

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΩΒΟΥ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΑΝΤΩΝΗΣ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ
2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ.
3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΡΟΦΗΣ.
4. ΣΧΕΔΙΑ ΟΜΑΔΑΣ «Α».
5. ΣΧΕΔΙΑ ΟΜΑΔΑΣ «Β».
6. ΣΧΕΔΙΑ ΚΛΩΒΟΥ.
7. ΣΧΕΔΙΑ ΘΥΡΙΔΑΣ.
8. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.

ΓΕΝΙΚΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ιχθυοκαλλιέργειες, εννοούμε την ελεγχόμενη εκτροφή ψαριών, δραστηριότητα που εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο εκτροφής υδρόβιων οργανισμών, τις υδατοκαλλιέργειες.

Η υδατοκαλλιέργεια, περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών με τις οποίες ο άνθρωπος επεμβαίνει στο φυσικό κύκλο της ζωής κάποιων θαλάσσιων οργανισμών για να πετύχει τη καλύτερη ανάπτυξη και αναπαραγωγή, έτσι ώστε να επωφεληθεί στη συνέχεια από τη βελτιωμένη παραγωγή της αλιείας των οργανισμών αυτών. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί που μπορούν σήμερα να καλλιεργηθούν, είναι αρκετά είδη ψαριών, ορισμένα είδη μαλακίων καθώς και ορισμένα φυτά όπως τα θαλάσσια φύκια.

2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η ιχθυοκαλλιέργεια, μια δραστηριότητα αιώνων, παρουσιάζει μια συνεχώς αυξανόμενη συμμετοχή στη παγκόσμια παραγωγή αλιευμάτων τα τελευταία χρόνια. Το 2000, η παγκόσμια παραγωγή υδρόβιων οργανισμών, από την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες, ξεπέρασε τους 115 εκατομμύρια τόννους και οι υδατοκαλλιέργειες συνέβαλαν σημαντικά, σε ποσοστό 20%, στη παγκόσμια παραγωγή.

Παγκοσμίως, η υδατοκαλλιέργεια είναι ο διατροφικός κλάδος που γνωρίζει τη μεγαλύτερη ανάπτυξη, με ετήσιους ρυθμούς που κυμαίνονται μεταξύ 6 και 8% κατά μέσο όρο.

Η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών το 1995, ξεπέρασε τους 27,8 εκατομμύρια τόννους και το 2006, έφτασε τους 52 εκατομμύρια τόννους (εξαιρουμένων των φυτικών προϊόντων), δηλαδή αυξήθηκε κατά 87% μέσα σε μία δεκαετία περίπου.

Αυτή η ταχεία πρόοδος οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εντυπωσιακή ανάπτυξη που επιτεύχθηκε σε χώρες της Ασίας και της Νότιας Αμερικής, η παραγωγή των οποίων αντιπροσωπεύει σχεδόν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής.

Σήμερα, η υδατοκαλλιέργεια παρέχει το ήμισυ σχεδόν των ψαριών, των μαλακοστράκων και των μαλακίων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση σε παγκόσμια κλίμακα.

3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΣ

Η παραγωγικότητα των υδατοκαλλιεργειών, εξαρτάται από μια ευρεία ποικιλία άλλων υδρόβιων οργανισμών που χρησιμοποιούνται για τροφή των εκτρεφόμενων ειδών αλλά και για τη διατήρηση της ποιότητας του νερού. Συνεπακόλουθα, αυτό μπορεί να έχει αντίστροφες επιπτώσεις στη ποικιλότητα των φυσικών πληθυσμών των υδρόβιων

οργανισμών και στη δομή των οικοσυστημάτων, λόγω της τυχαίας απελευθέρωσης εκτρεφόμενων οργανισμών ή της μετατροπής της μορφής ενός οικοτόπου.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών προέρχεται από περίπου 200 είδη. Η υδατική βιοποικιλότητα βρίσκεται σε κρίσιμο επίπεδο σε πολλά φυσικά συστήματα, ειδικά στα εσωτερικά ύδατα. Η μεγαλύτερη υποβάθμιση έχει προκληθεί λόγω της ρύπανσης, των ανθρωπογενών δομικών αλλαγών στους υδάτινους οικοτόπους, καθώς και από την απελευθέρωση εισαγόμενων ειδών. Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ιχθυοκαλλιεργητές, είναι ο εντοπισμός γενετικού υλικού από υγιείς ή σχετικώς αδιάταρακτους άγριους πληθυσμούς.

Ένα πρώτο βήμα για την εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων προστασίας του άγριου πληθυσμού, αποτελούν τα επίσημα έγγραφα σχετικά με τους άγριους γενετικούς πόρους και τις απειλές ενάντια στην επιβίωσή τους.

Το Διεθνές Κέντρο για τη διαχείριση των ζωντανών υδρόβιων πόρων (International Center for Living Aquatic Resources Management-ICLARM) και ο FAO, έχουν αναπτύξει μια βάση δεδομένων για τα ψάρια (FishBase), η οποία περιλαμβάνει σχεδόν το μισό από τον παγκόσμιο αριθμό ψαριών, στα οποία περιλαμβάνονται και σχεδόν όλα εκείνα που είναι άμεσα ωφέλιμα για τους ανθρώπους.

Ο Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών για τη περιβαλλοντική Προστασία (UNEP), με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αντίστροφων επιπτώσεων της υδατοκαλλιέργειας στα άγρια αποθέματα, έκανε πρόσφατα τις ακόλουθες συστάσεις:

- **Κλειστή καλλιέργεια:** Καλύτερες περιοριστικές συνθήκες για τη πρόληψη δραπέτευσης του οργανισμού.
- **Στείρωση:** Εύκολος τρόπος για την αποφυγή άμεσων γενετικών επιπτώσεων στους άγριους πληθυσμούς
- **Τοποθεσία εγκαταστάσεων:** Εγκατάσταση των καλλιεργειών μακριά από άγριους πληθυσμούς και επιλογή θαλάσσιων εκτάσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα διασποράς του γονιδιώματος στο περιβάλλον των άγριων πληθυσμών.
- **Παράκτια πάρκα:** Παρέχουν αυστηρώς προστατευόμενες περιοχές για τους πολύτιμους άγριους πληθυσμούς.
- **Μειωμένη ή επιλεκτική αλιεία:** Προστασία αυτόχθονων πληθυσμών με μείωση της αλιευτικής πίεσης ή με ώθηση της πίεσης αυτής προς τα καλλιεργούμενα ψάρια.
- **Περιορισμοί στη μεταφορά:** Μείωση της εξάπλωσης εξωτικών γονιδίων και επιδημιών, με περιορισμούς της μεταφοράς ζωντανών ψαριών και αυγών.
- **Τράπεζες γονιδίων:** Αντιμετώπιση της εξάλειψης τοπικών πληθυσμών μέσω της ίδρυσης τράπεζας γενετικού υλικού.
- **Ελάχιστες γενετικές διαφορές από τους αυτόχθονες πληθυσμούς:** Μείωση των αποτελεσμάτων από τη ροή γονιδίων μέσω ελαχιστοποίησης των γενετικών διαφορών ανάμεσα στα ψάρια που δραπετεύουν ή απελευθερώνονται και τους άγριους πληθυσμούς που λειτουργούν ως δέκτες.
- **Εκπαίδευση των εργατών:** Βασική εκπαίδευση των εργατών που ασχολούνται με τις υδατοκαλλιέργειες (περιλαμβανομένων και των ανειδίκευτων εργατών), προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος απελευθερώσεων των οργανισμών στα υδάτινα οικοσυστήματα.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Υπάρχουν πολλές μορφές υδατοκαλλιέργειας. Ένας τρόπος διαχωρισμού τους είναι η παρουσίασή τους σε ζεύγη αντιθέτων: Εκτατική ή εντατική, σε φυσικό περιβάλλον ή σε δεξαμενές, σε γλυκό ή θαλασσινό νερό, με συνεχή ροή ή με ανακυκλοφορία, παραδοσιακή ή σύγχρονη, κλασική ή βιολογική, προστατευμένη ή εκτεθειμένη κ.τ.π. Ξεκινώντας από τα προαναφερθέντα ζεύγη, είναι δυνατή κάθε πιθανή παραλλαγή όπως και πολυάριθμοι συνδιασμοί. Ο απλούστερος τρόπος παρουσιάσής τους είναι πάντως η παρακολούθηση της εξέλιξης της υδατοκαλλιέργειας στο πέρασμα των χρόνων.

ΕΚΤΑΤΙΚΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η πρώτη μορφή υδατοκαλλιέργειας που εφαρμόστηκε, συνίστατο ουσιαστικά στη παγίδευση των άγριων υδρόβιων ζώων μέσα σε λιμνοθάλασσες, υδάτινες λεκάνες ή αβαθείς μικρές λίμνες, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα οποιαδήποτε στιγμή.

Αυτή η μορφή εκτροφής χρονολογείται από τη νεολιθική εποχή, όταν ο άνθρωπος άρχισε να εκμεταλλεύεται τους φυσικούς πόρους. Αυτή η πολύ απλή πρακτική έχει εκλείψει σήμερα.

Το δεύτερο στάδιο εξέλιξης της υδατοκαλλιέργειας έχει ως επίκεντρο τη προσπάθεια να μη βασίζεται πλέον ο άνθρωπος αποκλειστικά στη φύση, αλλά να διαμορφώσει ένα υδάτινο περιβάλλον που να ευνοεί την ανάπτυξη πληθυσμών ιχθύων, μαλακίων και μαλακοστράκων. Η πιο εξελιγμένη μορφή αυτής της υδατοκαλλιέργειας, είναι η εκτροφή κυπρίνων σε λίμνες που εφαρμόστηκε στη Κίνα, για την οποία υπάρχει αναφορά στη διάσημη συνθήκη του Fan-Li που χρησιμοποιείται από τον 5^ο αιώνα π.χ.

