

Διπλωματική Εργασία



«Μικροβιολογικός Χαρακτηρισμός Βιο-κροκίδων από την Δεξαμενή Αερισμού Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων »

Ξηρομερίτη Ευαγγελία

Επιβλέπων καθηγητής : Νικόλαος Καλογεράκης

Χανιά, Φεβρουάριος 2004

Πίνακας Περιεχομένων

1. Η μέθοδος της Ενεργού Ιλύος

1.1 Σχηματισμός βιοκροκίδων ενεργού ιλύος [*activated sludge flocs*]

1.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη σύνθεση των *flocs*

1.2.1 Φορτίο ιλύος και ηλικία ιλύος

1.2.2 Σύνθεση των υγρών αποβλήτων

1.2.3 Οξυγόνο

1.2.4 Επιλογή μεθόδου ενεργού ιλύος

1.2.5 Θερμοκρασία και pH

1.3 Πρόσληψη θρεπτικών από το *floc*

2. Χαρακτηριστικά των βιοκροκίδων ενεργού ιλύος

2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

2.1.1 Σχήμα

2.1.2 Δομή

2.1.3 Συνεκτικότητα

2.1.4 Μέγεθος

2.2 Σύνθεση των βιοκροκίδων ενεργού ιλύος

2.3 Τύποι βιοκροκίδων (*floc types*)

3. Νηματοειδείς μικροοργανισμοί (*filamentous micro-organisms*)

3.1 Ο δείκτης Νηματοειδών (*Filament Index*)

3.2 Ταυτοποίηση των νηματοειδών μικροοργανισμών

3.2.1 Χαρακτηριστικά αναγνώρισης των νηματοειδών μικροοργανισμών

4. Πρωτόζωα και μετάζωα

4.1 Πρωτόζωα

4.2 Μετάζωα

5. Η εξέταση της ενεργού ιλύος με τη μικροσκοπική μέθοδο

5.1 Δειγματοληψία και χειρισμός των δειγμάτων

5.2 Η μέθοδος της ανάλυσης

5.3 Μικροσκόπιο bright field/ phase contrast

5.4 Τεχνικές χρώσης

5.4.1 Χρώση Gram

5.4.2 Χρώση Neisser

6. Αποτελέσματα μικροσκοπικής έρευνας

- 6.1 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Χανίων
- 6.2 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Ηρακλείου
- 6.3 Εγκατάσταση επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων Ηρακλείου
- 6.4 Φωτογραφικό υλικό

7. Συμπεράσματα

8. Βιβλιογραφία

9. Τεχνικός εξοπλισμός

10. Παράρτημα

1. Η μέθοδος της Ενεργού Ιλύος

1.1 Σχηματισμός βιοκροκίδων ενεργού ιλύος (activated sludge flocs)

Ο αερισμός των υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή αερισμού μίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αυτόματα οδηγεί με το πέρασμα του χρόνου στον σχηματισμό βιοκροκίδων (*flocs*), οι οποίες καθιζάνουν με την παύση του αερισμού. Συγκεκριμένα, η διαδικασία της ενεργού ιλύος συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες: τον αερισμό και την καθίζηση. Η δεξαμενή αερισμού προσφέρει το περιβάλλον όπου αιωρούμενη, βιολογικά ενεργός μάζα, αυξάνει συνεχώς. Οι μικροοργανισμοί προσροφούν τις διαλυμένες οργανικές ενώσεις και τις οξειδώνουν, απομακρύνοντας αυτές από το ρεύμα των αποβλήτων. Στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης η αιωρούμενη βιολογική μάζα καθιζάνει και ένα μέρος της επιστρέφει στη δεξαμενή αερισμού, για να επιτευχθεί μια συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφηση και αποδόμηση του εισερχόμενου οργανικού φορτίου.

Η ακόλουθη διαδικασία πραγματοποιείται κατά την διάρκεια του αερισμού των υγρών αποβλήτων : Αρχικά, η συγκέντρωση των θρεπτικών (F) είναι υψηλή, που συνεπάγεται την γρήγορη ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων και τον πολλαπλασιασμό τους μέσω κυτταρικής διαίρεσης. Επομένως, η ποσότητα της βιομάζας (M) αυξάνει. Η αύξηση της βιομάζας και η μείωση των θρεπτικών πραγματοποιείται λογαριθμικά, με αποτέλεσμα ο λόγος F/M να φθίνει γρήγορα στην δεξαμενή αερισμού, μέχρι την ολική κατανάλωση των θρεπτικών. Στην περίπτωση που ο λόγος F/M είναι χαμηλός, τα κύτταρα πολλών βακτηρίων συνενώνονται σε μία μάζα, σχηματίζοντας βιοκροκίδες (*flocs*).

Τα βακτήρια σχηματίζουν *flocs* για να επιβιώσουν σε συνθήκες όπου το περιβάλλον είναι φτωχό σε θρεπτικά, αφενός για να αποφύγουν να παρασυρθούν στο ρεύμα των αποβλήτων και αφετέρου για να προστατευθούν από ορισμένα

πρωτόζωα, που αδυνατούν να διασπάσουν μέρη των *flocs*. Τα *flocs* είναι πιο συμπαγή όταν το φορτίο ιλύος (λόγος F/M) είναι χαμηλό.

Ο σχηματισμός των *flocs* είναι ένα περίπλοκο και όχι απόλυτα κατανοητό φαινόμενο. Πολλοί παράγοντες θεωρείται ότι συνεισφέρουν στον σχηματισμό τους :

- Αρκετά βακτήρια σχηματίζουν κάψουλες από πολυμερή γύρω από τα κύτταρά τους, που ευνοούν την συνένωσή τους.
- Τα βακτήρια είναι αρνητικά φορτισμένα και θετικά φορτισμένα ιόντα, ειδικά τα διοθενή (Ca^{+2}), συμβάλλουν στο σχηματισμό συσσωματωμάτων.
- Ορισμένα βακτήρια σχηματίζουν ένα δίκτυο από εξαιρετικά λεπτές ίνες (*filaments*) γύρω από τα κύτταρά τους, που συνεισφέρει στη συνένωσή τους και την παγίδευση άλλων βακτηρίων και σωματιδίων.

1.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη σύνθεση των *flocs*

Τα *flocs* είναι συσσωματώματα από :

- Ζωντανούς μικροοργανισμούς, κυρίως βακτήρια. Πολλά διαφορετικά είδη είναι συνήθως παρόντα.
- Νεκρά κύτταρα. Το ποσοστό τους αυξάνει όταν το φορτίο ιλύος είναι χαμηλό.
- Μη κατεργασμένα οργανικά υλικά που παγιδεύονται στα *flocs*.
- Κόκκοι άμμου και ανόργανες ενώσεις, όπως άλατα.

Η σύνθεση των *flocs* σε μία δεδομένη εγκατάσταση είναι εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες λειτουργίας και τον γενικότερο σχεδιασμό της. Οι κυριότερες παράμετροι αναλύονται παρακάτω.

1.2.1 Φορτίο ιλύος και ηλικία ιλύος

Οι μικροοργανισμοί αναπαράγονται με τη μέθοδο της κυτταρικής διαίρεσης, με αποτέλεσμα δύο καινούρια κύτταρα να προκύπτουν από το αρχικό. Ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία ποικίλει, ανάλογα με τον κάθε

μικροοργανισμό, από 30 λεπτά έως λίγες μέρες. Επιπλέον, ο ρυθμός ανάπτυξης ενός είδους δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα θρεπτικών, η θερμοκρασία, το pH και η παροχή οξυγόνου. Ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης μπορεί να επιτευχθεί μόνο κάτω από βέλτιστες συνθήκες. Έτσι συχνά παρατηρείται για τα περισσότερα βακτήρια στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας με την μέθοδο της ενεργού ιλύος ο πραγματικός ρυθμός ανάπτυξης να είναι σημαντικά μικρότερος από τον μέγιστο δυνατό χρόνο διαίρεσης.

Το φορτίο ιλύος (σε kg BOD ή COD ανά kg MLSS ανά ημέρα) υποδεικνύει πόση τροφή είναι διαθέσιμη για τους μικροοργανισμούς και είναι φανερό ότι ο πληθυσμός θα αναπτυχθεί γρηγορότερα σε συνθήκες υψηλού φορτίου. Στην περίπτωση που διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση της ιλύος στην δεξαμενή αερισμού, εάν το φορτίο αυξηθεί η ποσότητα της αποβαλλόμενης ιλύος αντιστοίχως αυξάνεται ενώ η ηλικία της ιλύος μειώνεται. Επομένως το φορτίο ιλύος και η άμεσα συνδεδεμένη ηλικία ιλύος έχουν τεράστια επιρροή στην σύνθεση του πληθυσμού, καθώς μόνο μικροοργανισμοί με χρόνο γένεσης μικρότερο από την ηλικία ιλύος τελικά παραμένουν στην δεξαμενή αερισμού. Οι υπόλοιποι απομακρύνονται στο ρεύμα της αποβαλλόμενης ιλύος.

Σπάνια παρατηρείται έλλειψη θρεπτικών στη περίπτωση υψηλού φορτίου ιλύος (ηλικία ιλύος : μερικές μέρες), που συνεπάγεται μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης για πολλά είδη μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται γρηγορότερα καταναλώνουν τα περισσότερα θρεπτικά και επομένως κυριαρχούν στον πληθυσμό. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το *floc* δεν είναι πολύ συμπαγές και πολλά ελεύθερα κύτταρα είναι παρόντα. Επιπλέον, λόγω της γρήγορης ανάπτυξης των περισσότερων από τους μικροοργανισμούς, η σύνθεση του πληθυσμού είναι πιθανό να αλλάξει ολοκληρωτικά μέσα σε λίγες μέρες.

Στην περίπτωση χαμηλού φορτίου ιλύος (ηλικία ιλύος : εβδομάδες), σχετικά μικρές ποσότητες τροφής είναι διαθέσιμες, με αποτέλεσμα την αργή ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Τα βακτήρια που είναι σε θέση να καταναλώσουν αποτελεσματικά τα ανεπαρκή θρεπτικά βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση ενώ ένα σημαντικό ποσοστό κυττάρων είναι νεκρά ή σε κατάσταση ανάπαυσης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα *flocs* είναι συνήθως συμπαγή και σφιχτά. Επιπλέον, λόγω της μεγάλου χρόνου παραμονής της ιλύος, μικροοργανισμοί που καταναλώνουν πιο "ειδικές" ενώσεις και συνήθως αναπτύσσονται με αργό ρυθμό είναι συχνά παρόντες (π.χ. νιτροποιητικά βακτήρια). Επομένως, το χαμηλό φορτίο ιλύος συνεπάγεται

μεγαλύτερη ποικιλομορφία του πληθυσμού, που όμως η σύνθεσή του δεν μεταβάλλεται γρήγορα.

1.2.2 Σύνθεση των υγρών αποβλήτων

Η προέλευση και η προεπεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθορίζει την σύνθεση του υγρού που εισέρχεται στην εγκατάσταση.

Απαίτηση σε θρεπτικά

Οι μικροοργανισμοί χρειάζονται ένα εύρος θρεπτικών, όπως C, N, P, O και S, για βέλτιστη ανάπτυξη. Τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να βρίσκονται επιπλέον και σε μία συγκεκριμένη αναλογία, προκειμένου να είναι πλήρη εκμεταλλεύσιμα για την ανάπτυξη του κυττάρου. Με εξαίρεση τον άνθρακα, η αναλογία των υπόλοιπων θρεπτικών πρέπει να είναι αντίστοιχη με τη σύσταση του κυττάρου. Λόγω του ότι περίπου η μισή ποσότητα του εισερχόμενου άνθρακα διαφεύγει ως CO₂, τα επίπεδα του άνθρακα πρέπει να είναι διπλάσια από τα απαιτούμενα για την σύνθεση του κυττάρου.

Στην πραγματικότητα, η αναλογία των στοιχείων στα υγρά απόβλητα διαφέρει από αυτή του κυττάρου. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη καθορίζεται από το στοιχείο εκείνο το οποίο καταναλώνεται πρώτο, δηλαδή βρίσκεται σε περιοριστική ποσότητα, και αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα. Ο περιοριστικός παράγοντας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη δημιουργία διογκωμένης ιλύος. (*bulking sludge*)

Στην περίπτωση λοιπόν που η συγκέντρωση ενός στοιχείου είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, είναι αναγκαίες πρόσθετες ενέργειες για την εξισορρόπηση των αναλογιών. Σε υγρά απόβλητα από βιομηχανία λιπασμάτων, όπου παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου, απαιτείται η προσθήκη ανθρακούχων ενώσεων. Αντίστροφα, σε απόβλητα χημικής βιομηχανίας παραγωγής κάποιας οργανικής ένωσης χρειάζεται η προσθήκη αζώτου και φωσφόρου, όταν εφαρμόζεται βιολογικός καθαρισμός στα απόβλητά της.

1.2.3 Οξυγόνο

Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι μία κατ' εξοχήν αερόβια διαδικασία, γεγονός που σημαίνει ότι μοριακό οξυγόνο (O_2) είναι απαραίτητο για την βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί είναι αυστηρά αερόβιοι ενώ αρκετά είδη μπορούν να επιζήσουν σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου για μικρές χρονικές περιόδους (ώρες). Τέλος, ένα μικρότερο ποσοστό μπορεί να υιοθετήσει αναερόβιο μεταβολισμό.

Σε συνθήκες όπου η συγκέντρωση οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού είναι 2 mg/l, όλα τα flocs με διάμετρο μικρότερη από 400μm είναι αερόβια μέχρι το κέντρο τους. Αντίθετα, το κέντρο μεγαλύτερων flocs στερείται οξυγόνου και συνεπώς είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί απονιτροποίηση. Μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στη δεξαμενή αυτόματα οδηγεί σε αύξηση του αναερόβιου μέρους των flocs.

Σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου παρατηρείται μείωση του ρυθμού επεξεργασίας του υποστρώματος, με αποτέλεσμα αυτό να παραμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε διάλυση. Το φαινόμενο αυτό συντελεί στην δημιουργία διογκωμένης ιλύος (*bulking sludge*).

1.2.4 Επιλογή της μεθόδου Ενεργού Ιλύος

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος μπορεί να εφαρμοσθεί σε διάφορες παραλλαγές για την επεξεργασία ενός αποβλήτου. Κάθε παραλλαγή έχει διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η εκλογή της κατάλληλης παραλλαγής για μία συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται με βάση τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας και το συνολικό κόστος.

Παρακάτω αναλύονται οι δύο πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι.

- Συμβατικό σύστημα
Στο συμβατικό σύστημα χρησιμοποιούνται δεξαμενές αερισμού σωληνοειδούς ροής και κύριο χαρακτηριστικό της είναι η

ανομοιόμορφη κατανομή των απαιτήσεων σε οξυγόνο (υψηλές στην εισροή, χαμηλές στην εκροή), με αποτέλεσμα το οξυγόνο που παρέχεται να μην είναι αρκετό στην είσοδο της δεξαμενής και να περισσεύει στην έξοδό της. Το σύστημα είναι ευαίσθητο στην παρουσία τοξικών ουσιών και σε μεγάλες αυξομειώσεις οργανικού φορτίου και παροχών, προκαλεί μεγάλες φορτίσεις στερεών στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, έχει την τάση να παράγει στερεά ινώδους μορφής και απαιτεί εξειδίκευση στη λειτουργία. Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται κυρίως διαχυτήρες αλλά και επιφανειακοί αεριστήρες.

- Πλήρης Ανάμιξη

Στην παραλλαγή αυτή η δεξαμενή αερισμού είναι ένας αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης με κύριο χαρακτηριστικό της την ομοιόμορφη κατανομή των συγκεντρώσεων, που επιτυγχάνει και την ομοιόμορφη απαίτηση σε οξυγόνο. Το σύστημα δεν επηρεάζεται από μεγάλες αυξομειώσεις οργανικού φορτίου και την παρουσία τοξικών ουσιών, που λόγω της ανάμιξης διαχέονται και αραιώνονται στη δεξαμενή αερισμού. Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται διαχυτήρες ή επιφανειακοί αεριστήρες.

1.2.5 Θερμοκρασία και pH

Κάθε μικροοργανισμός έχει ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών μέσα στο οποίο μπορεί να αναπτυχθεί. Μέσα σε αυτό το εύρος, ο ρυθμός ανάπτυξης αυξάνει με την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι έναν μέγιστο, ενώ περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της ενεργητικότητας. Η βέλτιστη θερμοκρασία διαφέρει για κάθε μικροοργανισμό και παίρνει τιμές από 5-10 °C (Αρκτικές περιοχές) έως 100 °C (βακτήρια που ζουν σε πίδακες ζεστού νερού σε περιοχές με ηφαιστειογενή δράση).

Αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού στην εγκατάσταση μπορούν να μεταβάλλουν τον πληθυσμό των μικροοργανισμών. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο σχηματισμός αφρού (*scum*) σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας οικιακών υγρών αποβλήτων, φαινόμενο που συνήθως παρατηρείται το Χειμώνα ως επακόλουθο της

ανάπτυξης του *Microthrix parvicella*, ενός νηματοειδούς βακτηρίου που αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Αντίστοιχη επίδραση με τη θερμοκρασία ασκεί και το pH, και κάθε μικροοργανισμός έχει ένα συγκεκριμένο εύρος pH με μία μέγιστη και μία ελάχιστη τιμή. Τα βακτήρια κυρίως αναπτύσσονται σε pH από 5 έως 6 ενώ οι μύκητες προτιμούν χαμηλότερες περιοχές του pH.

1.3 Πρόσληψη θρεπτικών από το floc

Κατά τη διάρκεια της ανάμειξης των υγρών αποβλήτων και της ενεργού υλός, τα διάφορα συστατικά των αποβλήτων προσλαμβάνονται από τα flocs. Η φύση και το μέγεθος των σωματιδίων καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αυτά δεσμεύονται από τα flocs:

- Σωματίδια χαμηλού μοριακού βάρους σε διάλυση διαπερνούν τα τοιχώματα του κυττάρου και προσλαμβάνονται απ' ευθείας από τους μικροοργανισμούς. Η κατανάλωσή τους συνεπάγεται κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς ο ρυθμός με τον οποίο οι μικροοργανισμοί επεξεργάζονται την τροφή τους, συμπεριλαμβανομένης και της αποθήκευσης υλικών, καθορίζει και τον ρυθμό με τον οποίο το διαλυμένο κλάσμα απομακρύνεται από την υγρή φάση.
- Σωματίδια υψηλού μοριακού βάρους σε διάλυση και κολλοειδή δεσμεύονται από τα flocs με διαδικασίες προσρόφησης και εν συνεχεία υδρολύονται (ένζυμα), ώστε να γίνει δυνατή η πρόσληψή τους από τα βακτήρια. Η υδρόλυση είναι μία διαδικασία που λαμβάνει χώρα πολύ γρήγορα.
- Μεγαλύτερα σωματίδια αιχμαλωτίζονται από τα flocs και στη συνέχεια υδρολύονται. Η επιφάνεια αυτών των σωματιδίων συχνά αποικείται από βακτήρια.

Οι παραπάνω διαδικασίες είναι γνωστές ως “βιοπροσρόφηση”. Το μέγεθος και ο ρυθμός της βιοπροσρόφησης εξαρτάται από (1) την σύνθεση των υγρών

αποβλήτων, (2) τις ιδιότητες της ενεργού ύλης και (3) την αναλογία ανάμιξης της ύλης και των αποβλήτων.

2. Χαρακτηριστικά των βιοκροκίδων (flocs) ενεργού ιλύος

Οι βιοκροκίδες (flocs) της ενεργού ιλύος είναι συσσωματώματα ζωντανών και νεκρών βακτηριακών κυττάρων, τα οποία συχνά περιέχουν είδη νηματοειδών βακτηρίων, ιζήματα αλάτων, κόκκους με ανόργανη σύσταση (άμμος) και οργανικές ίνες. Τα παραπάνω συγκρατούνται μεταξύ τους με ένα γλοιώδες υγρό το οποίο αποτελείται από πολυμερή συστατικά τα οποία περιβάλλουν τα κύτταρα και με χημικές δυνάμεις στις οποίες ανόργανα ιόντα, όπως το Ca^{+2} , παίζουν σημαντικό ρόλο. Ελεύθερα βακτήρια, πρωτόζωα και άλλοι ανώτεροι οργανισμοί βρίσκονται γύρω από τα flocs και στο νερό, ανάμεσα στα flocs.

Το ποσοστό των ζωντανών κυττάρων αυξάνει όσο αυξάνει το φορτίο ιλύος στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Η διαφορά ανάμεσα στα ζωντανά και νεκρά κύτταρα συχνά δεν είναι ξεκάθαρα ορατή.

2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

2.1.1 Σχήμα

Το σχήμα των flocs της ενεργού ιλύος μπορεί να ποικίλει από περισσότερο ή λιγότερο στρογγυλό σε ακανόνιστο. Στην πραγματικότητα, εντελώς στρογγυλά flocs απαντώνται σπάνια και στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζονται με ελαφριές γωνίες, αποτελώντας το πιο συχνά παρατηρούμενο σχήμα. Σε εγκαταστάσεις όπου συνυπάρχουν διαχυτήρες πυθμένα και υψηλό σχετικό φορτίο ιλύος ($>0.3 \text{ Kg BOD/Kg MLSS.day}$), τα flocs είναι συνήθως ακανόνιστου σχήματος, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της ταχύτητας καθίζησης. Οι λεπτές ίνες (filaments) βακτηρίων γύρω από τα flocs συμβάλλουν στο σχηματισμό flocs ακανόνιστου σχήματος.

2.1.2 Δομή

Η διάκριση των flocs όσον αφορά στη δομή, είναι η εξής:

- Συμπαγή flocs, στα οποία τα βακτήρια είναι διατεταγμένα το ένα κοντά στο άλλο, συνήθως καφέ χρώματος.
- Ανοικτά flocs, στα οποία το νερό ρέει ανάμεσα στα μόριά τους. Τα flocs καθιζάνουν γρηγορότερα στην περίπτωση που είναι περισσότερο συμπαγή.

Σε εγκαταστάσεις όπου συνυπάρχουν διαχυτήρες πυθμένα και φορτίο ιλύος μικρότερο από 0.3 Kg BOD/Kg MLSS.day, τα flocs είναι συμπαγή ακόμα και στην περίπτωση που υπάρχουν πολλά νηματοειδή βακτήρια. Σε υψηλότερο φορτίο ιλύος και με το ίδιο σύστημα αερισμού, τα flocs είναι συχνά ακανόνιστου σχήματος και συνεπώς πιο ανοικτά.

Στην περίπτωση των επιφανειακών αεριστήρων, τα flocs είναι συνήθως λιγότερο συμπαγή. Συχνά παρατηρείται τα flocs να αποτελούνται από μικρότερα κομμάτια και αυτό είναι αποτέλεσμα της δίνης στην ζώνη κοντά στον αεριστήρα. Εάν τα νηματοειδή βακτήρια απουσιάζουν, τα μόρια των flocs ενώνονται ξανά σε μεγαλύτερες ομάδες, αλλά ουσιαστικά αποτελούνται από υπο-flocs. Παρουσία νηματοειδών βακτηρίων, κυρίως του είδους *Microthrix parvicella*, έχει σαν αποτέλεσμα να σχηματίζονται συσσωματώματα που αποτελούνται από ανοικτά flocs των οποίων τα διάφορα μέρη συγκρατούνται μέσω των filaments.

2.1.3 Συνεκτικότητα

Η διάκριση σε αυτή την κατηγορία γίνεται μεταξύ των συνεκτικών (σφιχτών) και των μη συνεκτικών (χαλαρών) flocs. Στην περίπτωση της ισχυρής συνεκτικότητας, το floc και το υγρό που το περιβάλλει διακρίνονται ευκρινώς. Αντίθετα, στην περίπτωση της μη συνεκτικότητας η διαχωριστική γραμμή του floc και του υγρού δεν ορίζεται με ευκρίνεια, διότι πολλά κύτταρα βρίσκονται στα άκρα των flocs και δεν είναι βέβαιο ότι είναι στην πραγματικότητα δεσμευμένα από αυτά. Τα μη συνεκτικά flocs μπορούν εύκολα να καταστραφούν.

