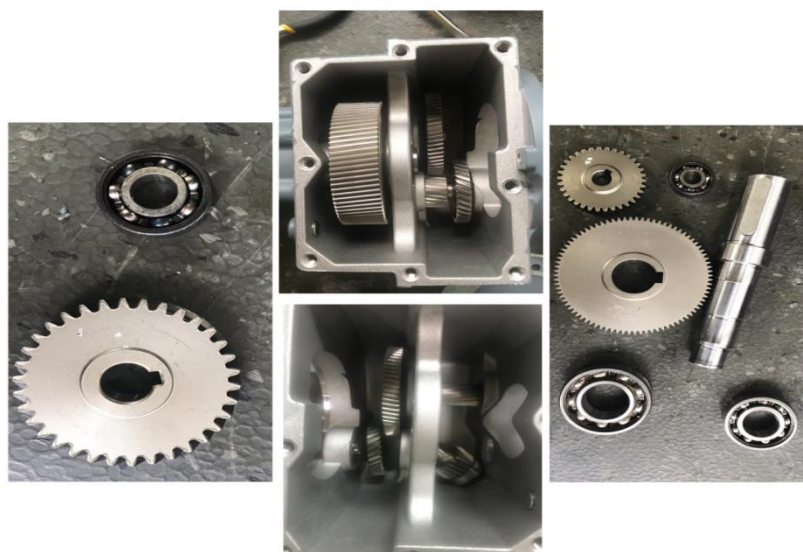


Σχήμα 29: Πινακίδα τριβάθμιου μειωτήρα

Για να σχεδιαστούν τα επιμέρους τμήματα του μειωτήρα θα πρέπει σε πρώτο στάδιο να ολοκληρωθεί η αποσυναρμολόγηση του. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα διάφορα αυτά στάδια.



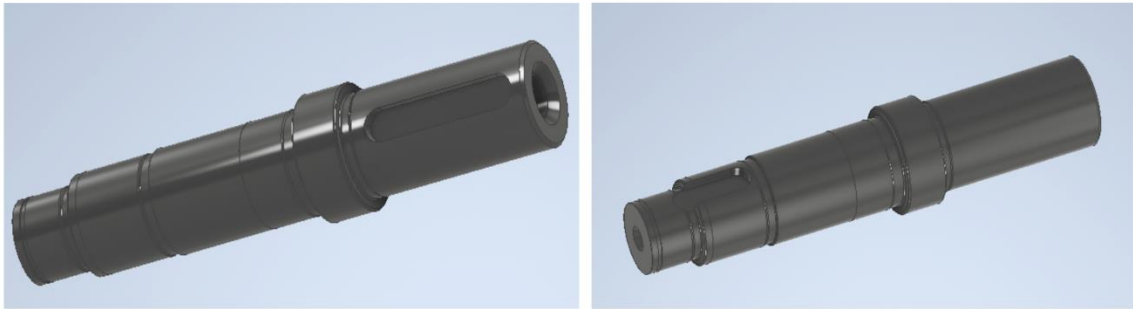
Σχήμα 30: Αρχικό στάδιο αποσυναρμολόγησης



Σχήμα 31: Επιμέρους τμήματα μειωτήρα

3.2.2.1 Σχεδίαση κεντρικού άξονα τριβάθμιου

Η σχεδίαση της κεντρικής ατράκτου ολοκληρώθηκε μεταφέροντας τις πραγματικές διαστάσεις της στο σχεδιαστικό πρόγραμμα δημιουργώντας την τρισδιάστατη απεικόνιση της. Στο παρακάτω σχήμα 32 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της σχεδίασης.



Σχήμα 32: Τρισδιάστατη απεικόνιση ατράκτου

3.2.2.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση πρώτου ζεύγους γραναζιών

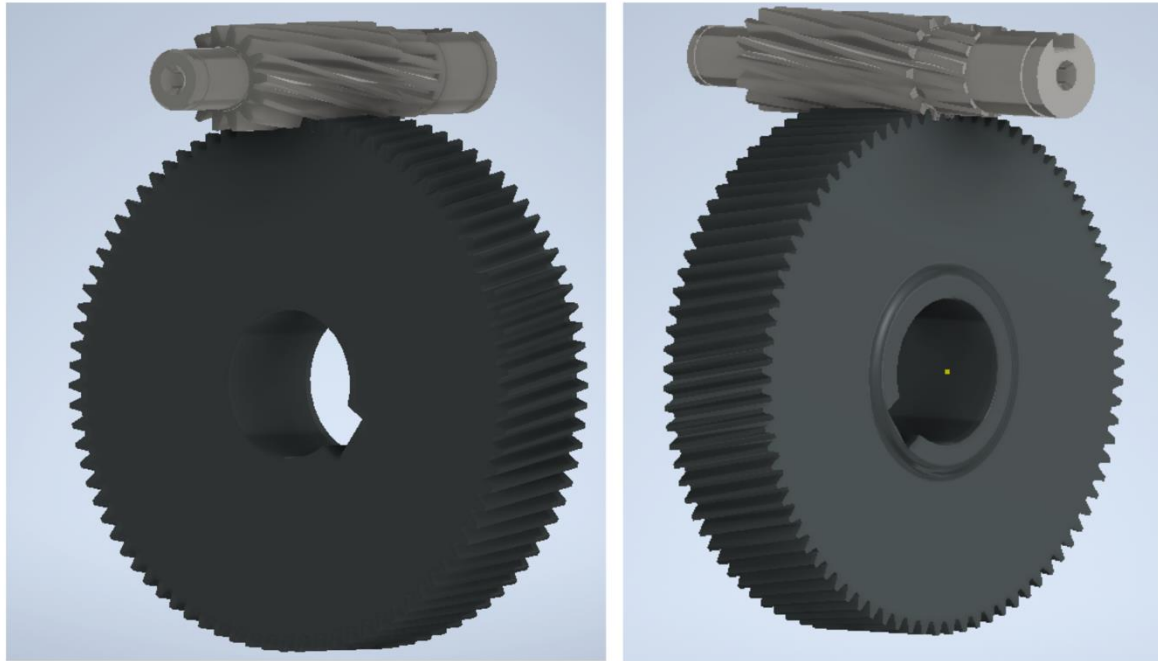
Για την σχεδίαση του πρώτου ζεύγους γραναζιών για το τριβάθμιο μειωτήρα θα ακολουθηθούν τα ίδια βήματα που ολοκληρώθηκαν και στο διβάθμιο μειωτήρα, δηλαδή θα υπολογιστεί η περιφέρεια κεφαλών (d_k), ο αριθμός των δοντιών (z), η κλίση της οδόντωσης (h) και το πάχος του γραναζιού (w). Για να είναι δυνατή η σχεδίαση αυτή απαιτείται και ο υπολογισμός του μέτρου οδόντωσης ή αλλιώς modul (m), το οποίο ορίζεται ως το πηλίκο της αρχικής διαμέτρου του οδοντωτού τροχού προς τον αριθμό των δοντιών του z . Στο πίνακα που προκύπτει περιέχει τις παραμέτρους για την σχεδίαση του πρώτου γραναζιού

d_k	86 mm
h	10 °
z	83
$z / \cos(h)$	84,28
m	1
w_1	22 mm

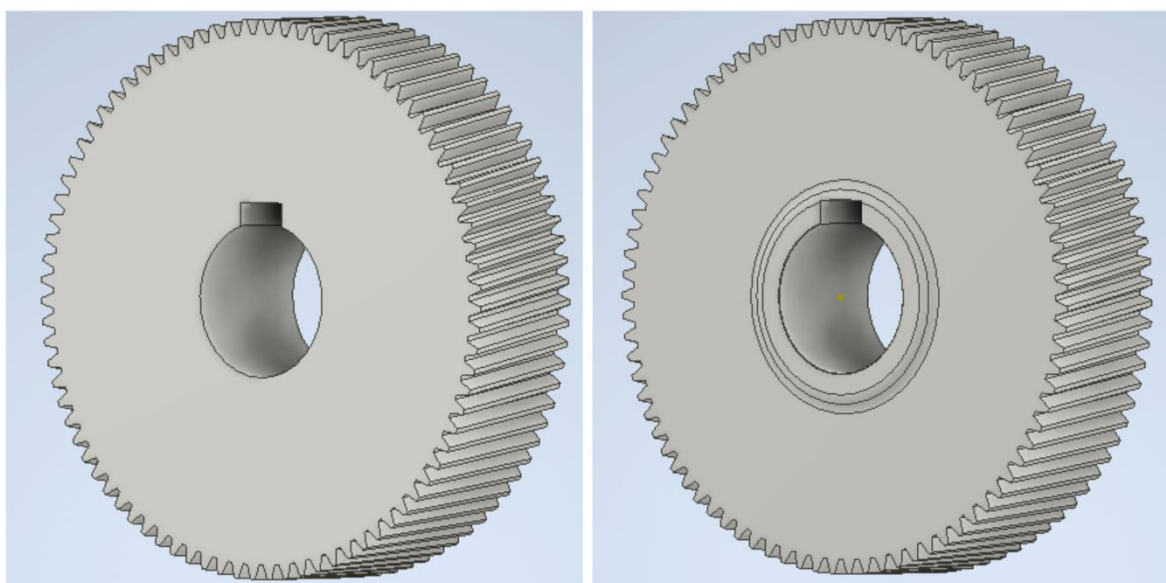
Για τον λόγο, ότι η σχεδίαση αυτή αφορά ζεύγος γραναζιών θα πρέπει να δοθεί ως παράμετρος στο πρόγραμμα το πάχος του δεύτερου γραναζιού και ο αριθμός των δοντιών του, διότι ο αριθμός modul θα είναι ο ίδιος αφού τα δύο γρανάζια συνεργάζονται μεταξύ τους.

z_2	14
w_2	50 mm

Έχοντας λοιπόν τα δεδομένα από τους δύο παραπάνω πίνακες, εισάγονται στο πρόγραμμα και δημιουργούνται τα γρανάζια που φαίνονται στο σχήμα 33. Επίσης, μέσα από το σχήμα αυτό είναι εμφανής και η σύμπλεξη των γραναζιών αυτών. Οι διαμορφώσεις που φέρουν τα γρανάζια έχουν υπολογιστεί και σχεδιαστεί, ξεχωριστά για το καθένα, με βάση την ρεαλιστική τους εμφάνιση.

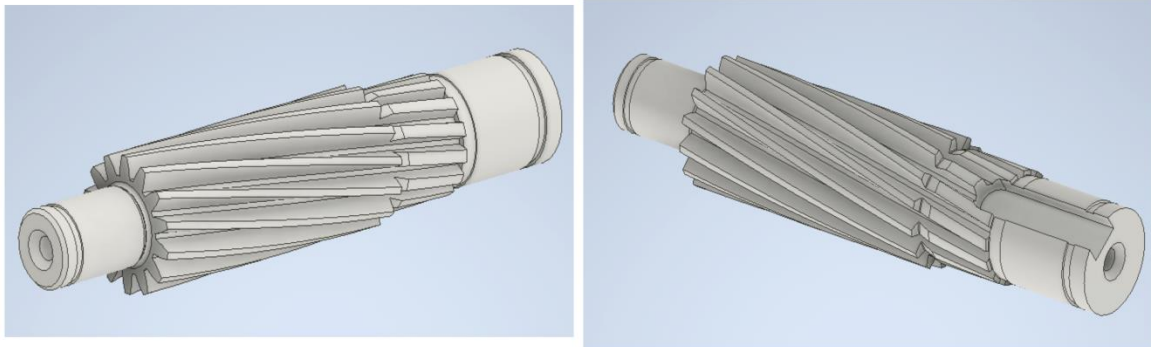


Σχήμα 33: Τρισδιάστατη απεικόνιση γραναζιών σε σύμπλεξη



Σχήμα 34: Τρισδιάστατη μορφή γραναζιού 1

Στο παρακάτω σχήμα 35 παρατηρείται, ομοίως με την άτρακτο του διβάθμιου, πως η σχεδίαση αυτή δεν αφορά απλά ένα γρανάζι αλλά μία άτρακτο που φέρει τη συνεργαζόμενη οδόντωση με το γρανάζι ένα της συναρμολόγησης αυτής του διβάθμιου μειωτήρα.



Σχήμα 35: Τρισδιάστατη μορφή ατράκτου με οδόντωση 1

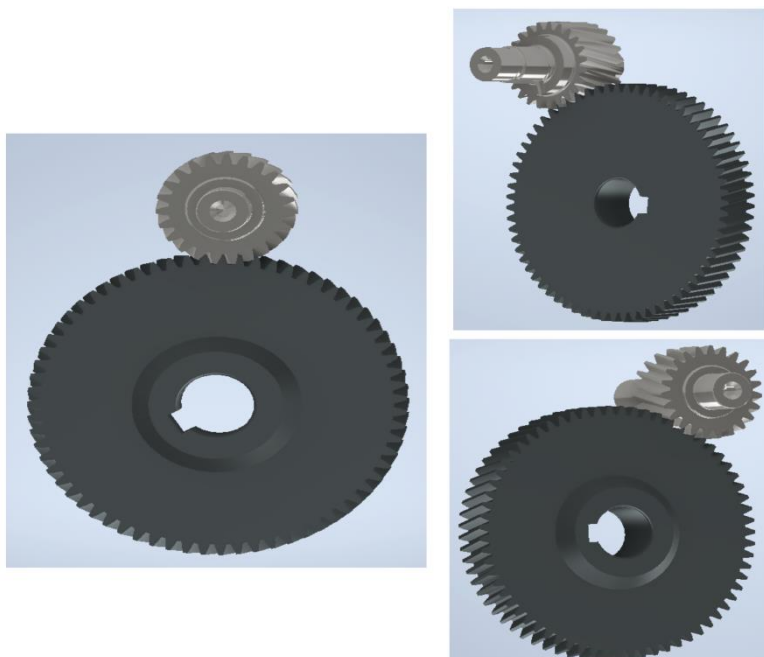
3.2.2.3 Τρισδιάστατη σχεδίαση δεύτερου ζεύγους γραναζιών

Ως προς τη σχεδίαση τώρα του δεύτερου ζεύγους γραναζιών για το μειωτήρα αυτό θα ακολουθηθούν τα βήμα που αναφέρθηκαν στο ακριβώς προηγούμενο υποκεφάλαιο 3.2.2.3. Επομένως, κατασκευάζονται τα πινακάκια με τα χαρακτηριστικά τους, το πρώτο αναφέρεται στο γρανάζι που εδράζεται στην άτρακτο με οδόντωση 1 και το άλλο στην άτρακτο με οδόντωση 2.