Στην Ευρώπη είχαν αναπτυχθεί ήδη από τη Ρωμαϊκή εποχή, μέθοδοι διατήρησης των στρειδιών και τρόποι πάχυνσης των ψαριών μέσα σε ειδικές για το σκοπό αυτό δεξαμενές. Οι τεχνικές ιχθυοκαλλιέργειας σε υδάτινες λεκάνες, άρχισαν πάντως ουσιαστικά να αναπτύσσονται το μεσαίωνα, κατά κύριο λόγο μέσα στα μοναστήρια, όπου οι άνθρωποι είχαν ανάγκη από άπαχη τροφή για τις πολυάριθμες μέρες νηστείας που επέβαλε η χριστιανική θρησκεία.

Αυτές οι προερχόμενες από πρακτικές μορφές υδατοκαλλιέργειας, εφαρμόζονται ακόμη και σήμερα σε ολόκληρη την Ευρώπη. Είναι η περίπτωση της παραδοσιακής εκτατικής ιχθυοκαλλιέργειας, που εφαρμόζεται από την Λαπωνία μέχρι τη Σικελία και από το Kerry μέχρι τη Θράκη. Η παραδοσιακή εκτατική ιχθυοκαλλιέργεια, συνίσταται ουσιαστικά στη συντήρηση των φυσικών ή τεχνητών λιμνών και λιμνοθαλασσών κατά τρόπο ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη της υδρόβιας πανίδας. Κάθε χειμώνα, τα ύδατα καθαρίζονται και εμπλουτίζονται με λιπάσματα ώστε να τονωθεί η υδρόβια βλάστηση και, κατά συνέπεια, να ενισχυθεί η παρουσία μικροοργανισμών, μικρών μαλακίων και μαλακοστράκων, προνυμφών και σκουληκιών που αποτελούν τη βάση της διατροφικής πυραμίδας των υδρόβιων ζώων.

Τα είδη που εκτρέφονται στις ιχθυοκαλλιέργειες γλυκού νερού, είναι αναλόγως της περιοχής, η πέστροφα, ο κορέγονος, το χέλι, το ποταμολάβρακο, η τούρνα και διάφορα είδη κυπρίνων, γατόψαρων, ποταμοκαραβίδων και βατράχων.

ΗΜΙ-ΕΚΤΑΤΙΚΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η παραδοσιακή υδατοκαλλιέργεια σε λίμνες και λιμνοθάλασσες, εξελίσσεται διαρκώς προς περισσότερο συγκεκριμένους τρόπους παραγωγής που χαρακτηρίζονται ως ημι-εκτατική υδατοκαλλιέργεια.

Οι παραγωγοί δεν αρκούνται πια στο να ενισχύουν τη φυσική ανάπτυξη της λίμνης και της λιμνοθάλασσας, αλλά βοηθούν τη φύση εισάγοντας στις υδάτινες λεκάνες ιχθύδια που έχουν γεννηθεί σε εκκολαπτήρια και χορηγώντας συμπληρώματα διατροφής. Το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εκτροφή κυπρίνων σε λίμνες, η οποία είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις χώρες της κεντρικής Ευρώπης.

ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΓΛΥΚΑ ΝΕΡΑ

Οι εγκαταστάσεις της εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας σε γλυκά ύδατα, αποτελούνται συνήθως από πολλές ορθογώνιες δεξαμενές από σκυρόδεμα, διαφόρων μεγεθών και βαθών ώστε να καλύπτονται τα διάφορα στάδια ανάπτυξης των ιχθύων. Οι δεξαμενές αυτές τροφοδοτούνται μέσω ενός αυλακιού το οποίο συλλέγει το νερό του ποταμού στα ανάντια και το επιστρέφει στα κατάντια αφού πρώτα διέλθει από όλες τις δεξαμενές. Αυτό είναι το σύστημα συνεχούς ροής.

Τα τελευταία χρόνια, το σύστημα συνεχούς ροής, παραχωρεί σταδιακά τη θέση του στα συστήματα ανακυκλοφορίας του νερού. Στα συστήματα αυτά, το νερό παραμένει σε κλειστό κύκλωμα και ανακυκλώνεται για να μπορεί να ανακυκλοφορεί στις δεξαμενές, μέσω ενός εκτεταμένου δικτύου σωληνώσεων. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων αυτού του συστήματος, συγκαταλέγεται η απομόνωσή του από το εξωτερικό περιβάλλον, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο όλων των παραμέτρων του νερού: θερμοκρασία, οξύτητα, αλατότητα, απολύμανση, κ.λ.π.. Επιτρέπει ακόμη την επεξεργασία των οργανικών κατάλοιπων πριν από τη τελική απόρριψή τους στη φύση. Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος, πέρα από το κόστος της επένδυσης, είναι το ενεργειακό του κόστος και η εξάρτησή του από περίπλοκα τεχνολογικά συστήματα.

Στις ιχθυοκαλλιέργειες γλυκού νερού, το σύστημα της ανακυκλοφορίας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην εκτροφή ιριδιάζουσας πέστροφας, γατόψαρου και χελιού.

ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΘΑΛΑΣΣΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Τη δεκαετία του 1960 κάνει την εμφάνισή της στην Ιαπωνία μια σημαντική καινοτομία στο τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών: ο πλωτός κλωβός.

Τα ψάρια διατηρούνται αιχμάλωτα μέσα σε ένα μεγάλο δίχτυ σε σχήμα θύλακα το οποίο στερεώνεται στο βυθό και συγκρατείται στην επιφάνεια από ένα ορθογώνιο ή κυκλικό πλωτό πλαίσιο, αρχικά από μπαμπού και στη συνέχεια – πολύ γρήγορα – από πλαστικό. Οι Ιάπωνες εκτρέφουν μέσα σε αυτούς τους κλωβούς μαγιάτικα και σπαρίδες. Η ιδέα εξάγεται στην Ευρώπη, όπου οι πλωτοί κλωβοί χρησιμοποιούνται αρχικά για την εκτροφή ιριδιάζουσας πέστροφας στα προστατευόμενα ύδατα των Νορβηγικών φιόρντ.

Οι κλωβοί φθάνουν στην Ευρώπη τη κατάλληλη περίοδο, στα τέλη της δεκαετίας του 1960, για να χρησιμοποιηθούν στη δοκιμαστική εκτροφή ενός νέου είδους: του σολομού του Ατλαντικού. Η εκκόλαψή του έχει εξελιχθεί εδώ και πολλά χρόνια και παράγει ικανό αριθμό νεαρών σολομών (smolt), δηλαδή γόνων που έχουν αναπτύξει την ικανότητα να ζουν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αρχίζει έτσι ταχύτατα η πάχυνση των εν λόγω νεαρών

σολομών στη θάλασσα, μέσα σε πλωτούς κλωβούς, μέχρι να φθάσουν σε μέγεθος ενήλικου ιχθύος. Η Ευρωπαϊκή εκτροφή σολομού, εξελίσσεται σε μια από τις επιτυχίες των δεκαετιών 1970 και 1980. Λόγω της σπανιότητάς του, ο άγριος σολομός αποτελούσε προϊόν πολυτελείας. Η διαθεσιμότητά του πλέον σε λογική τιμή, συνιστά μια άνευ προηγουμένου εμπορική επιτυχία, που κατατάσσει τη θαλασσοκαλλιέργεια μεταξύ των πολλά υποσχόμενων τομέων στην Ευρώπη. Στα φιόρδ και στους κόλπους της βόρειας θάλασσας και του δυτικού τμήματος των βρετανικών νησιών, ιδίως δε στη Νορβηγία και στη Σκωτία, οι σολομοκαλλιέργειες πολλαπλασιάζονται ταχύτατα.

Η επιτυχία των βόρειων χωρών στο συγκεκριμένο τομέα, αποκτά γρήγορα μιμητές. Οι μεσογειακές χώρες μελετούν και αναπτύσσουν την ιχθυογονία του λαβρακιού και της τσιπούρας. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, η εκτροφή των εν λόγω ειδών επεκτείνεται σε ολόκληρη τη Μεσόγειο και στα Κανάρια νησιά. Ο σολομός το λαβράκι και η τσιπούρα, εξακολουθούν να είναι μέχρι και σήμερα τα κυριότερα προϊόντα της ευρωπαϊκής θαλασσοκαλλιέργειας. Σιγά-σιγά κάνουν την εμφάνισή τους μέσα στους κλωβούς και άλλα είδη, όπως το μαγιότικο στο νότο και ο μπακαλιάρος στο βορρά.

Τις δεκαετίες του 1990 και του 2000, αναπτύσσεται μια άλλη μορφή εντατικής θαλασσοκαλλιέργειας αυτή των πλατύψαρων. Οι πλωτοί κλωβοί δεν είναι κατάλληλοι για τα συγκεκριμένα ψάρια τα οποία ζουν σε αμμώδεις πυθμένες. Έτσι, ώθηση στην ανάπτυξη της εκτροφής του καλκανιού στη Γαλικία δίνει η χρήση δεξαμενών στη ξηρά, οι οποίες τροφοδοτούνται με θαλασσινό νερό. Όμως, οι πρόοδοι της τεχνολογίας ανακυκλοφορίας ανοίγουν νέες προοπτικές για τη θαλασσοκαλλιέργεια στη ξηρά. Αρχίζει δοκιμαστικά η εκτροφή νέων ειδών, όπως της γλώσσας, η οποία εκτρέφεται μέσα σε πεπλατυσμένες λεκάνες τοποθετημένες η μία πάνω στην άλλη. Επιπλέον, η δυνατότητα ελέγχου των παραμέτρων του νερού, ιδίως της θερμοκρασίας του, εξασφαλίζουν την ανεξάρτηση από τις κλιματικές συνθήκες. Έτσι, καθίσταται πλέον δυνατή η επέκταση της εκτροφής του καλκανιού, του λαβρακιού και της τσιπούρας στη βόρεια Ευρώπη.

Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η υδατοκαλλιέργεια έρχεται αντιμέτωπη με μια νέα μεγάλη πρόκληση. Οι ευρωπαϊκές ακτές είναι πέραν του δέοντος κατειλημμένες και δεν υπάρχει πια χώρος για επέκταση των υδατοκαλλιεργείων. Η θαλασσοκαλλιέργεια καλείται πλέον να απομακρυνθεί από την ακτή είτε προς την ηπειρωτική χώρα, χάρι στην ανακυκλοφορία, με το μειονέκτημα του κόστους που παρουσιάζει η τεχνητή ανασύσταση του θαλασσινού νερού, είτε προς την ανοιχτή θάλασσα, μακριά από τις προστατευόμενες περιοχές της ακτής.