Όπως έχει τονιστεί, τα βακτήρια σχηματίζουν flocs με σκοπό να επιβιώσουν σε περιβάλλοντα φτωχά σε θρεπτικά συστατικά. Τα flocs προσφέρουν προστασία από τα πρωτόζωα και βοηθούν τα βακτήρια να αποφύγουν να παρασυρθούν στην εκροή. Η ανάγκη σχηματισμού των flocs μειώνεται όταν υπάρχει διαθέσιμη τροφή και όταν επικρατούν στον πληθυσμό ταχέως αναπτυσσόμενα βακτήρια. Συνεπώς, η συνεκτικότητα των flocs καθορίζεται κυρίως από το φορτίο ιλύος: όσο υψηλότερο είναι το φορτίο, τόσο πιο μειωμένη είναι η συνεκτικότητα. Αυτή η μεταβολή στον

πληθυσμό, φαίνεται και από τα αποτελέσματα της χρώσης Gram. (κεφάλαιο 5.4) Τα flocs τα οποία προέρχονται από υψηλό φορτίο ιλύος αποτελούνται κυρίως από Gram αρνητικά βακτήρια, ενώ εμφανίζονται πολλά Gram θετικά κύτταρα όταν το φορτίο ιλύος είναι χαμηλό. Τα Gram θετικά βακτήρια έχουν υδρόφοβη κυτταρική επιφάνεια και αυτό συντελεί στο να έρχονται σε επαφή τα κύτταρα μεταξύ τους.

2.1.4 Μέγεθος

Τα filaments τα οποία προεξέχουν από τα flocs δεν λαμβάνονται υπόψη κατά τη μέτρηση του μεγέθους τους. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες μεγέθους:

- Μικρά flocs : διάμετρος $< 25 \mu\text{m}$
- Μεσαία flocs : διάμετρος $25\text{-}250 \mu\text{m}$
- Μεγάλα flocs : διάμετρος $>250 \mu\text{m}$

Το μέγεθος των flocs σε μία δεδομένη ενεργό ιλύς ποικίλει σημαντικά. Τα συμπαγή flocs καθιζάνουν πιο γρήγορα όταν είναι μεγαλύτερα ενώ μικρά flocs υπάρχουν σχεδόν πάντα. Αν το ποσοστό τους δεν είναι πολύ υψηλό, μετακινούνται από το νερό στο στρώμα της ιλύος.

Το σύστημα αερισμού έχει σημαντική επίδραση στο μέγεθος των flocs στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Όταν χρησιμοποιούνται επιφανειακοί αεριστήρες, το μέγεθός τους μπορεί να ποικίλει από $25 \mu\text{m}$ έως $250 \mu\text{m}$. Με τους διαχυτήρες πυθμένα, τα flocs εμφανίζονται σημαντικά μεγαλύτερα (εύρος : $25\text{-}1000 \mu\text{m}$, συχνά $>500 \mu\text{m}$).

2.2 Σύνθεση των βιοκροκίδων (flocs)

- **Ποικιλότητα**

Η ενεργός ιλύς αποτελείται συνήθως από μικροοργανισμούς διαφόρων ειδών. Εξαιτίας της μεγάλης αυτής ποικιλότητας, η εγκατάσταση εμφανίζεται ευέλικτη

καθώς πολλά διαφορετικά συστατικά των λυμάτων μπορούν να αποδομηθούν ταυτόχρονα. Η ποικιλότητα των ειδών μπορεί να παρατηρηθεί μικροσκοπικά.

Όταν υπάρχει χαμηλή ποικιλότητα των ειδών η εγκατάσταση καθίσταται πιο ευαίσθητη, διότι η απόδοση της επεξεργασίας εξαρτάται αποκλειστικά από ορισμένα είδη βακτηρίων. Αντίθετα, στην περίπτωση μεγαλύτερης ποικιλότητας, ο ρόλος των βακτηρίων που για κάποιους λόγους σταματούν να αναπτύσσονται αναλαμβάνεται από άλλους μικροοργανισμούς.

Χαμηλή ποικιλότητα παρατηρείται σε υψηλής φόρτισης εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων.

- **Μονοαποικίες**

Μονοαποικίες ονομάζονται τα συσσωματώματα που εμφανίζονται μέσα και ανάμεσα στα flocs, τα οποία φαίνεται να αποτελούνται από ένα είδος κυττάρου και συγκρατούνται μεταξύ τους με ένα στρώμα υγρού. Το μέγεθος και το σχήμα το μονοαποικιών ποικίλει αρκετά και μπορεί να προσομοιάσει εκείνο των flocs της ενεργού ιλύος. Οι πιο συχνά απαντώμενοι τύποι είναι δύο:

1. Οι *zoogloea* αποικίες έχουν συνήθως ένα χαρακτηριστικό, σαν δακτύλου, σχήμα. Η παρουσία τους αποτελεί δείκτη φορτίου μεγαλύτερου από 0.1 Kg BOD/Kg MLSS.day και/ ή έλλειψη ορισμένων θρεπτικών συστατικών. Επιπροσθέτως, οι *zoogloea* αποικίες μπορούν να παρατηρηθούν μόνο σε φρέσκα δείγματα ενώ εξαφανίζονται μέσα σε δύο ή τρεις ημέρες όταν η ιλύς έχει αποθηκευτεί στο ψυγείο.

2. Βακτήρια τα οποία εμπλέκονται στη βιολογική απομάκρυνση των φωσφορικών σχηματίζουν συμπαγείς και σχετικά στρογγυλές αποικίες. Οι αποικίες αυτές είναι δυνατό να εμφανίζονται τόσο ως μέρη των flocs όσο και στην υδάτινη φάση. Στην τελευταία περίπτωση, οι γνωστές ως Bio-P αποικίες έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από ότι οι αντίστοιχες μέσα στα flocs.

- **Οργανικά και ανόργανα μόρια**

Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργού ιλύος αποτελείται από ζωντανά και νεκρά βακτηριακά κύτταρα. Πολύ συχνά όμως κάνουν την εμφάνισή τους διάφορα μακρομόρια τα οποία δεν έχουν βακτηριακή προέλευση. Πρόκειται προφανώς για

μόρια τα οποία έχουν μεταφερθεί με την εισροή και έχουν στη συνέχεια ενσωματωθεί στα flocs. Εκτός από το μέγεθος τους, τα οργανικά μόρια μπορούν να αναγνωριστούν από την ινώδη μορφή τους.

Κάποια ανόργανα μόρια, κυρίως κόκκοι άμμου, έχουν μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης από την υπόλοιπη μάζα των flocs και παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη λάμψη. Η συχνότητα με την οποία αυτά τα είδη σωματιδίων ανευρίσκονται, εξαρτάται κυρίως από την παρουσία ή την απουσία υποδομών συλλογής άμμου και χαλικιών και/ ή δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης.

- **Ελεύθερα κύτταρα**

Ο όρος ελεύθερα κύτταρα αναφέρεται σε κύτταρα τα οποία δεν είναι δεσμευμένα στα flocs αλλά βρίσκονται στην υδάτινη φάση. Τα κύτταρα αυτά δεν καθιζάνουν στην τελική φάση και επηρεάζουν επομένως δυσμενώς την ποιότητα του υγρού στην εκροή. Τα ελεύθερα κύτταρα απομακρύνονται σε μεγάλο βαθμό από τα πρωτόζωα (κυρίως από τα ciliates). Όταν το φορτίο ιλύος αυξάνει, ο αριθμός των «διαθέσιμων» ελεύθερων κυττάρων αυξάνει, και συνεπακόλουθα αυξάνει το μέγεθος του πληθυσμού των πρωτοζώων. Ωστόσο, σε μικρής ηλικίας ιλύ τα πρωτόζωα δεν μπορούν να διατηρηθούν εφόσον δεν αναπτύσσονται αρκετά γρήγορα. Το όριο του φορτίου της ιλύος είναι 0.3 έως 0.4 Kg BOD/Kg MLSS.day. Αν ξεπεραστεί αυτό το φορτίο, πολλά ελεύθερα κύτταρα αλλά ελάχιστοι καταναλωτές τους βρίσκονται στην ιλύ. Η παρουσία πολλών ελεύθερων κυττάρων σε χαμηλό φορτίο ιλύος αποτελεί ένδειξη έλλειψης οξυγόνου ή παρουσίας τοξικών συστατικών.

2.3 Τύποι βιοκροκίδων (floc types)

Η τεράστια επιρροή που οι συνθήκες λειτουργίας μίας εγκατάστασης έχουν πάνω στα χαρακτηριστικά των flocs εξασφαλίζει ότι ιλείς από παρόμοιες εγκαταστάσεις θα παρουσιάζουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας οικιακών λυμάτων, πάνω από το 90% των flocs ανήκουν στους παρακάτω τρεις τύπους:

Floc τύπου 1

Το floc τύπου 1 είναι χαρακτηριστικό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων με φορτίο ιλύος μικρότερο από 0.2Kg BOD/Kg MLSS.day και στις οποίες γίνεται χρήση επιφανειακών αεριστήρων.

Στην περίπτωση που τα νηματοειδή βακτήρια απουσιάζουν, τα flocs έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- μεσαίο μέγεθος (25-250μm)
- συνεκτικά (λίγα ελεύθερα κύτταρα)
- στρογγυλά ως γωνιώδη
- μη συμπαγή

Η παρουσία νηματοειδών βακτηρίων, ειδικά του *M. parvicella*, έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό συσσωματωμάτων που προκαλούν αύξηση του μέσου μεγέθους των flocs.

Η βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των μονοαποικιών, ειδικά το καλοκαίρι. Ο αριθμός των ελεύθερων κυττάρων συχνά αυξάνει κάτω από συνθήκες απομάκρυνσης των θρεπτικών, πιθανόν εξαιτίας των ανοξικών συνθηκών μακράς διάρκειας.

Floc τύπου 2

Το floc τύπου 2 είναι χαρακτηριστικό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων με φορτίο ιλύος μικρότερο από 0.2 Kg BOD/Kg MLSS.day και στις οποίες γίνεται χρήση διαχυτήρων πυθμένα.

Τα flocs έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- (μεσαίο) μεγάλο μέγεθος, εύρους 25-1000μm, συχνά μεγαλύτερο από 500 μm
- συνεκτικά (λίγα ελεύθερα κύτταρα)
- στρογγυλά
- συμπαγή
- μερικές φορές τα άκρα είναι “ξεφτισμένα”

Εξαιτίας της μικρότερης δίνης του νερό, τα flocs είναι μεγαλύτερα και περισσότερο συμπαγή από αυτά του τύπου 1. Επιπλέον, έχουν πιο σκούρο χρώμα.

Τα νηματοειδή βακτήρια σε γενικές γραμμές δεν επηρεάζουν τη μορφολογία των flocs. Αναπτύσσονται κυρίως στις άκρες των flocs ή στην υδάτινη φάση ανάμεσά τους. Flocs περισσότερο ακανόνιστου σχήματος εμφανίζονται μόνο στην περίπτωση νηματοειδών βακτηρίων με αυξημένη προσαρτημένη ανάπτυξη.

Floc τύπου 3

Το floc τύπου 3 είναι χαρακτηριστικό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων με φορτίο ιλύος 0.2 έως 0.3 Kg BOD/Kg MLSS.day. Τα flocs δεν είναι ιδιαίτερα συνεκτικά και επομένως πολλά ελεύθερα κύτταρα είναι παρόντα. Σε περιπτώσεις όπου η ηλικία ιλύος είναι μικρή, τα πιο σημαντικά πρωτόζωα που καταναλώνουν βακτήρια (ciliates) δεν καταφέρνουν να παραμείνουν στην εγκατάσταση, καθώς δεν αναπτύσσονται αρκετά γρήγορα. Το γεγονός αυτό επίσης συμβάλει στην αύξηση του αριθμού των ελεύθερων κυττάρων.

Το μέγεθος και το σχήμα των flocs αυτού του τύπου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το εφαρμοζόμενο σύστημα αερισμού. Σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας με διαχυτήρες πυθμένα τα flocs είναι συχνά μεγάλα αλλά ακανόνιστου σχήματος, ενώ είναι μικρότερα και πιο στρογγυλά στην περίπτωση επιφανειακών αεριστήρων. Λόγω του υψηλού φορτίου ιλύος, τα flocs είναι συχνά ανοιχτά ακόμα και απουσία νηματοειδών βακτηρίων. Αποικίες, ειδικά οι πολύ χαρακτηριστικές Zoogloea, είναι δυνατό να παρατηρηθούν σε αυτού του τύπου τα flocs.

Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων

Η ιλύς από εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί ειδική κατηγορία, καθώς συχνά παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις στη μορφολογία των flocs. Ωστόσο, κάποια γενικά χαρακτηριστικά είναι εμφανή :

- Τα flocs δεν είναι συνεκτικά και η χρήση επιφανειακών αεριστήρων συνήθως συνοδεύεται από την εμφάνιση μικρών flocs και διασκορπισμένων τμημάτων τους. Η ιλύς δίνει μία “ακατάστατη” εικόνα.
- Η μαζική ανάπτυξη νηματοειδών βακτηρίων έχει συχνά σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό μεγάλων αλλά ακανόνιστου σχήματος flocs.

Στην πραγματικότητα, η μορφολογία των flocs πρέπει να προσδιορίζεται ξεχωριστά για κάθε εγκατάσταση, με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- σχήμα
- δομή
- συνεκτικότητα
- μέγεθος
- άλλα χαρακτηριστικά

3. Νηματοειδείς Μικροοργανισμοί (Filamentous Micro-organisms)

Οι νηματοειδείς μικροοργανισμοί είναι βακτήρια, μύκητες και άλγη των οποίων τα κύτταρα δεν αποκόπτονται το ένα από το άλλο κατά την κυτταρική διαίρεση και επομένως προκύπτουν filaments που αποτελούνται από πολλά κύτταρα. Σε αρκετές περιπτώσεις τα κύτταρα δεν αποκόπτονται γιατί περιβάλλονται από ένα περίβλημα. Εγκάρσια τοιχώματα είναι πάντα παρόντα μεταξύ διαδοχικών κυττάρων σε ένα filament, αλλά δεν είναι πάντα ορατά με το μικροσκόπιο.

Η ανάπτυξη με τη μορφή filament είναι χαρακτηριστική για ορισμένα είδη βακτηρίων, τα οποία σχηματίζουν filaments πρακτικά κάτω απ' όλες τις συνθήκες. Περισσότερα από 30 διαφορετικά είδη νηματοειδών μικροοργανισμών έχουν παρατηρηθεί στην ενεργό ιλύ και είναι κυρίως βακτήρια. Είναι βέβαια κατανοητό ότι πολλά άγνωστα είδη κάνουν την εμφάνισή τους στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων, τα περισσότερα από τα οποία δεν έχουν καν όνομα, καθώς τα χαρακτηριστικά τους δεν έχουν ακόμα ταυτοποιηθεί.

Το είδος των νηματοειδών αποτελείται από συνηθισμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι είναι σχεδόν πάντα παρόντες στην ενεργό ιλύ και συνεισφέρουν στη διαδικασία της επεξεργασίας. Τα είδη αυτά μπορεί να βρίσκονται ελεύθερα μέσα στο υγρό ή να συνδέονται με τα flocs.

Η μαζική ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών έχει σαν αποτέλεσμα το φαινόμενο της διογκωμένης ιλύος (bulking sludge) ενώ παράλληλα ορισμένα είδη είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό αφρού (scum).

3.1 Ο Δείκτης Filament (FI)

Το μέγεθος του πληθυσμού των νηματοειδών μικροοργανισμών σε κάθε περίπτωση ποικίλει σημαντικά και ο προσδιορισμός του είναι απαραίτητος για τον έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης. Καταρχήν, καλείται αναγκαίως ο προσδιορισμός του αριθμού και του μήκους των filaments, μία διαδικασία που είναι ωστόσο εξαιρετικά χρονοβόρα και επιπλέον μπορεί να διεξαχθεί μόνο στην περίπτωση σχετικά ευθυτενών filaments. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες

ποσοτικές μέθοδοι προσδιορισμού των νηματοειδών μικροοργανισμών, μεταξύ των οποίων ο Δείκτης Filament (FI), ο οποίος εμφανίζεται να είναι ο πλέον κατάλληλος για τις αναλύσεις ρουτίνας της ενεργού ιλύος.

Ο Δείκτης Filament (FI) αποτελεί μία καταμέτρηση του αριθμού των νηματοειδών μικροοργανισμών στην ενεργό ιλύ με τη βοήθεια μίας κλίμακας. Η κατάταξη κυμαίνεται από 0 έως 5, από κανένα έως πολλά filaments αντίστοιχα. Ο δείκτης αυτός προσδιορίζεται συγκρίνοντας την εικόνα της ιλύος στο μικροσκόπιο (χαμηλή μεγέθυνση), με μία σειρά φωτογραφιών αναφοράς των διαφόρων διαβαθμίσεων του δείκτη. Τελικά, η ιλύς χαρακτηρίζεται από την τιμή που αντιστοιχεί στη φωτογραφία που καλύτερα περιγράφει τον αριθμό των filaments στο μικροσκόπιο.

Η παραπάνω διαδικασία, αν και δεν είναι σε μεγάλο βαθμό ακριβής, έχει δείξει στην πράξη ότι είναι πολύ γρήγορη και ότι παρέχει πληροφορίες σχετικές με τις συνθήκες λειτουργίας. Εάν ο δείκτης έχει την τιμή 1 ή 2, η επίδραση των filaments στην ταχύτητα καθίζησης της ιλύος είναι ακόμα μικρή, ενώ αν έχει την τιμή 3, το φαινόμενο της καθίζησης εξασθενεί, ιδιαίτερα στην περίπτωση συμπαγών flocs. Το φαινόμενο της διόγκωσης της ιλύος (bulking sludge) παρατηρείται σε μεγαλύτερες τιμές του δείκτη.

Ο προσδιορισμός του δείκτη γίνεται κυρίως με παρατήρηση στο μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 100-200X. Ωστόσο, είναι ορισμένες φορές απαραίτητο να αναθεωρηθεί η κατάταξη εάν η ιλύς εξεταστεί σε μεγαλύτερη μεγέθυνση, εξαιτίας του ότι τα λεπτά filaments δεν είναι ορατά σε μικρή μεγέθυνση. Τέλος, filaments που είναι κρυμμένα στα flocs γίνονται δύσκολα ορατά και επομένως δε λαμβάνονται υπόψη στον προσδιορισμό του δείκτη.

3.2 Ταυτοποίηση των νηματοειδών μικροοργανισμών

Το μέγεθος και η σύνθεση του πληθυσμού των νηματοειδών μικροοργανισμών ποικίλει ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης. Κατά τη διεξαγωγή του ελέγχου λειτουργίας, είναι απαραίτητη για τρεις κύριους λόγους η παρατήρηση και αναγνώριση των διαφορετικών ειδών των νηματοειδών μικροοργανισμών :

- Η φύση και η έκταση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη σταθερότητα της επεξεργασίας εξαρτώνται από τα είδη των νηματοειδών μικροοργανισμών. Η ανάπτυξη μεγάλων νηματοειδών μικροοργανισμών είναι αναγκαίο να εξακριβώνεται όσο το δυνατό γρηγορότερα.
- Δεν υπάρχει γενική μέθοδος ελέγχου της διογκωμένης ιλύος (bulking sludge) και επομένως ένα αρχικό βήμα είναι ο καθορισμός των ειδών τα οποία είναι παρόντα.
- Ορισμένα είδη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες των συνθηκών που επικρατούν στη δεξαμενή αερισμού.

3.2.1 Χαρακτηριστικά αναγνώρισης των νηματοειδών μικροοργανισμών

Τα πιο βασικά χαρακτηριστικά προκειμένου να αναγνωριστούν οι νηματοειδείς μικροοργανισμοί είναι τα παρακάτω :

- **Μορφή των *filaments***

Τρεις διαφορετικές κατηγορίες διακρίνονται :

- α. "Ευθυτενή" *filaments*
- β. Κυρτά/ Τοξοειδή *filaments*
- γ. Καμπυλωτά/ Σπειροειδή *filaments*

Στην πραγματικότητα, πολύ λίγες φορές απαντώνται εντελώς ευθυτενή *filaments*. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου έχουν μεγάλο μήκος, αυτά εμφανίζονται να είναι ελαφρώς κυρτά. Επομένως, για τη διευκόλυνση της μικροσκοπικής έρευνας, οι κατηγορίες τελικά διαμορφώνονται ως (1) Ευθυτενή/ Ελαφρώς κυρτά *filaments* και (2) Κυρτά/ Σπειροειδή *filaments*.

- **Προσαρτημένη ανάπτυξη (*attached growth*)**

Η επιφάνεια (εξωτερικό τοίχωμα) των νηματοειδών μικροοργανισμών είναι συνήθως καθαρό. Σε μερικές περιπτώσεις όμως, κύτταρα και σωματίδια των flocs προσαρτώνται στην επιφάνεια, καλύπτοντάς τη μερικώς. Τα *filaments* βακτηρίων

που διαθέτουν περίβλημα γύρω από τα κύτταρά τους παρουσιάζονται να έχουν προσαρτημένη ανάπτυξη.

Όταν οι νηματοειδής μικροοργανισμοί χαρακτηρίζονται, διάκριση πρέπει να γίνει μεταξύ (1) μικρής ή καθόλου προσαρτημένης ανάπτυξης και (2) αυξημένης προσαρτημένης ανάπτυξης.

- **Σχήμα των κυττάρων**

Τα παρακάτω σχήματα απαντώνται στα κύτταρα των μικροοργανισμών :

- α. Κυκλικά
- β. Τετράγωνα
- γ. Δισκοειδή
- δ. Ορθογώνια
- ε. Ραβδοειδή

Ο τύπος του κυττάρου δεν μπορεί να καθοριστεί, παρά μόνο εφόσον είναι ορατά τα τοιχώματα μεταξύ συνεχόμενων κυττάρων σε ένα filament. Το μήκος των κυττάρων σε ένα δεδομένο filament είναι συχνά μεταβαλλόμενο και σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνει αισθητά προς την κορυφή του.

4. Πρωτόζωα και μετάζωα

Πρωτόζωα, και συχνά μετάζωα, είναι σχεδόν πάντα παρόντα στην ενεργό ιλύ. Κάποια είδη είναι προσαρτημένα στα flocs ενώ άλλα κινούνται ελεύθερα στο νερό ανάμεσα στα flocs. Οι οργανισμοί αυτοί είναι πολύ μεγαλύτεροι από τα βακτήρια και κατέχουν χαρακτηριστικό σχήμα, με αποτέλεσμα να γίνονται εύκολα ορατοί με τη βοήθεια του μικροσκοπίου.

Πολλά πρωτόζωα/ μετάζωα τρέφονται κυρίως με βακτήρια που βρίσκονται ελεύθερα ή στις άκρες των flocs. Με αυτόν τον τρόπο απομακρύνουν βακτήρια που δεν είναι σταθερά προσαρτημένα στα flocs και ελεύθερα βακτήρια που είναι δύσκολο να διαχωριστούν μέσω καθίζησης. Επιπλέον, τα πρωτόζωα είναι απαραίτητα για την μακροπρόθεσμη μείωση του COD, δηλαδή για την υψηλή καθαρότητα του υγρού στην έξοδο.

Εκτός από την παραπάνω κατηγορία, υπάρχουν πρωτόζωα/ μετάζωα που καταναλώνουν flocs και είναι υπεύθυνα για τη μείωση της παραγωγής ιλύος, ενώ άλλα καταναλώνουν μικρότερα πρωτόζωα.

Η παρουσία συγκεκριμένων ειδών σχετίζεται άμεσα με τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης και το φορτίο ιλύος. Σε περιπτώσεις όπου το φορτίο ιλύος δεν είναι πολύ υψηλό, κυρίως ciliates, testate amoeba και περιστασιακά μερικά μετάζωα κάνουν την εμφάνισή τους. Η έλλειψη οξυγόνου σε συνδυασμό με χαμηλό φορτίο ιλύος οδηγεί σε μείωση του ρυθμού απομάκρυνσης του COD και σε αλλαγή του αριθμού των flagellates και amoeba μέσα στον πληθυσμό. Τέλος, η ξαφνική εξαφάνιση των πρωτόζωων και των μεταζώων από τον πληθυσμό σχετίζεται άμεσα με την παρουσία τοξικών στοιχείων στα υγρά απόβλητα.

Υπάρχουν πάνω από 200 διαφορετικά είδη πρωτόζωων και μεταζώων που μπορούν να παρατηρηθούν στην ενεργό ιλύ. Παρακάτω θα αναφερθούν μόνο τα είδη που έγιναν αντιληπτά κατά την παρατήρηση των συγκεκριμένων δειγμάτων, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

4.1 Πρωτόζωα

Τα πρωτόζωα, σαν τα βακτήρια, είναι μονοκύτταροι οργανισμοί και εφόσον το φορτίο ιλύος δεν είναι εξαιρετικά υψηλό, είναι πρακτικά πάντα παρόντα. Ο πληθυσμός τους είναι πολύ μικρότερος από αυτόν των βακτηρίων και η βιομάζα τους συνιστά ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής βιομάζας. Οι βασικές κατηγορίες των πρωτόζωων είναι τρεις (ciliates, flegellates, amoeba).