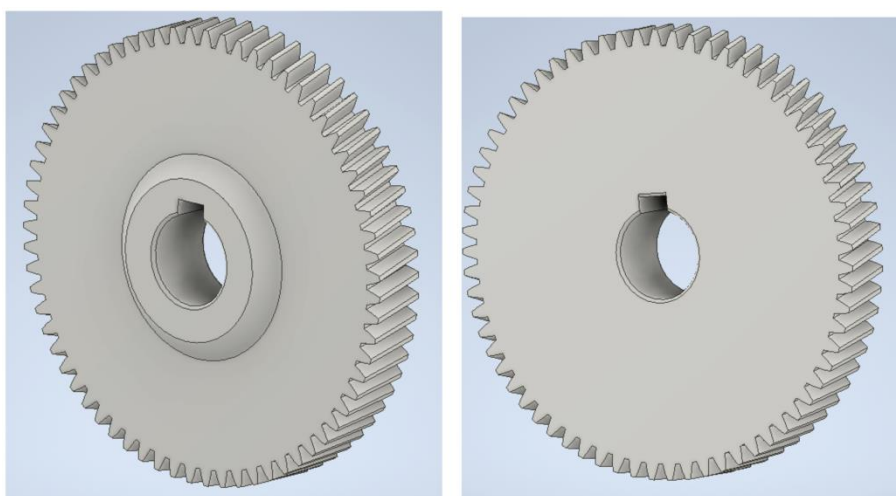
d_k	70 mm
h	15 °
z	67
$z / \cos(h)$	63,364
m	1
w	9 mm

z_2	23
w_2	12,7 mm

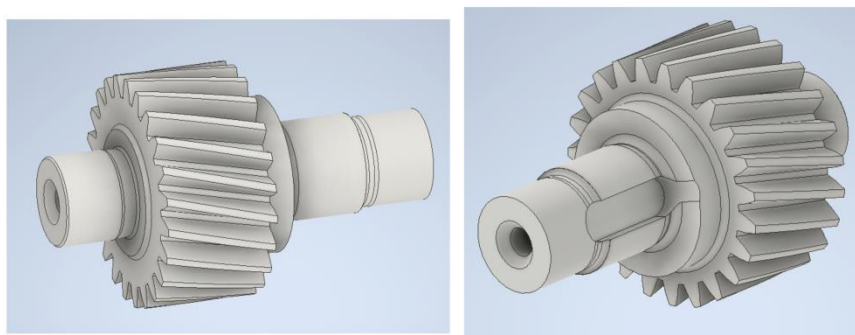
Εισάγοντας λοιπόν τα παραπάνω δεδομένα στο σχεδιαστικό περιβάλλον προκύπτουν τα γρανάζια που εμφανίζονται στα σχήματα παρακάτω.



Σχήμα 36: Τρισδιάστατη απεικόνιση σύμπλεξης γραναζιών



Σχήμα 37: Τρισδιάστατη μορφή γραναζιού 2

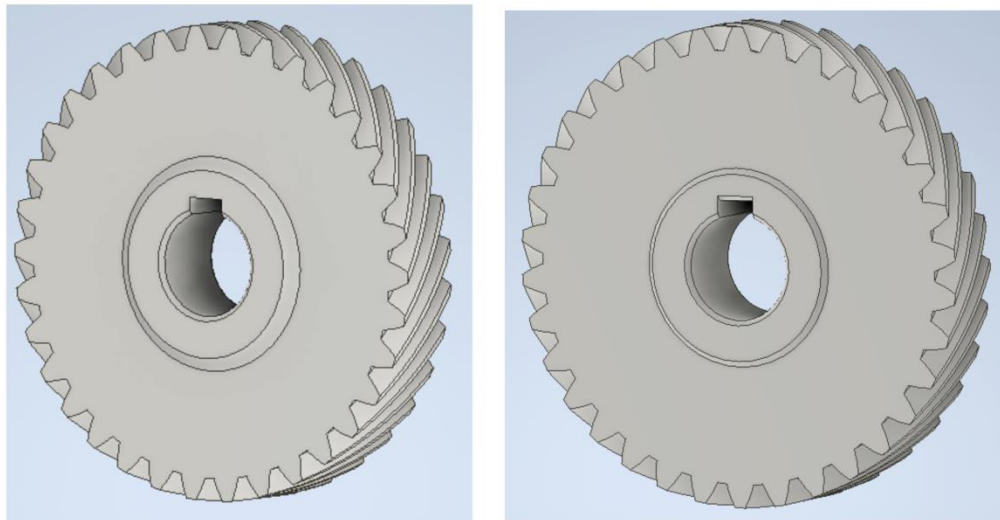


Σχήμα 38: Τρισδιάστατη μορφή ατράκτου με οδόντωση 2

3.2.2.4 Τρισδιάστατη σχεδίαση τρίτου γραναζιού

Για την σχεδίαση του τρίτου και τελευταίου οδοντωτού τροχού του μειωτήρα, καθώς δεν συνεργάζεται με κάποιο άλλο, σχεδιάζεται και μόνο του. Υπολογίζοντας λοιπόν, τα χαρακτηριστικά του γραναζιού που είναι αναγκαία και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, προκύπτει το σχήμα 39.

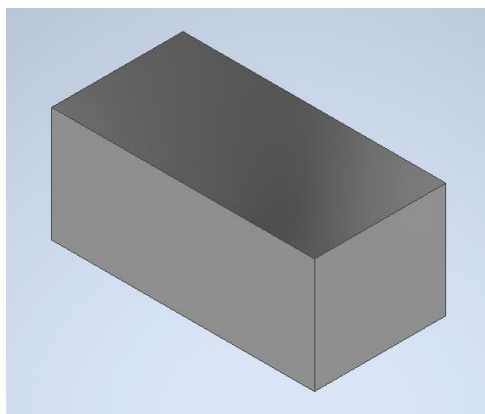
d_k	49,8 mm
h	55 °
z	34
$z / \cos(h)$	47,4
m	1
w_1	8 mm



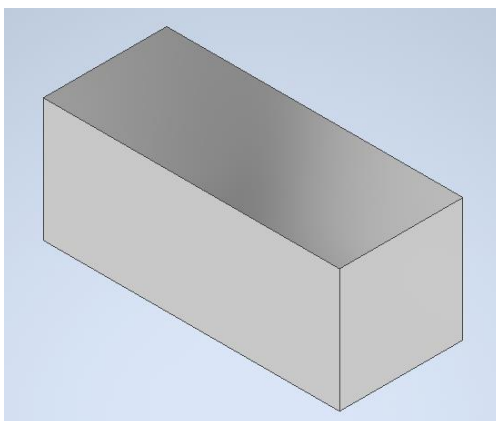
Σχήμα 39: Τρισδιάστατη απεικόνιση τρίτου γραναζιού

3.2.2.5 Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών

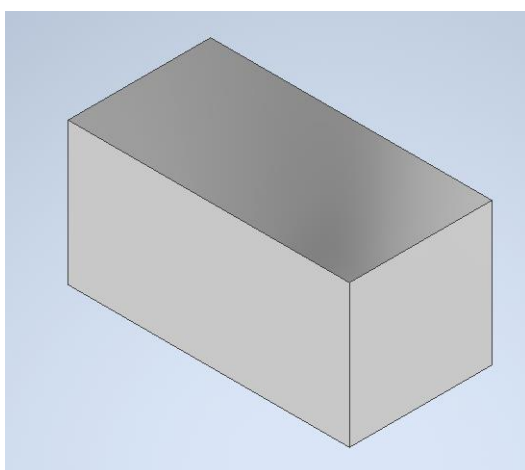
Η χρησιμότητά τους είναι η ίδια, όπως αναφέρεται και στην προηγούμενη υποενότητα. Μελετώντας τώρα τις σφήνες του τριβάθμιου μειωτήρα μετρώνται τέσσερις σφήνες, από τις οποίες οι τρεις βρίσκονται στο «εσωτερικό», ας θεωρηθεί, τμήμα του μειωτήρα και είναι τοποθετημένες μεταξύ της ατράκτου και του γραναζιού και η τέταρτη τοποθετείται στην άτρακτο εισόδου, αλλά στο εξωτερικό της τμήμα που είναι εκτός του κελύφους για να συνδεθεί με τον κινητήρα.



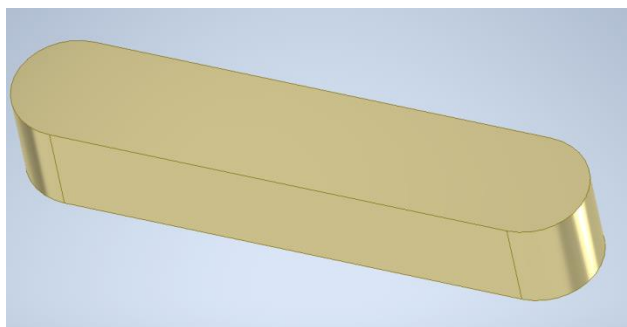
Σχήμα 40: Τρισδιάστατη απεικόνιση πρώτης σφήνας



Σχήμα 41: Τρισδιάστατη μορφή δεύτερης σφήνας



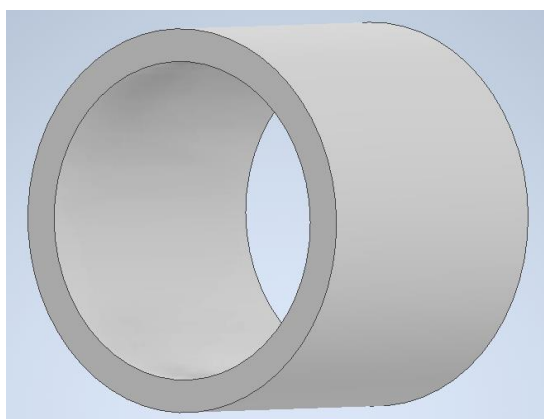
Σχήμα 42: Τρισδιάστατη μορφή τρίτης σφήνας



Σχήμα 43: Τρισδιάστατη μορφή τέταρτης σφήνας

3.2.5.6 Τρισδιάστατη σχεδίαση αποστάσεων

Στο τριβάθμιο μειωτήρα υπάρχει ένας αποστάτης και έχει κυλινδρική μορφή. Για την τρισδιάστατη σχεδίαση του μετρήθηκε η εσωτερική και εξωτερική του διάμετρο καθώς και το πλάτος του. Έτσι, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες σχεδιαστικές εντολές, χωρίς να δοθούν σε αυτά τα σχέδια συγκεκριμένες παράμετροι, διότι είναι απλές κατασκευές, προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα σε τρισδιάστατη απεικόνιση.



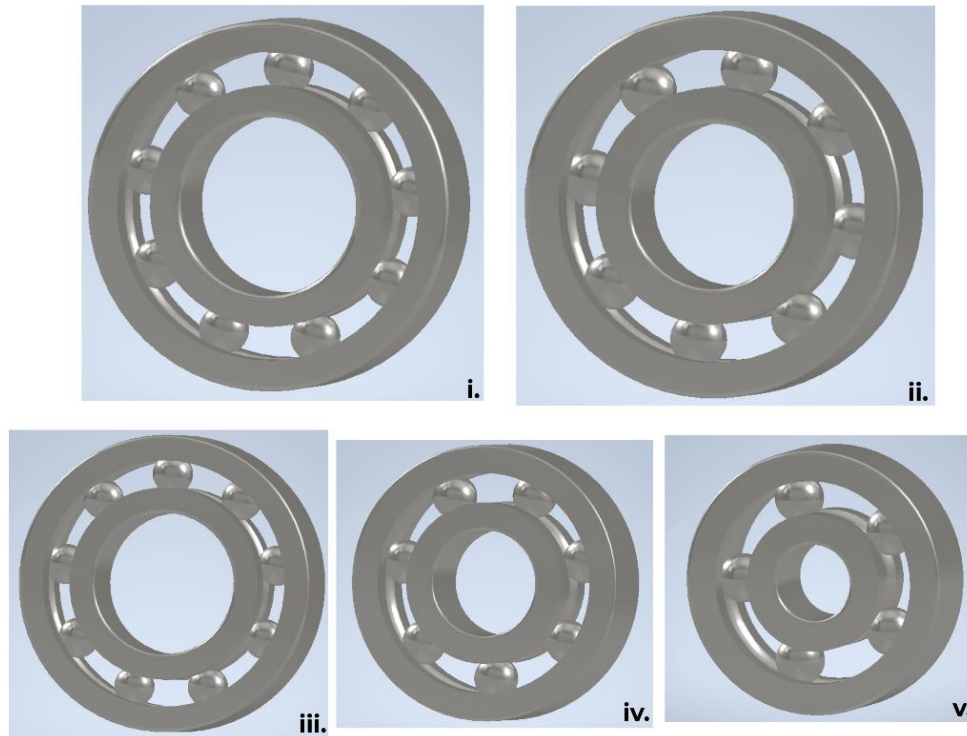
Σχήμα 44: Τρισδιάστατη μορφή απόστασης

3.2.2.7 Τρισδιάστατη σχεδίαση εδράνων κύλισης

Τα έδρανα κύλισης που φέρει ο τριβάθμιος μειωτήρας είναι πέντε και έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά, όπως αναγράφονται στο πίνακα.