Η θαλασσοκαλλιέργεια στην ανοιχτή θάλασσα, είναι το νέο πεδίο στο οποίο στρέφουν τη προσοχή τους οι έρευνες στο τομέα της παγκόσμιας υδατοκαλλιέργειας. Όμως, οι τεχνολογικές προκλήσεις είναι τεράστιες. Η Μεσόγειος είναι από τις βαθύτερες θάλασσες παγκοσμίως, ενώ ο βορειοανατολικός Ατλαντικός συγκαταλέγεται μεταξύ των περιοχών με τους δυνατότερους ανέμους και τα μεγαλύτερα κύματα στο κόσμο. Θα πρέπει να αναπτυχθούν νέα συστήματα για το περιορισμό των ψαριών, όπως οι καταδυόμενοι κλωβοί αλλά και για τη σίτιση και τον εξ'αποστάσεως έλεγχο των καλλιεργείων.

Η μελέτη ενός τέτοιου καταδυόμενου κλωβού ανοιχτής θάλασσας, είναι και το θέμα της πτυχιακής εργασίας.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ

A. ΓΕΝΙΚΑ

Η μελέτη που ακολουθεί, βασίζεται σε δεδομένα στοιχεία πολυετούς ερευνητικής προσπάθειας του πανεπιστημίου του NEW HAMPSHIRE (U.N.H.).

Το συγκεκριμένο πανεπιστήμιο, μετά από επτά χρόνια έρευνας, επιχείρησε την εγκατάσταση κλωβών σε βάθος 52 m και σε απόσταση περίπου 10 km από την ακτή του NEW HAMPSHIRE των ΗΠΑ. Η τοποθεσία που επιλέχθηκε από την ερευνητική ομάδα, ήταν κατάλληλη για να ερευνηθεί τόσο μηχανολογικά όσο βιολογικά και περιβαλλοντικά η εγκατάσταση.

Για να υποστηριχθεί η έρευνα, δύο ανεξάρτητοι σταθμοί των 600 m³ είχαν εγκατασταθεί κοντά στην ακτή του NEW HAMPSHIRE το 1999, χρησιμοποιώντας ανεξάρτητα ισχυρότατα αγκυροβολικά συστήματα για κάθε σταθμό.

Για περισσότερα από τέσσερα χρόνια, αυτοί οι σταθμοί ήταν το επίκεντρο ενός ισχυρού μηχανικού και ερευνητικού αναλυτικού προγράμματος. Από μηχανολογική άποψη, οι μελετητές συνέχισαν να ερευνούν τη δυναμική του συστήματος έτσι ώστε αριθμητικά και φυσικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά να μπορέσουν να αναπτυχθούν και να αποτελέσουν τη βάση για εμπορικής κλίμακας ιχθυοκαλλιέργειες.

Ο κλωβός των 500 m³, συγκεντρώνει κατά τη γνώμη μας τα περισσότερα βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος ιχθυοκαλλιέργειας σε εμπορική βάση και γι' αυτό το λόγο τον επιλέξαμε.

B. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας σε ανοιχτή θάλασσα με κλωβούς των 500 m³, αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Τέσσερις κλωβούς των 500 m³
- Ένα πλοiάριο τροφοδοσίας τροφής βιομάζας ψαριών
- Το αγκυροβόλιο
- Τα στοιχεία πρόσδεσης κλωβών και πλοiαρίου

ΚΛΩΒΟΣ 500³

Ο κλωβός των 500 m³ κατασκευάστηκε από 80 τριγωνικά πλαίσια τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με γαλβανισμένα μεταλλικά τμήματα, σχηματίζοντας ένα σφαιρικό θάλαμο με διάμετρο 9.750 mm.

Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά σχέδια κλωβών, το δίχτυ του συγκεκριμένου κλωβού είναι μεμονωμένο για κάθε τριγωνικό πλαίσιο. Ο συνδυασμός όλων των ξεχωριστών (αυτοτελών) διχτύων, σχηματίζει μια απολύτως σταθερή υποδομή η οποία προστατεύει τα ψάρια και μειώνει τη παραμόρφωση των διχτύων που προκαλείται από τα κύματα και τα θαλάσσια ρεύματα.

Το δίχτυ είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 2 mm με επένδυση βινιλίου. Τα στοιχεία των τριγωνικών πλαισίων είναι από σωλήνα πολυαιθυλενίου διαμέτρου 140 mm, ενισχυμένο με fiber glass.

Χάρη στα δομικά αυτά στοιχεία των τριγωνικών πλαισίων, ο κλωβός αποκτά ουδέτερη πλευση.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΛΩΒΟΥ.

Ο σφαιρικός θάλαμος διαμέτρου 9.750 mm, σχηματίζεται από 80 τριγωνικές επιφάνειες. Αναλύοντας τα γεωμετρικά στοιχεία της κατασκευής, προκύπτει ότι η συνολική επιφάνεια του σφαιρικού θαλάμου, καταλαμβάνεται από δώδεκα (12) κανονικές πυραμίδες πενταγωνικής βάσης και είκοσι (20) ισόπλευρα τρίγωνα με πλευρές ίσες με τη κάθε πλευρά της πενταγωνικής πυραμίδας. Στο σχέδιο K-5, φαίνεται σε ανάπτυγμα μισής σφαίρας η διάταξη πυραμίδων και τριγώνων. Στο σχέδιο αυτό αποτυπώνονται επίσης και οι κόμβοι σύνδεσης των στοιχείων που συνθέτουν τις τριγωνικές επιφάνειες.

Η τομή της σφαίρας από επίπεδο διερχόμενο από το κέντρο της, μας δίνει ένα μέγιστο κύκλο με ακτίνα ίση με την ακτίνα της σφαίρας δηλαδή $R=4.875$ mm. Στο κύκλο αυτό εγγράφουμε δεκάγωνο για το οποίο προκύπτει πλευρά ίση με 3.012,92 mm. (βλέπε σχέδιο K-1). Το μήκος της πλευράς του δεκάγωνου (χορδή τόξου 36°), θα αποτελέσει στη συνέχεια τη βάση για τη κατασκευή κανονικής πυραμίδας με βάση πεντάγωνο και πλευρά ίση με 3.012,92 mm. Με δεδομένη τη πλευρά του πενταγώνου, προκύπτει η ακτίνα του περιγεγραμμένου κύκλου από τη σχέση $R=3.012,92/1,17557=2.562,94$ mm. (βλέπε σχέδιο K-2).

Το ανάπτυγμα της πυραμίδας φαίνεται στο σχέδιο K-3. Στο σχέδιο αυτό αναγράφονται όλα τα στοιχεία ισοσκελών τριγώνων καθώς και η ακτίνα του περιγεγραμμένου κύκλου ίση με $R=2.664.39$ mm. Η ακτίνα του κύκλου είναι ίση με το μήκος της κάθε μιας από τις παράπλευρες ακμές της πυραμίδας. Στο σχέδιο K-4, φαίνεται σε ημιτομή της πυραμίδας το ύψος αυτής ίσο με 728,1 mm.

Από κατασκευαστικής πλευράς, παραθέτουμε κατασκευαστικά στοιχεία των κόμβων σύνδεσης των στοιχείων της κάθε τριγωνικής επιφάνειας. Στο σχέδιο K-5, αποτυπώνεται ο αριθμός κόμβων που προκύπτει από τη διάταξη πυραμίδων και τριγώνων. Συγκεκριμένα πρόκειται για $6 \times 2 = 12$ κόμβους σύνδεσης πέντε στοιχείων και $15 \times 2 = 30$ κόμβους σύνδεσης έξι στοιχείων. Για το σύνολο των σαράντα δύο (42) κόμβων, χρησιμοποιούμε για κύριο κομβοέλασμα έλασμα πάχους 12 mm κωνικής μορφής με διάμετρο βάσης 400 mm. Στο σχέδιο K-7, έχει σχεδιαστεί το ανάπτυγμα ενός από τα δώδεκα κομβοελάσματα κορυφής των πενταγωνικών πυραμίδων. Σε ακτινική διάταξη (τόξο 68.86°), έχει προβλεφθεί η διάνοιξη οπών $\Phi 14$ mm για τη κοχλιοσύνδεση του διαιρούμενου συνδέσμου.

Ο διαιρούμενος σύνδεσμος φαίνεται στα σχέδια K-7 α & K-7 β. Στο σχέδιο K-7 α, φαίνεται ότι ο σύνδεσμος αποτελείται από δύο σκέλη. Το αριστερό σκέλος φέρει δύο ταυ των 90 mm συγκολλημένα στον ενδιάμεσο δίσκο διαμέτρου $\Phi 180$ mm και πάχους 12 mm. Μεταξύ των ταυ, έχει προβλεφθεί διάκενο 12.5 mm για το συρτάρωμα του κεντρικού κομβοελάσματος διαμέτρου 400 mm και πάχους 12 mm και τη μεταξύ τους σύνδεση με κοχλίες M12x45. Το δεξιό σκέλος, φέρει χαλυβδοσωλήνα $\Phi 168,3 \times 14,27$ mm μήκους 200 mm συγκολλημένο επίσης στον ενδιάμεσο δίσκο. Σε μήκος 180 mm, ο σωλήνας τέμνεται στο μέσο με διάκενο μεταξύ των δύο τμημάτων 3 mm. Η σύνδεση των δύο ημικυκλίων με κοχλίες M12x45, εξασφαλίζεται με τη συγκόλληση λαμών 50x10 mm εκατέρωθεν και κατά

μήκος των ημικυκλίων. (βλέπε σχέδιο τομών K-7 β). Στο διαιρούμενο αυτό σκέλος του συνδέσμου, καταλήγει το άκρο του κάθε ενός σωλήνα πολυαιθυλενίου Φ140 mm του τριγωνικού πλαισίου. Όλα τα στοιχεία του κομβοελάσματος θα είναι θερμογαλβανισμένα.