Carchesium

Το Carchesium ανήκει στην κατηγορία των ciliates και καταναλώνει κυρίως βακτήρια. Τα κύτταρά του έχουν χαρακτηριστικό σχήμα καμπάνας και κορμό με πολλές διακλαδώσεις. Σε περιπτώσεις χαμηλού φορτίου ιλύος ($< 0,2 \text{ kg BOD/ kg MLSS. Day}$) το Carchesium είναι πολύ συχνά παρών στην ενεργό ιλύ.

Aspidisca

Η Aspidisca ανήκει στην κατηγορία των Crawling ciliates. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι έρπεται, συχνά με μεγάλη ταχύτητα, στην επιφάνεια των flocs, απομακρύνοντας κύτταρα βακτηρίων που δεν είναι σταθερά προσαρτημένα. Εφόσον το φορτίο ιλύος δεν είναι πολύ υψηλό ($< 0,4 \text{ kg BOD/ kg MLSS. Day}$), αυτό το είδος απαντάται σχεδόν σε κάθε περίπτωση, και είναι δείκτης ανεπαρκούς παροχής οξυγόνου.

Epistylis

Πρωτόζωο που ανήκει στην κατηγορία των ciliates. Έχει χαρακτηριστικά κύτταρα σε σχήμα δοχείου και πολλές διακλαδώσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αποικίες. Η παρουσία του είναι ενδεικτική χαμηλού φορτίου ιλύος ($0,1 \text{ έως } 0,2 \text{ kg BOD/ kg MLSS. Day}$) και ανεπαρκούς παροχής οξυγόνου.

Arcella

Η Arcella ανήκει στη κατηγορία των amoeba και καλύπτεται από ένα κέλυφος. Στην κάτοψη, το κέλυφος είναι στρογγυλό και έχει συνήθως κίτρινο-καφέ χρώμα λόγω της παρουσίας ιόντων σιδήρου. Η Arcella είναι το πιο συχνά

απαντώμενο είδος αποεβα σε συνθήκες χαμηλού φορτίου ιλύος, συχνά σε μεγάλους αριθμούς, και είναι δείκτης συνθηκών νιτροποίησης.

4.2 Μετάζωα

Σε αντίθεση με τα βακτήρια και τα πρωτόζωα, τα μετάζωα είναι πολυκύτταροι μικροοργανισμοί και επομένως είναι ανώτεροι οργανισμοί. Τα περισσότερα τρέφονται με ελεύθερα βακτήρια ή με μικρά κομμάτια των flocs, αν και υπάρχουν είδη που καταναλώνουν ολόκληρα flocs. Οι κυριότερες κατηγορίες είναι τέσσερις (rotifers, nematodes, worms, tardigrades).

Tardigrades

Πρόκειται για ένα μετάζωο με πολύ χαρακτηριστική και εντυπωσιακή μορφή. Κινείται επάνω στην επιφάνεια των flocs “ξύνοντάς” την και παρατηρείται περιστασιακά όταν το φορτίο ιλύος είναι χαμηλό ($< 0,1 \text{ kg BOD/ kg MLSS. Day}$).

5. Εξέταση της ενεργού ιλύος με τη μικροσκοπική μέθοδο

Η εικόνα του μικροσκοπίου παρέχει πληροφορίες που αφορούν πολλές διαφορετικές οπτικά παρατηρούμενες ιδιότητες της ενεργού ιλύος. Πιο συγκεκριμένα, οι πληροφορίες αυτές βοηθούν σε μία πρώτη ποιοτική αποτίμηση της ιλύος και σε μία γρήγορη διάγνωση τυχόν προβλημάτων στη λειτουργία της εγκατάστασης.

5.1 Δειγματοληψία και χειρισμός των δειγμάτων

Η εξέταση πραγματοποιήθηκε σε ιλύ προερχόμενη από τη δεξαμενή αερισμού τριών διαφορετικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων κατά τη θερινή περίοδο του έτους 2003. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε δειγματοληψίες, τρεις από την εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων Χανίων, μία από την εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων Ηρακλείου (Φοινικιά) και μία από την εγκατάσταση επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων Ηρακλείου (βιομηχανική περιοχή) κατά το διάστημα 7/7/2003 έως 8/8/2003.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην πραγματοποίηση δειγματοληψιών από το ίδιο σημείο της δεξαμενής αερισμού και συγκεκριμένα από την υπερχειλίση προς τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Η πλήρωση του δοχείου δειγματοληψίας σε κάθε περίπτωση έγινε κατά το ένα τρίτο, έτσι ώστε να επιτευχθεί διατήρηση των αερόβιων συνθηκών για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η μικροσκοπική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε φρέσκα δείγματα ενώ όπου αυτό δεν ήταν εφικτό, τα δείγματα διατηρήθηκαν στην ψύξη από 2 έως 3 ημέρες. Μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής θα αλλοίωναν τα χαρακτηριστικά της ιλύος και επομένως τα αποτελέσματα της έρευνας.

5.2 Η μέθοδος της ανάλυσης

Η μικροσκοπική ανάλυση βασίζεται στην παρατήρηση του δείγματος με τη βοήθεια του μικροσκοπίου. Μετά από ανακίνηση του περιεχομένου του δοχείου δειγματοληψίας, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμειξη, ετοιμάζονται οι αντικειμενοφόρες πλάκες. Μία σταγόνα είναι αρκετή και αντιπροσωπευτική ολόκληρης της δεξαμενής αερισμού.

Τα σωστά συμπεράσματα που αφορούν στην ποιότητα και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της ιλύος βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη συστηματική παρατήρηση της αντικειμενοφόρου πλάκας. Με αυτό τον τρόπο εξετάζονται τα περισσότερα από τα flocs και τους νηματοειδείς μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα την πιο ολοκληρωμένη και ορθή αξιολόγηση της ιλύος.

Πιο συγκεκριμένα, η μικροσκοπική εικόνα αναλύεται με παρατήρηση των ακόλουθων χαρακτηριστικών, με τη σειρά που φαίνεται παρακάτω :

- Σχήμα, δομή, συνεκτικότητα και μέγεθος των flocs
- Σύνθεση των flocs (ποικιλία των μικροοργανισμών, χαρακτηριστικές ομάδες βακτηρίων, παρουσία οργανικών και ανόργανων σωματιδίων)
- Νηματοειδείς μικροοργανισμοί (ποσοτική και ποιοτική ανάλυση)
- Βακτήρια που δεν είναι συνδεδεμένα με τα flocs (ελεύθερα κύτταρα)
- Άλλοι οργανισμοί (πρωτόζωα, μετάζωα)

Για τις περισσότερες από αυτές τις πληροφορίες, η συνολική μεγέθυνση 100X δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα και είναι αυτή που προτιμήθηκε κατά τη διεξαγωγή της ανάλυσης. Επιπλέον, κάτω από αυτή τη μεγέθυνση οι φωτογραφίες που πάρθηκαν μέσω σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή, είχαν τη μεγαλύτερη ευκρίνεια και καθαρότητα.

5.3 Μικροσκόπιο Bright Field/ Phase Contrast

Όταν το φως διαπερνά ένα μέσο το οποίο δεν είναι ομοιόμορφο στην σύνθεσή του, όπως συμβαίνει στην περίπτωση μιας σταγόνας νερού που περιέχει flocs, ένα μέρος της δέσμης θα διαχυθεί ή θα λάβει κλίση περισσότερο από κάποια άλλη, ως αποτέλεσμα των διαφορετικών δεικτών διάθλασης μεταξύ του νερού και των σωματιδίων. Η αδυναμία του γνωστού ως μικροσκοπίου bright field είναι η έλλειψη της δυνατότητας να παρατηρηθούν μικρές διαφοροποιήσεις σε πλάκες όπου

παρατηρείται μικρός βαθμός διαφοράς μεταξύ φωτεινού και σκούρου (χαμηλό contrast).

Λόγω της παραπάνω παρατήρησης, η εξέταση της ενεργού ιλύος πραγματοποιήθηκε με phase contrast, ένα οπτικό εξάρτημα που μετατρέπει σχετικά μικρές διαφορές στους δείκτες διάθλασης σε αισθητές διαφοροποιήσεις στη φωτεινότητα. Σαν αποτέλεσμα, τα βακτήρια και η δομή των κυττάρων των μικροοργανισμών έγιναν εύκολα παρατηρήσιμα. Αντίθετα, στην περίπτωση των χρώσεων, όπου δημιουργείται υψηλό contrast, η ανάλυση έγινε με μικροσκόπιο bright field και για τον επιπλέον λόγο να μην συμβεί παραποίηση των χρωμάτων.

5.4 Τεχνικές Χρώσης

Η γενική αρχή των περισσότερων μεθόδων χρώσης είναι ότι ένα συγκεκριμένο συστατικό του κυττάρου δεσμεύει τη χρωστική ισχυρότερα από τα υπόλοιπα μέρη του. Στα δείγματα πραγματοποιήθηκαν οι χρώσεις Gram και Neisser.

5.4.1 Χρώση Gram

Η χρώση Gram είναι αναπόσπαστο εργαλείο στην αναγνώριση βακτηρίων. Η συγκεκριμένη χρώση χρωματίζει κατ' αρχήν τα κύτταρα μπλε λόγω της χρήσης του crystal violet και στη συνέχεια τα κύτταρα ξεπλένονται με ένα αλκοολικό διάλυμα. Τα κύτταρα ορισμένων ειδών βακτηρίων αποδεσμεύουν την απορροφημένη μπλε χρωστική κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας και είναι γνωστά σαν Gram αρνητικά βακτήρια. Στη περίπτωση των Gram θετικών βακτηρίων, το απορροφημένο crystal violet δεν μπορεί να αποδεσμευτεί κατά το ξέπλυμα με αλκοόλη. Τα άχρωμα Gram αρνητικά βακτήρια στη συνέχεια επαναχρωματίζονται με σαφρανίνη, η οποία τους προσδίδει κόκκινο χρώμα. Η διαφορά μεταξύ των Gram αρνητικών και Gram θετικών βακτηρίων έγκειται στη διαφορετική σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος.

Διαλύματα

A. Crystal violet - 0.4% Crystal violet σε αλκοολικό διάλυμα

- B. Διάλυμα Iodine - 13% μίγματος polyvinylpyrrolidone-iodine σε 1.9% υδατικό διάλυμα KJ.
- C. Decolorizer - 1:3 (v/v) acetone : isopropyl alcohol
- D. Safranin - 0,25% safranin σε 20% ethyl alcohol

Διαδικασία χρώσης

1. Τοποθετείται μία σταγόνα δείγματος στην αντικειμενοφόρο πλάκα και αφήνεται να ξηραθεί στον αέρα.
2. Τοποθετούνται στην πλάκα 5 σταγόνες διαλύματος A για 2-3 min.
3. Η αντικειμενοφόρος πλάκα ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια με διάλυμα B, το οποίο παραμένει για 2 min. Ακολουθεί ξέπλυμα με νερό. (απαλή ροή)
4. Αποχρωματισμός με διάλυμα C σταγόνα προς σταγόνα. Είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί κάθε ίχνος χρωστικής από το δείγμα και συνήθως 20 sec επαφής είναι αρκετά. Ακολουθεί άμεσο ξέπλυμα με νερό. (απαλή ροή)
5. Τοποθετείται στην αντικειμενοφόρο πλάκα διάλυμα D για 45 sec.
6. Ξεπλένεται η αντικειμενοφόρος πλάκα με απεσταγμένο νερό και αφήνεται να στεγνώσει.

Αποτελέσματα

Τα Gram αρνητικά και Gram θετικά βακτήρια χρωματίζονται κόκκινα και μπλε αντίστοιχα. Το μπλε χρώμα ποικίλει από ανοιχτό μπλε ως σχεδόν μαύρο. Ιλύς από εγκαταστάσεις υψηλής φόρτισης αποτελείται κυρίως από Gram αρνητικά βακτήρια, ενώ πολλά είδη Gram θετικών βακτηρίων παρατηρούνται σε ιλύ από εγκαταστάσεις χαμηλότερης φόρτισης. Η παρουσία Gram θετικών βακτηρίων συμβάλλει στη δημιουργία πιο συμπαγών flocs. Μύκητες και πρωτόζωα/μετάζωα χρωματίζονται ελάχιστα ή καθόλου με αυτή τη μέθοδο.

Σε ορισμένα νηματοειδή βακτήρια, όλα τα τμήματα του filament δεν χρωματίζονται με τον ίδιο τρόπο. Αυτό συνήθως οφείλεται στην επαφή με άλλα βακτήρια. Αυτά τα βακτήρια κρύβουν σε κάποιο βαθμό τα filaments με αποτέλεσμα η χρωστική να μη μπορεί να απορροφηθεί. Σ' αυτές τις περιπτώσεις δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην «καθαρή» άκρη του filament.

Τέλος, το αποτέλεσμα της χρώσης εξαρτάται σε ορισμένα είδη από την ηλικία των κυττάρων,. Νεαρά κύτταρα χρωματίζονται κόκκινα ενώ μεγαλύτερης ηλικίας μπλε. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα να συνυπάρχουν δύο χρώματα σε ένα filament.

5.4.2 Χρώση Neisser

Η χρώση Neisser έχει εφαρμογή στον έλεγχο της παρουσίας πολυφωσφορικών αποθηκευμένων στα κύτταρα. Αυτή η μέθοδος είναι απαραίτητη για την αναγνώριση ορισμένων ειδών νηματοειδών βακτηρίων. Επιπλέον, η χρώση αυτή καθιστά τα Bio-P βακτήρια, τα οποία είναι υπεύθυνα για την βιολογική απομάκρυνση των φωσφορικών, ορατά.

Διαλύματα

A. Methylene blue	0,1 g
Glacial acetic acid	5 ml
Ethanol 96%	5 ml
Απεσταγμένο νερό	100 ml
B. Crystal violet, 10% in 96% ethanol	3,3 ml
Ethanol 96%	6,7 ml
Απεσταγμένο νερό	100 ml
C. ChrysoidinY,1% aqueous solution	33,3 ml
Απεσταγμένο νερό	100 ml

Διαδικασία χρώσης

1. Τοποθετείται μία σταγόνα δείγματος στην αντικειμενοφόρο πλάκα και αφήνεται να ξηραθεί στον αέρα.
2. Παρασκευάζεται φρέσκο μείγμα από 2 μέρη διαλύματος Α και 1 μέρος διαλύματος Β και τοποθετείται στην αντικειμενοφόρο πλάκα για μία περίοδο 10-15 sec. Κατόπιν, η περίσσεια της χρωστικής αποβάλλεται.

3. Προστίθεται διάλυμα C για περίοδο 45 sec.
4. Ξεπλένεται η αντικειμενοφόρος πλάκα με απεσταγμένο νερό και αφήνεται να στεγνώσει.

Αποτελέσματα

Τα Neisser αρνητικά βακτήρια χρωματίζονται ελάχιστα ή καθόλου (ελαφρώς καφέ ή κίτρινα). Διακρίνονται τρεις ομάδες Neisser θετικών βακτηρίων:

- Νηματοειδή βακτήρια τα οποία χρωματίζονται γκρι-βιολετί. Πρόκειται συνήθως για τα *Nostocoida limicola* ή τα Type 0092.
- Νηματοειδή βακτήρια τα οποία περιέχουν κυανά-μαύρα χρωματισμένα σφαιρίδια πολυφοσφορικών. Χωρίς χρώση, αυτά τα σφαιρίδια δεν μπορούν να παρατηρηθούν με το μικροσκόπιο φωτός αλλά μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Αυτά τα σφαιρίδια εμφανίζονται σε ζεύγη και αποτελούν χαρακτηριστικό αναγνώρισης του *Microthrix parvicella*.
- Αποικίες από μπλε-μαύρα χρωματισμένα κύτταρα οι οποίες περιλαμβάνουν Bio-P βακτήρια. Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στον τρόπο με τον οποίο αυτές οι αποικίες χρωματίζονται με τη χρώση Neisser. Η απόχρωση ορισμένες φορές είναι πιο ανοιχτή ή μόνο ένα μέρος από το κύτταρο χρωματίζεται σκούρο.

6. Αποτελέσματα μικροσκοπικής έρευνας

6.1 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χανίων

Σύντομη Περιγραφή

Η εγκατάσταση επεξεργασίας Χανίων έχει σχεδιαστεί για την επεξεργασία αστικών λυμάτων που αντιστοιχούν σε 71.000 κατοίκους και βιομηχανικών αποβλήτων που αντιστοιχούν σε 9.000 κατοίκους, δηλαδή συνολικά εξυπηρετεί 80.000 ισοδύναμους κατοίκους.

Το έργο προβλέπει την επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργοποιημένης ιλύος. Επίσης προβλέπει την επεξεργασία της ιλύος με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης με παράλληλη αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για την απομάκρυνση του BOD₅ κατά 96% και των αιωρούμενων στερεών κατά 95%.

Ο αερισμός πραγματοποιείται σε δεξαμενές συνολικού όγκου 4500 m³. Τα λύματα από την πρωτοβάθμια καθίζηση οδηγούνται μαζί με την ανακυκλοφορία ιλύος σε δεξαμενή επιλογής που έχει σκοπό την αποφυγή ανάπτυξης ανεπιθύμητων νηματοειδών βακτηρίων, και από εκεί μέσω μεριστή ροής στις δεξαμενές αερισμού. Σε κάθε δεξαμενή υπάρχει ανοξική και αερόβια ζώνη. Τα λύματα οξυγονώνονται μέσω διαχυτήρων μεμβράνης λεπτής φυσαλλίδας που βρίσκονται στον πυθμένα των δεξαμενών. Έχουν τοποθετηθεί 1440 διαχυτήρες. Παράλληλα με την αφαίρεση του οργανικού φορτίου γίνεται και μερική νιτρικοποίηση-απονιτρικοποίηση.

Οι τιμές των παραμέτρων στη δεξαμενή αερισμού που σχετίζονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της ιλύος όπως ο δείκτης ιζήματος (SVI), το BOD στην είσοδο, τα αιωρούμενα στερεά (MLSS), το φορτίο ιλύος (SL), ο χρόνος παραμονής της ιλύος, η συγκέντρωση του οξυγόνου, η θερμοκρασία και το pH φαίνονται στον Πίνακα 1 (Παράρτημα).

Αποτελέσματα Μικροσκοπικής Ανάλυσης

Ο βιολογικός καθαρισμός Χανίων υπολογίστηκε να έχει φορτίο ιλύος 0.3 kg BOD/kg MLSS. day, τιμή που θεωρείται ότι βρίσκεται στο όριο μεταξύ της χαμηλής και της υψηλής φόρτισης. Η μορφολογία των flocs συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Flocs (σχεδόν) στρογγυλού σχήματος (φωτ. 1,2,3)
- Flocs συμπαγούς δομής (φωτ. 4,5,6)
- Flocs με μεγάλη συνεκτικότητα (φωτ. 7,8,9)

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά απαντώνται συνήθως όταν στη δεξαμενή αερισμού γίνεται χρήση διαχυτήρων πυθμένα και το φορτίο ιλύος είναι μικρότερο ή στην περιοχή του 0.3 kg BOD/kg MLSS. day, υποδεικνύοντας μία ικανοποιητική ταχύτητα καθίζησης. Λαμβάνοντας υπόψη τη μορφολογία των flocs σε συνδυασμό με το φορτίο ιλύος και το σύστημα αερισμού, τα flocs της συγκεκριμένης εγκατάστασης εντάσσονται στον τύπο 2. (Floc Type 2, φωτ. 10,11,12)

Στη συνέχεια, εξετάζεται ο πληθυσμός των νηματοειδών μικροοργανισμών (filamentous bacteria). Με τη βοήθεια του δείκτη Filament Index, που λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος του πληθυσμού των νηματοειδών και τα κατατάσσει σε κλίμακα από 0-5, αποδείχθηκε ότι ο αριθμός των filaments βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά πλαίσια (FI=2). Η πληροφορία αυτή συνεπάγεται ότι τα filaments δεν επηρεάζουν αρνητικά την ταχύτητα καθίζησης και επομένως δεν παρουσιάζεται πρόβλημα διογκωμένης ιλύος (Bulking Sludge). (φωτ. 13,14,15)

Πιο αναλυτικά, η μορφολογία των filaments συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Filaments ευθυτενή/ ελαφρώς κυρτά (φωτ. 16,17,18)
- Filaments με αυξημένη προσαρτημένη ανάπτυξη (φωτ. 19,20,21)
- Filaments με δισκοειδή κύτταρα (όπου ήταν δυνατή η διάκρισή τους) (φωτ. 22,23,24)

Σχετικά με τα αποτελέσματα των χρώσεων, διαπιστώθηκε ότι η ιλύς από το Βιολογικό Καθαρισμό των Χανίων αποτελείται αποκλειστικά από Gram αρνητικά (φωτ. 25,26,27) και Neisser θετικά βακτήρια (φωτ. 28,29,30). Τα Gram (-) βακτήρια είναι χαρακτηριστικά σχετικά υψηλού φορτίου ιλύος. Τα Neisser (+), τα οποία χρωματίστηκαν γκρι-βιολετί, είναι πιθανή ένδειξη για την ύπαρξη των νηματοειδών *Nostocoida limicola* ή Type 0092 ενώ δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη πολυφωσφορικών ή Bio-P βακτηρίων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε έντονη κινητικότητα στα δείγματα από πρωτόζωα και μετάζωα, γεγονός που εγγυάται την υψηλή καθαρότητα της εκροής, λόγω της απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών από τους συγκεκριμένους οργανισμούς. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε η ύπαρξη *Epistylis*, *Aspidisca*, *Arcella*, *Carchesium* και *Tardigrades*. (φωτ. 31,32,33,34,35)

Συμπερασματικά, ο έλεγχος της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού Χανίων με τη μικροσκοπική μέθοδο έδωσε αποτελέσματα που πιστοποιούν την ορθή λειτουργία του, χωρίς να διαφαίνονται πιθανά μελλοντικά προβλήματα.

6.2 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Ηρακλείου

Σύντομη Περιγραφή

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Ηρακλείου έχει σχεδιαστεί για 164.000 ισοδύναμους κατοίκους με ημερήσια ξηρή παροχή 30530 m³/ ημέρα, υγρή παροχή 47089 m³/ ημέρα και μέγιστη παροχή 3.336 m³ / hr. Τυπικές τιμές BOD και COD για την έξοδο είναι BOD: 16 mg/l και COD: 80 mg/l.

Η εγκατάσταση είναι εφοδιασμένη με γραμμή υγρών, γραμμή ιλύος και γραμμή βιοαερίου. Ο αερισμός πραγματοποιείται σε τέσσερις δεξαμενές, οι οποίες αποτελούν δύο παράλληλα υποσυστήματα συνολικού όγκου 5000 m³. Ταυτόχρονα, λαμβάνει χώρα πλήρης νιτρικοποίηση και απονιτρικοποίηση. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με ρότορες (επιφανειακός αερισμός) ενώ παράλληλα η εγκατάσταση είναι εξοπλισμένη με τη δεξαμενή ανοξικής-αναερόβιας επιλογής. Πρόκειται για μία δεξαμενή όπου γίνεται ανάμιξη της ανακυκλοφορούσας ιλύος και των λυμάτων που έρχονται από την πρωτοβάθμια καθίζηση, με στόχο την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της διογκωμένης ιλύος (bulking sludge).

Οι τιμές των παραμέτρων στη δεξαμενή αερισμού που σχετίζονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της ιλύος όπως ο δείκτης ιζήματος (SVI), το BOD στην είσοδο, τα αιωρούμενα στερεά (MLSS), το φορτίο ιλύος (SL), ο χρόνος παραμονής της ιλύος, η συγκέντρωση του οξυγόνου, η θερμοκρασία και το pH φαίνονται στον Πίνακα 1 (Παράρτημα).