	Κωδικός	Εξωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Πάχος
No. 1	6205 Z	52	25	15
No. 2	6202	35	15	11
No. 3	6004	42	20	12
No. 4	6300 B	35	10	11
No. 5	6000	26	10	8

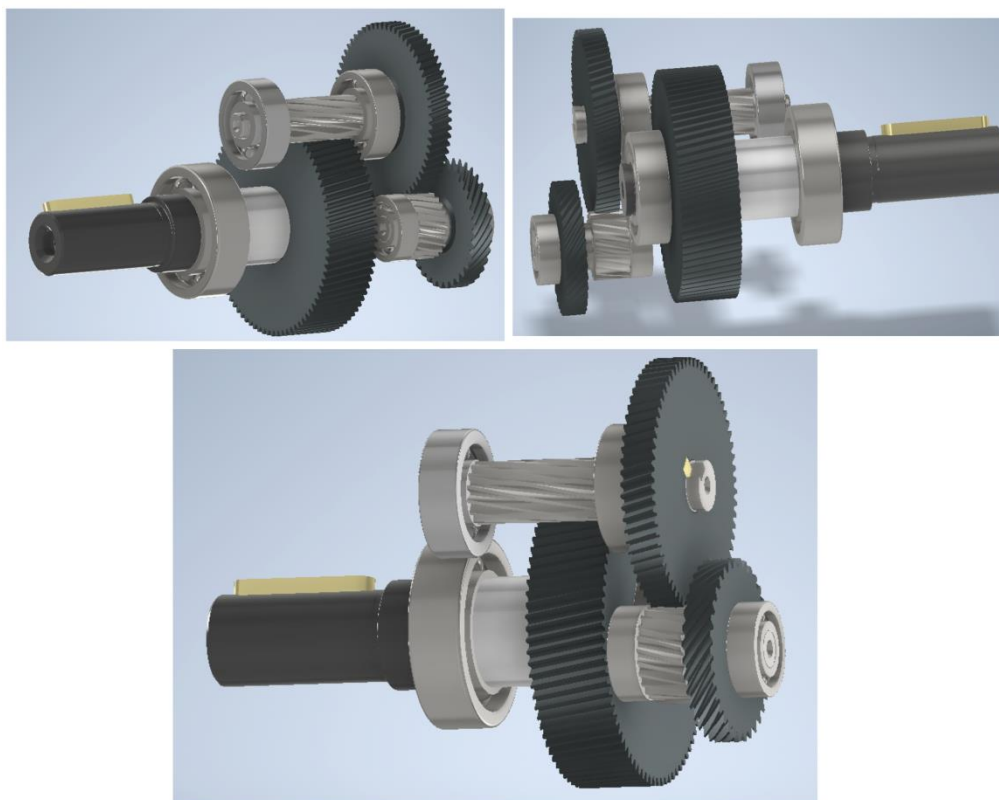
Εισάγοντας τα δεδομένα αυτά στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης τους μέσω των βιβλιοθηκών του, έτσι στα παρακάτω σχήματα αναπαριστούνται τα τρισδιάστατά τους μοντέλα.



Σχήμα 45: Τρισδιάστατη μοντελοποίηση εδράνων κύλισης: ii. 6205, ii. 6202, iii. 6004, iv. 6300, v. 6000

3.2.2.8 Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης

Πέρα της σχεδίασης των επιμέρους τμημάτων του μειωτήρα στο πρόγραμμα, ζητάτε η επίδειξη της συναρμολογημένης τρισδιάστατης διάταξης. Στο συγκεκριμένο βήμα κατασκευής απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή οι παράμετροι που δοθούν, έτσι ώστε να είναι σε θέση η συναρμολόγηση να ακολουθήσει τη κίνηση από τον άξονα εισόδου και να λειτουργήσει το σύστημα των γραναζιών, για να μετατρέψει την ροπή εισόδου. Στο παρακάτω σχήμα 46 εμφανίζεται η συναρμολόγηση του τριβάθμιου μειωτήρα στροφών, αξίζει να σημειωθεί, πως η συναρμολόγηση περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα που έχουν αναφερθεί παραπάνω και ας μην είναι ορατά στο συγκεκριμένο σχήμα.

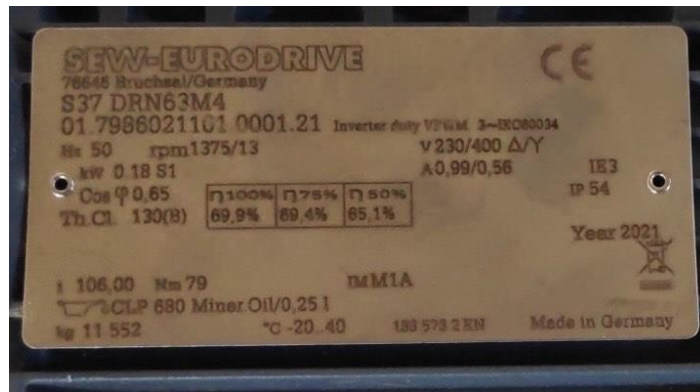


Σχήμα 46: Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης τριβάθμιου

3.2.3 Σχεδίαση μειωτήρα ατέρμονα κοχλία – κορώννα

ο μειωτήρας αυτός αποτελεί, επίσης ένα προϊόν της εταιρείας Sew – Eurodrive με κωδικό: S37 DRN63 M4 . Στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται η ταμπέλα που είναι τοποθετημένη πάνω στο μειωτήρα, στην οποία αναγράφονται τα χαρακτηριστικά του. Έτσι, ο κωδικός S 37, αναφέρεται στο χαρακτηρισμό του S ως γωνιακό με σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώννα και ο αριθμός 37 προσδιορίζει το μέγεθος της μονάδας. Η αναφορά στο DRN63 σχετίζεται με τον τύπο μεγέθους του κινητήρα που συνδέεται με τον μειωτήρα και το νούμερο 63 αφορά πάλι τον αριθμό της διάστασης που θα έχει αυτός. Άλλα χαρακτηριστικά που αναγράφονται στη ταμπέλα αυτή είναι ο αριθμός στροφών εισόδου / εξόδου 1375 / 13 [r/min], η ονομαστική ροπή του μειωτήρα στα 79 [Nm], η ακριβής σχέση μείωσης του σε 106 [i], ο τρόπος τοποθέτησης του σε θέση M1, το συνολικό του βάρος 12 [kg] και μία από τις σημαντικότερες πληροφορίες που θα πρέπει να γνωρίζει ο αγοραστής είναι ο βαθμός του λαδιού και η κλάση του ιξώδους του, στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κατασκευαστής προτείνει CLP 680, Miner oil με ιξώδες 0,25 l. Επίσης, σε αυτόν τον τύπο μειωτήρα στροφών παρατηρούνται και κάποια άλλα χαρακτηριστικά πάνω στην ετικέτα του, όπως η ελάχιστη -20 [°] και η μέγιστη 40 [°] θερμοκρασία που θα πρέπει να βρίσκεται το περιβάλλον λειτουργίας του, η τάση του κινητήρα 230 [V] / τύπο σύνδεσης 400 και η ονομαστική ένταση ρεύματος 0,99 / 0,56 [A].

Στο σχήμα 48 παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα του μειωτήρα, έπειτα από την αποσυναρμολόγηση του.



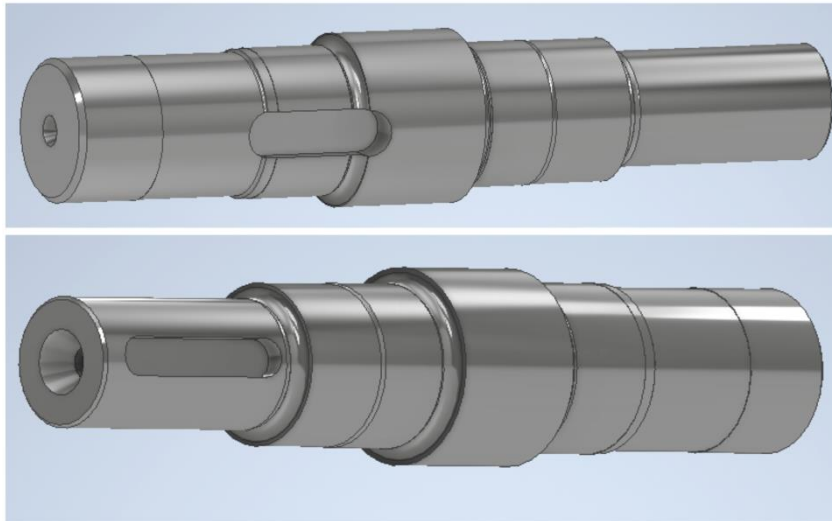
Σχήμα 47: Ετικέτα μειωτήρα ατέρμονα κοχλία κορώνα



Σχήμα 48: Αποσυναρμολογημένα τμήματα μειωτήρα.

3.2.3.1 Τρισδιάστατη σχεδίαση κεντρικής ατράκτου

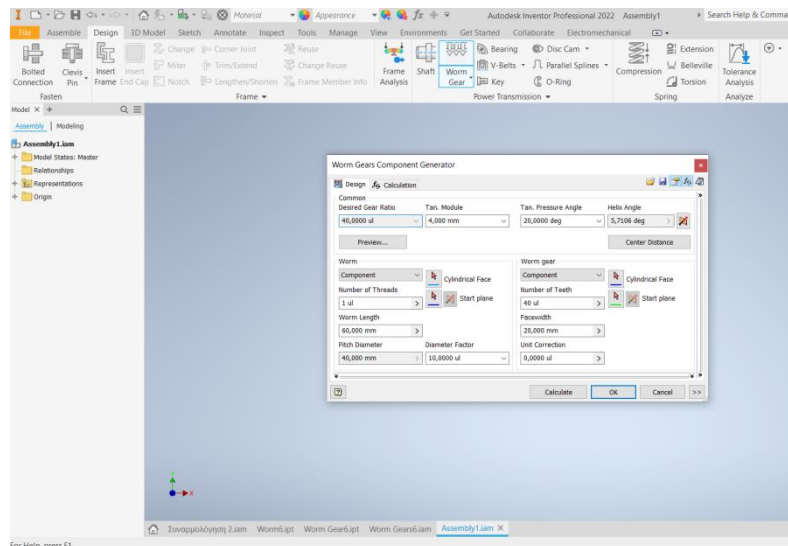
Για την σχεδίαση της ατράκτου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα έγινε καταγραφή των ακριβών διαστάσεων της και με τη βοήθεια των εντολών ολοκληρώθηκε η τρισδιάστατη απεικόνιση της, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 49: Τρισδιάστατη μορφή ατράκτου

3.2.3.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση κοχλία κορώνας

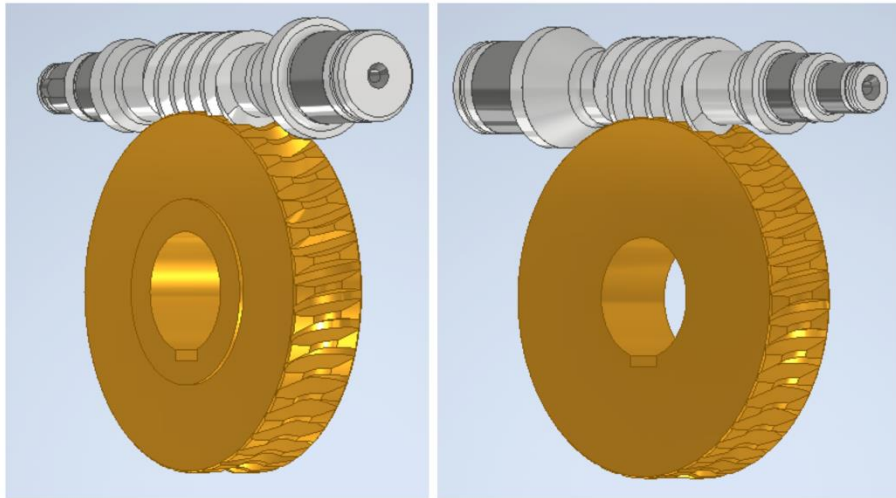
Έπειτα από τη σχεδίαση του κεντρικού άξονα ακολουθεί ο σχεδιασμός του ζεύγους κοχλία κορώνας. Το σχεδιαστικό πρόγραμμα του Inventor® διαθέτει ειδικό παράθυρο σχεδίασης για τέτοιου είδους γραναζιών, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 50, θα πρέπει λοιπόν να υπολογιστούν και να εισαχθούν οι φυσικές διαστάσεις τους, για να δοθούν ως παράμετροι σχεδίασης.



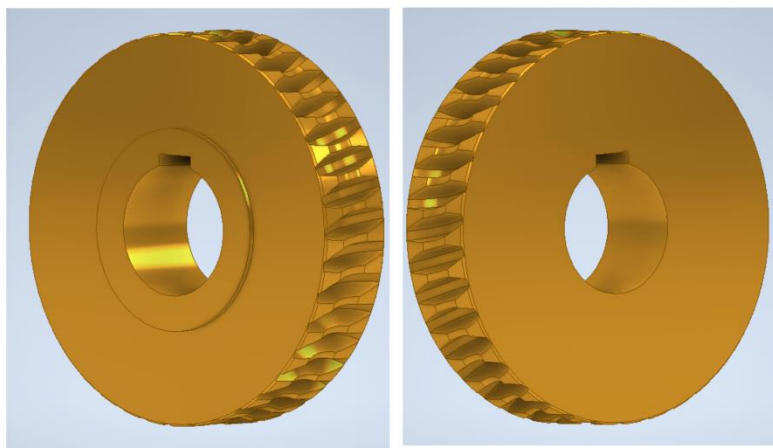
Σχήμα 50: Περιβάλλον σχεδίασης γραναζιών κοχλία κορώνας

Εισάγοντας τα χαρακτηριστικά των γραναζιών του μειωτήρα που μελετάτε προκύπτει η παρακάτω τρισδιάστατη σχεδίαση σε σύμπλεξη τους. Είναι εμφανής πως η σχέση των γραναζιών αποτελείται από ένα γρανάτζι και μία άτρακτο με οδόντωση, για την άτρακτο

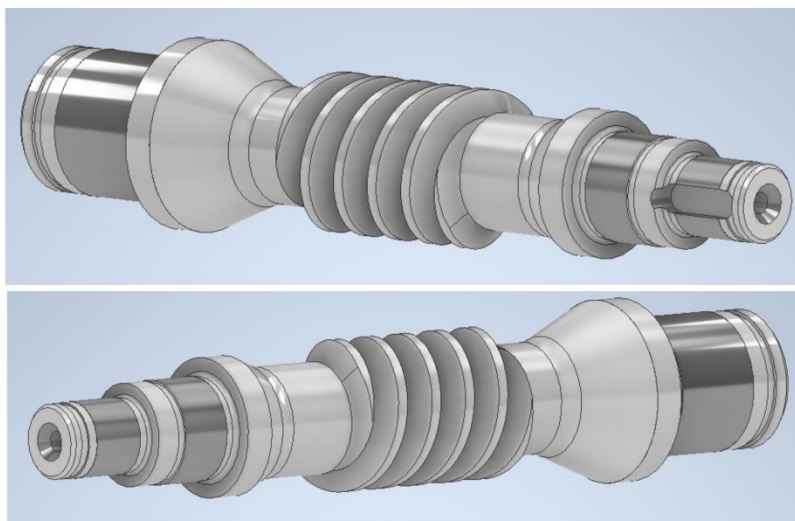
αυτή έχει ολοκληρωθεί η καταγραφή και σχεδίαση των χαρακτηριστικών της με διαστασιολογική ακρίβεια.