Στο σχέδιο K-8, φαίνεται σχηματικά η διάταξη του τριγωνικού πλαισίου από σωλήνες πολυαιθυλενίου καθώς και το ενδιάμεσο πλαίσιο από λάμες 50x5 mm συγκράτησης του μεταλλικού πλέγματος (δίχτυού). Στο σχέδιο K-8 α, έχει σχεδιαστεί η διάταξη του τριγωνικού πλαισίου και των τριών κομβοελασμάτων. Τα στοιχεία του τριγωνικού πλαισίου, είναι από λάμα 50 x5 mm με οπές Φ 11 mm στο μέσο του πλάτους της και με κέντρα 105 mm περίπου. Το τριγωνικό αυτό πλαίσιο, συνδέεται με τα τρία γωνιακά κομβοελάσματα με συγκόλληση οπότε αποτελεί ένα ενιαίο σύνολο. Τα κομβοελάσματα φαίνονται στο σχέδιο K-8 β. Κάθε κομβοελάσμα φέρει οκτώ οπές Φ14 mm για τη κοχλιωτή σύνδεση του τριγωνικού πλαισίου με κάθε διαιρούμενο σύνδεσμο του κεντρικού κομβοελάσματος της πυραμίδας. Στο σχέδιο K-8 δ, φαίνεται ένα δεύτερο τριγωνικό πλαίσιο των ιδίων διαστάσεων και κατασκευαστικών στοιχείων με το πρώτο, χωρίς όμως τα τρία γωνιακά κομβοελάσματα. Η σύνδεση αυτών των δύο πλαισίων με κοχλίες M10x25, μας εξασφαλίζει τη στερέωση του μεταλλικού πλέγματος (δίχτυού), το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο πλαισίων. Το μεταλλικό πλέγμα (δίχτυ), φέρει τις ίδιες διαστάσεις με το δεύτερο τριγωνικό πλαίσιο και φαίνεται στο σχέδιο K-8 ε. Τέλος, για την αποφυγή πιθανών ταλαντώσεων του συστήματος, έχουμε προβλέψει τη στερέωση των τριγωνικών πλαισίων πάνω στο σωλήνα πολυαιθυλενίου, με το περιλαίμιο που φαίνεται στο σχέδιο K-8 γ καθώς και στη τυπική διάταξη του σχεδίου K-8. Έχει προβλεφθεί, καθένα από τα περιλαίμια να συγκρατεί τις δύο εκατέρωθεν του σωλήνα πολυαιθυλενίου πλευρές των τριγωνικών πλαισίων.

Όλα τα μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής όπως τριγωνικά πλαίσια, κομβοελάσματα, περιλαίμια, κοχλίες, θα είναι θερμογαλβανισμένα.

ΠΛΟΙΑΡΙΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Το πλοιαίο τροφοδοσίας, έχει ως σκοπό να μπορεί να τροφοδοτήσει από απόσταση τη βιομάζα των εγκλωβισμένων ψαριών.

Τα κύρια δομικά στοιχεία του πλοιαρίου περιλαμβάνουν χαλύβδινο κέλυφος, ενδιάμεσα διαμερίσματα (decks) καθώς και θωρακισμένη μάζα σκυροκονιάματος στο κάτω μέρος. Στο εσωτερικό του πλοιαρίου είναι εγκατεστημένα τέσσερα (4) σιλό τροφής, δύο (2) κυκλώνες, ένα (1) hopper, ένας (1) αναμεικτικός θάλαμος, μία (1) πετρελαιογεννήτρια, μία (1) δεξαμενή καυσίμου, μία (1) συστοιχία μπαταριών, αντλίες και σωληνώσεις μεταφοράς της τροφής καθώς και σύστημα αυτόματου ελέγχου τροφοδοσίας της τροφής.

Η χωρητικότητα του πλοιαρίου σε τροφή για ένα σύστημα τεσσάρων κλωβών των 500 m³ είναι 20 t, το βάρος του χαλύβδινου σώματος του πλοιαρίου είναι περίπου 25 t, το σκυροκονίαμα ζυγίζει περίπου 24 t και ο εξοπλισμός στο εσωτερικό του πλοιαρίου περίπου 15 t.

Στο λειτουργικό διάγραμμα που έχουμε σχεδιάσει, αποτυπώνεται η σειρά των φάσεων τροφοδοσίας των βυθισμένων κλωβών με τροφή των ψαριών.

Η τροφή μεταφέρεται από τα τέσσερα κύρια σιλό αποθήκευσης στους δύο κυκλώνες μέσω εύκαμπτων σωλήνων με τη βοήθεια αντλιών (Supply Pumps). Από τους δύο κυκλώνες, η τροφή καταλήγει στο κεντρικό Hopper και από εκεί στον αναμεικτικό

θάλαμο (*Mixing Chamber*) πού βρίσκεται στον ίδιο άξονα με το *Hopper* και κάτω απ'αυτό.

Στον αναμεικτικό θάλαμο, μαζί με τα δισκία τροφής, εισάγεται και ελεγχόμενη ποσότητα θαλάσσιου νερού, δημιουργώντας έτσι ένα μείγμα το οποίο μέσω αντλίας (*Feed transfer pump*), μεταφέρεται στο πυθμένα του πλοιαρίου. Το μείγμα στη συνέχεια διοχετεύεται μέσω βαλβίδων επιλογής σε κάθε μία από τις τέσσερις εξόδους(στόμια), που βρίσκονται στο πυθμένα του πλοιαρίου. Το κάθε στόμιο εξόδου, συνδέεται μέσω ελαστικών σωλήνων με κάθε έναν από τους τέσσερις κλωβούς.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί η σπουδαιότητα της παρεμβολής του *Mixing Chamber* στο κύκλωμα διακίνησης της τροφής, από τα κύρια σιλό αποθήκευσης μέχρι την είσοδο αυτής στους βυθισμένους κλωβούς. Είναι η συσκευή στην οποία η τροφή έρχεται σε επαφή (αναμειγνύεται) με συγκεκριμένη ποσότητα θαλάσσιου νερού, με σκοπό να ελεγχθεί η αντοχή των δισκίων τροφής στο συγκεκριμένο περιβάλλον και το πιθανό ποσοστό απώλειας.

Από πειράματα και διαφορετικά *test* που έχουν γίνει, διαπιστώθηκε ότι σε συγκεκριμένα επίπεδα νερού με ελεγχόμενη ροή και με τη χρήση αντλίας (*feed pump*) στο κύκλωμα, η τροφή περνούσε δια μέσου του συστήματος με εξαιρετικά αποτελέσματα και με απώλεια λόγω καταστροφής ελάχιστη.

Από πλευράς σχεδίασης, έχουμε καλύψει τα βασικά στοιχεία της κατασκευής του πλοιαρίου. Συγκεκριμένα έχουμε σχεδιάσει το σώμα του πλοιαρίου, τα ενδιάμεσα διαμερίσματα (*decks*), την οροφή, το περίβλημα του σκυροκονιάματος και τον οικίσκο στην οροφή του πλοιαρίου. Από τον εξοπλισμό στο εσωτερικό του πλοιαρίου έχουμε σχεδιάσει το κύριο σιλό αποθήκευσης τροφής.

Στο σχέδιο με αριθμό 100, φαίνεται σε τομή η γενική διάταξη του πλοιαρίου. Τα διάφορα τμήματα της κατασκευής φαίνονται στα επί μέρους σχέδια με αρίθμηση από 101 έως 111.

Η κατασκευή του πλοιαρίου στο σύνολό της είναι συγκολλητή.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΤΟΥ ΠΛΟΙΑΡΙΟΥ.

Στο σχέδιο 101 δίνεται το ανάπτυγμα του ελάσματος κατασκευής του κυλινδρικού τμήματος του πλοιαρίου με δείκτη «1» στο γενικό σχέδιο.

Στο σχέδιο 102 δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία του κόλουρου κώνου του περιβλήματος του πλοιαρίου όπου στο γενικό σχέδιο φέρει το δείκτη «2». Ο κόλουρος κώνος λόγω μεγάλων διαστάσεων, θα αποτελείται από τέσσερα(4) τμήματα. Στο ίδιο σχέδιο, έχει σχεδιαστεί το 1/4 του συνολικού αναπτύγματος του κόλουρου κώνου καθώς και οι τυποποιημένες διαστάσεις λαμαρίνας πάχους 16 mm από την οποία θα προκύψουν τα τμήματα του κόλουρου κώνου.

Στο σχέδιο 103 έχει σχεδιαστεί η οροφή του πλοιαρίου με δείκτη «3» στο γενικό σχέδιο. Το έλασμα κατασκευής της οροφής είναι πάχους 16 mm και στην εσωτερική πλευρά φέρει ενισχύσεις από πλατύπελμους δοκούς *HEB140*. Η διάταξη των δοκών είναι τέτοια ώστε οι κόμβοι των μεταξύ των συνδέσεων να σχηματίζουν τετράπλευρο με αξονικές διαστάσεις ίσες με τις αξονικές διαστάσεις των υποστυλωμάτων του οικίσκου. Η

συγκόλληση των ενισχυτικών δοκών HEB140 στο εσωτερικό του ελάσματος της οροφής, θα είναι αμφίπλευρη, διακεκομμένη με βήμα 50/150 mm και με πάχος 6mm. Τα άκρα των δοκών συγκολλούνται με συνεχή συγκόλληση πάνω στο κυλινδρικό σώμα του πλοιαρίου. Στο σχέδιο 103 φαίνονται επίσης οκτώ (8) οπές Φ200 mm με αξονικές αποστάσεις 2700x2700 mm και 2500x2500 mm αντίστοιχα. Από τις πρώτες τέσσερις (4) οπές διέρχονται οι προεκτάσεις των στομιών πλήρωσης με τροφή των σιλό αποθήκευσης και από τις άλλες τέσσερις (4) διέρχονται οι εύκαμπτοι σωλήνες μεταφοράς της τροφής από τα κάτω στόμια των σιλό μέχρι τα στόμια εισόδου των κυκλώνων. (Κάθε κυκλώνας φέρει δύο στόμια). Στο κέντρο του ελάσματος οροφής έχει προβλεφθεί άνοιγμα διαμέτρου 1000 mm για τη διέλευση των αγωγών σύνδεσης των κυκλώνων με το Hopper. Τέλος, έχει προβλεφθεί και ημικυκλικό άνοιγμα 600 mm για την εγκατάσταση ανεμόσκαλας σύνδεσης των χώρων οροφής και κυρίου καταστρώματος. Η σύνδεση του ελάσματος οροφής με το κέλυφος του πλοιαρίου θα είναι συγκολλητή με συνεχή αμφίπλευρη συγκόλληση πάχους 8 mm, σύμφωνα με τη λεπτομέρεια «Α» του σχεδίου «111». Αξίζει να επισημανθεί εδώ ότι η σύνδεση της οροφής με το κέλυφος του πλοιαρίου, θα γίνει τελευταία και αφού έχει εγκατασταθεί στο εσωτερικό του πλοιαρίου το σύνολο του εξοπλισμού.