Αποτελέσματα Μικροσκοπικής Έρευνας

Ο βιολογικός καθαρισμός Ηρακλείου υπολογίστηκε να έχει φορτίο ιλύος 0.35 kg BOD/kg MLSS. day, τιμή που θεωρείται ότι βρίσκεται στο όριο μεταξύ της χαμηλής και της υψηλής φόρτισης. Η μορφολογία των flocs συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Flocs ακανόνιστου σχήματος (φωτ. 37,38,39)
- Flocs ανοιχτής δομής (φωτ.40,41,42)
- Flocs με μικρή συνεκτικότητα (φωτ. 43,44,45)

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά απαντώνται συνήθως όταν στη δεξαμενή αερισμού γίνεται χρήση επιφανειακών αεριστήρων και το φορτίο ιλύος είναι μεγαλύτερο από 0.3 kg BOD/kg MLSS. day, υποδεικνύοντας μία μείωση της ταχύτητας καθίζησης. Λαμβάνοντας υπόψη τη μορφολογία των flocs σε συνδυασμό με το φορτίο ιλύος και το σύστημα αερισμού, τα flocs της συγκεκριμένης εγκατάστασης εντάσσονται στον τύπο 3. (Floc Type 3, φωτ. 46,47,48)

Στη συνέχεια, εξετάζεται ο πληθυσμός των νηματοειδών μικροοργανισμών (filamentous bacteria). Με τη βοήθεια του δείκτη Filament Index, που λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος του πληθυσμού των νηματοειδών και τα κατατάσσει σε κλίμακα από 0-5, αποδείχθηκε ότι ο αριθμός των filaments βρίσκεται σε σχετικά αυξημένα επίπεδα (FI=3). Η πληροφορία αυτή συνεπάγεται ότι τα filaments επηρεάζουν αρνητικά την ταχύτητα καθίζησης και επομένως είναι δυνατό να παρουσιαστούν προβλήματα διογκωμένης ιλύος (Bulking Sludge) ή αφρού (Scum). (φωτ. 49,50,51)

Πιο αναλυτικά, η μορφολογία των filaments συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Filaments ευθυτενή/ ελαφρώς κυρτά (φωτ. 52,53,54)
- Filaments με μικρή προσαρτημένη ανάπτυξη (φωτ. 55,56,57)

Σχετικά με τα αποτελέσματα των χρώσεων, διαπιστώθηκε ότι η ιλύς από το Βιολογικό Καθαρισμό του Ηρακλείου αποτελείται αποκλειστικά από Gram αρνητικά (φωτ. 58,59,60) και Neisser θετικά βακτήρια (φωτ. 61,62,63). Τα Gram (-) βακτήρια είναι χαρακτηριστικά σχετικά υψηλού φορτίου ιλύος. Τα Neisser (+), τα οποία χρωματίστηκαν γκρι-βιολετί, είναι πιθανή ένδειξη για την ύπαρξη των νηματοειδών

Nostocoida limicola ή Type 0092 ενώ δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη πολυφωσφορικών ή Bio-P βακτηρίων.

Σε σύγκριση με τον βιολογικό καθαρισμό Χανίων, η παρουσία των πρωτόζωων και των μεταζώων ήταν αισθητά μειωμένη, καθώς τα περισσότερα αναπτύσσονται σε χαμηλότερα φορτία ιλύος. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε η ύπαρξη *Aspidisca*, *Arcella* και *Tardigrades*. (φωτ. 64,65,66)

Συμπερασματικά, ο έλεγχος της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου με τη μικροσκοπική μέθοδο έδωσε αποτελέσματα που υποδεικνύουν πιθανά προβλήματα. Η παρουσία μικρών flocs, απόρροια του επιφανειακού συστήματος αερισμού που καταστρέφει τα μεγάλα σε μέγεθος, είναι πιθανό να επηρεάσει αρνητικά τη ποιότητα του νερού στην εκροή, καθώς αυτά είναι δύσκολο να διαχωριστούν. Επιπλέον, η ισχυρή παρουσία των νηματοειδών μικροοργανισμών αποτελεί δείκτη για πιθανά προβλήματα διογκωμένης ιλύος και αφρού στη δεξαμενή αερισμού ή/ και στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Τα παραπάνω φαινόμενα αυξάνουν το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης και απαιτούν εξειδικευμένες τεχνικές για την εξάλειψή τους.

6.3 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Βιομηχανικών Αποβλήτων Ηρακλείου

Σύντομη Περιγραφή

Ο βιολογικός καθαρισμός της βιομηχανικής περιοχής του Ηρακλείου εξυπηρετεί 180 επιχειρήσεις, από τις οποίες αυτές που αποφέρουν τα πιο σημαντικά φορτία είναι 3 σταφιδεργοστάσια, 3 βιομηχανικά πλυντήρια ρούχων, 1 ζαχαροπλαστείο, 1 εργοστάσιο αναψυκτικών και 25 catering.

Η συνολική ημερήσια παροχή ανέρχεται σε 1200m³ και τα λύματα οδηγούνται χωρίς προεπεξεργασία στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η ισχύς που καταναλώνεται είναι 150 kw για 24hr .

Ο αερισμός πραγματοποιείται σε δύο δεξαμενές, η μεγαλύτερη όγκου 5000m³ και η μικρότερη 700m³. Αυτό που αξίζει πραγματικά να σημειωθεί είναι το καινοτόμο σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται στον εν λόγω βιολογικό. Πρόκειται

για ένα πατενταρισμένο σύστημα στατικού αερισμού, όπου οι διαχυτήρες αέρα είναι κατασκευασμένοι από έναν πύργο πλαστικών δαχτύλων με ειδικά διαφράγματα. Τα ακίνητα διαφράγματα διασπούν τις μεγάλες φυσαλίδες του αέρα ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται ο χρόνος επαφής του αέρα με το νερό, ώστε τελικά να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις.

Οι τυπικές τιμές BOD και COD είναι για την είσοδο BOD: 5182 mg/l και COD: 2017 mg/l, ενώ για την έξοδο BOD: 93 mg/l και COD: 30 mg/l . Επιπλέον τιμές σημαντικών παραμέτρων στη δεξαμενή αερισμού φαίνονται στον Πίνακα 1 (Παράρτημα). Ένα ατύχημα όμως, 15 ημέρες πριν τη συλλογή των δειγμάτων από την δεξαμενή αερισμού, είχε σαν αποτέλεσμα την εισροή 10tn μαζούτ στην εγκατάσταση, αλλάζοντας τις ισορροπίες.

Αποτελέσματα Μικροσκοπικής Ανάλυσης

Ο βιολογικός καθαρισμός της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου αποτελεί ιδιόμορφη περίπτωση μελέτης, αφενός γιατί η ιλύς από βιομηχανικά απόβλητα επιδεικνύει πολλές παραλλαγές στη μορφολογία των flocs και δεν μπορεί εύκολα να κατηγοριοποιηθεί και αφετέρου γιατί η συγκεκριμένη εγκατάσταση κάνει χρήση πρότυπου συστήματος αερισμού, με άγνωστες επιπτώσεις στα flocs. Υπό τυπικές συνθήκες λειτουργίας, το φορτίο ιλύος υπολογίστηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα 0.07 kg BOD/kg MLSS. day. Η περίοδος της δειγματοληψίας όμως συνέπεσε με το ατύχημα των 10tn μαζούτ, με αποτέλεσμα η τιμή των MLSS να εκτιναχθεί στη τιμή 17000mg/l.

Η μορφολογία των flocs συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Flocs ακανόνιστου σχήματος (φωτ. 67,68,69)
- Flocs ανοιχτής δομής (φωτ. 70,71,72)
- Flocs με μεγάλη συνεκτικότητα (φωτ. 73,74,75)
- Flocs με έντονο καφέ χρώμα (πίσσα) (φωτ. 79,80)

Δεχόμενοι τις διαφοροποιήσεις λόγω των ειδικών συνθηκών, τα flocs της συγκεκριμένης εγκατάστασης εντάσσονται στον τύπο 3. (Floc Type 3, φωτ. 76,77,78)

Στη συνέχεια, εξετάζεται ο πληθυσμός των νηματοειδών μικροοργανισμών (filamentous bacteria). Με τη βοήθεια του δείκτη Filament Index, που λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος του πληθυσμού των νηματοειδών και τα

εντάσσει σε κλίμακα από 0-5, αποδείχθηκε ότι ο αριθμός των filaments βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά πλαίσια ($FI=2$). Η πληροφορία αυτή συνεπάγεται ότι τα filaments δεν επηρεάζουν αρνητικά την ταχύτητα καθίζησης και επομένως δεν παρουσιάζεται πρόβλημα διογκωμένης ιλύος (Bulking Sludge). (φωτ. 81,82,83)

Πιο αναλυτικά, η μορφολογία των filaments συνοψίζεται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Filaments κυρτά/ σπειρωειδή (φωτ. 84,85,86)
- Filaments με μεγάλη προσαρτημένη ανάπτυξη (φωτ. 87,88,89)

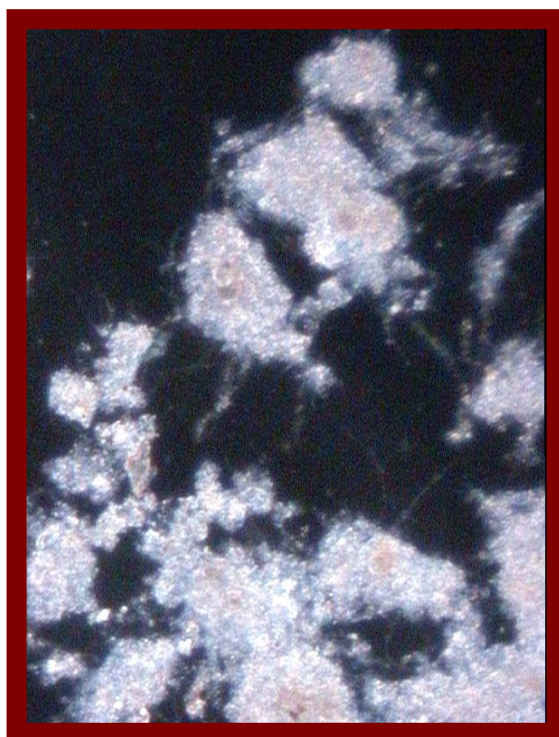
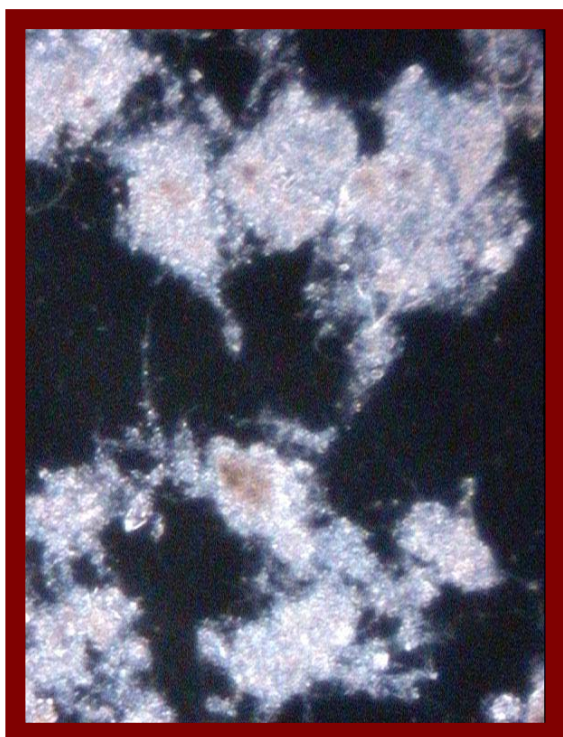
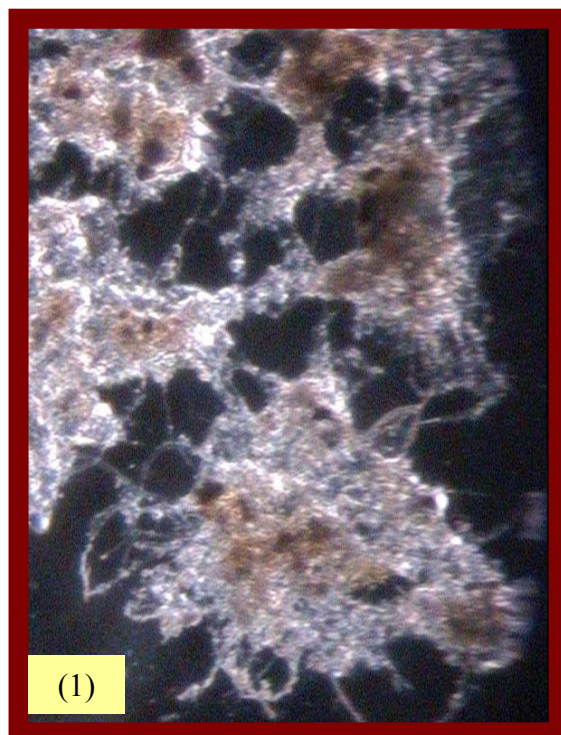
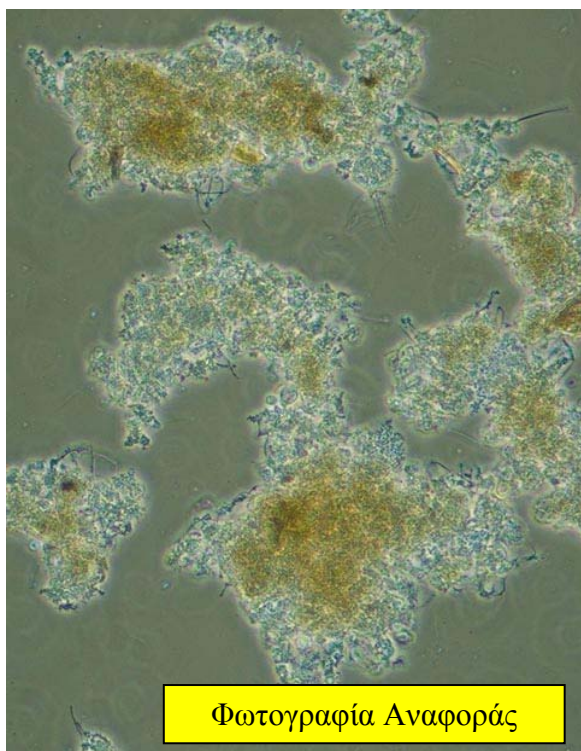
Σχετικά με τα αποτελέσματα των χρώσεων, διαπιστώθηκε ότι η ιλύς αποτελείται αποκλειστικά από Gram αρνητικά (φωτ. 90,91,92) και Neisser θετικά βακτήρια (φωτ.93,94,95). Τα Gram (-) βακτήρια είναι χαρακτηριστικά σχετικά υψηλού φορτίου ιλύος. Τα Neisser (+), τα οποία χρωματίστηκαν γκρι-βιολετί, είναι πιθανή ένδειξη για την ύπαρξη των νηματοειδών *Nostocoida limicola* ή Type 0092 ενώ δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη πολυφωσφορικών ή Bio-P βακτηρίων.

Μηδενική ήταν η παρουσία πρωτόζωων και μεταζώων, που λογικό ήταν να μην επιβιώσουν στην δραματική αλλαγή του περιβάλλοντος.

Συμπερασματικά, ο έλεγχος της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου με τη μικροσκοπική μέθοδο απέδωσε ως ένα βαθμό την επίδραση του ατυχήματος στη λειτουργία του.

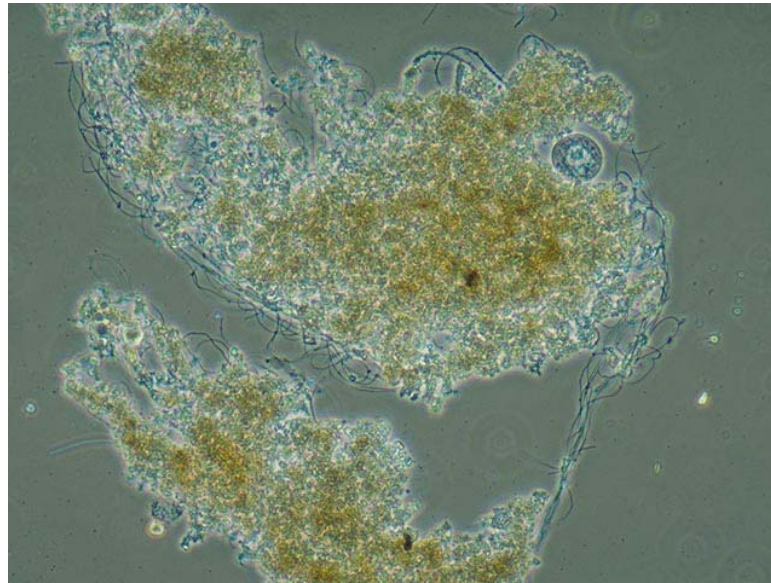
6.4 Φωτογραφικό υλικό

Σχήμα των *flocs* στο ρογυλό



Διάγραμμα 2: Σύγκριση κλκλκλκλκ Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων **Χανίων**

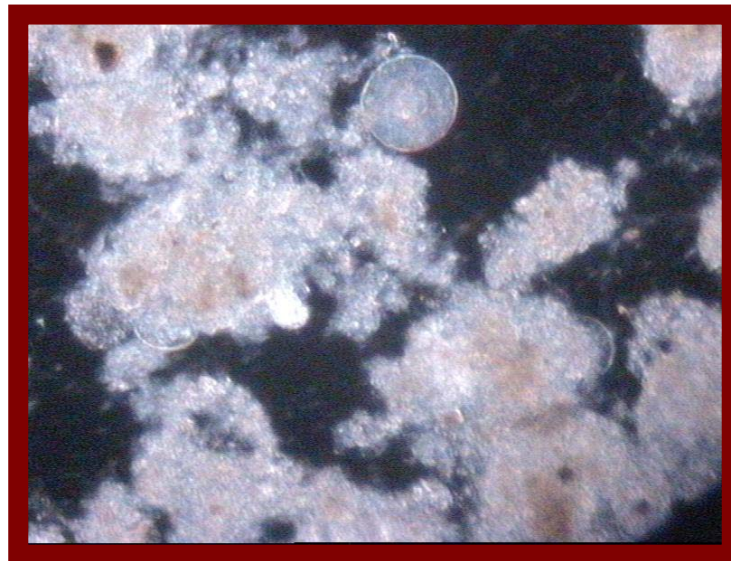
Δομή των *flocs*
• συμπαγής



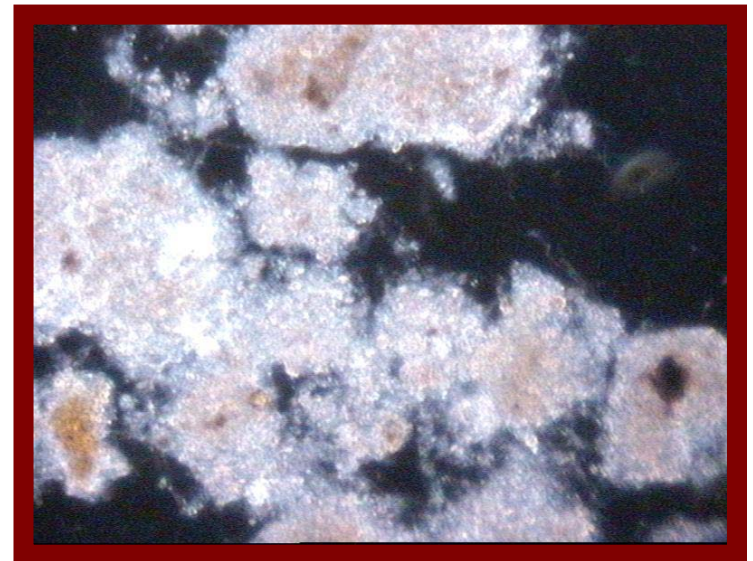
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.4



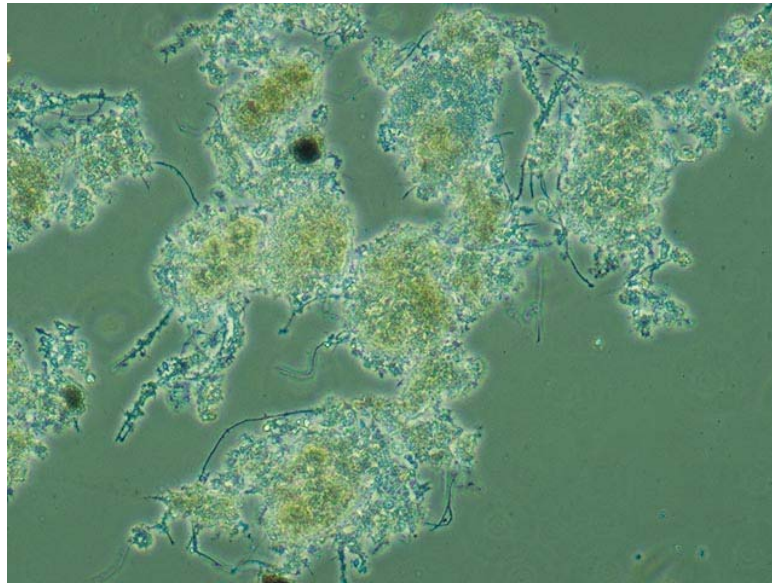
Φωτ.5



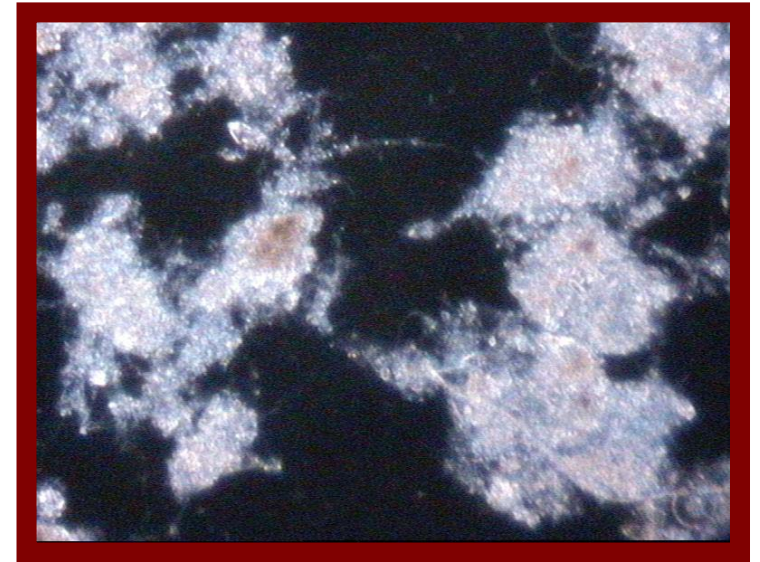
Φωτ.6

Συνεκτικότητα των
flocs

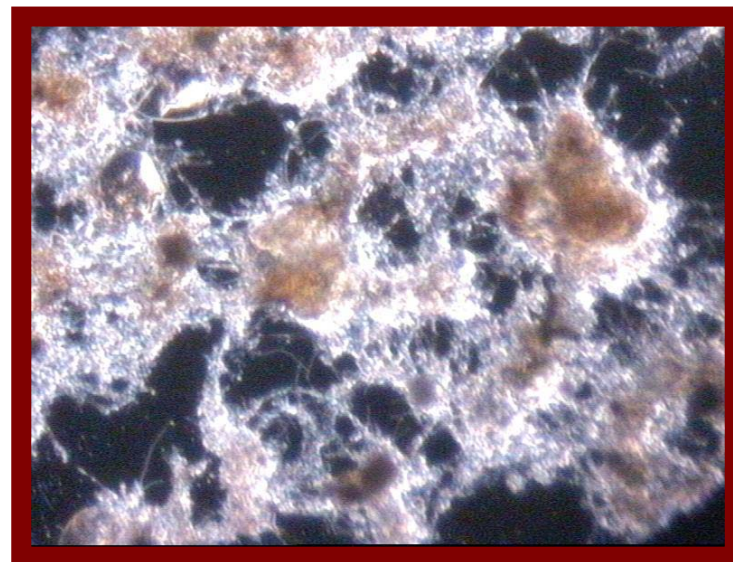
- μεγάλη



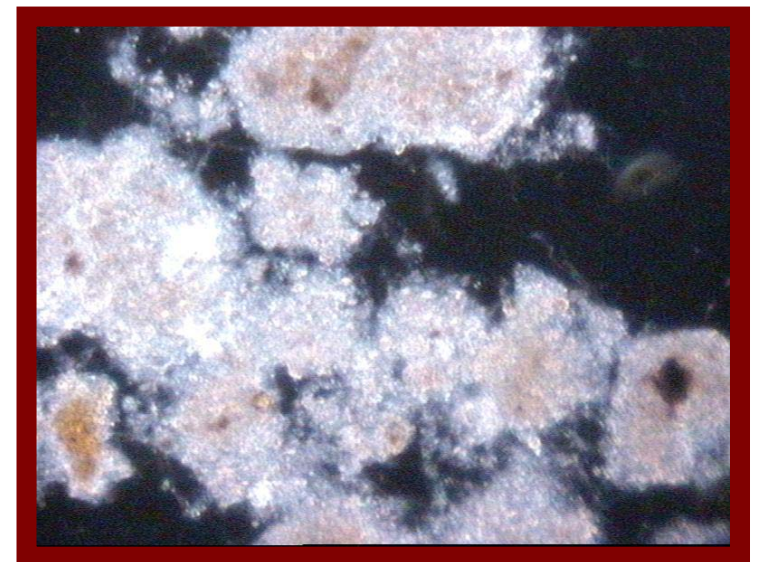
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.7