Σχήμα 51: Τρισδιάστατη σχεδίαση σύμπλεξης οδοντωτών τροχών



Σχήμα 52: Τρισδιάστατη μορφή γραναζιού 1



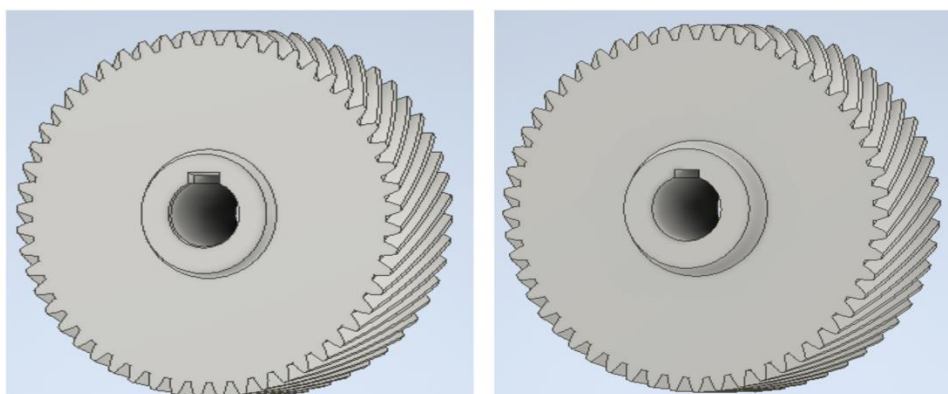
Σχήμα 53: Τρισδιάστατη σχεδίαση ατράκτου με οδόντωση

3.2.3.3 Τρισδιάστατη σχεδίαση δεύτερου γραναζιού

Η διάθρωση του μειωτήρα αυτού, όπως και των προηγούμενων, περιλαμβάνουν και άλλο ένα γρανάζι, το οποίο τοποθετείται για την έξοδο της νέας ροπής του μειωτήρα. Για το γρανάζι αυτό γίνεται ο υπολογισμός και η σχεδιαστική διαδικασία ακολουθώντας τα βήματα της υποενότητας 3.2.2.4, που αφορά τη σχεδίαση ενός μόνου οδοντωτού τροχού. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του παρακάτω πίνακα που περιέχει τα χαρακτηριστικά που θα δοθούν στο παράθυρο σχεδίασης.

d_k	61 mm
h	55 °
z	53
$z / \cos(h)$	56,4
m	1
w_1	8,2 mm

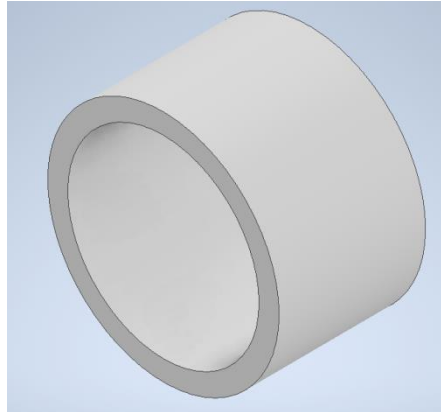
Εισάγοντας λοιπόν τις παραπάνω τιμές προκύπτει ο τρισδιάστατος οδοντωτός τροχός του σχήματος 54.



Σχήμα 54: Τρισδιάστατο μοντέλο δεύτερου γραναζιού

3.2.3.4 Τρισδιάστατη σχεδίαση απόστασης

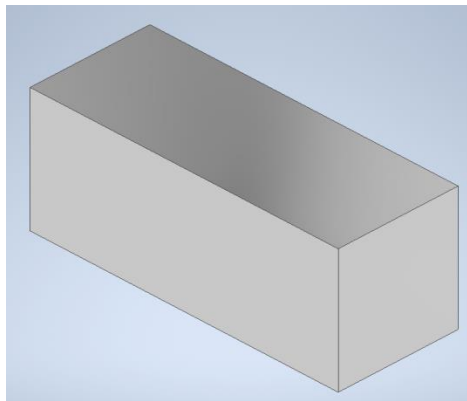
Η διαμόρφωση του μειωτήρα αυτού περιλαμβάνει και την ύπαρξη μίας απόστασης, υπολογίζοντας λοιπόν τη κυλινδρικής της μορφή, έχει ως απόρροια τη παρακάτω τρισδιάστατη απεικόνιση.



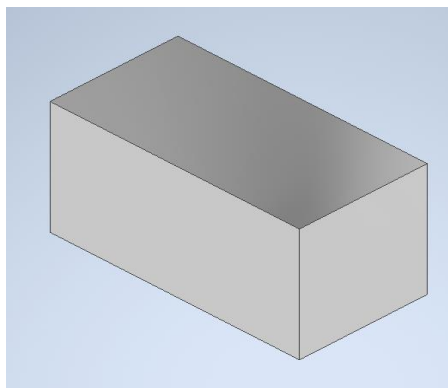
Σχήμα 55: Τρισδιάστατη απεικόνιση απόστασης

3.2.3.5 Τρισδιάστατη σχεδίαση σφηνών

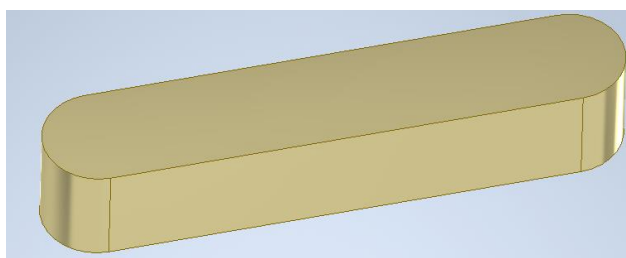
Η τρισδιάστατη απεικόνιση μίας σφήνας είναι ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και χρησιμεύει στη σταθεροποίηση των γραναζιών πάνω στις ατράκτους. Για το μειωτήρα με σύστημα ατέρμονα κοχλία κορώννα σχεδιάστηκαν τρεις σφήνες, από τις οποίες οι δύο βρίσκονται στο «εσωτερικό», ας θεωρηθεί, τμήμα του μειωτήρα και η τρίτη σφήνα είναι τοποθετημένη στην άτρακτο εισόδου, αλλά στο εξωτερικό της τμήμα που είναι εκτός του κελύφους για να συνδεθεί με τον κινητήρα. Η τελευταία αυτή σφήνα διαφέρει και στο σχήμα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η απεικόνιση της.



Σχήμα 56: Τρισδιάστατο μοντέλο πρώτης σφήνας



Σχήμα 57: Τρισδιάστατο μοντέλο δεύτερης σφήνας

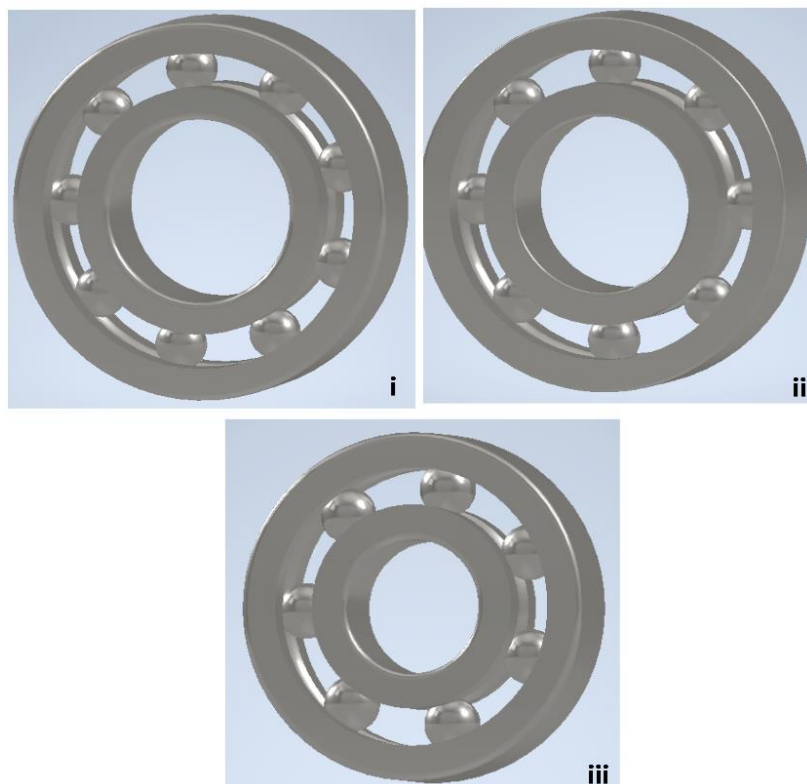


Σχήμα 58: Τρισδιάστατο μοντέλο δεύτερης σφήνας

3.2.3.6 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση εδράνων κύλισης

Τα έδρανα κύλισης που χρησιμοποιούνται στο μειωτήρα αυτής της ενότητας είναι τρία. Καταγράφοντας κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας, μέσα από τον οποίο αντλούνται οι τιμές που εισάγονται στο σχεδιαστικό πρόγραμμα για την τρισδιάστατη απεικόνιση του καθένα ρουλέμαν.

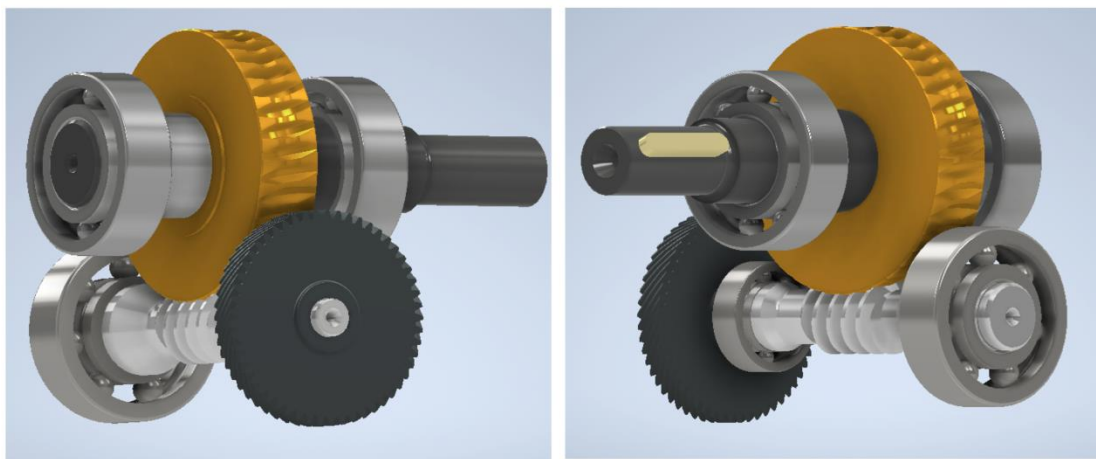
	Κωδικός	Εξωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Πάχος
No. 1	6205 Z	52	25	15
No. 2	6002	32	15	9
No. 3	6304	52	20	15



Σχήμα 59: Τρισδιάστατη απεικόνιση ρουλεμάν: i) 6205, ii) 6002 και iii) 6304

3.2.3.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης

Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης των επιμέρους τμημάτων του μειωτήρα απαίτηση της εργασίας είναι και επίδειξη της συναρμολογημένης διάταξης. Στην διάταξη αυτή έχουν δοθεί με ιδιαίτερη προσοχή οι παράμετροι μεταξύ των τμημάτων που συναρμολογούνται, έτσι ώστε τα γρανάζια που συμπλέκονται να είναι σε θέση να κινούνται αρμονικά αλλά και ολόκληρη η συναρμολόγηση και ακολουθεί την κινηματική αλυσίδα από τον κινητήριο άξονα εισόδου, για να μετατρέψει τη ροπή. Στο παρακάτω σχήμα 60 εμφανίζεται η συναρμολόγηση και αξίζει να σημειωθεί, πως η συναρμολόγηση περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα που έχουν αναφερθεί παραπάνω και ας μην είναι ορατά στο συγκεκριμένο σχήμα.



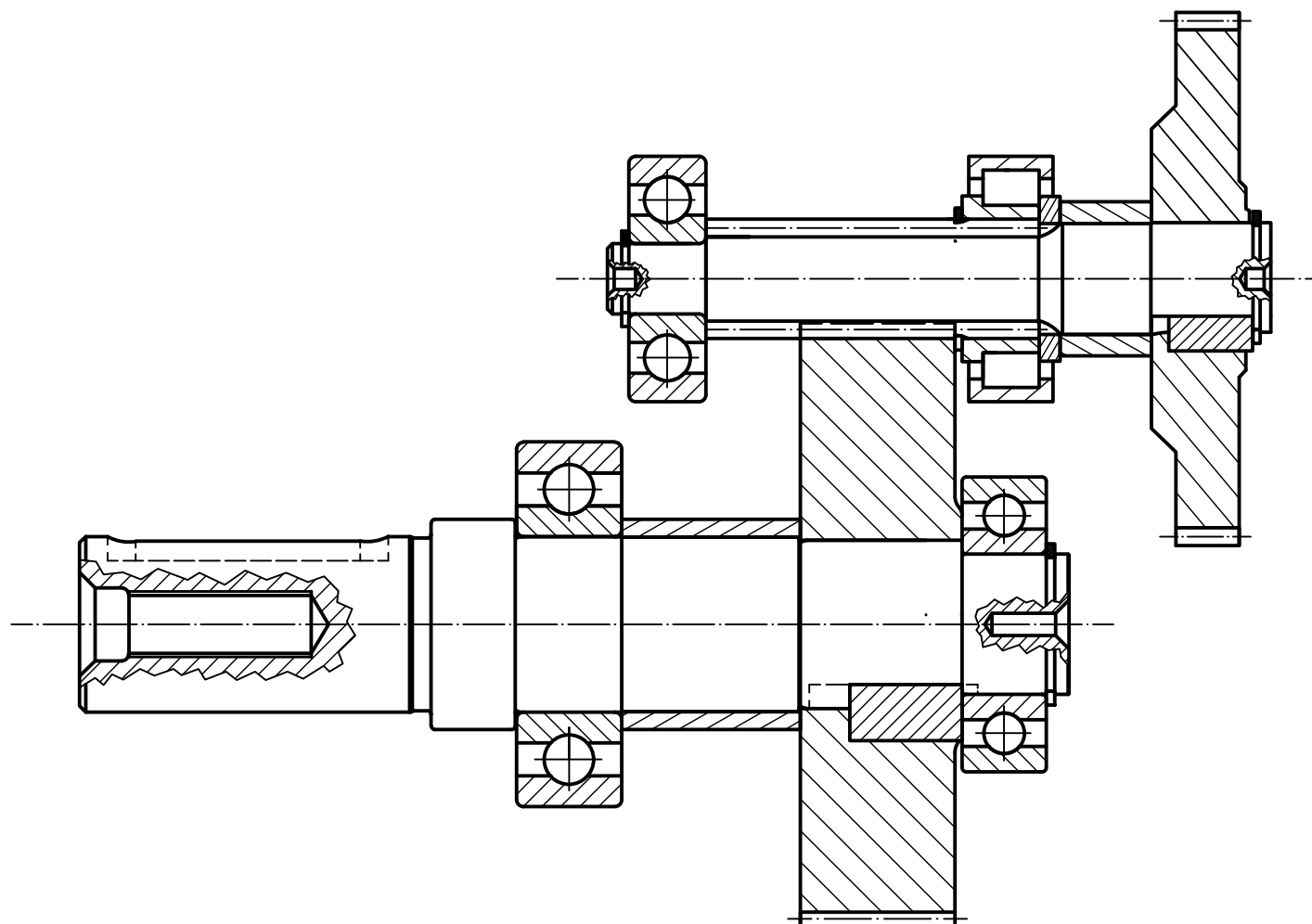
Σχήμα 60: Τρισδιάστατο μοντέλο συναρμολογημένης διάταξης