Στο σχέδιο «104» έχει σχεδιαστεί το κύριο κατάστρωμα του πλοιαρίου. (Main Deck) με δείκτη «4» στο γενικό σχέδιο. Το πάχος του ελάσματος είναι 16 mm. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η έδραση των τεσσάρων σιλό αποθήκευσης τροφής. Όπως φαίνεται και στο σχέδιο, έχουν προβλεφθεί τέσσερα ανοίγματα διαμέτρου 2160 mm σε αξονικές αποστάσεις 2700x2700 mm από τα οποία διέρχονται και εδράζονται τα σιλό. Στο κέντρο του ελάσματος του καταστρώματος, έχει προβλεφθεί άνοιγμα διαμέτρου Φ1200 mm για τη σύνδεση του Hopper με τον αναμεικτικό θάλαμο. Στο άνοιγμα αυτό, τοποθετείται δακτύλιος ύψους 500 mm από έλασμα πάχους 20 mm, ο οποίος συγκολλείται περιμετρικά με αμφίπλευρη συνεχή συγκόλληση πάχους 8 mm στο έλασμα του καταστρώματος, όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια «Α» του σχεδίου. Στη λεπτομέρεια αυτή δίνονται και τα πάχη των συγκολλήσεων των ενισχυτικών δοκών πάνω στο κέλυφος του δακτυλίου. Οι ενισχυτικοί δοκοί είναι IPE 200 σε σταυροειδή διάταξη όπως φαίνεται στο σχέδιο και η μεταξύ τους αξονική είναι απόσταση 330 mm. Η κατά μήκος συγκόλλησή τους στο έλασμα του καταστρώματος, θα είναι αμφίπλευρη διακεκομμένη με βήμα 100/200 και με πάχος 8 mm. Στα κενά μεταξύ των ενισχυτικών δοκών που είναι 230 mm, έχουν ανοιχτεί οπές διαμέτρου 200 mm σε αξονικές αποστάσεις 2250x2250 mm, από τις οποίες διέρχονται οι εύκαμπτοι σωλήνες μεταφοράς της τροφής από τα κάτω στόμια των σιλό στα στόμια εισόδου των κυκλώνων. Στο σχέδιο φαίνεται επίσης και το ημικυκλικό άνοιγμα στη περιοχή εγκατάστασης της ανεμόσκαλας σύνδεσης του κύριου καταστρώματος με το ενδιάμεσο κατάστρωμα του πλοιαρίου. Η σύνδεση του ελάσματος και των ενισχυτικών δοκών του κυρίου καταστρώματος με το εσωτερικό του κελύφους του πλοιαρίου, θα γίνει με αμφίπλευρη συνεχή συγκόλληση πάχους 8 mm.

Στο σχέδιο «105» έχει σχεδιαστεί το ενδιάμεσο κατάστρωμα του πλοιαρίου με δείκτη «5» στο γενικό σχέδιο. Το πάχος του ελάσματος είναι 12 mm. Στο επίπεδο αυτό εδράζεται ο αναμεικτικός θάλαμος (Mixing Chamber). Όπως φαίνεται στο σχέδιο, έχουν προβλεφθεί τέσσερα ανοίγματα διαμέτρου 2160 mm σε αξονικές αποστάσεις 2700x2700 mm. Από τα ανοίγματα αυτά διέρχονται ελεύθερα τα σιλό αποθήκευσης τροφής (το κέλυφος των σιλό), χωρίς πρόσθετη στήριξη στο επίπεδο αυτό. Στο κέντρο του ελάσματος

του καταστρώματος, έχει προβλεφθεί άνοιγμα διαμέτρου $\Phi 1200$ mm για τη σύνδεση του mixing chamber με το πυθμένα του πλοιαρίου. Στο άνοιγμα αυτό, τοποθετείται δακτύλιος ύψους 350 mm από έλασμα πάχους 20 mm, ο οποίος συγκολλείται περιμετρικά με αμφίπλευρη συνεχή συγκόλληση πάχους 8 mm στο έλασμα του καταστρώματος, όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια «Α» του σχεδίου. Στη λεπτομέρεια αυτή δίνονται και τα πάχη των συγκολλήσεων των ενισχυτικών δοκών πάνω στο κέλυφος του δακτυλίου. Οι ενισχυτικοί δοκοί είναι IPE 100 σε σταυροειδή διάταξη όπως φαίνεται και στο σχέδιο και η μεταξύ τους άξονική απόσταση είναι 285 mm. Η κατά μήκος συγκόλλησή τους στο έλασμα του καταστρώματος, θα είναι αμφίπλευρη διακεκομμένη με βήμα 50/100 και με πάχος 6 mm. Στα κενά μεταξύ των ενισχυτικών δοκών που είναι 230 mm, έχουν ανοιχτεί οπές διαμέτρου 200 mm σε άξονικές αποστάσεις 2250x2250 mm, από τις οποίες διέρχονται, όπως και από το κύριο κατάστρωμα, οι εύκαμπτοι σωλήνες μεταφοράς της τροφής από τα κάτω στόμια των σιλό στα στόμια εισόδου των κυκλώνων. Στην ίδια θέση όπως και στο κύριο κατάστρωμα, έχει προβλεφθεί ημικυκλικό άνοιγμα για την εγκατάσταση της ανεμόσκαλας σύνδεσης του καταστρώματος με το πυθμένα του πλοιαρίου. Τέλος η σύνδεση του ελάσματος και των ενισχυτικών δοκών του καταστρώματος με το εσωτερικό του κελύφους του πλοιαρίου, θα γίνει με περιμετρική αμφίπλευρη συνεχή συγκόλληση πάχους 6mm όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια «Γ» του σχεδίου «111».

Στο σχέδιο «106» έχει σχεδιαστεί ο πυθμένας του πλοιαρίου με δείκτη «6» στο γενικό σχέδιο. Το πάχος του ελάσματος είναι 20 mm. Στο μέσο έχει προβλεφθεί άνοιγμα $\Phi 300$ mm για τη ρήψη του σκυροκονιάματος. Η σύνδεση του πυθμένα με το κωνικό τμήμα του πλοιαρίου είναι συγκολλητή και φαίνεται στη λεπτομέρεια «Β» του σχεδίου «111».

Στο σχέδιο «107» έχει σχεδιαστεί το κυλινδρικό σώμα θωράκισης του σκυροκονιάματος καθώς και ο πυθμένας με δείκτες «7» και «8» στο γενικό σχέδιο.

Στο σχέδιο «108» έχουν σχεδιαστεί τα ενισχυτικά στοιχεία (brackets) τα οποία στοιχεία συνδέουν το κύλινδρο θωράκισης του σκυροκονιάματος με το πυθμένα του πλοιαρίου. Στο γενικό σχέδιο φέρουν το δείκτη «9».

Στο σχέδιο «109» έχει σχεδιαστεί ο μεταλλικός οικίσκος του πλοιαρίου με δείκτη «10» στο γενικό σχέδιο.

Στο σχέδιο «110» έχει σχεδιαστεί η εξωτερική ανεμόσκαλα με δείκτη «11» στο γενικό σχέδιο.

Τέλος στο σχέδιο «111» έχουν σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:1 οι λεπτομέρειες του γενικού σχεδίου Α,Β,Γ&Δ.

ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Το σιλό αποθήκευσης τροφής έχει διαστασιολογηθεί σύμφωνα με την απαίτηση σε χωρητικότητα τροφής αλλά και με δεδομένες τις διαστάσεις του εσωτερικού του πλοιαρίου. Ο συνολικός του όγκος είναι περίπου 10 m^3 και το ύψος του 3.650 mm. Έχουμε μελετήσει το σιλό και στα σχέδια που ακολουθούν από το 200 έως και το 205 δίνονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες αυτού.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Στο σχέδιο 200 δίνεται η γενική διάταξη του σιλό αποθήκευσης τροφής σε κλίμακα 1:20 καθώς και οι λεπτομέρειες αυτού του σχεδίου σε κλίμακα 1:1.

Στο σχέδιο 201 έχει σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:25 το κυλινδρικό τμήμα του σιλό καθώς και το ανάπτυγμα του ελάσματος πάχους 3 mm κατασκευής του κυλινδρικού σώματος, με δείκτη στο γενικό σχέδιο «1»

Στο σχέδιο 202 και σε κλίμακα 1:20, δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία του κόλουρου κώνου με δείκτη στο γενικό σχέδιο «2». Στο ίδιο σχέδιο δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία του 1/3 του αναπτύγματος του κόλουρου κώνου καθώς και οι τυποποιημένες διαστάσεις φύλλου λαμαρίνας απ' όπου θα προκύψουν τα τμήματα αυτού.

Στο σχέδιο 203 έχει σχεδιαστεί το σφαιρικό κάλυμμα (καπάκι) του σιλό καθώς και το ανάπτυγμα του ελάσματος πάχους 3 mm με δείκτη στο γενικό σχέδιο «3».

Στο σχέδιο 204 δίνονται κατασκευαστικές λεπτομέρειες του στηρίγματος του σιλό με δείκτη στο γενικό σχέδιο «4».

Τέλος στο σχέδιο 205 έχει σχεδιαστεί το στόμιο του σιλό με δείκτη στο γενικό σχέδιο «5».

Η κατασκευή του σιλό είναι στο σύνολό της συγκολλητή.

ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΘΥΡΙΔΑ ΚΛΩΒΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ.