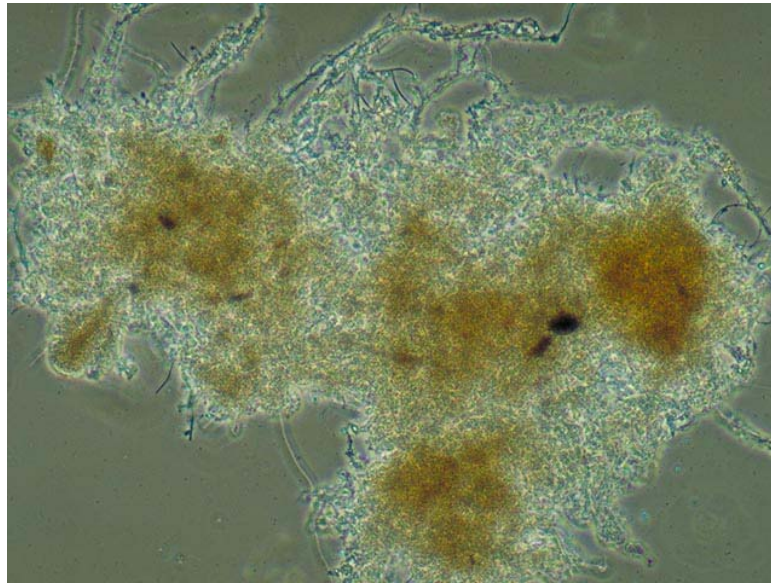
Φωτ.8



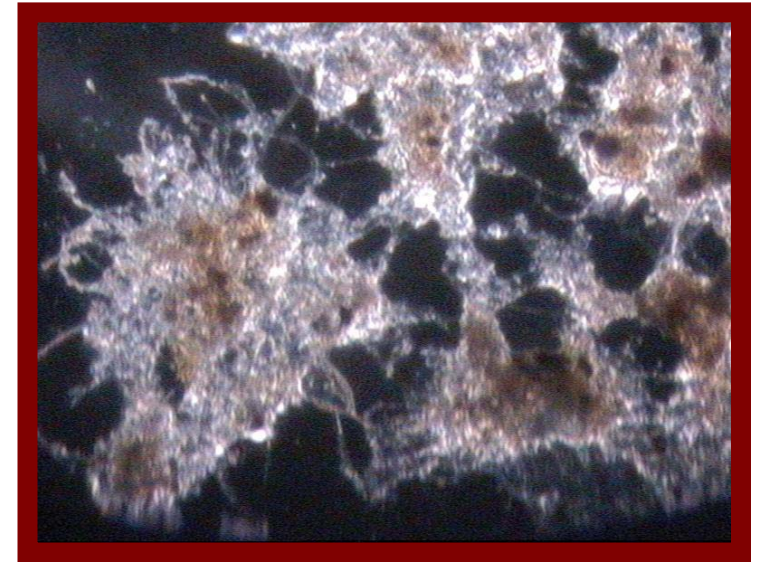
Φωτ.9

Τύπος floc

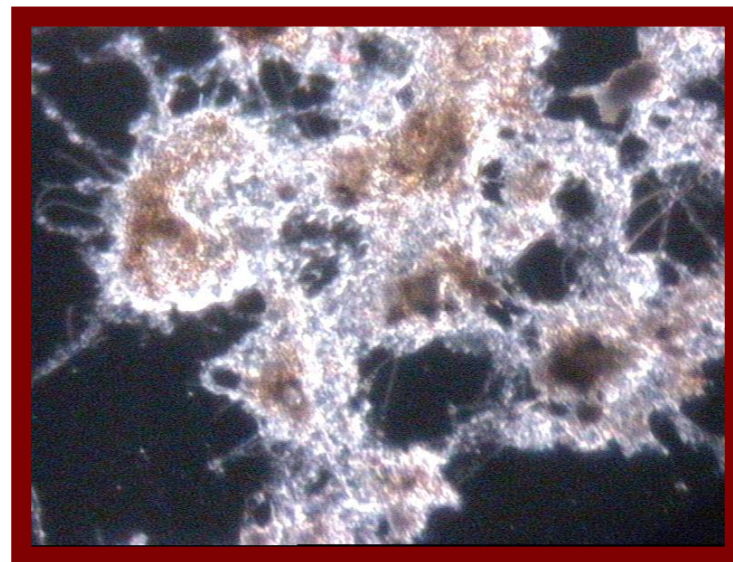
- Floc Type 2



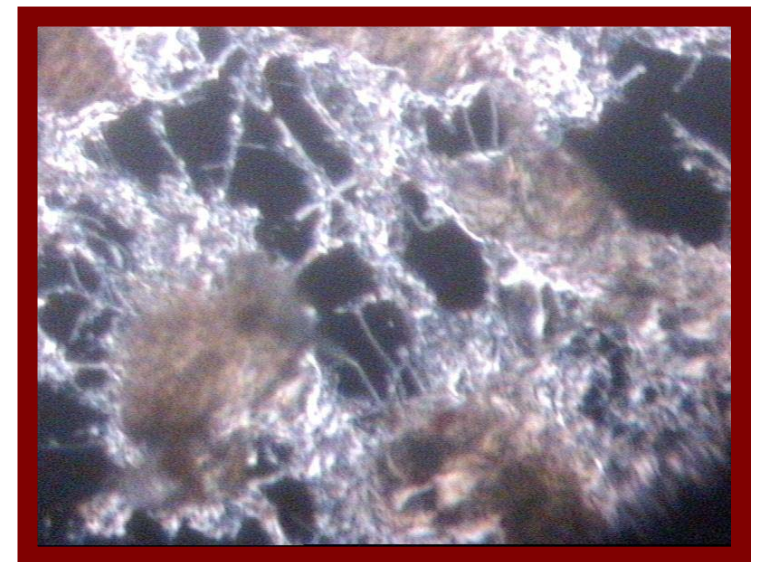
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.10



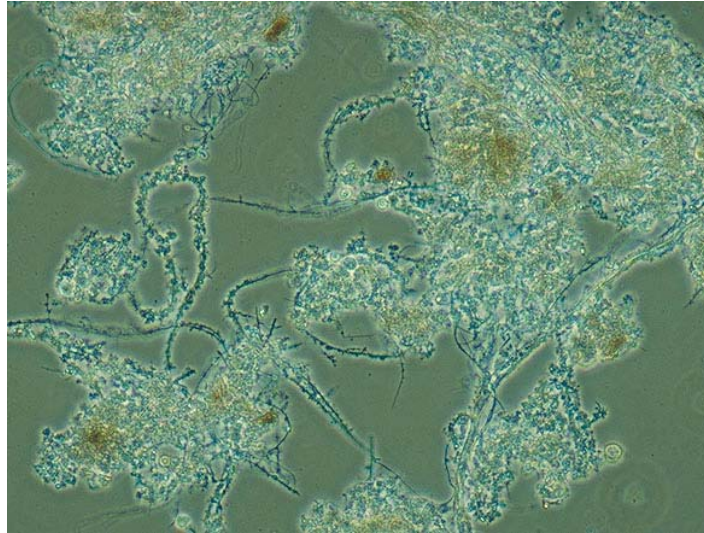
Φωτ.11



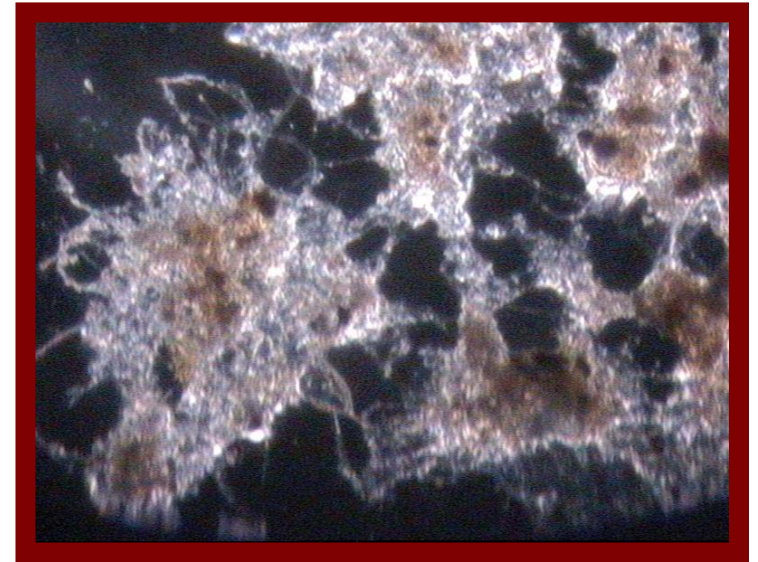
Φωτ.12

Δείκτης filament

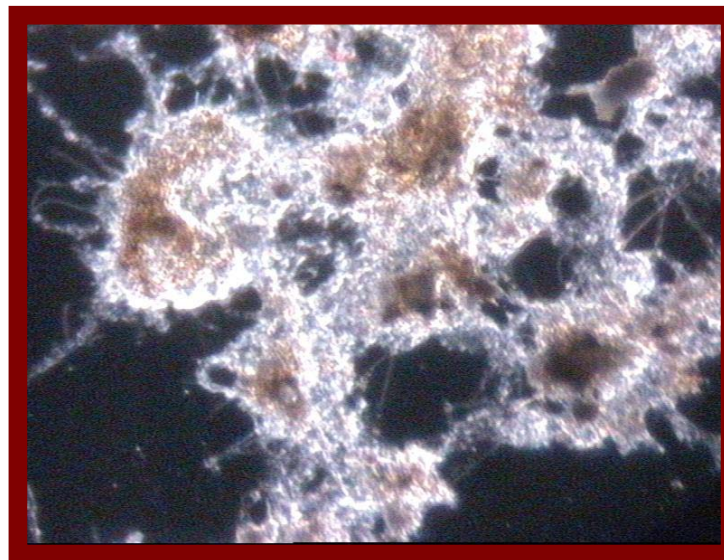
- FI= 2



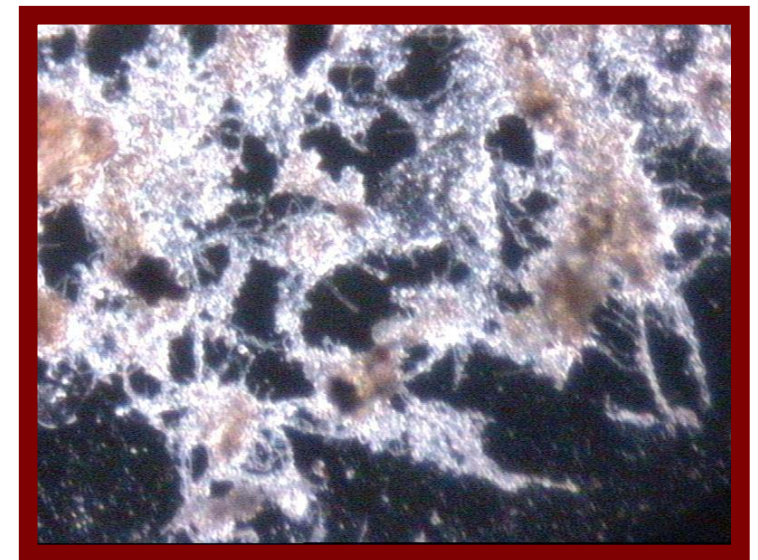
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.13



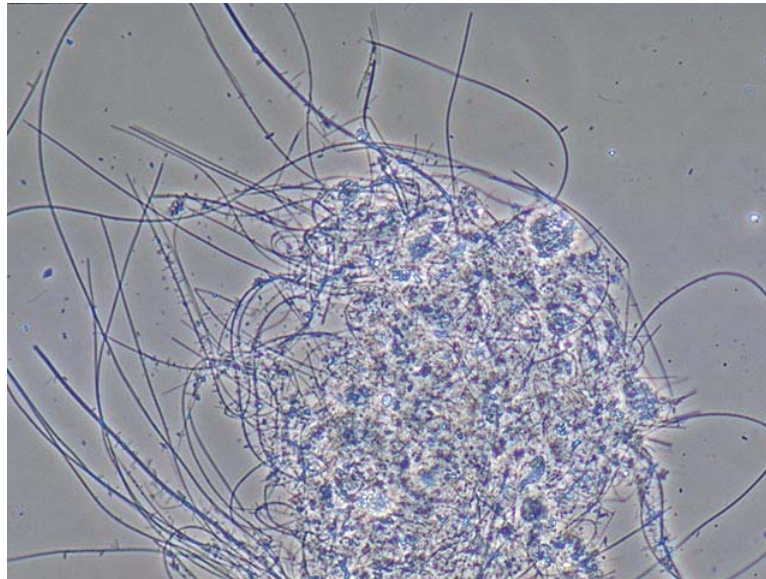
Φωτ.14



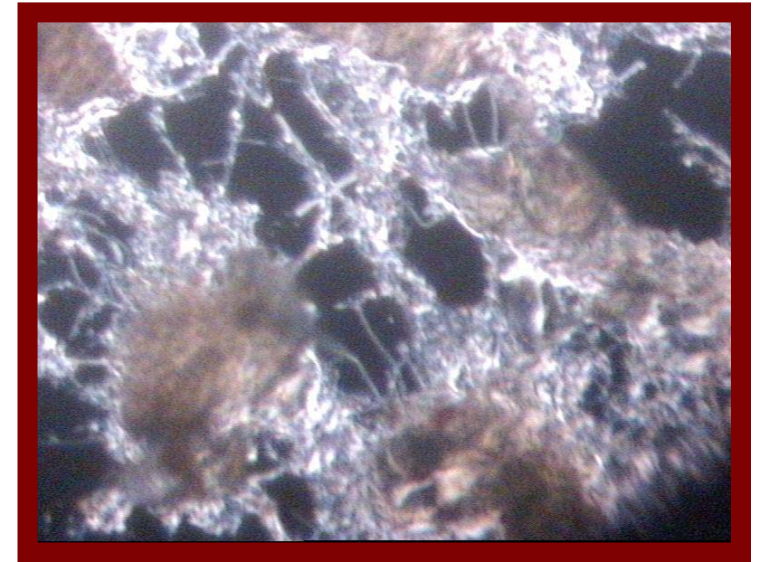
Φωτ.15

Σχήμα των
filaments

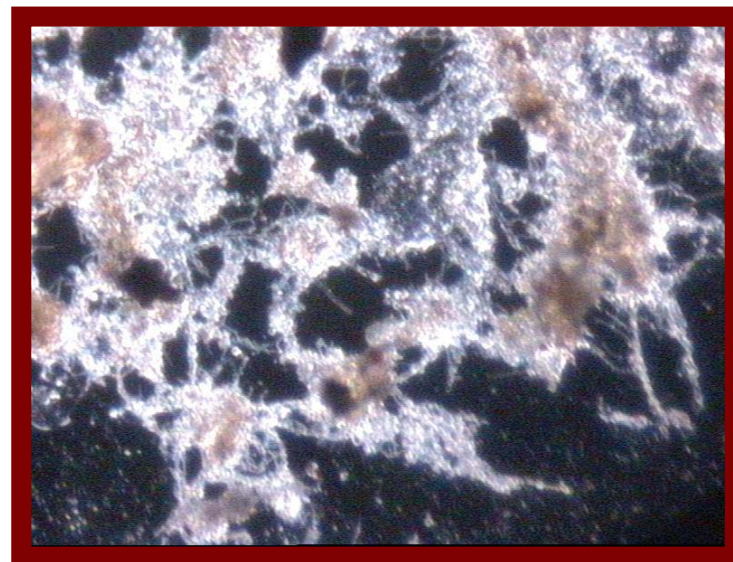
- ελαφρώς
κυρτά



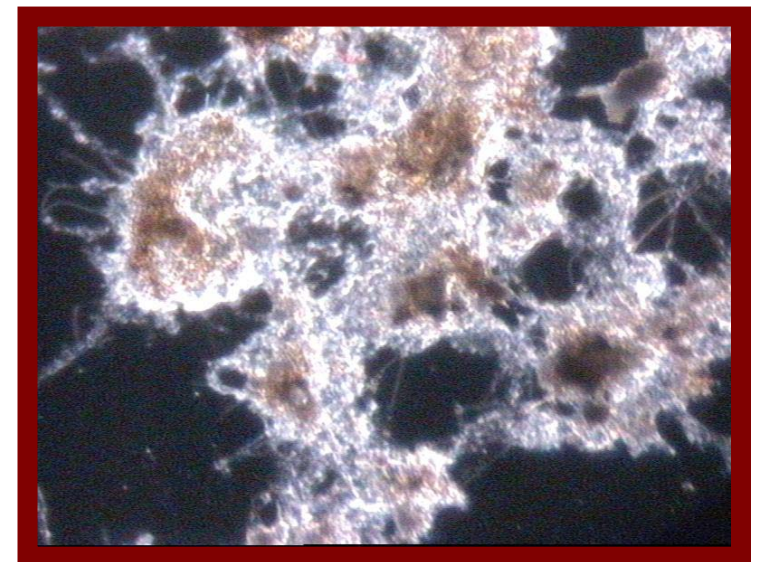
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.16



Φωτ.17



Φωτ.18

*Προσαρτημένη
Ανάπτυξη*

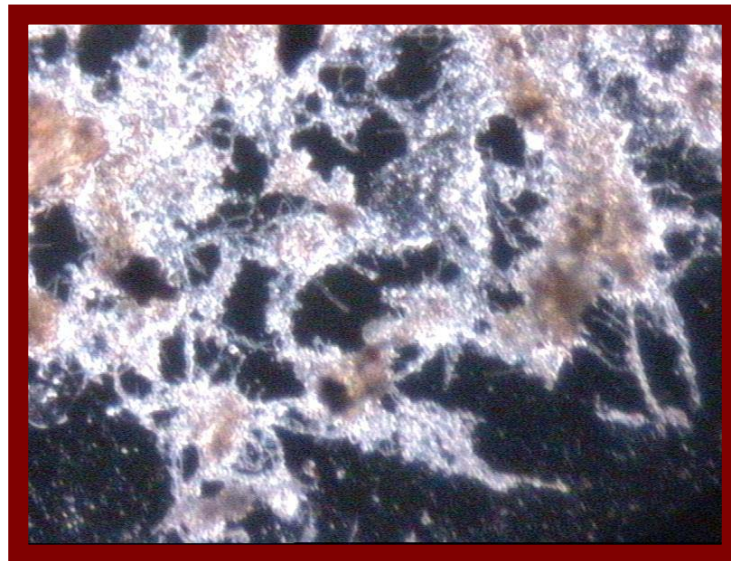
- μεγάλη



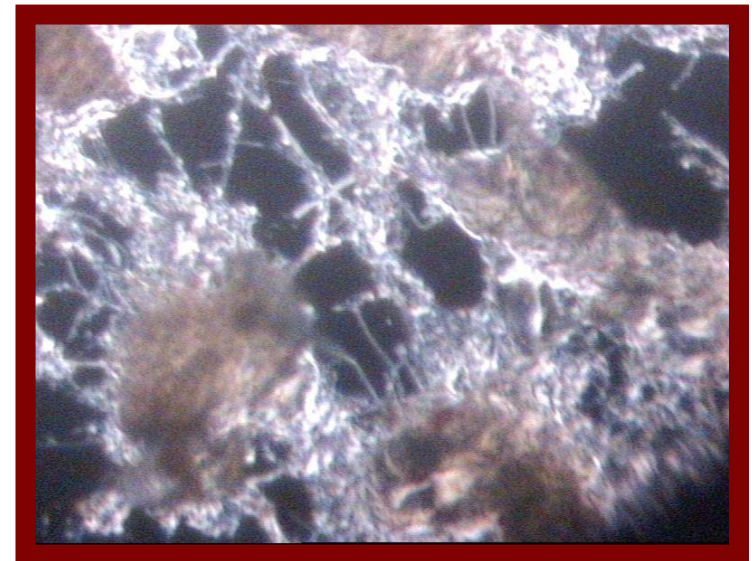
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.19



Φωτ.20



Φωτ.21

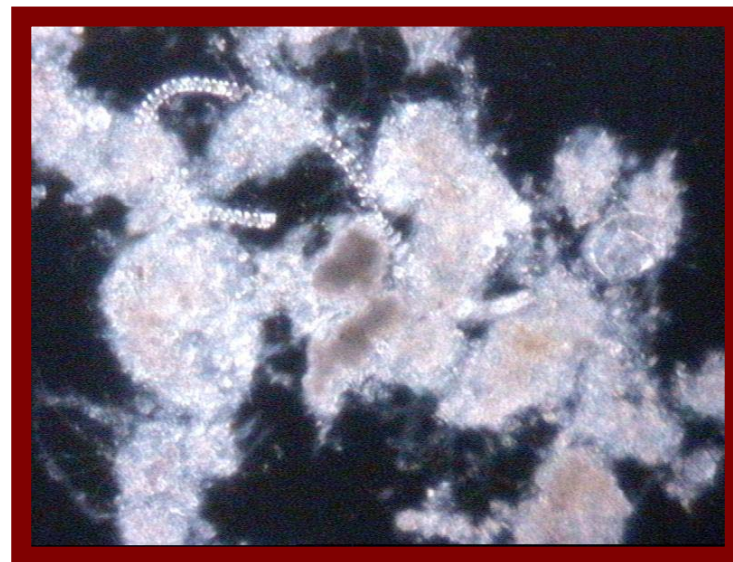
Σχήμα κυττάρων
• δισκοειδές



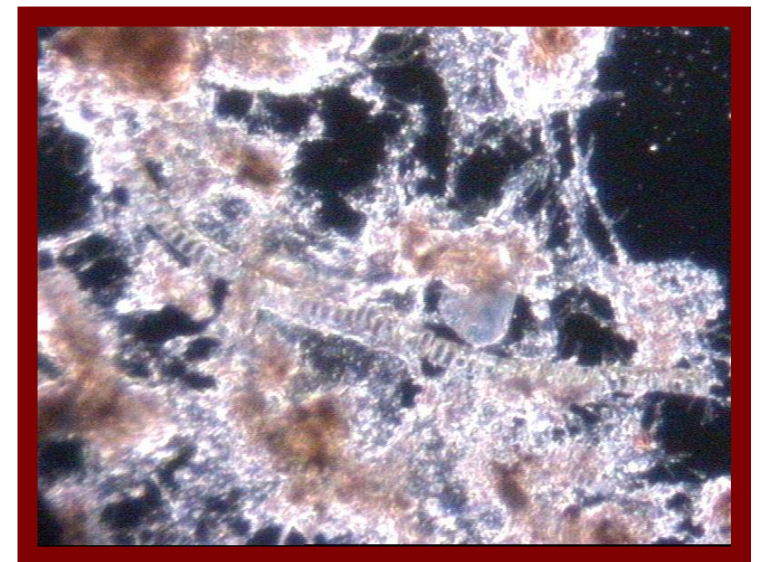
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.22



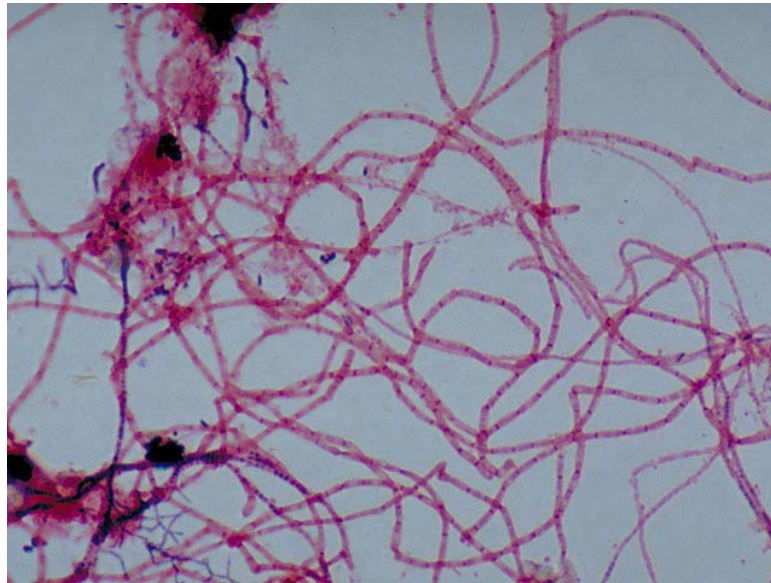
Φωτ.23



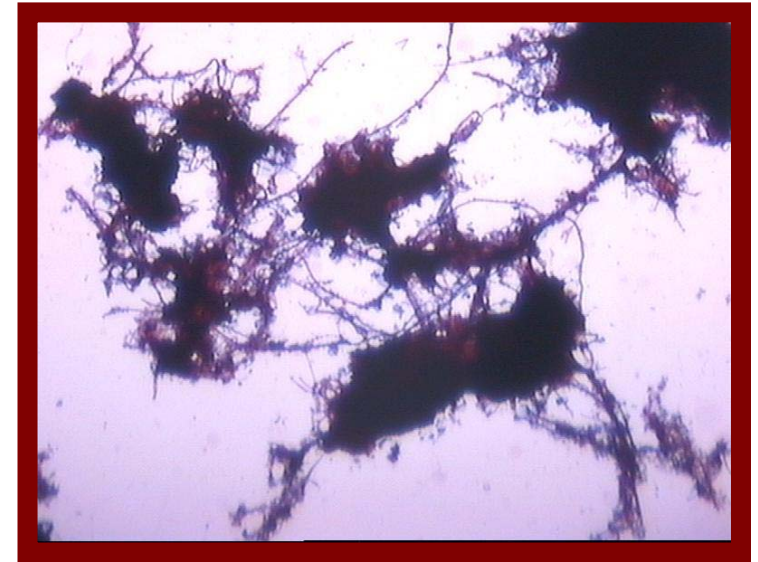
Φωτ.24

Χρώση Gram

- Gram (-)