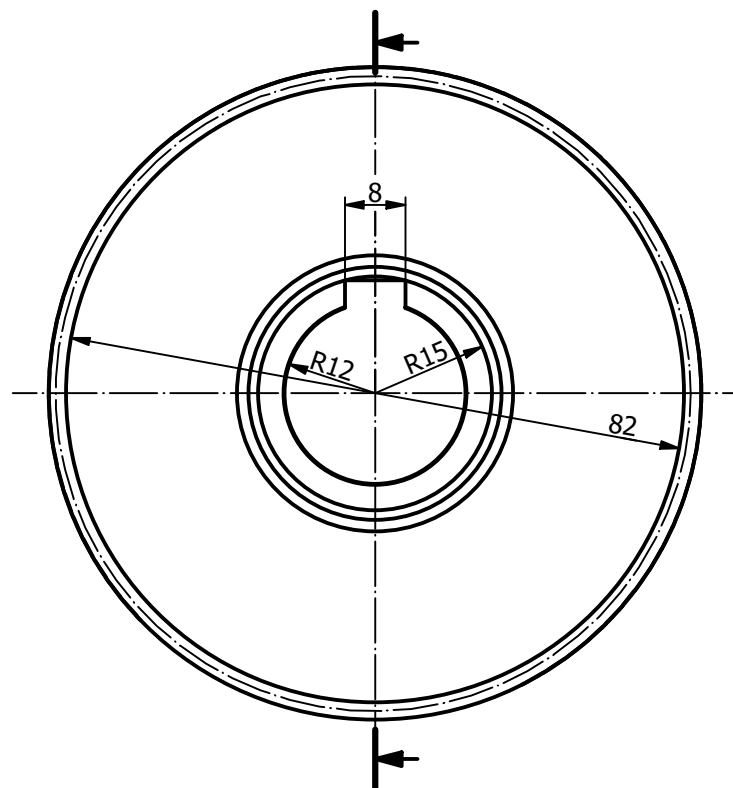
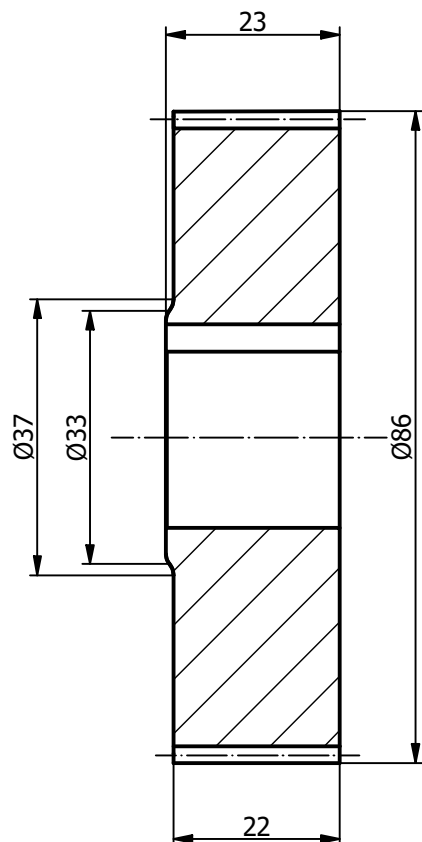
4. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δημιουργήθηκαν τα μηχανολογικά σχέδια για κάθε μειωτήρα στροφών. Ο όρος μηχανολογικά σχέδια περιλαμβάνει το συνοπτικό σχέδιο μίας συναρμολογημένης διάταξης σε όψεις και τομές, ώστε να αντιλαμβάνεται ο αναγνώστης τη διάταξη, καθώς και τα κατασκευαστικά σχέδια. Τα σχέδια αυτά έρχονται να συμπληρώσουν το συνοπτικό σχέδιο, διότι δημιουργείται ένα κατασκευαστικό σχέδιο για κάθε εξάρτημα που περιλαμβάνει η διάταξη. Περιέχει τις απαραίτητες όψεις και τομές, ώστε μαζί με την τοποθέτηση των σωστών διαστάσεων και άλλων πληροφοριών για το εξάρτημα αυτό, δίνει τη δυνατότητα να παραχθεί με τη μέγιστη ακρίβεια διαστάσεων και μορφολογίας. Έτσι, για κάθε μειωτήρα που μελετήθηκε στην εργασία αυτή παράχθηκε από ένα συνοπτικό σχέδιο με τα αντίστοιχα κατασκευαστικά σχέδια του. Στα κατασκευαστικά σχέδια περιλαμβάνονται μόνο τα εξαρτήματα του μειωτήρα που αφορούν τις ατράκτους, τις ατράκτους με οδόντωση και τους οδοντωτούς τροχούς.

4.1 Σχέδια μειωτήρων

Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Inventor® ολοκληρώθηκε η δισδιάστατη, αυτή τη φορά, απεικόνιση των σχεδίων για το μειωτήρα αυτό. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα συνοπτικά σχέδια της συναρμολογημένης διάταξης, καθώς και τα κατασκευαστικά σχέδια των επιμέρους τμημάτων τους.





www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

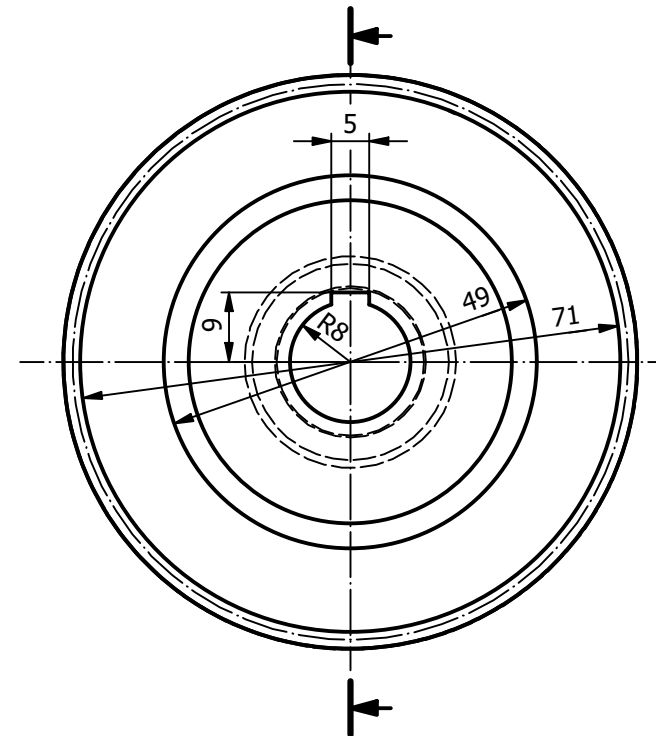
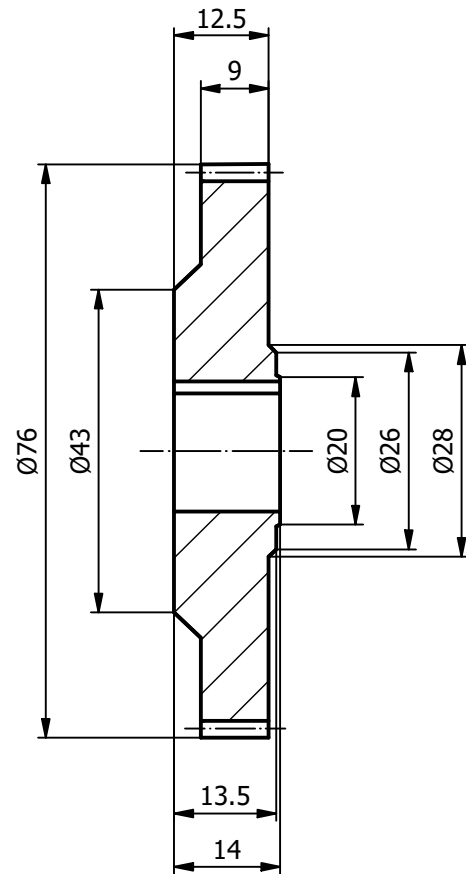
Τίτλος:

Γρανάζι 1 διβάθμιου
μειωτήρα

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ1-001

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία: 27/09/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	---------------------------	--------------	--------------



www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:

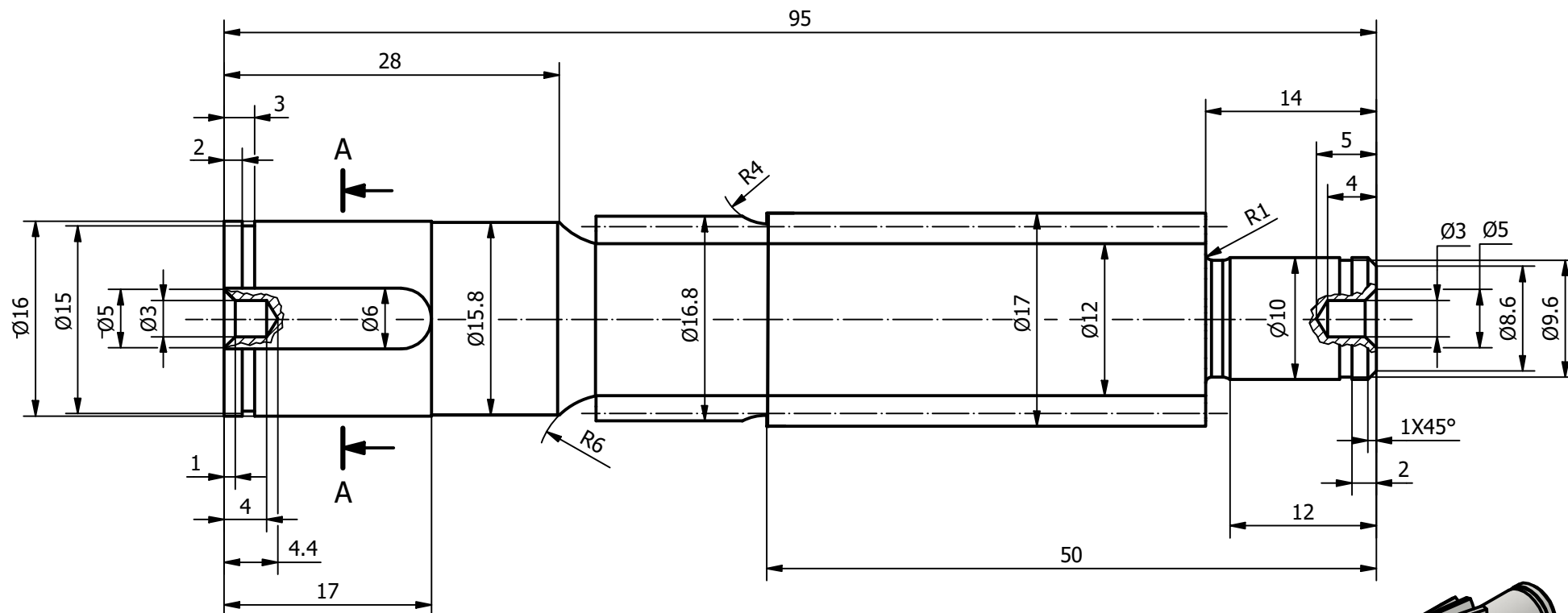
**Γρανάζι 2 διβάθμιου
μειωτήρα**

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

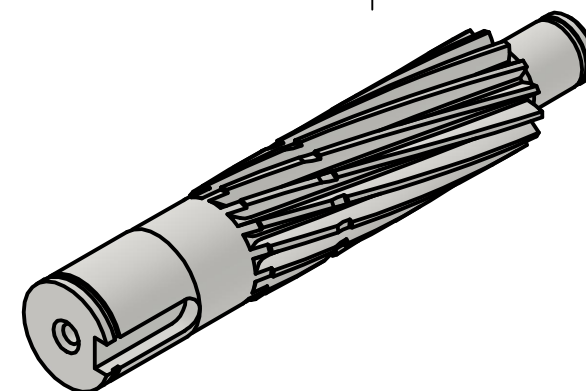
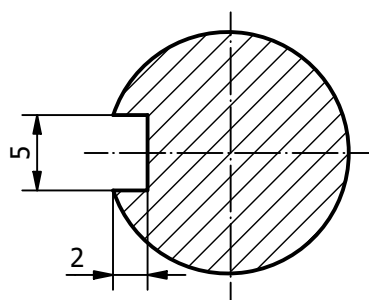
Αριθμός:

Δ1-002

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία: 01/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	---------------------------	--------------	--------------