Στα σχέδια από Θ έως και Θ-4, έχουν δοθεί λεπτομέρειες κατασκευής της τριγωνικής θυρίδας του κλωβού.

Η θυρίδα θα καλύπτει ένα τριγωνικό πλαίσιο του κλωβού και θα ανοιγοκλείνει επί τριών σταθερών στοιχείων άρθρωσης (μεντεσέδες), όπως φαίνεται στη γενική διάταξη του σχεδίου «Θ». Τα στοιχεία αυτά άρθρωσης, στερεώνονται πάνω σε έναν από τους τρεις σωλήνες πολυαιθυλενίου του τριγωνικού πλαισίου του κλωβού με ειδικά κατασκευασμένα περιλαίμια.

Στο σχέδιο Θ-α έχει σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:2 η λεπτομέρεια “Α” του γενικού σχεδίου όπου φαίνονται τα διάφορα στοιχεία από το μηχανισμό άρθρωσης.

Στο σχέδιο «Θ-1» έχει σχεδιαστεί το ειδικό διπλό περιλαίμιο το οποίο συσφίγγεται πάνω στο σωλήνα πολυαιθυλενίου.

Στο σχέδιο «Θ2» έχουν σχεδιαστεί τα στοιχεία του μεντεσέ. Συγκεκριμένα τα στοιχεία Θ-2a και Θ-2b συγκολλούνται μεταξύ τους και στη συνέχεια πάνω στο ειδικό περιλαίμιο αποτελώντας έτσι ένα ενιαίο σύνολο. Τα στοιχεία Θ-3a και Θ-3b συγκολλούνται μεταξύ τους και στη συνέχεια πάνω στο τριγωνικό πλαίσιο της θυρίδας.

Στο σχέδιο Θ3 έχουν σχεδιαστεί τα δύο τριγωνικά πλαίσια από λάμα 50x5 mm. Το τριγωνικό πλαίσιο με δείκτη «4», κατασκευάζεται χωρίς τα τριγωνικά ελάσματα στις κορυφές του. Το τριγωνικό πλαίσιο με δείκτη «5» φέρει σε κάθε κορυφή του συγκολλημένο ένα έλασμα πάχους 12 mm. Στη πάνω κορυφή συγκολλείται το έλασμα με δείκτη «5b» το οποίο φέρει δύο οβάλ οπές διαστάσεων 15x60 και σε παράλληλη αξονική απόσταση μεταξύ τους 80 mm. Μεταξύ των δύο τριγωνικών πλαισίων, παρεμβάλλεται το πλέγμα το οποίο στερεώνεται με κοχλίες M10.

Τέλος στο σχέδιο «Θ4» έχει σχεδιαστεί το σταθερό στοιχείο το οποίο ασφαλίσει τη θυρίδα. Το στοιχείο αυτό συγκρατείται σταθερά πάνω στους ειδικούς διαιρούμενους συνδέσμους των σωλήνων πολυαιθυλενίου του κλωβού. Ουσιαστικά το στοιχείο αυτό παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο συνδέσμων και συγκρατείται πάνω σε αυτούς με τους ίδιους κοχλίες που συνδέουμε τα δύο ήμισυ αυτών. Όταν κλείνουμε τη θυρίδα, τα ελάσματα του σταθερού στοιχείου με δείκτη «2» στο σχέδιο, διαπερνούν τις οβάλ οπές του κομβοελάσματος του τριγωνικού πλαισίου και στη συνέχεια ασφαλίσει η θυρίδα με το πείρο Φ20 mm με το δείκτη «3» στο σχέδιο.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Το σιλό αποθήκευσης τροφής, έχει διαστασιολογηθεί σύμφωνα με την απαίτηση σε χωρητικότητα τροφής αλλά και με δεδομένες τις διαστάσεις του εσωτερικού του πλοιαρίου τροφοδοσίας. Έχει επιλεγεί κατά τη διαστασιολόγηση πάχος ελάσματος κατασκευής $t = 3$ mm το οποίο θεωρούμε ως ελάχιστο λόγω του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Στη μελέτη που ακολουθεί, θα ελεγχθεί η αντοχή του ελάσματος στη δυσμενέστερη περιοχή που είναι η περιοχή συγκολλητής σύνδεσης του κυλινδρικού σώματος του σιλό με το κωνικό τμήμα αυτού. Επίσης θα ελεγχθεί η αντοχή των στηριγμάτων του σιλό τα οποία τοποθετούνται στο πάνω μέρος του κυλινδρικού σώματος και σε απόσταση 2000 mm από τη προαναφερθείσα περιοχή.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- Πυκνότητα υλικού(ειδικό βάρος): $\gamma = 700 \text{ kg/m}^3 = 6,867 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3$
- Διάμετρος σιλό: $d = 2150 \text{ mm}$, $r = 1075 \text{ mm}$
- Πάχος ελάσματος κατασκευής του σιλό: $t = 3 \text{ mm}$
- Ύψος κυλινδρικού σώματος σιλό: $h = 2350 \text{ mm}$
- Ύψος κωνικού τμήματος: $h_1 = 950 \text{ mm}$
- Ίδιο βάρος μεταλλικής κατασκευής σιλό: $G = 578 \text{ kg} = 5670 \text{ N}$
- Γωνία κατασκευής κώνου: $\alpha = 45^\circ$
- Γωνία ανάπαυσης υλικού: $\varphi = 27.5^\circ$ (από πίνακα).

ΕΠΙΛΥΣΗ

A. Καταπόνηση κυλινδρικού τμήματος σιλό.

Η κατακόρυφη στατική πίεση που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του σιλό, υπολογίζεται κατά τα γνωστά από τη σχέση:

$$P_v = \gamma \cdot h \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 1 \rangle$$

Η κατακόρυφη στατική πίεση είναι αυτή που προκαλεί την εγκάρσια (ακτινική) στατική πίεση η οποία επενεργεί στα τοιχώματα του σιλό. Η ακτινική αυτή πίεση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_h = K \cdot \gamma \cdot h \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 2 \rangle$$

Όπου: $K = P_h / P_v = 1 - \sin\varphi / 1 + \sin\varphi$ (συντελεστής κατά Rankine)

Το φορτίο που τελικά μεταβιβάζεται στο κυλινδρικό τοίχωμα του σιλό σε N ανά χιλιοστό πάχους του ελάσματος, είναι το γινόμενο της ακτινικής στατικής πίεσης (P_h) επί την ακτίνα του σιλό (r), δηλαδή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_h = P_h \cdot r = K \cdot \gamma \cdot h \cdot d/2 \text{ (N/mm)} \quad \langle 3 \rangle$$

Το φορτίο αυτό προκαλεί μία εφαπτομενική τάση εφελκυσμού στο έλασμα του κελύφους και κατ'επέκταση στη κατά μήκος συγκόλληση, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_h = T_h / t \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 4 \rangle$$

Όπου: t = πάχος ελάσματος κελύφους.

Βασιζόμενοι στη τοποθέτηση των στηριγμάτων δηλαδή στην υψομετρική θέση πάνω στο κυλινδρικό τμήμα του σιλό, μπορούμε να υπολογίσουμε το αξονικό φορτίο που μεταβιβάζεται στο έλασμα και κατ'επέκταση στη περιφερειακή συγκόλληση. Στη περίπτωση αυτή αν ονομάσουμε Wc το συνολικό βάρος του αποθηκευμένου υλικού και Wb το βάρος της μεταλλικής κατασκευής που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο στήριξης του σιλό, το κατακόρυφο φορτίο σε N ανά χιλιοστό πάχους ελάσματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_1 = Wc + Wb / \pi \cdot d \text{ (N/mm)} \quad \langle 5 \rangle$$

Το φορτίο αυτό προκαλεί μια αξονική τάση εφελκυσμού στο έλασμα του κελύφους και κατ'επέκταση στη περιφερειακή ραφή, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_1 = T_1 / t \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 6 \rangle$$

B. Καταπόνηση κωνικού τμήματος σιλό.

Στη περίπτωση του κώνου, εξετάζουμε τις φορτίσεις που αναπτύσσονται σε ένα τυχαίο επίπεδο έστω $c-c$ του σκαριφήματος «δ». Στο επίπεδο αυτό και σε ύψος h_3 , δρα μια συνολική στατική πίεση (P_v) η οποία προκαλεί αντίστοιχα μια εγκάρσια (ακτινική) πίεση (P_h) προς τα τοιχώματα του κώνου. Η οριζόντια αυτή πίεση (P_h), όπως φαίνεται και στο σκαρίφημα «δ», αναλύεται σε δύο συνιστώσες την (P_n) και την (T_t). Η P_n είναι η κάθετη συνιστώσα στο τοίχωμα του κώνου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_n = P_v (\cos^2 \alpha + K \sin^2 \alpha) = \gamma \cdot h_3 (\cos^2 \alpha + K \sin^2 \alpha) \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 7 \rangle$$

Από το δυναμοπολύγωνο του σκαριφήματος «δ», υπολογίζουμε την οριζόντια στατική πίεση P_h συναρτήσει της P_n και της γωνίας «α» από τη σχέση:

$$P_h = P_n / \sin \alpha \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 8 \rangle$$

Το φορτίο που τελικά μεταβιβάζεται στο τοίχωμα του κώνου σε N ανά χιλιοστό πάχους του ελάσματος, είναι το γινόμενο της ακτινικής στατικής πίεσης (P_h) επί την ακτίνα (r_1). Ονομάζοντας το φορτίο αυτό (T_n) θα έχουμε:

$$T_n = P_n \cdot r_1 / \sin \alpha = \gamma \cdot h_3 \cdot r_1 / \sin \alpha (\cos^2 \alpha + K \sin^2 \alpha) \text{ (N/mm)} \quad \langle 9 \rangle$$

Όπου: r_1 = ακτίνα του κώνου στο επίπεδο εγκάρσιας τομής (c-c).