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.25

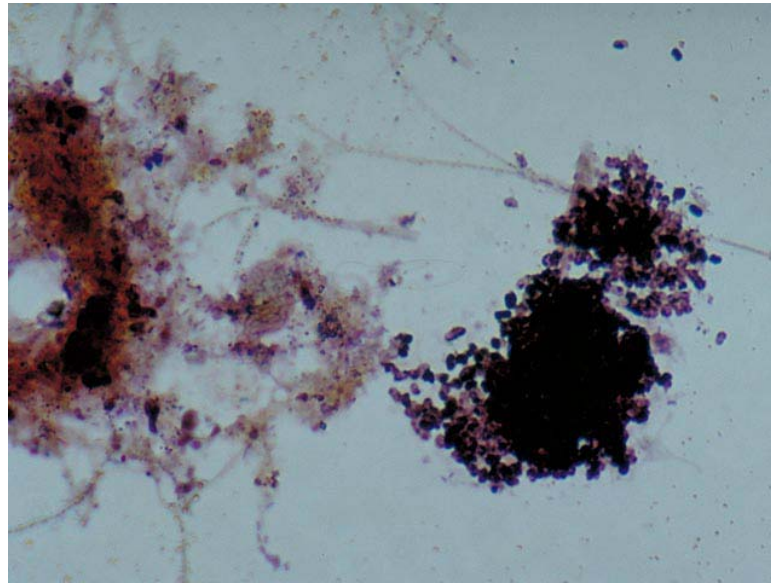


Φωτ.26



Φωτ.27

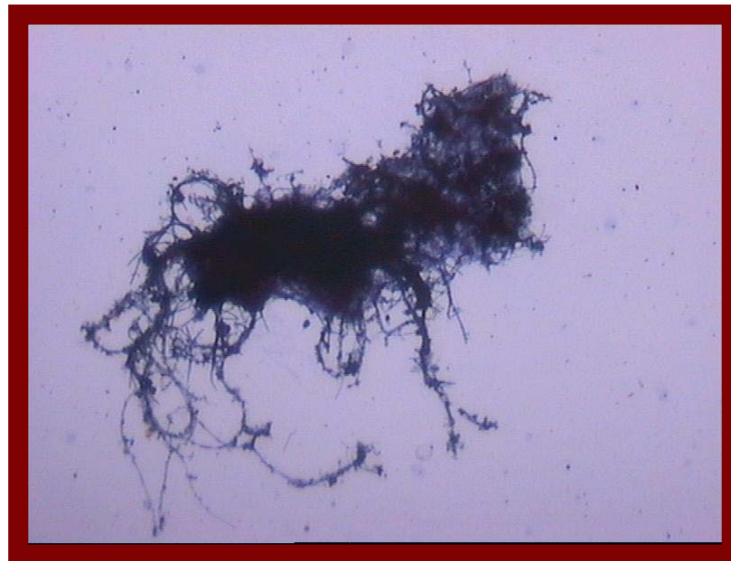
Χρώση Neisser
• Neisser (+)



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.28



Φωτ.29



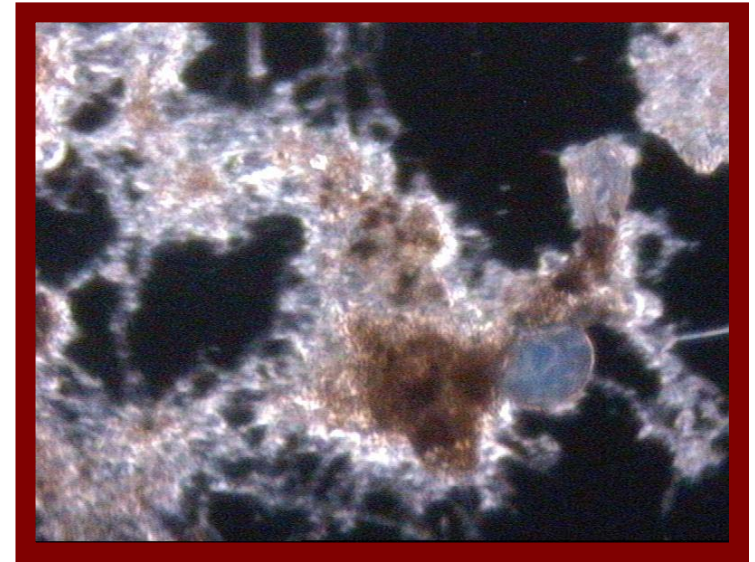
Φωτ.30

Πρωτόζωα

- **Arcella**



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.31

- **Epistylis**



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.32

Πρωτόζωα

- **Carchesium**

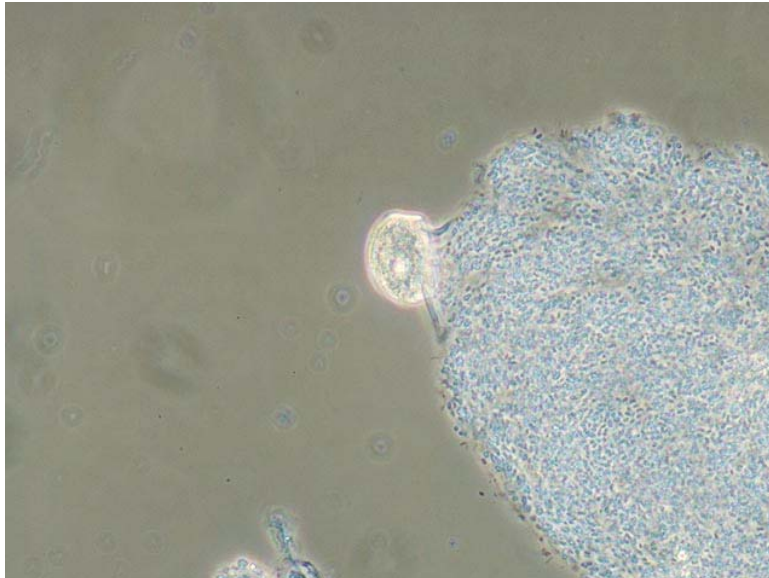


Φωτογραφία Αναφοράς

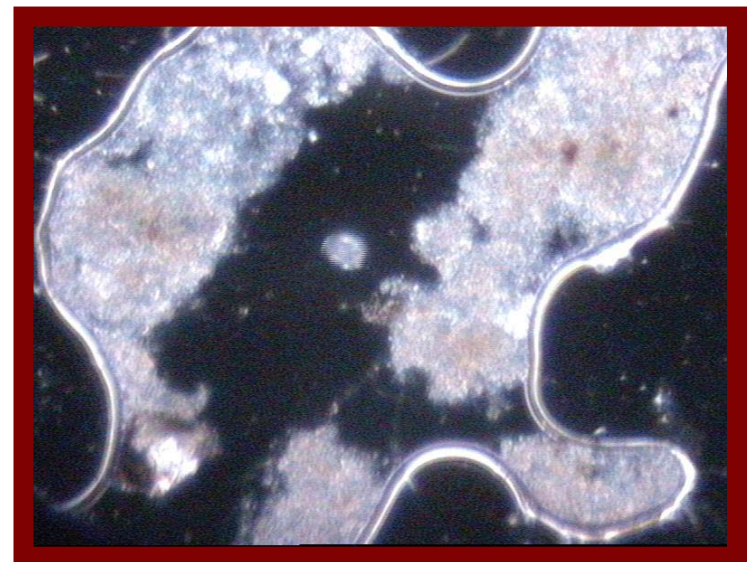


Φωτ.33

- **Aspidisca**



Φωτογραφία Αναφοράς



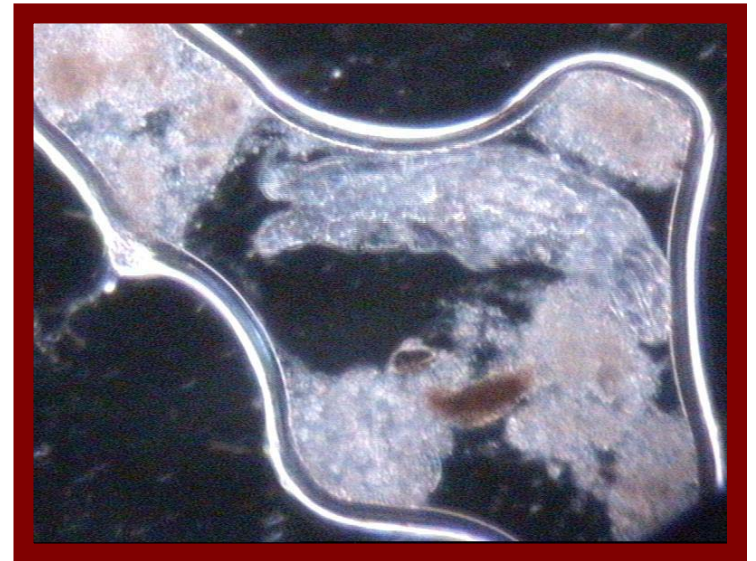
Φωτ.34

Μετάζωα

- Tardigrades



Φωτογραφία Αναφοράς



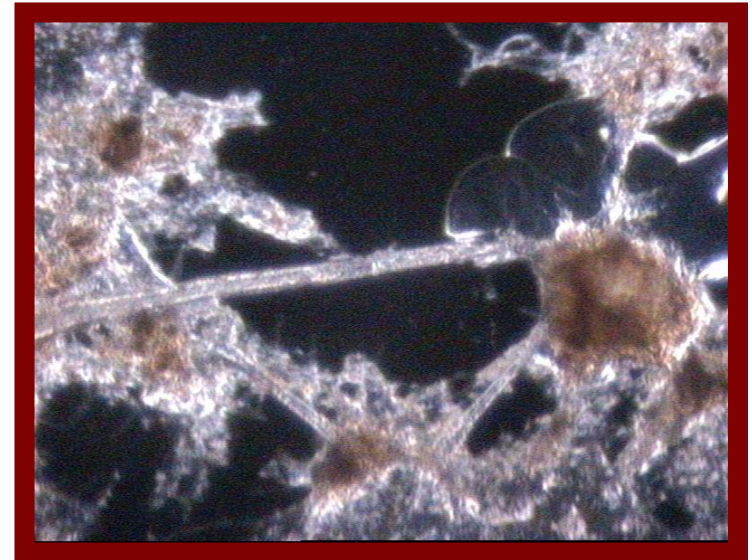
Φωτ.35

Οργανικά μόρια

- ίνες

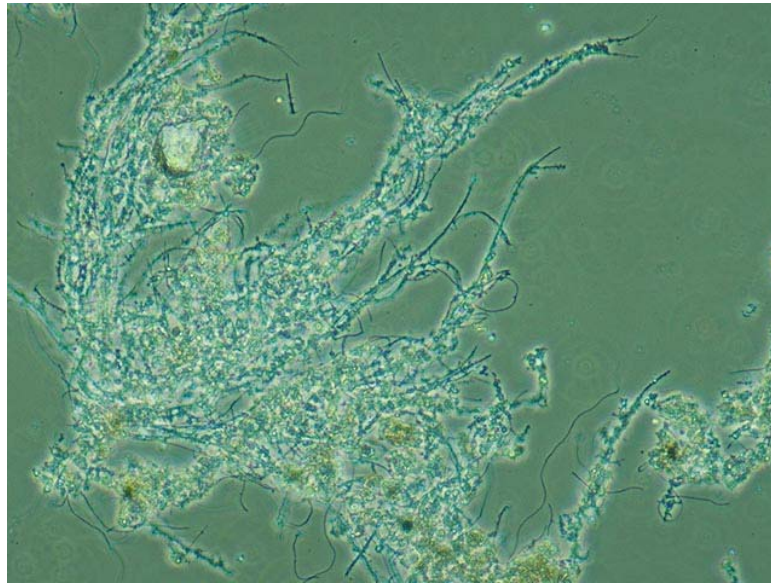


Φωτογραφία Αναφοράς

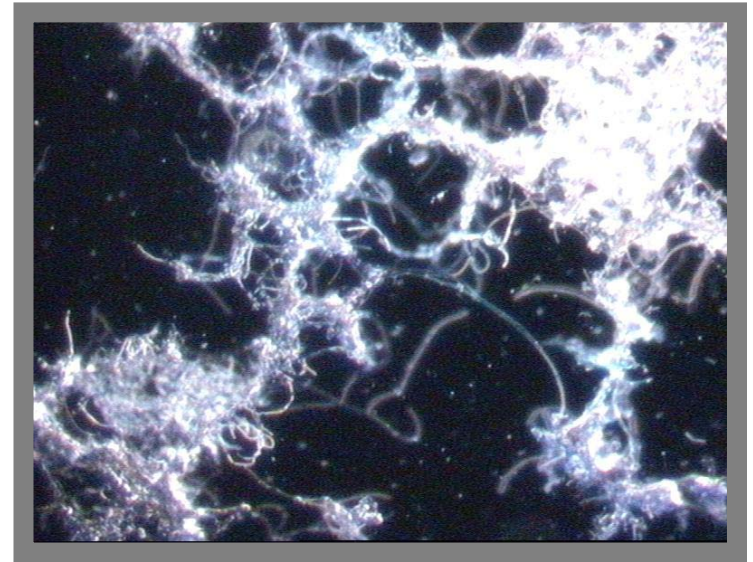


Φωτ.36

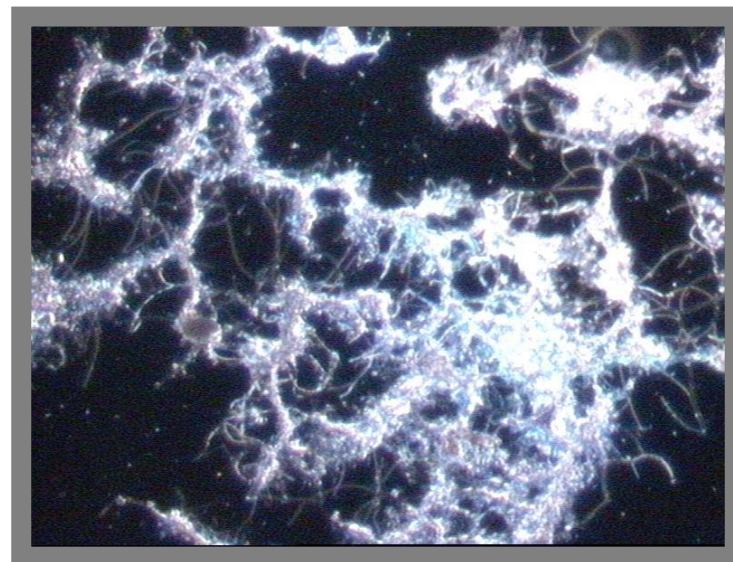
Σχήμα των flocs
• ακανόνιστο



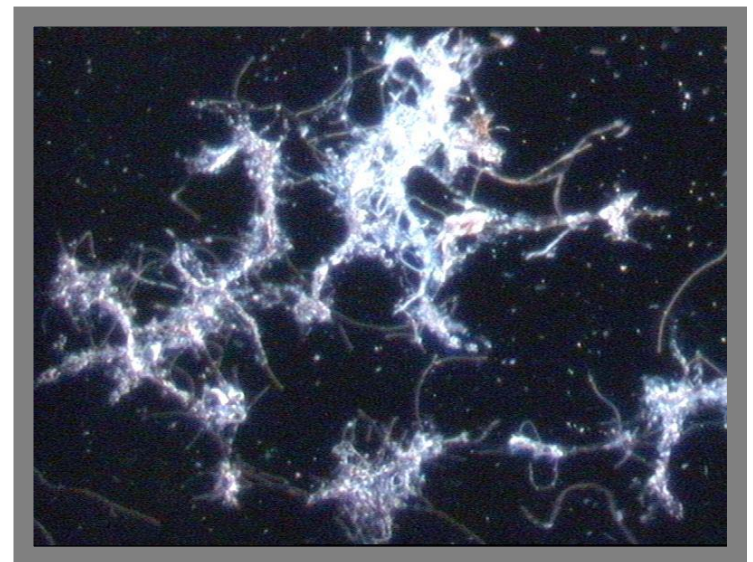
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.37



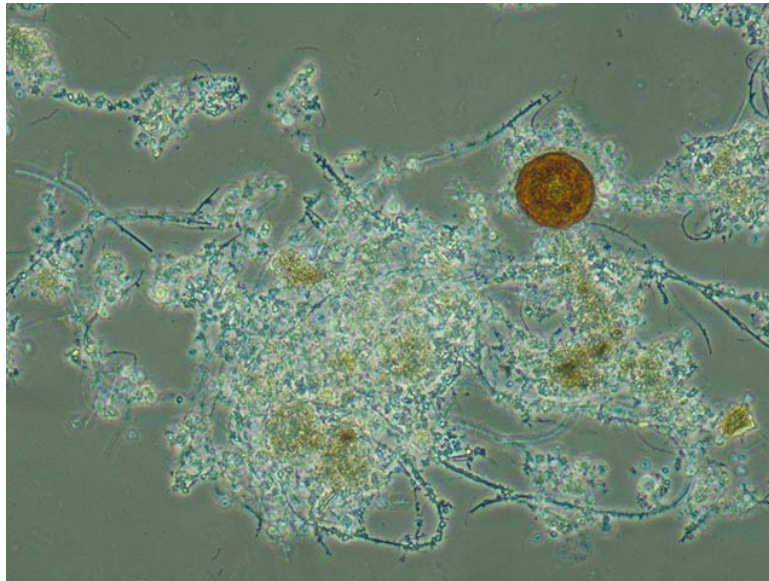
Φωτ.38



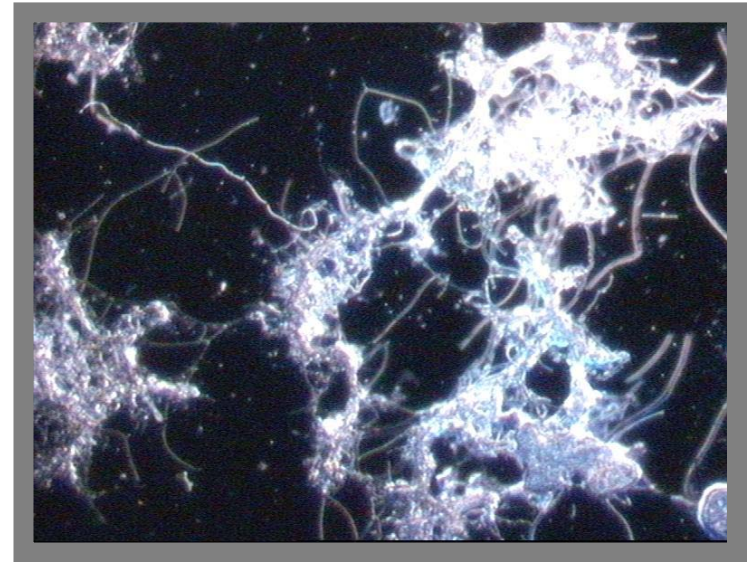
Φωτ.39

Δομή των *flocs*

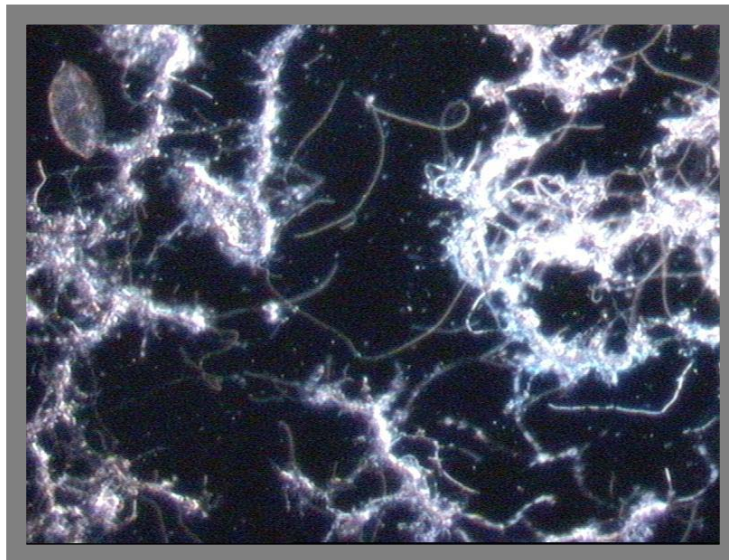
- ανοιχτή



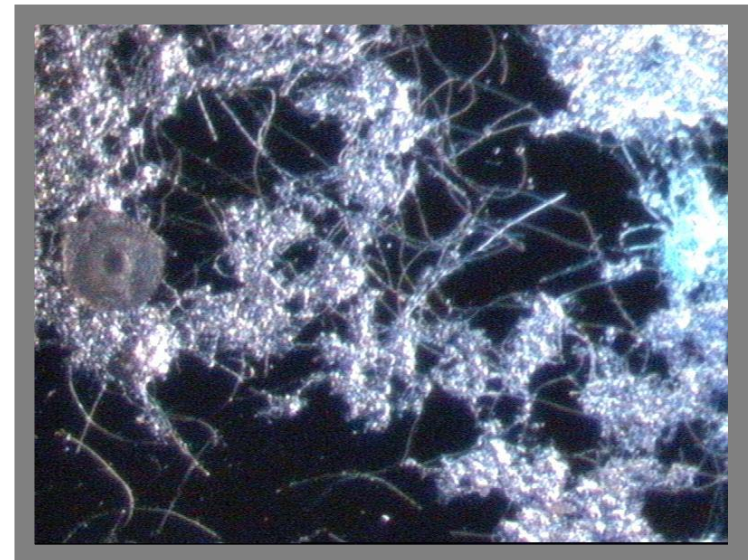
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.40