A - A



www.m3.tuc.gr

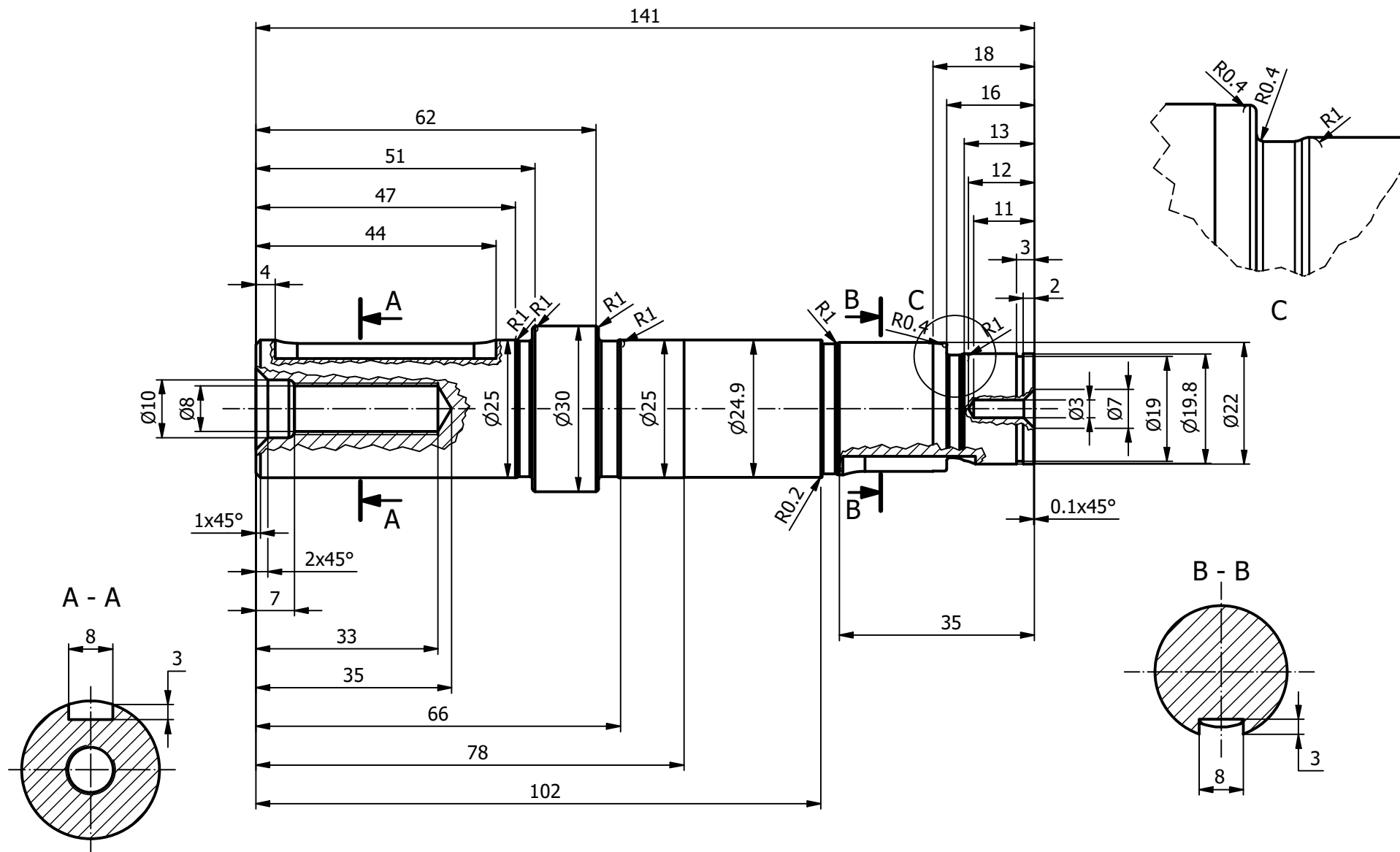
Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

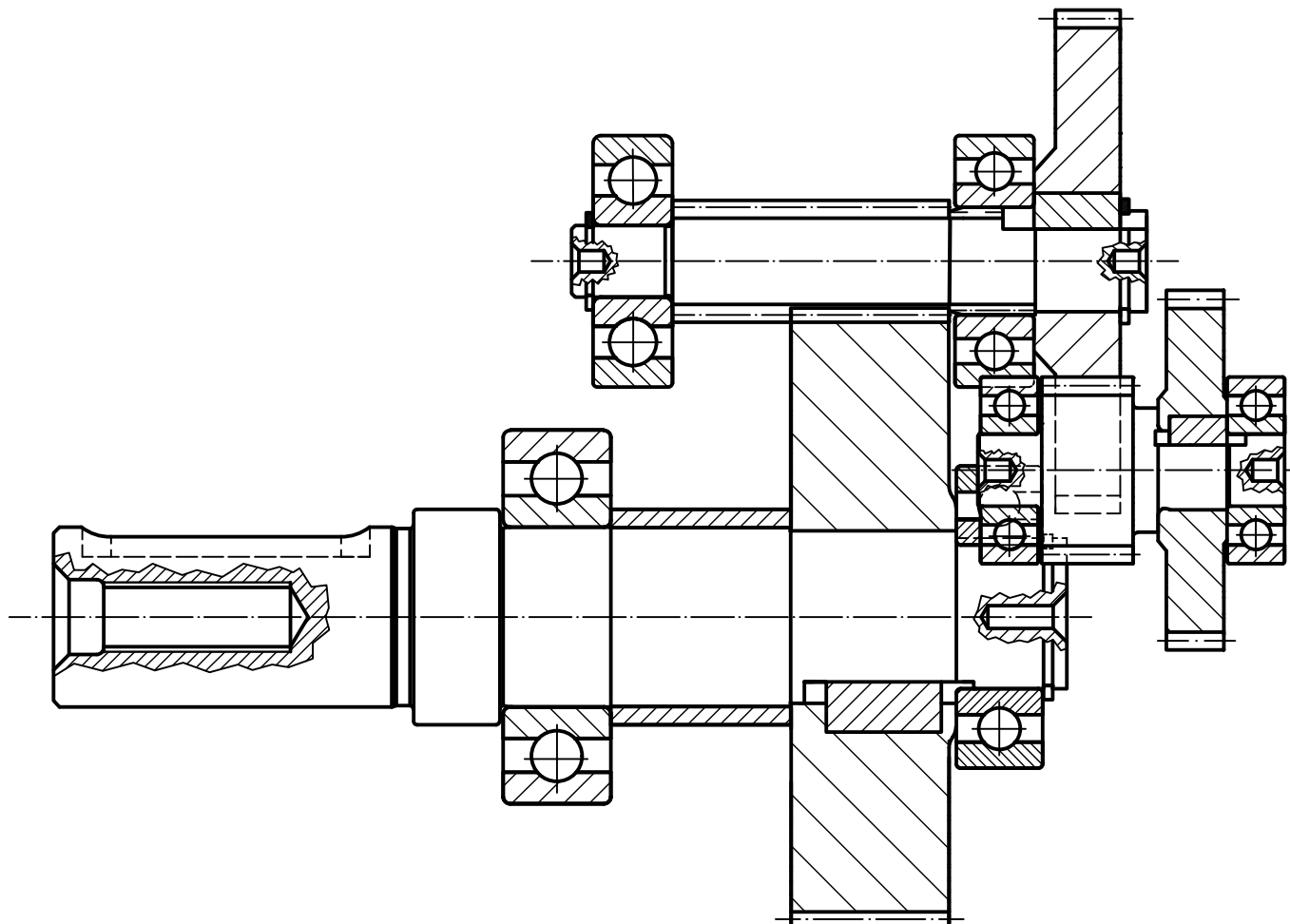
Τίτλος:
**Άξονας διβάθμιου μειωτήρα
με οδόντωση**

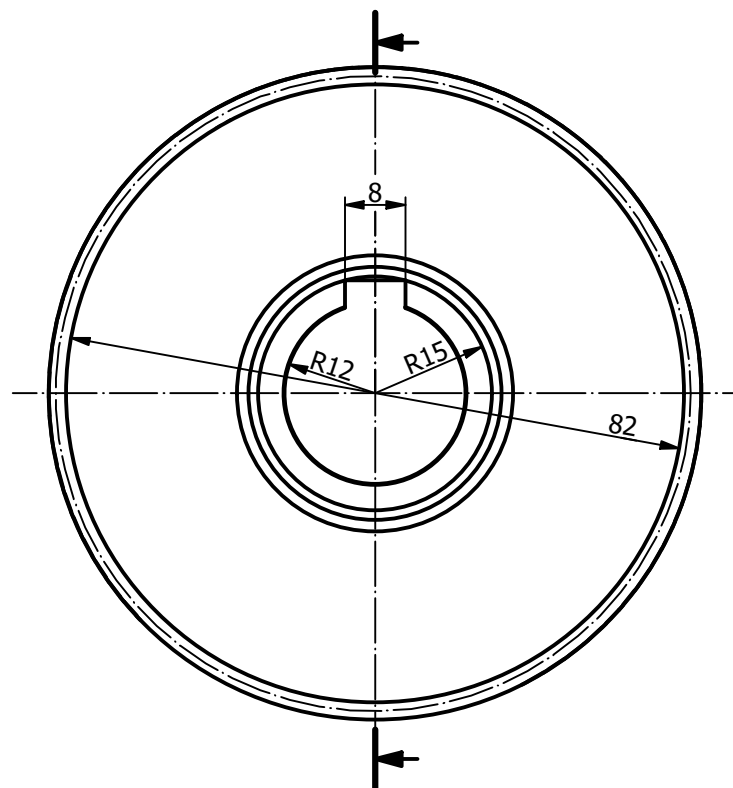
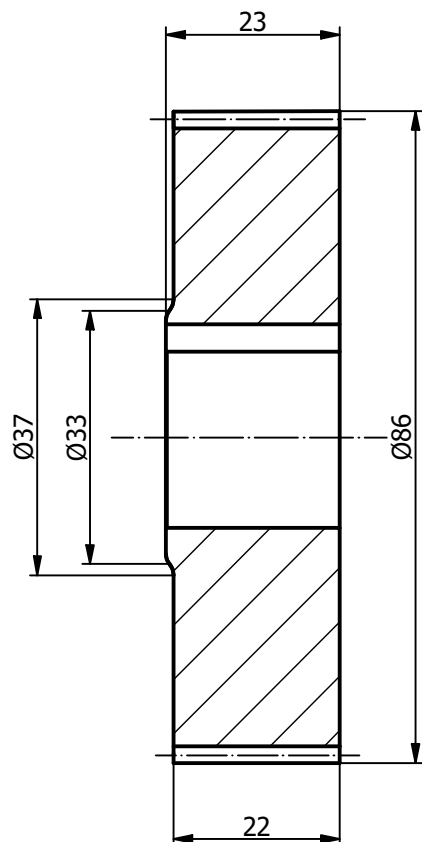
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ1-003

Κλίμ. 1:1	Ημερομηνία 05/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------







www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

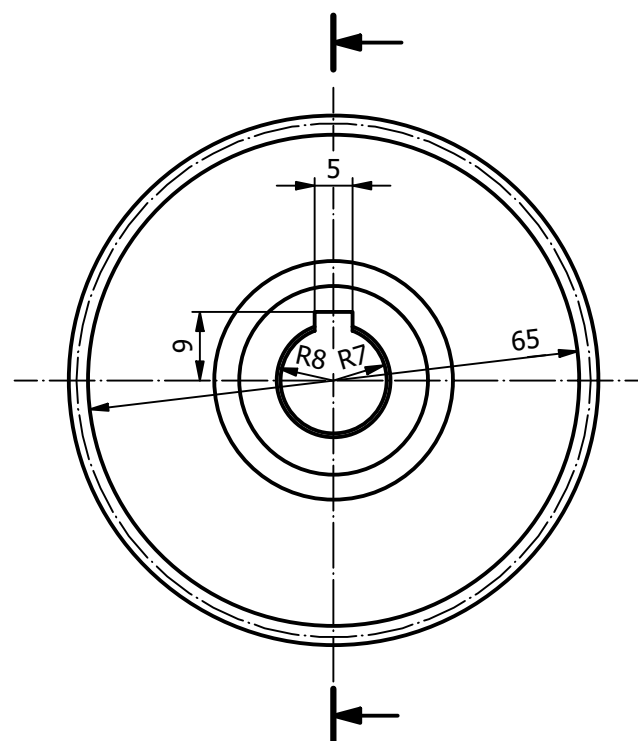
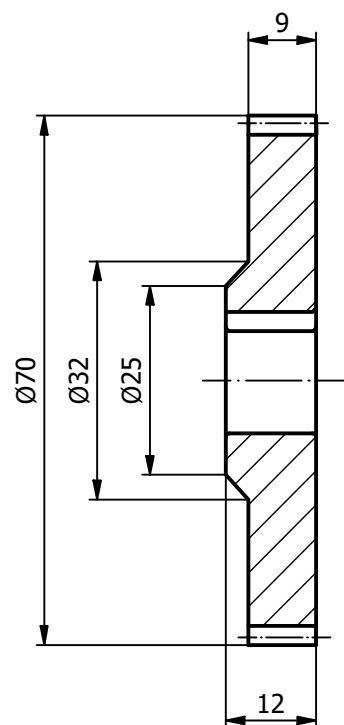
Τίτλος:

Γρανάζι 1 τριβάθμιου
μειωτήρα

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ2-001

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία: 11/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	---------------------------	--------------	--------------