Το φορτίο αυτό προκαλεί την τάση εφελκυσμού στο έλασμα και κατ'επέκταση στη κατά μήκος συγκόλληση του κώνου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_n = T_n / t \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 10 \rangle$$

Η αξονική δύναμη που δρα παράλληλα προς τη γενέτειρα του κώνου, είναι αυτή που προκαλεί στη περιφερειακή ραφή την αξονική τάση εφελκυσμού. Η δύναμη αυτή προκύπτει από τη δράση των κατακόρυφων φορτίων του αποθηκευμένου υλικού και του βάρους της κατασκευής στο επίπεδο που ελέγχουμε. Αν υποθέσουμε ότι ο έλεγχος γίνεται στο επίπεδο c-c του σκαριφήματος «δ», το βάρος της τροφής που δρα στο συγκεκριμένο επίπεδο, είναι το βάρος στήλης διαμετρήματος d_1 και ύψους h_3 καθώς και το βάρος της τροφής στο τμήμα το κώνου από το επίπεδο c-c και κάτω ύψους h_4 . Αν στα βάρη αυτά προσθέσουμε και το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του τμήματος του κώνου κάτω από το επίπεδο c-c, θα έχουμε το συνολικό φορτίο το οποίο ονομάζουμε W_1 και εκφράζεται από τη σχέση:

$$W_1 = \gamma \cdot h_3 \cdot \pi \cdot r_1^2 + \gamma \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot h_4 / 3 + G \text{ (N)} \quad \langle 11 \rangle$$

Όπου : G = βάρος κατασκευής τμήματος κώνου.

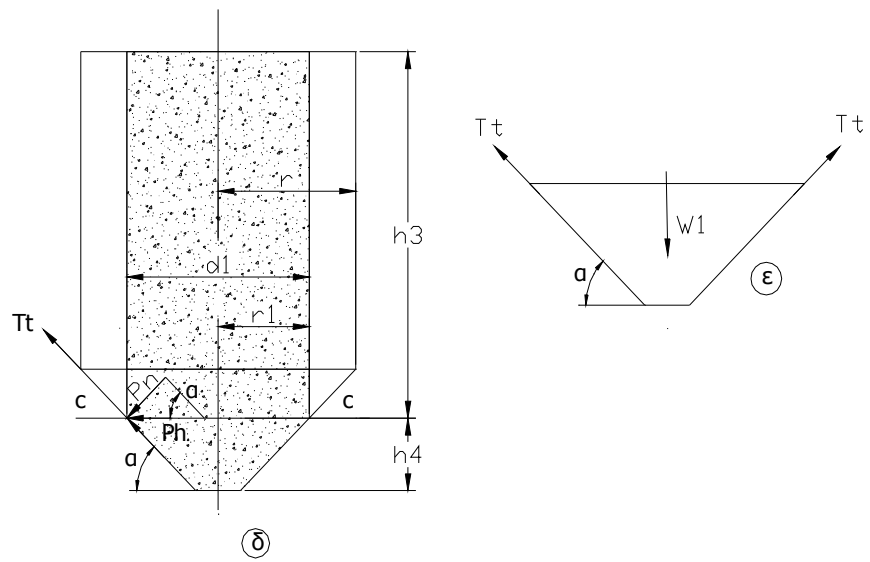
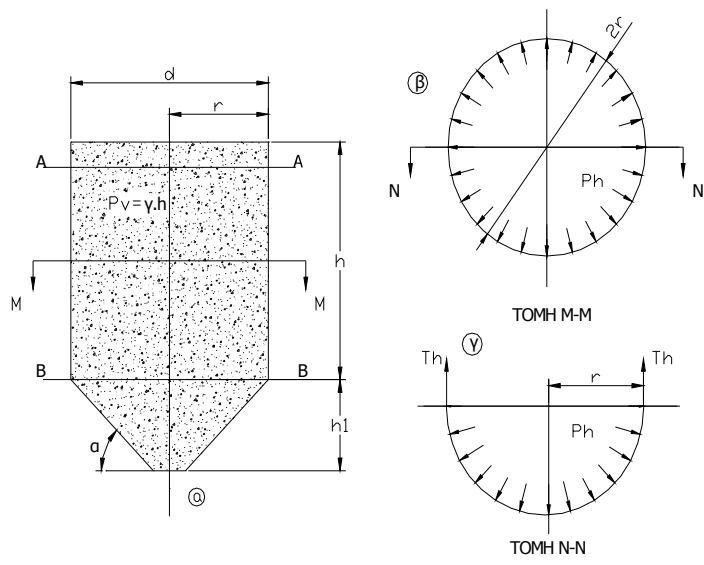
Το συνολικό αυτό στατικό φορτίο, είναι αυτό που προκαλεί τη παράλληλη προς τη γενέτειρα του κώνου περιμετρική φόρτιση σε N ανά χιλιοστό πάχους του ελάσματος, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_t = W_1 / 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \sin \alpha \text{ (N/mm)} \quad \langle 12 \rangle$$

Το φορτίο αυτό προκαλεί την αξονική τάση εφελκυσμού στο έλασμα και κατ'επέκταση στη περιφερειακή ραφή η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_t = T_t / t \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \langle 13 \rangle$$

Είναι προφανές ότι και οι δύο τάσεις σ_n και σ_t , εμφανίζουν μέγιστη τιμή στο επίπεδο σύνδεσης του κώνου με το κυλινδρικό τμήμα του σιλό όπου $r_1 = r$ και η P_n εξισώνεται με την P_h . (επίπεδο B-B στο σκαρίφημα «α»).



ΕΠΙΛΥΣΗ.

Έλεγχος του πάχους ελάσματος «t» θεωρώντας ότι η στήριξη του σιλό γίνεται στο επίπεδο B-B.

Υπολογισμός ακτινικής τάσης εφελκυσμού.

Στη περιοχή αυτή από τη σχέση «7» υπολογίζω τη P_n που επενεργεί κάθετα στο έλασμα του κώνου.

$$P_n = P_v(\cos^2\alpha + K\sin^2\alpha) = \gamma \cdot h(\cos^2\alpha + K\sin^2\alpha)$$

$$\text{Όπου: } K = 1 - \sin\phi / 1 + \sin\phi = 1 - \sin 27.5^\circ / 1 + \sin 27.5^\circ = 0,368 \quad \underline{\underline{K=0,368}}$$

$$\gamma = 6,867 \times 10^{-6} \text{ (N/mm}^3\text{)}$$

$$h = 2350 \text{ mm}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Αντικαθιστώ και έχω:

$$P_n = 6,867 \times 10^{-6} \times 2350 (\cos^2 45^\circ + 0,368 \cdot \sin^2 45^\circ) = \mathbf{0,011 \text{ N/mm}^2}$$

Στη συνέχεια από τη σχέση «9» υπολογίζω το φορτίο που μεταβιβάζεται στο τοίχωμα του κώνου.

$$T_n = P_n \cdot r_1 / \sin\alpha$$

$$\text{Όπου: } r_1 = 1075 \text{ mm}$$

Αντικαθιστώ και έχω:

$$T_n = 0,011 \times 1075 / \sin 45^\circ = \mathbf{16,725 \text{ N/mm}}$$

Η τάση εφελκυσμού υπολογίζεται από τη σχέση «10» για $t=3\text{mm}$.

$$\sigma_n = T_n / t = 16,725 / 3 = \mathbf{5,575 \text{ N/mm}^2}$$

Υπολογισμός αξονικής τάσης εφελκυσμού.

Από τη σχέση «11» υπολογίζω το συνολικό αξονικό φορτίο W_1 που επιδρά στη περιοχή που ελέγχω.

$$W_1 = (\gamma \cdot h_3 \cdot \pi \cdot r_1^2) + (\gamma \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot h_4 / 3) + G \quad (N)$$

$$\text{Όπου: } h_3 = h = 2350 \text{ mm}$$

$$h_4 = h_1 = 950 \text{ mm}$$

$$r_1 = 1075 \text{ mm}$$

$$\gamma = 6,867 \cdot 10^{-6}$$

$$G = 84 \text{ Kg} = 824 \text{ N}$$

Αντικαθιστώ και έχω:

$$W_1 = (6,867 \times 10^{-6} \times 2350 \cdot \pi \cdot 1075^2) + (6,867 \times 10^{-6} \cdot \pi \cdot 1075^2 \times 950 / 3) + 824 = \mathbf{67.306 \text{ N}}$$

Στη συνέχεια από τη σχέση «12» υπολογίζω το συνολικό αξονικό στατικό φορτίο που προκαλεί τη παράλληλη προς τη γενέτειρα του κώνου περιμετρική φόρτιση ανά χιλιοστό πάχους του ελάσματος.

$$T_t = W_1 / 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \sin \alpha \quad (N/mm)$$

$$\text{Όπου: } \alpha = 45^\circ$$

Αντικαθιστώ και έχω:

$$T_t = 67306 / 2 \cdot \pi \cdot 1075 \cdot \sin 45^\circ = 14,092 \text{ N/mm}$$

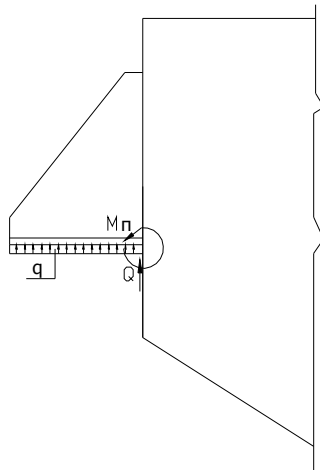
Τέλος από τη σχέση «13» υπολογίζω την αξονική τάση εφελκυσμού για πάχος ελάσματος $t = 3 \text{ mm}$.

$$\sigma_t = T_t / t = 14,092 / 3 = \mathbf{4,697 \text{ N/mm}^2}$$

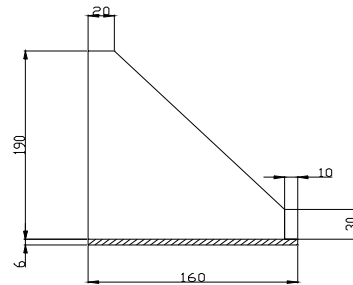
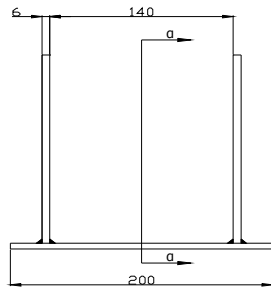
Συμπέρασμα: Και οι δύο τάσεις προκύπτουν πολύ μικρές σε σχέση με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες, που σημαίνει ότι ορθά επιλέξαμε το ελάχιστο προβλεπόμενο για τις συγκεκριμένες συνθήκες πάχος. Ο έλεγχος των συγκολλήσεων θεωρούμε ότι περιττεύει, δεδομένου ότι το πάχος τους θα είναι ίσο με το πάχος του ελάσματος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ

Έχουμε προβλέψει, σε σχέση και με τη γενική σχεδίαση του συστήματος, η στήριξη του σιλό να γίνει στο πάνω μέρος του κυλινδρικού τμήματος και συγκεκριμένα σε απόσταση 2000 mm από τη περιοχή συγκόλλησης του κωνίου. Τα στηρίγματα θα είναι τέσσερα στον αριθμό διατεταγμένα ανά 90°. Στη περιοχή συγκόλλησης των στηριγμάτων πάνω στο σιλό, έχει προβλεφθεί ενισχυτικός μανδύας πάχους 6 mm και διαστάσεων 250 x 250 mm. Στο σκαρίφημα που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη του στηρίγματος καθώς και οι φορτίσεις που δέχεται.