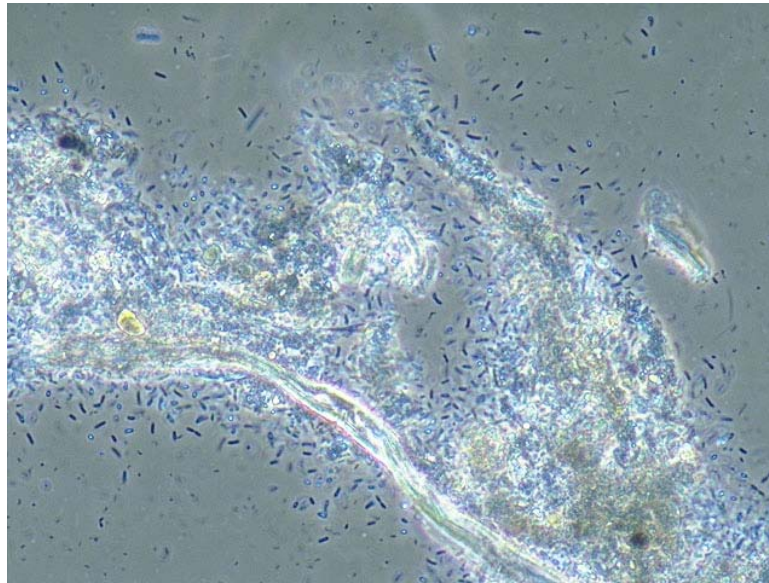
Φωτ.41



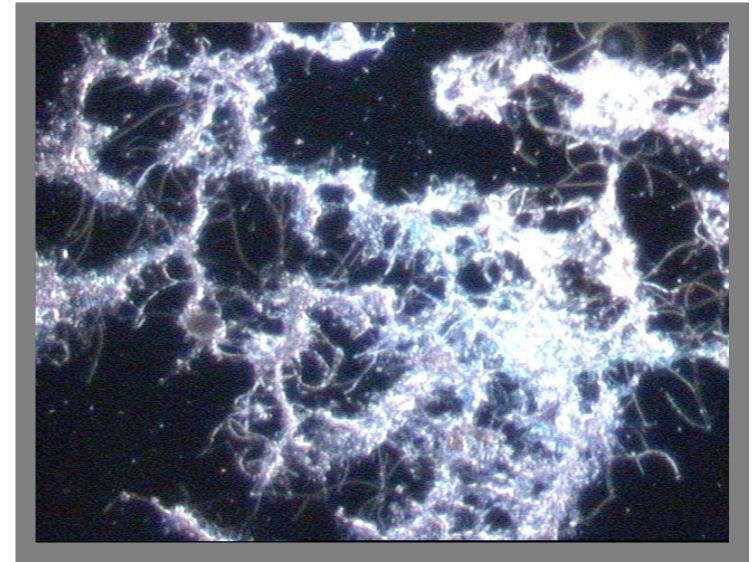
Φωτ.42

Συνεκτικότητα των
flocs

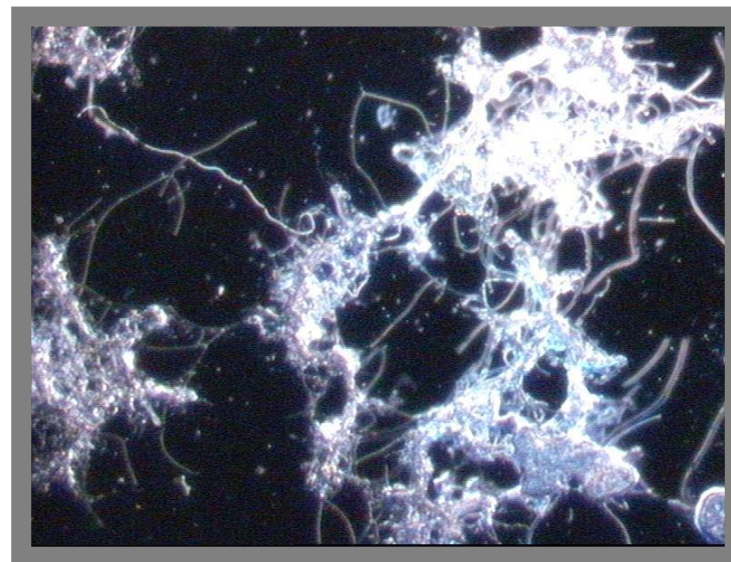
- μικρή



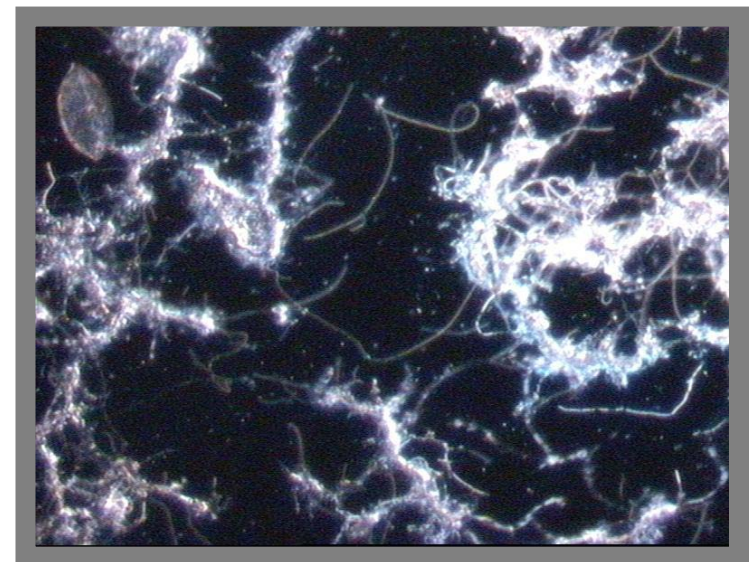
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.43



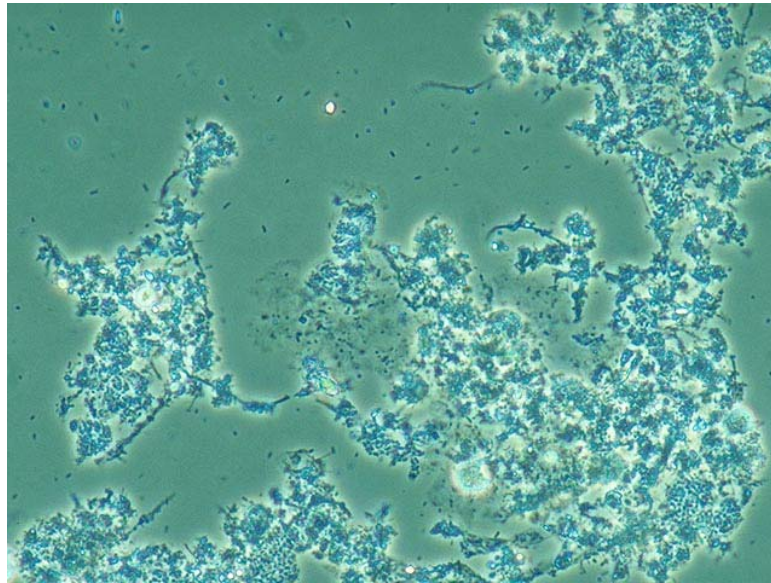
Φωτ.44



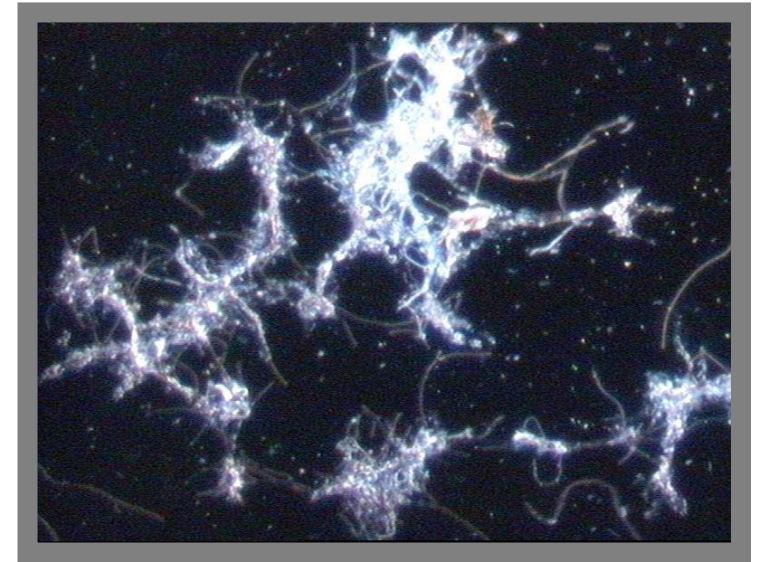
Φωτ.45

Τύπος floc

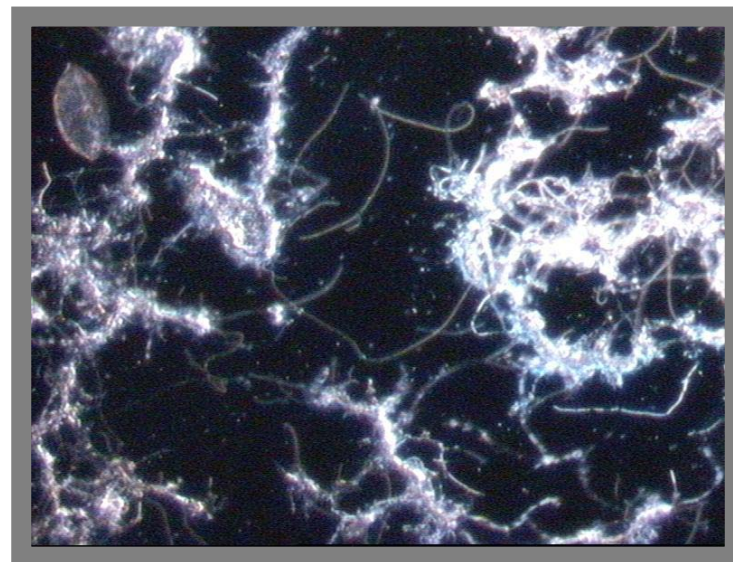
- Floc Type 3



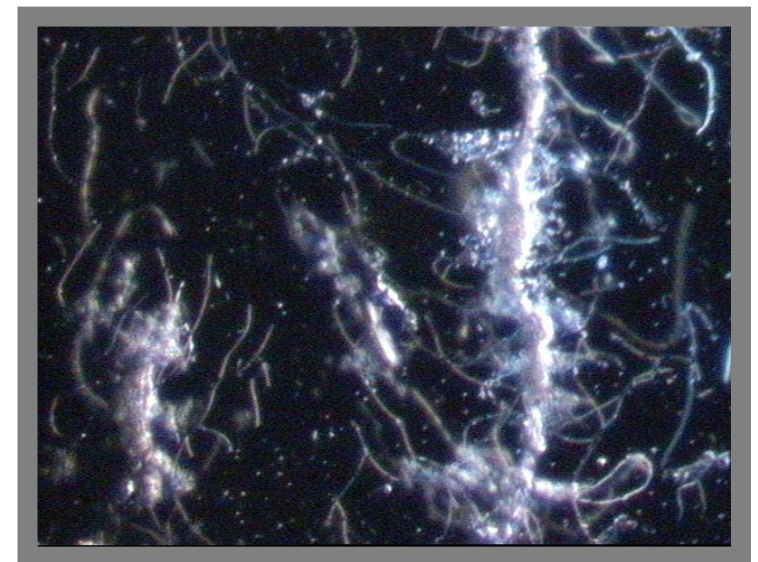
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.46



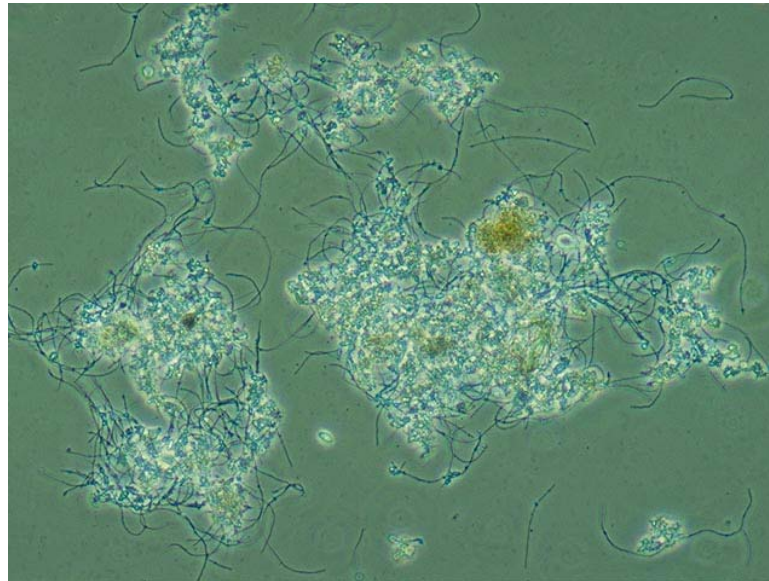
Φωτ.47



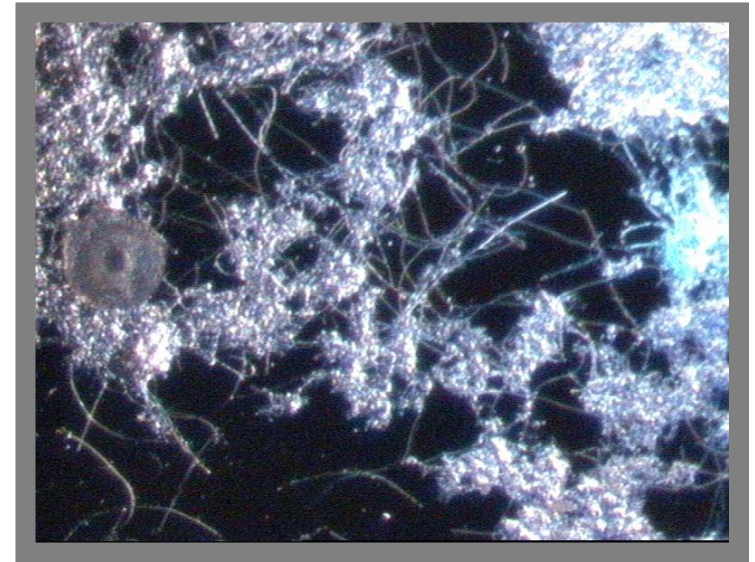
Φωτ.48

Δείκτης *filament*

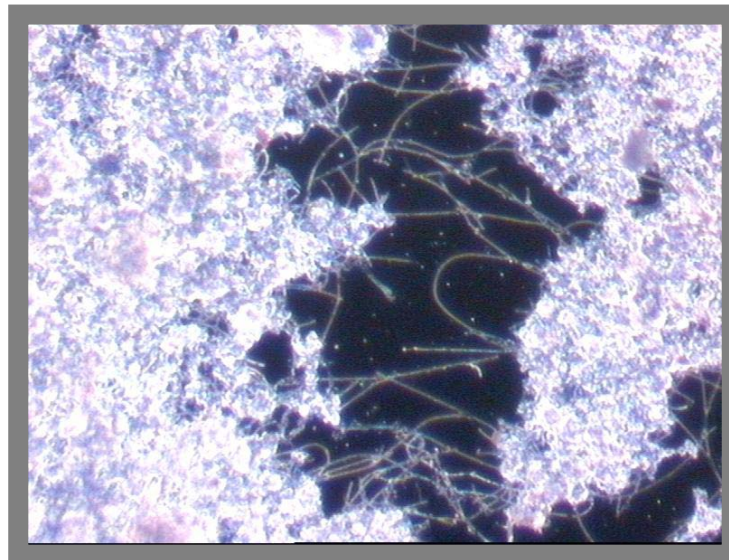
- FI= 3



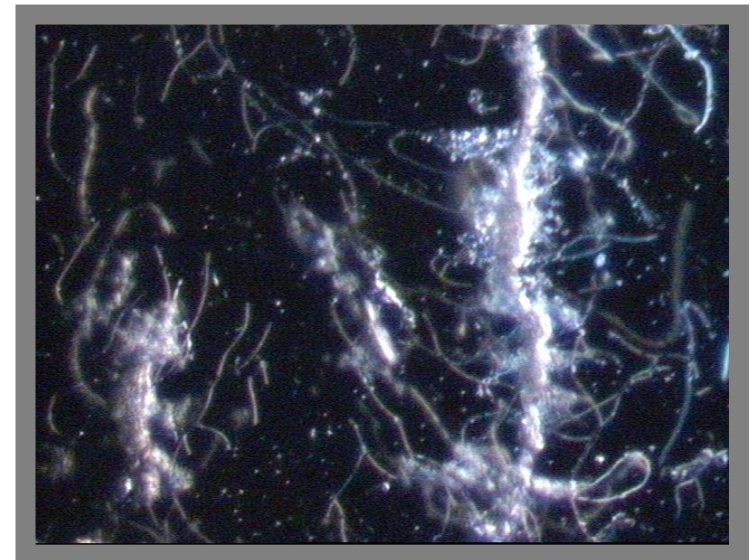
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.49



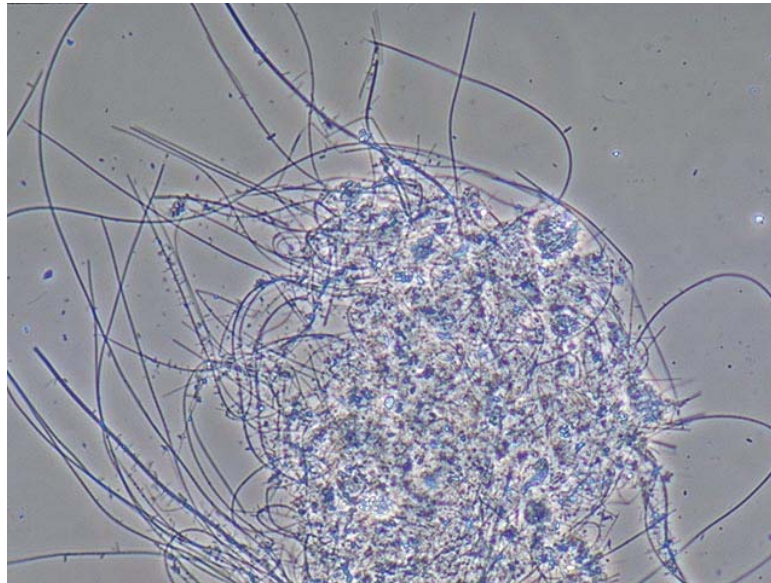
Φωτ.50



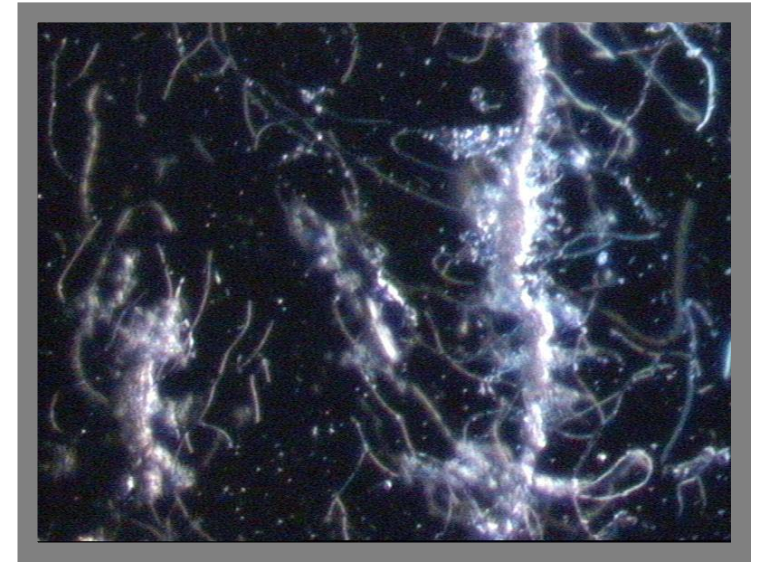
Φωτ.51

Σχήμα των
filaments

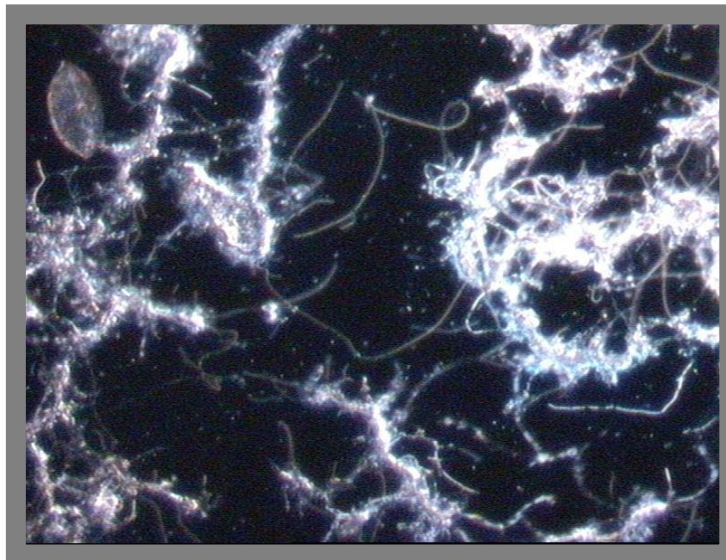
- ελαφρώς
κυρτά



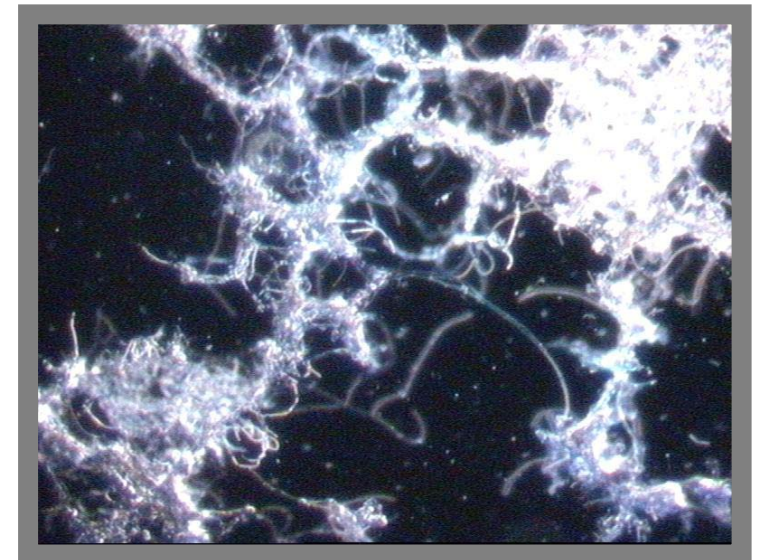
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.52



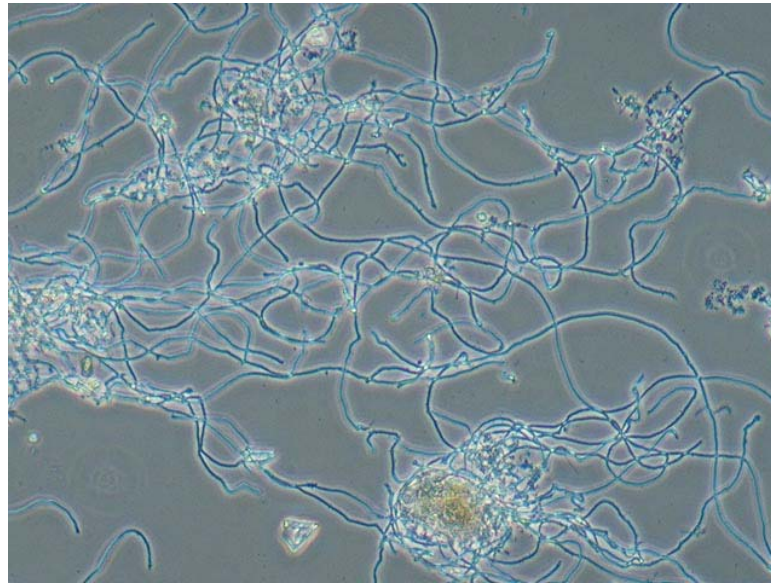
Φωτ.53



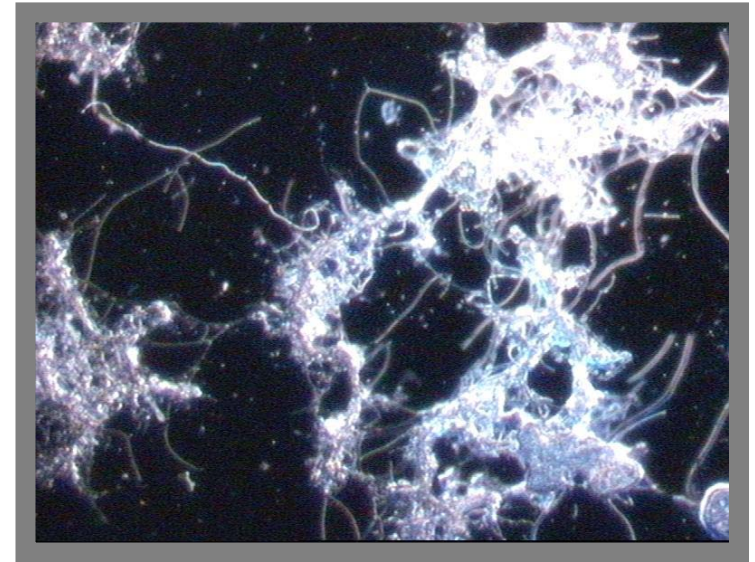
Φωτ.54

*Προσαρτημένη
Ανάπτυξη*

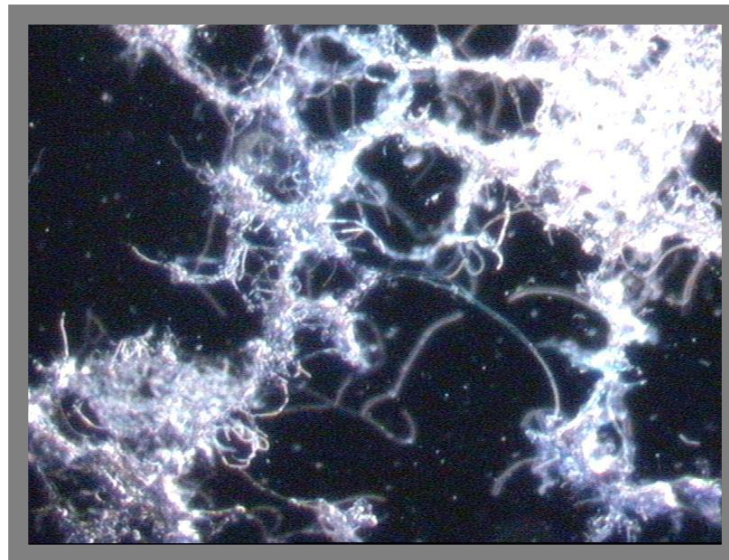
- μικρή



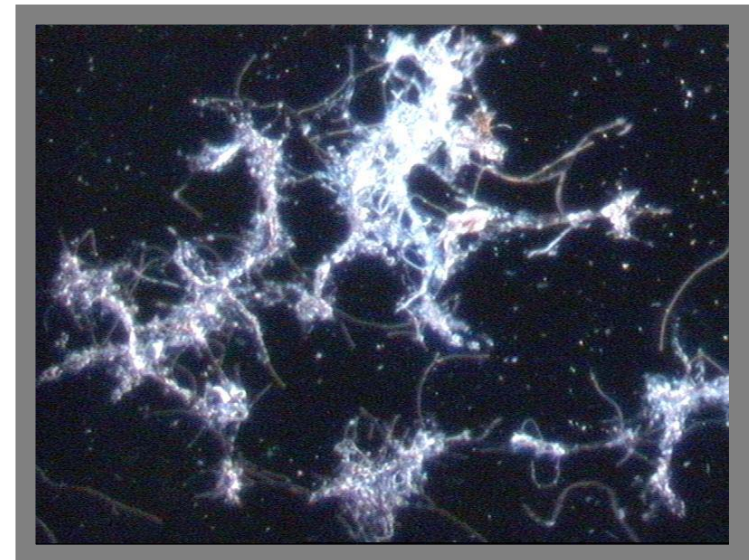
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.55