www.m3.tuc.gr

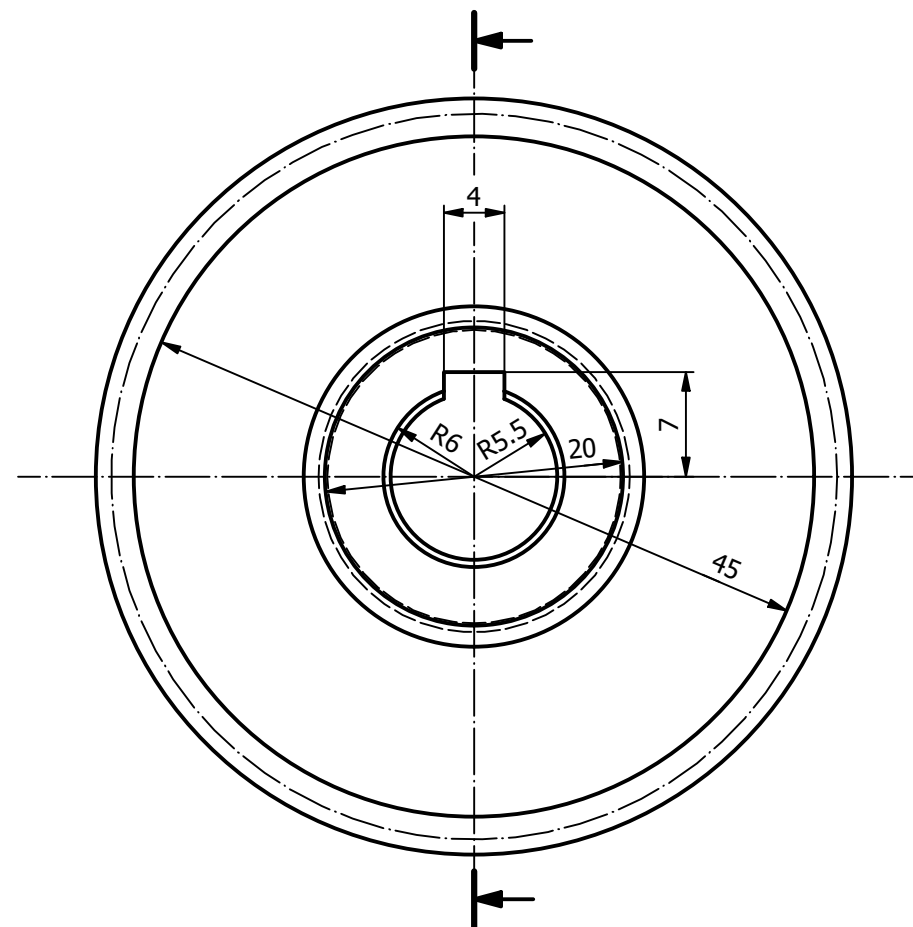
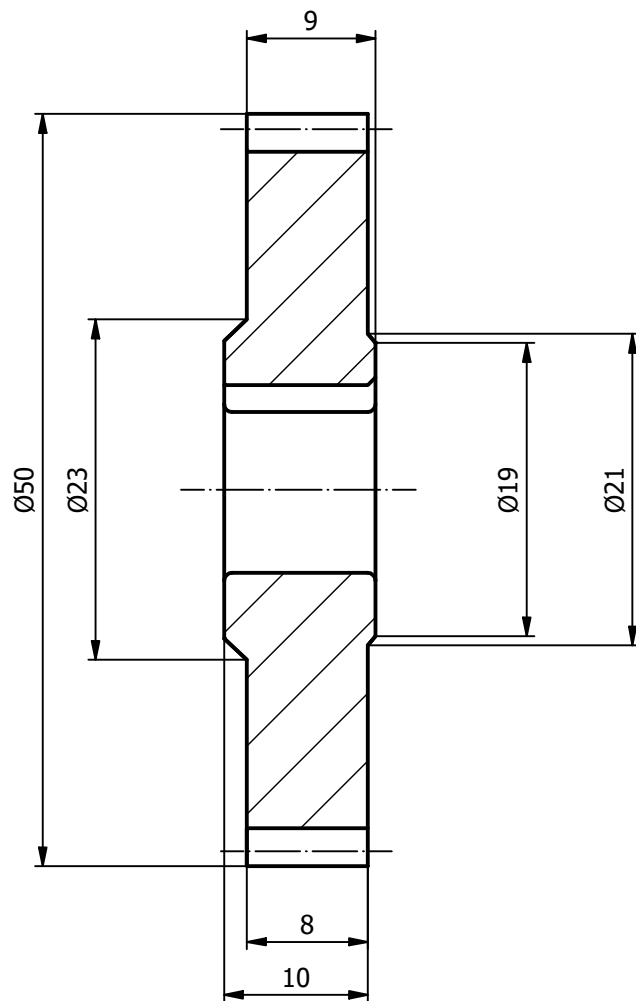
Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:
**Γρανάζι 2 τριβάθμιου
μειωτήρα**

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ2-002

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία 11/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------



www.m3.tuc.gr

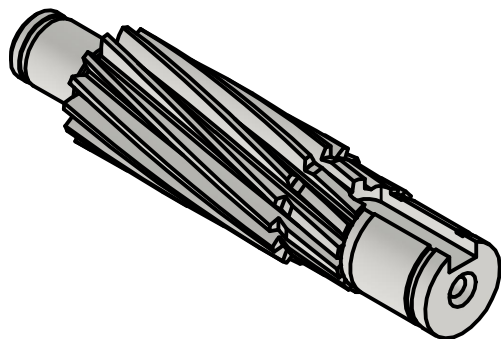
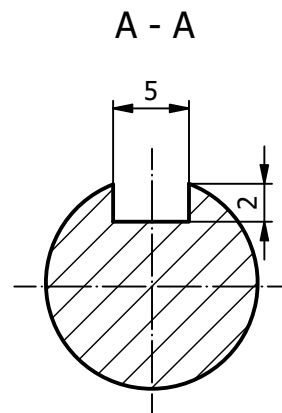
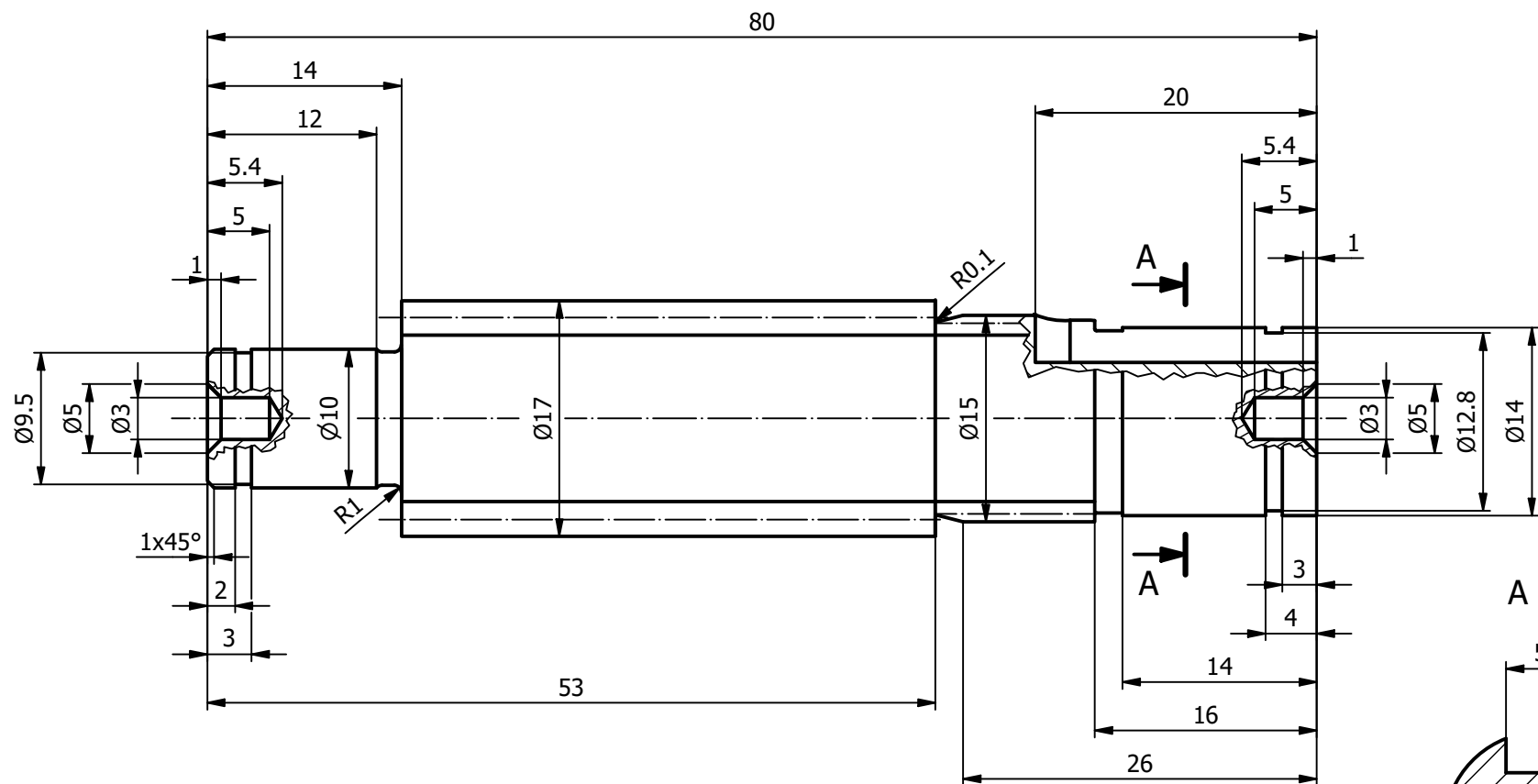
Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:
**Γρανάζι 3 τριβάθμιου
μειωτήρα**

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ2-003

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία 11/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------



www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:

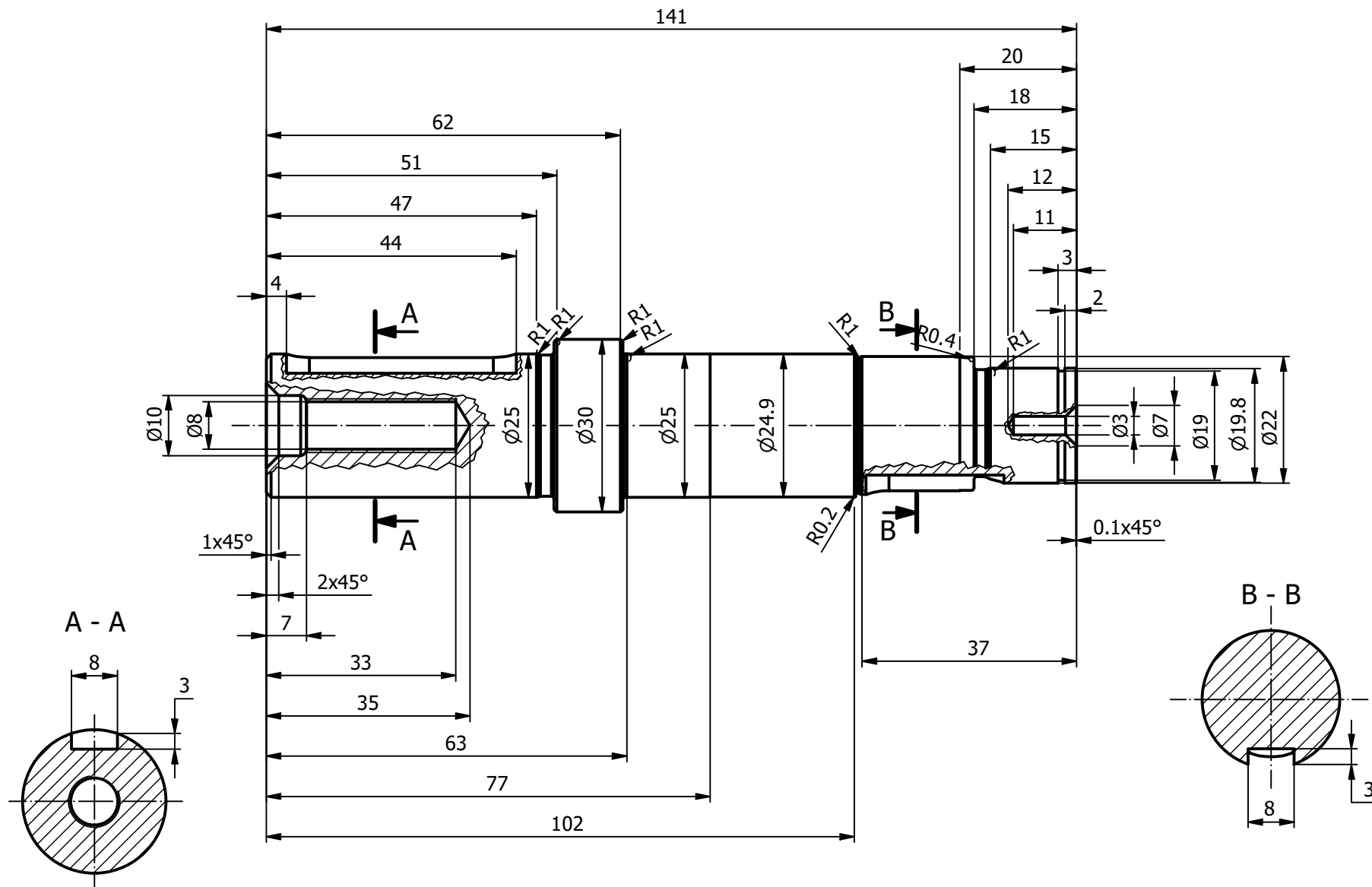
**Άτρακτος 1 τριβάθμιου
μειωτήρα με οδόντωση**

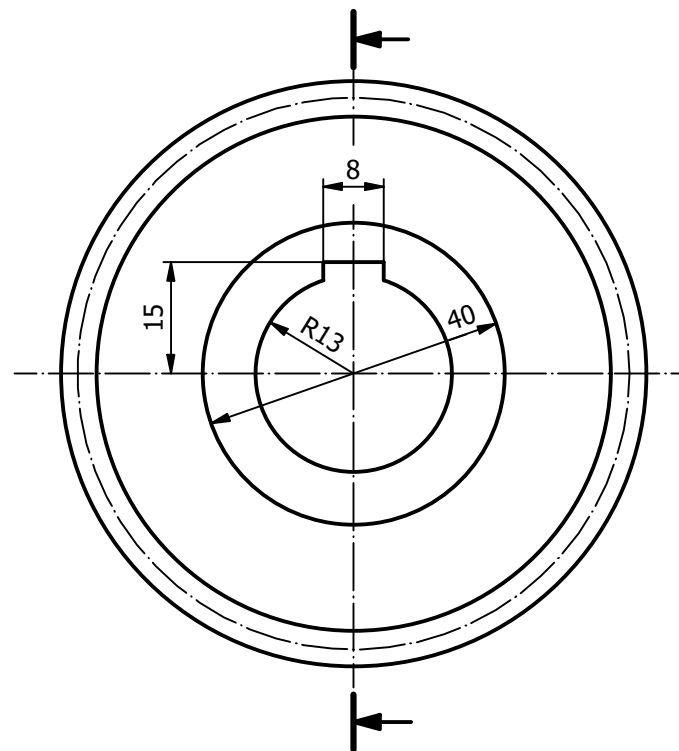
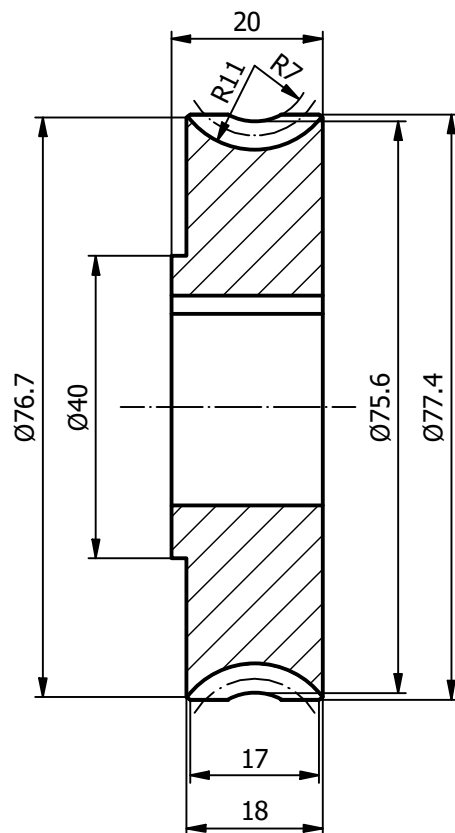
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