Οι διαστάσεις του στηρίγματος φαίνονται στο παρακάτω σκαρίφημα.



ΤΟΜΗ α-α

Το συνολικό φορτίο που παραλαμβάνει το κάθε στήριγμα με μια προσάξηση 30% λόγω της πιθανής μετατόπισης του κέντρου βάρους του φορτίου από κυματισμό, είναι:

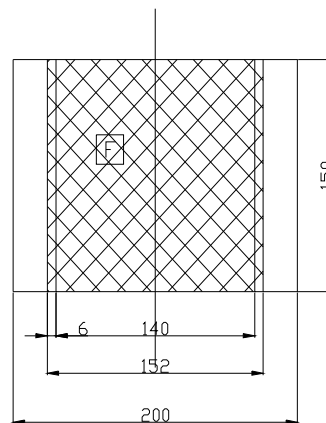
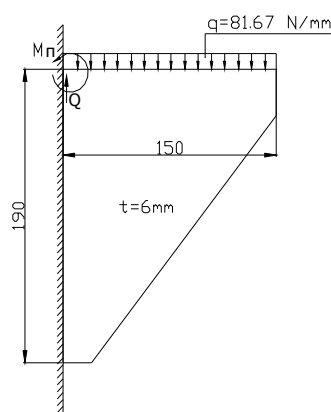
$$P = G_{ολ.}/4$$

Όπου: $G_{ολ.} = 75.414 \text{ N}$ (από υπολογισμό)

Αντικαθιστώντας έχω:

$$P = 75.414 \times 1,3 / 4 \approx 24.500 \text{ N}$$

Το φορτίο αυτό θεωρούμε ότι κατανέμεται ομοιόμορφα στο πέλμα του στηρίγματος και μεταξύ των δύο brackets όπου έχουμε συνολική επιφάνεια (F) όπως φαίνεται και στο παρακάτω σκαρίφημα.



Η συνολική επιφάνεια σύμφωνα με τις διαστάσεις του σκαριφήματος είναι:

$$F=152 \times 150 = 22.800 \text{ mm}^2$$

Η ομοιόμορφη φόρτιση που αναπτύσσεται σε N/mm^2 θα είναι:

$$q = P/F = 24.500/22.800 = 1,075 \text{ N/mm}^2$$

Το φορτίο αυτό μεταβιβάζεται ουσιαστικά στα δύο brackets και το καθ'ένα παραλαμβάνει φορτίο $q = 1,075 (\text{N/mm}^2) \times 76 \text{ mm} = 81,67 \text{ N/mm}$.

Με το ομοιόμορφο αυτό φορτίο, υπολογίζουμε την αντοχή του κάθε bracket. Στο παραπάνω σκαρίφημα δίνεται η διάταξη του bracket καθώς και οι φορτίσεις.

Υπολογισμός αντοχής του bracket σε κάμψη στη περιοχή 1-1

$$M\pi = q \cdot l^2 / 2 = 81,67 \times 150^2 / 2 = 918.788 \text{ Nmm}$$

Για πάχος bracket $t=6\text{mm}$ η ροπή αντιστάσεως της διατομής είναι:

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 6 \times 190^2 / 6 = 36.100 \text{ mm}^3$$

Η τάση κάμψεως που αναπτύσσεται θα είναι:

$$\sigma_b = M\pi / W = 918.788 / 36100 = 25.45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b < \sigma_{b\epsilon\pi} \dots\dots\dots 25,45 \text{ N/mm}^2 < 140 \text{ N/mm}^2$$

Έλεγχος του στηρίγματος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη που καταπονεί το στήριγμα είναι το συνολικό φορτίο που δέχεται δηλαδή $P=Q=24.500 \text{ N}$.

Η συνολική επιφάνεια της διατομής του στηρίγματος είναι:

$$F = 2 \times 6 \times 190 + 6 \times 200 = 3.480 \text{ mm}^2$$

Η διατμητική τάση που αναπτύσσεται θα είναι:

$$\sigma_t = Q/F = 24.500/3.480 = 7.04 \text{ N/mm}^2$$

Η ισοδύναμη τάση που αναπτύσσεται θα είναι:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_t^2} = \sqrt{25,45^2 + 7,04^2} = 26,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = 26.4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\epsilon\pi} = 140 \text{ N/mm}^2$$

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ

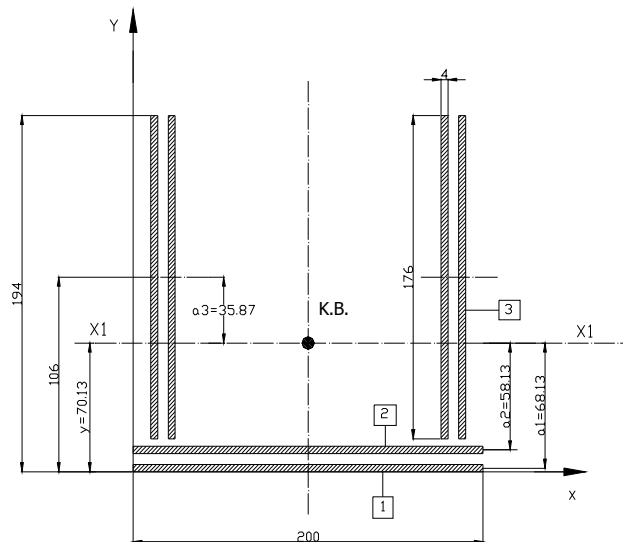
Τα φορτία που καταπονούν τη συγκόλληση του στηρίγματος είναι η διατμητική δύναμη (Q) και η καμπτική ροπή (Mb).

Η διατμητική δύναμη έχει υπολογιστεί προηγούμενα και είναι $Q=24.500N$.

Η ροπή κάμψης έχει υπολογιστεί στον υπολογισμό αντοχής του ενός bracket την οποία αν δυπλασιάσουμε θα έχουμε τη συνολική ροπή κάμψης που επενεργεί στη συγκόλληση του στηρίγματος.

Δηλαδή $Mb=2 \times 918.788 = 1.837.576 \text{ Nmm} = 183.758 \text{ Ncm}$.

Υπολογισμός ροπής αδρανείας των ραφών.



ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ
ΠΛΑΧΟΣ ΡΑΦΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ $a=4\text{mm}$

Στο παραπάνω σκαρίφημα δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής της συγκόλλησης και έχει υπολογιστεί το κέντρο βάρους αυτής.

Η συνολική ροπή αδρανείας των ραφών, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$J_w = (J_1 + F_1 \cdot a_1^2) + (J_2 + F_2 \cdot a_2^2) + 4(J_3 + F_3 \cdot a_3^2)$$

Σύμφωνα με τα στοιχεία της διατομής έχουμε:

$$F_1 = F_2 = 20 \times 0,4 = 8 \text{ cm}^2$$

$$F_3 = 17,6 \times 0,4 = 7,04 \text{ cm}^2$$

$$\text{Και } F_{ολ.} = 2 \cdot F_1 + 4 \cdot F_3 = 2 \times 8 + 4 \times 7,04 = 44,16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Όπου: } a_1 = 6,813 \text{ cm} - a_2 = 5,813 \text{ cm} - a_3 = 3,587 \text{ cm} - y = 7,013 \text{ cm}$$

$$J_1 = J_2 = b \cdot h^3 / 12 = 20 \times 0,4^3 / 12 = 0,106 \text{ cm}^4$$

$$J_3 = b \cdot h^3 / 12 = 0,4 \times 17,6^3 / 12 = 181,72 \text{ cm}^4$$

Τα j_1 και j_2 παραλείπονται (πολύ μικρές τιμές).

Αντικαθιστώ και έχω:

$$J_w = F_1(a_1^2 + a_2^2) + 4(J_3 + F_3 \cdot a_3^2)$$

$$J_w = 8(6,813^2 + 5,813^2) + 4(181,72 + 7,04 \times 3,587^2) = 1730 \text{ cm}^4$$

Η ροπή αντιστάσεως της συγκόλλησης θα είναι:

$$W_w = J_w / y = 1730 / 7,013 \text{ (cm}^4/\text{cm}^3) = 246,81 \text{ cm}^3$$

1. Έλεγχος συγκόλλησης σε κάμψη.

$$\sigma_{bw} = Mb / W_w = 183.758 / 246,81 \text{ (Ncm/cm}^3) = 744,53 \text{ N/cm}^2$$

2. Έλεγχος συγκόλλησης σε διάτμηση.

$$\tau_w = Q / F = 24.500 / 44,16 \text{ (N/cm}^2) = 554,8 \text{ N/cm}^2$$

3. Υπολογισμός ισοδύναμης τάσης

$$\sigma_{bw} = \sqrt{\sigma_{bw}^2 + \tau_w^2} = \sqrt{744,53^2 + 554,8^2} = 928,5 \text{ N/cm}^2 = 9,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bw} = 9,3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{επw} = 90 \text{ N/mm}^2$$

Συμπέρασμα: Η ισοδύναμη τάση προκύπτει αρκετά μικρή σε σχέση με την επιτρεπόμενη που σημαίνει ότι ορθά επιλέξαμε πάχος συγκόλλησης $a = 4 \text{ mm}$.