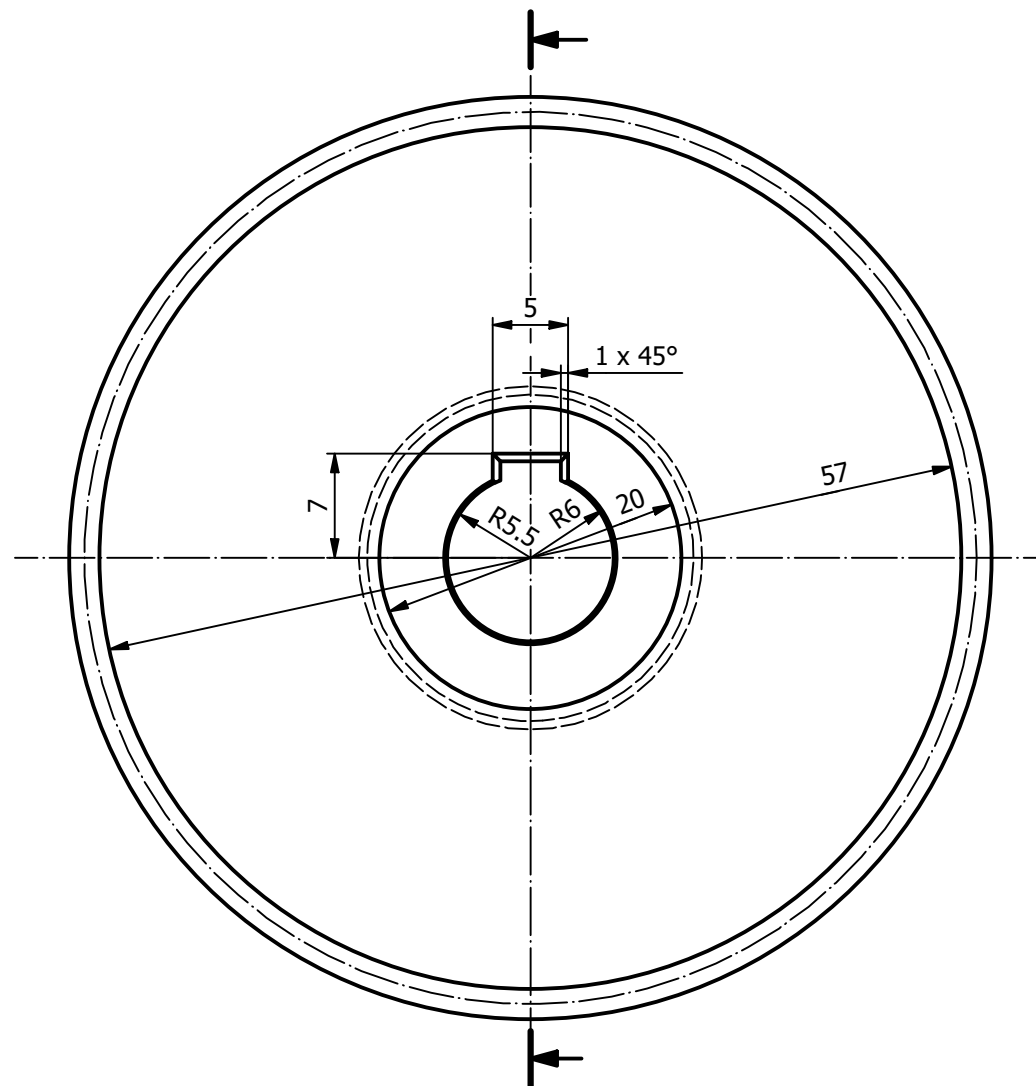
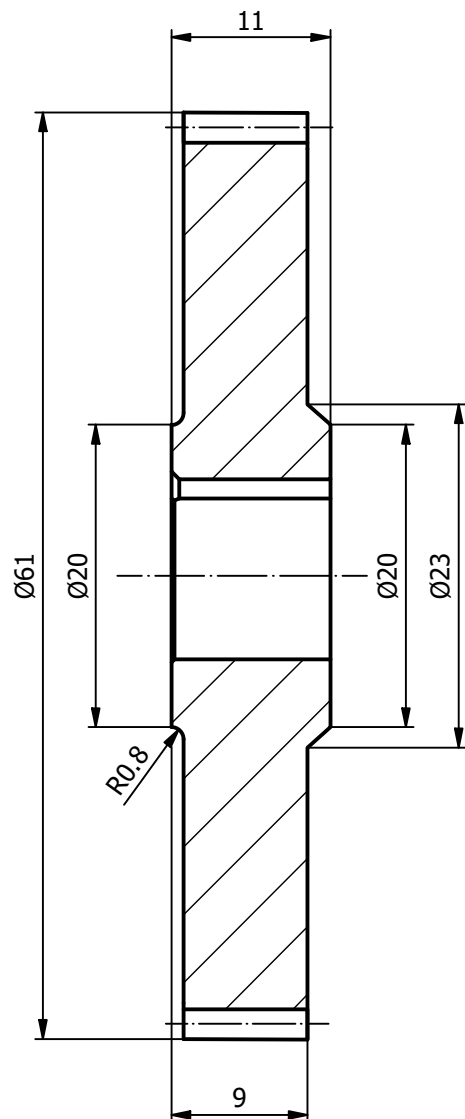
Αριθμός:

Δ2-004

Κλιμ. 2:1	Ημερομηνία 12/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------







www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:

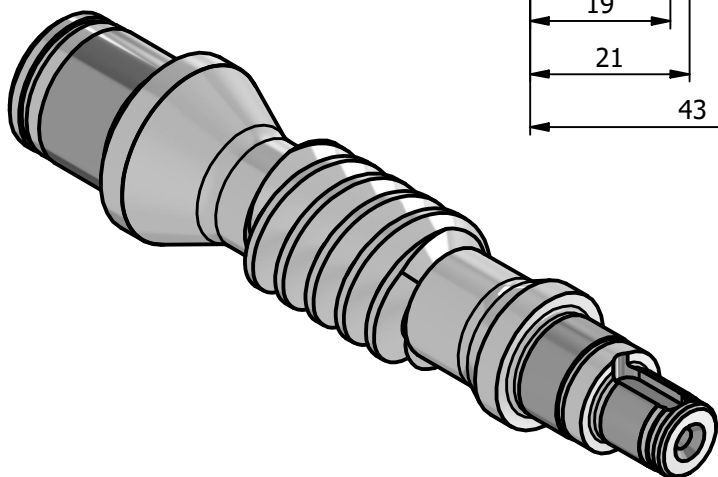
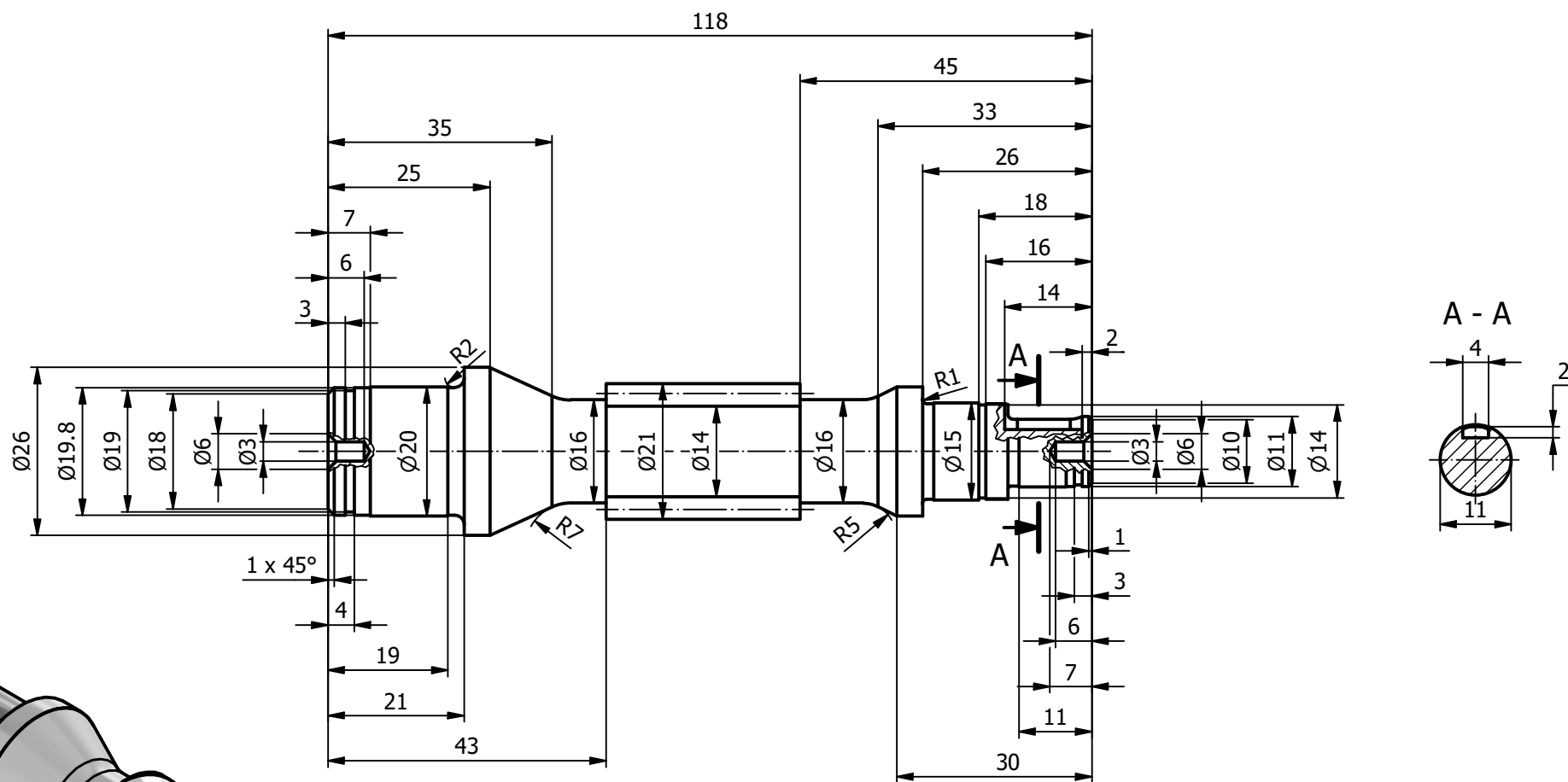
**Γρανάζι 2 μειωτήρα
ατέρμονα κοχλία κορώννα**

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:

Δ3-002

Κλιμ. 2:1	Ημερομηνία 17/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------



www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Μουντάκη Ευανθία

Τίτλος:
**Άτρακτος 1 μειωτήρα
ατέρμονα κοχλία κορώνα με
οδόντωση**

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f-ISO2768-1

Αριθμός:
Δ3-003

Κλιμ. 1:1	Ημερομηνία 18/10/2022	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1
--------------	--------------------------	--------------	--------------

5. ΣΥΝΟΨΗ

Συνοψίζοντας στη διπλωματική εργασία, έγινε κατανοητή η χρησιμότητα ενός μειωτήρα στροφών, παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι διαφορετικοί τύποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο βιομηχανικό χώρο εργασίας, καθώς αναλύθηκαν και τα κριτήρια επιλογής τους με βάση των αναγκών χρήσης. Τέλος, σχετικά με τους μειωτήρες αναφέρονται οι τρόποι τοποθέτησης τους, λίπανσης και ψύξης τους, αναλόγως με τη κατηγορία που ανήκουν.

Οι μειωτήρες που αγοράστηκαν για τις απαιτήσεις της εργασίας αυτής, αποσυναρμολογήθηκαν με τη χρήση ειδικών εργαλείων, ώστε να σχεδιαστούν τρισδιάστατα τα εσωτερικά τους τμήματα. Η σχεδίαση αυτή ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Inventor® της AutoDesk®, όπου πέρα από τη τρισδιάστατη σχεδίαση υλοποιήθηκε η απεικόνιση της κινηματικής αλυσίδας, της αποσυναρμολόγησης, καθώς και των σχεδίων καθενός μειωτήρα ξεχωριστά. Τα σχέδια που παράχθηκαν κατατάσσονται στα συνοπτικά κάθε συναρμολογημένης διάταξης και τα κατασκευαστικά κάθε εξαρτήματος τους.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

[1] Αριστομένης Θ. Α., (2013). *Μηχανολογικό σχέδιο*. Εκδότης: Τζιόλα.

[2] Βασιλική Ζαγορά, (2009), Τρισδιάστατη μοντελοποίηση μειωτήρα ατέρμονα κοχλία – κορώνας, Διπλωματική εργασία.

Διαδικτυακή ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

[1] Άρθρο από την εταιρεία παρασκευής μειωτήρων SOGEARS, (06/09/2019). Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <https://tinyurl.com/musb87vx>

[2] Sew – Eurodrive οδηγίες χρήσεως:

- ❖ <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/19359004.pdf>
- ❖ <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/1056019x.pdf>
- ❖ <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11359005.pdf>
- ❖ <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11691204.pdf>

Διαδικτυακή ξενόγλωσση βιβλιογραφία

[1] Miles, B., (04/08/2017), What is a gearbox?. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της Motion Control Tips: <https://www.motioncontroltips.com/what-is-a-gearbox/>

[2] Ryszard, D., Tim P., (2019), Lock Gates and Other Closures in Hydraulic Projects. Διαθέσιμο παράρτημα στην ιστοσελίδα: [Gearbox - an overview | ScienceDirect Topics](#)

[3] 6 Types Of Industrial Gearboxes And Their Most Typical Uses, (30/10/2017). Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: [6 Types Of Industrial Gearboxes And Their Most Typical Uses \(amarillogearservice.com\)](#)

[4] Gear reducer. (Χωρίς όνομα αρθρογράφου και ημερομηνία). Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο της IQS Directory: <https://www.iqsdirectory.com/articles/gearbox/gear-reducers.html>

[5] Ronquillo, R., (χωρίς ημερομηνία), Understanding gears. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <https://www.thomasnet.com/articles/machinery-tools-supplies/understanding-gears/>

[6] Gensokuki No Hon, S., (2008). Types and mechanisms of Gear reducers. Διαθέσιμο στην διαδικτυακή σελίδα: https://khkgears.net/new/gear_knowledge/Types_and_Mechanisms_of_Gear_Reducers.html

[7] Blake, S., (23/06/2021), How to choose the right gear reducers for your needs. Διαθέσιμο άρθρο στην ιστοσελίδα: <https://www.woltersmotors.com/how-to-choose-the-right-gear-reducers-for-your-needs-2/>

[8] Πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα του Inventor της Autodesk. Διαθέσιμες στην ιστοσελίδα της: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>