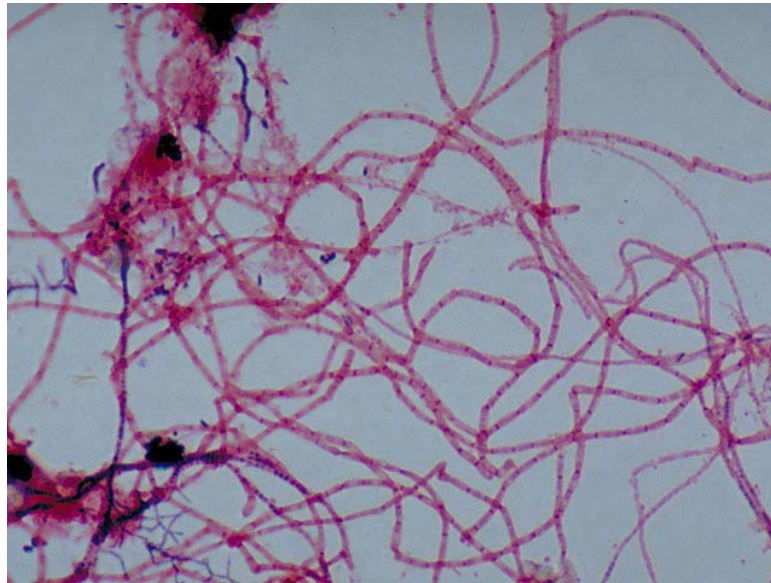
Φωτ.56



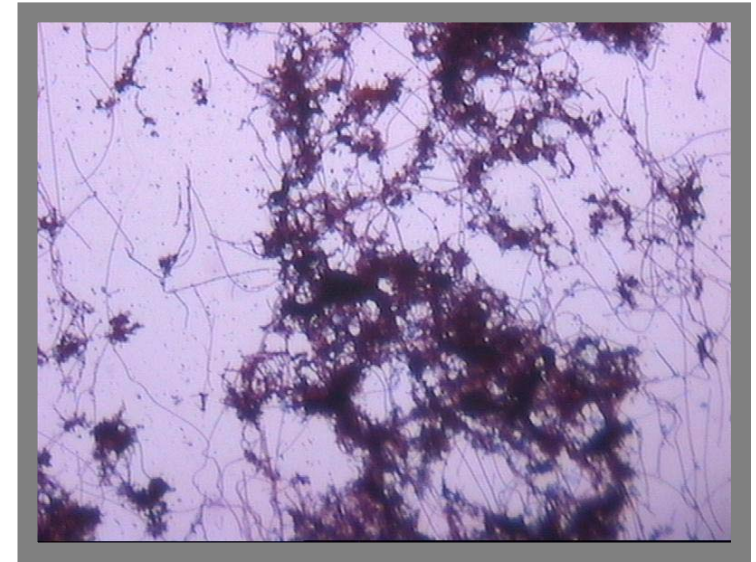
Φωτ.57

Χρώση Gram

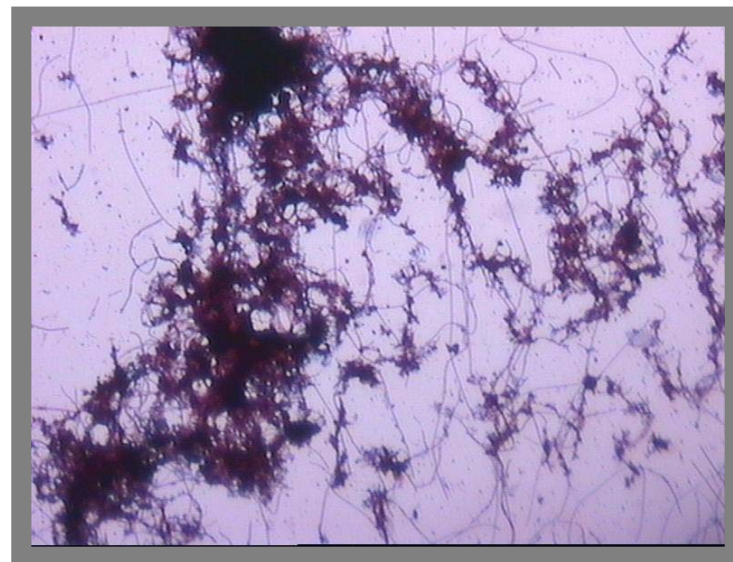
- Gram (-)



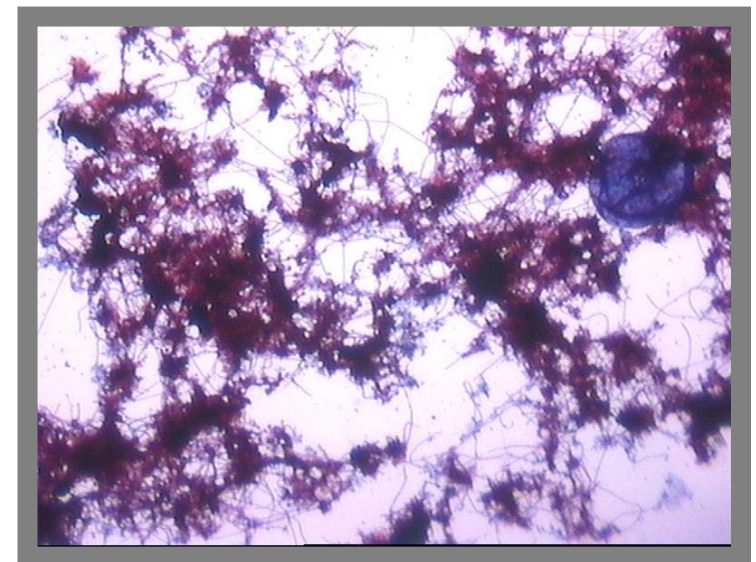
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.58

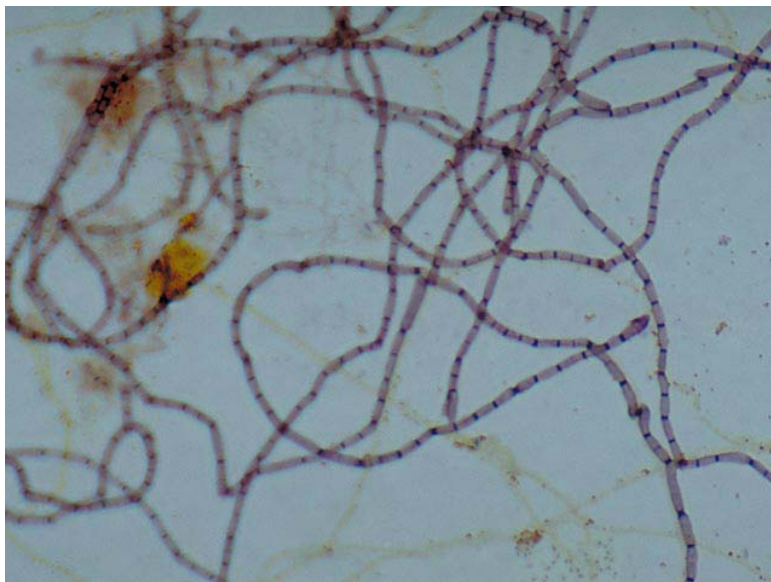


Φωτ.59

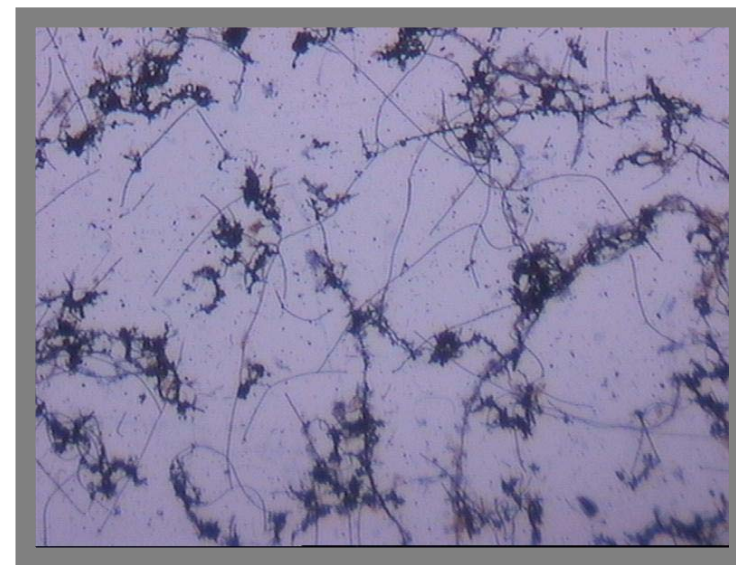


Φωτ.60

Χρώση Neisser
• **Neisser (+)**



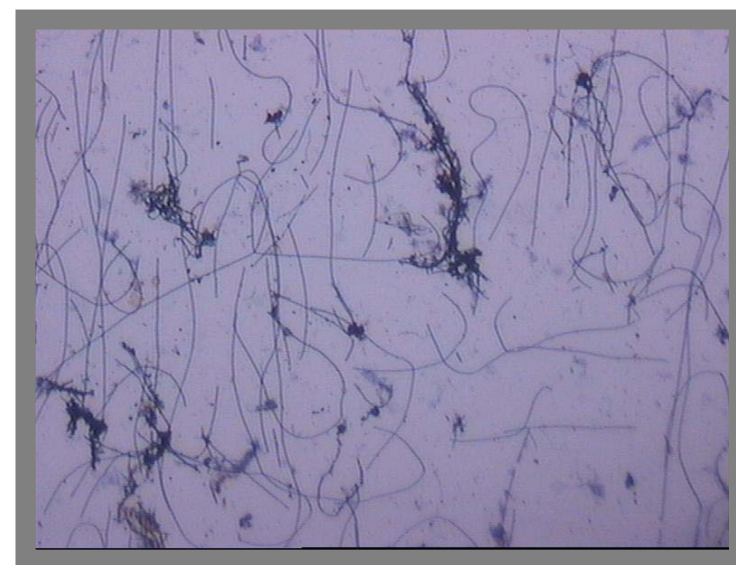
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.61



Φωτ.62



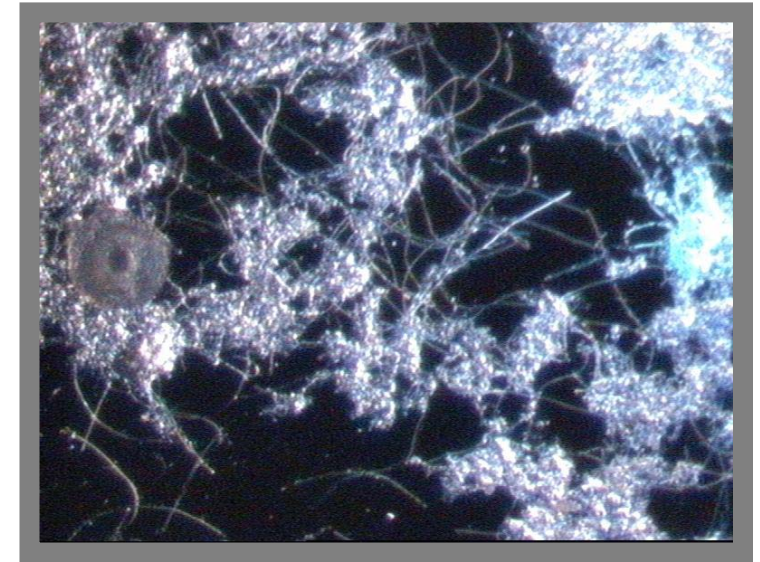
Φωτ.63

Πρωτόζωα

- **Arcella**

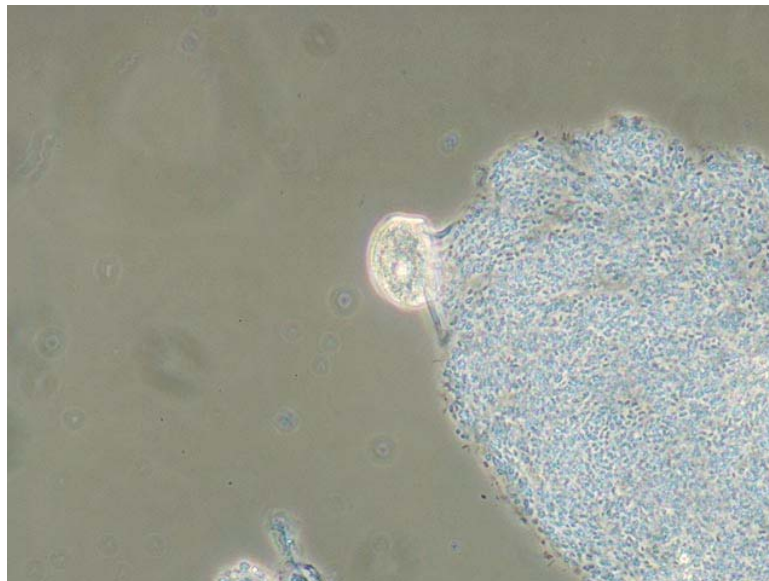


Φωτογραφία Αναφοράς

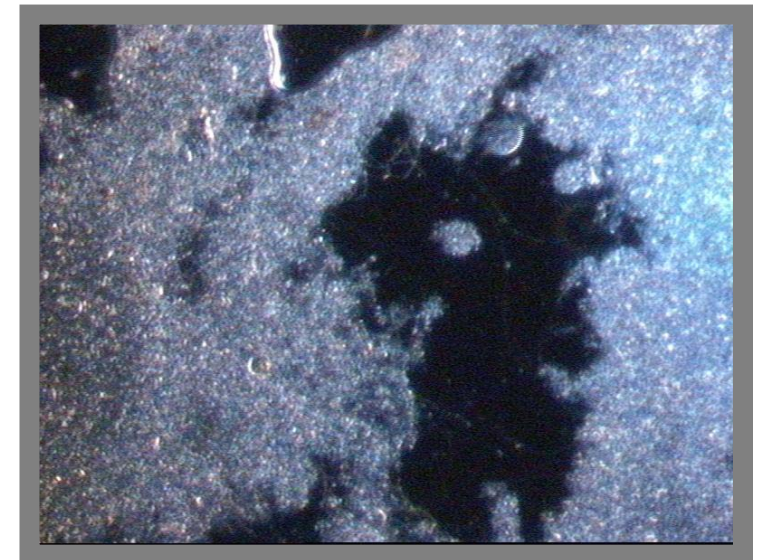


Φωτ.64

- **Aspidisca**



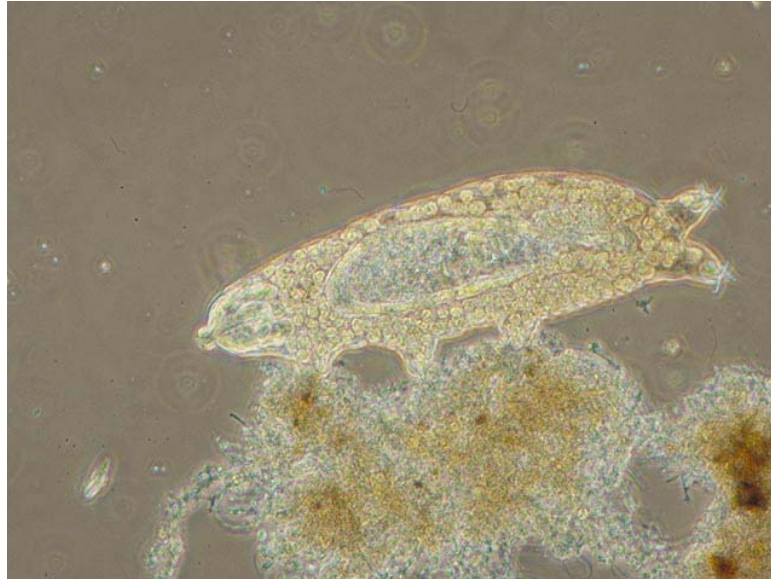
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.65

Μετάζωα

- Tardigrades

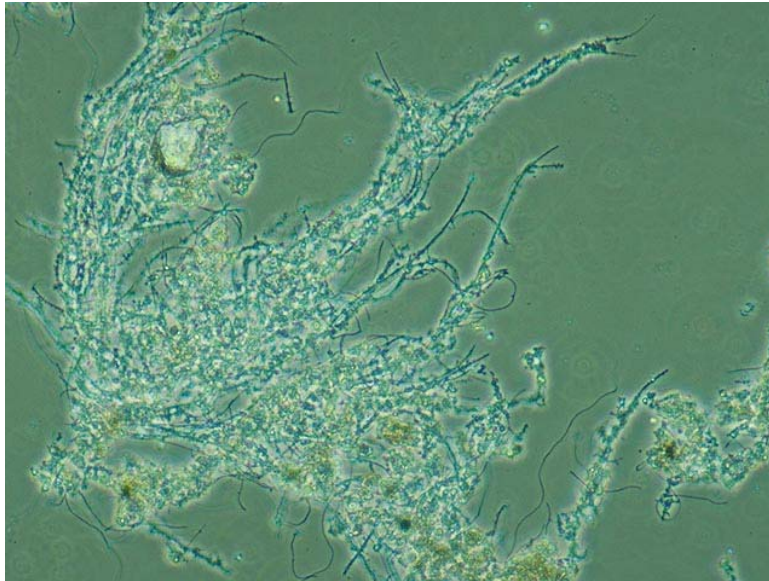


Φωτογραφία Αναφοράς

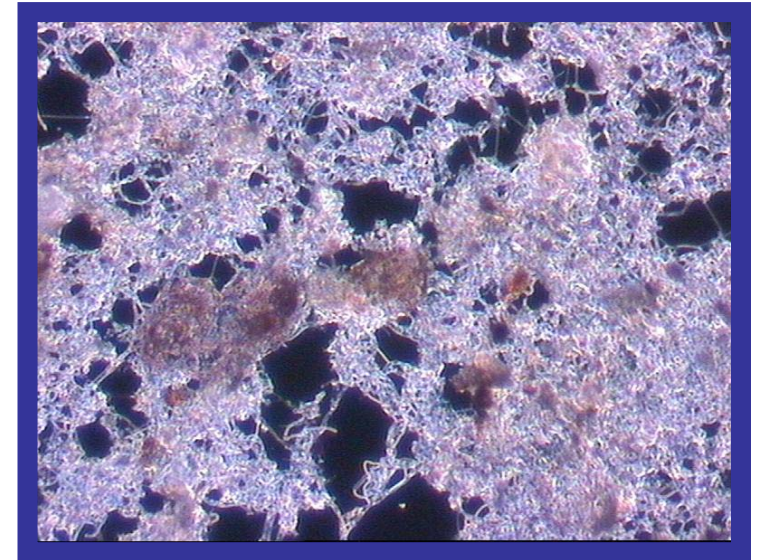


Φωτ.66

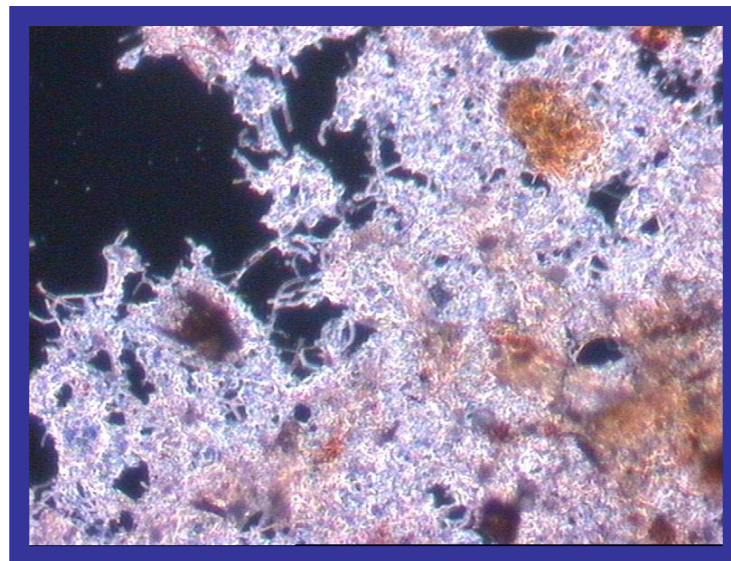
Σχήμα των *flocs*
• ακανόνιστο



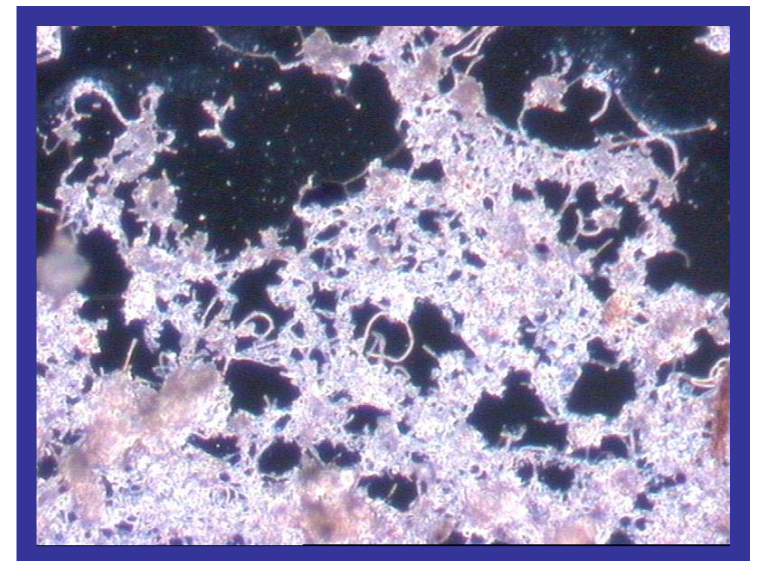
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.67

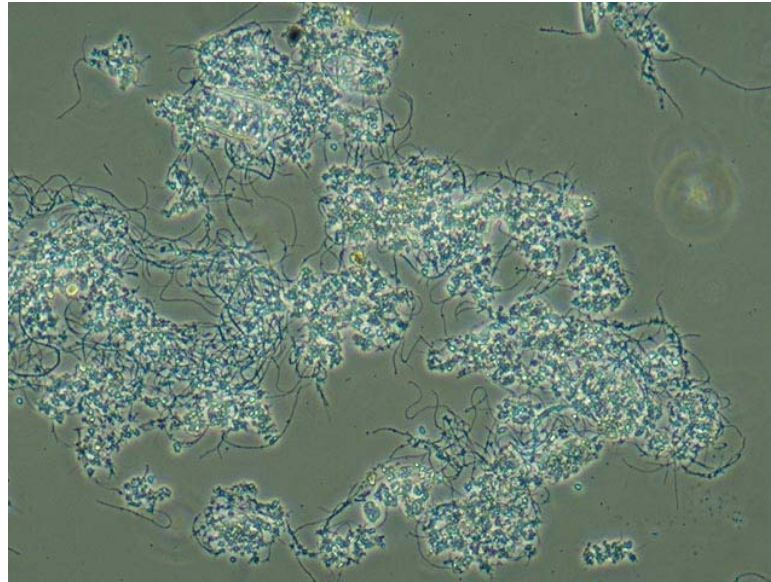


Φωτ.68

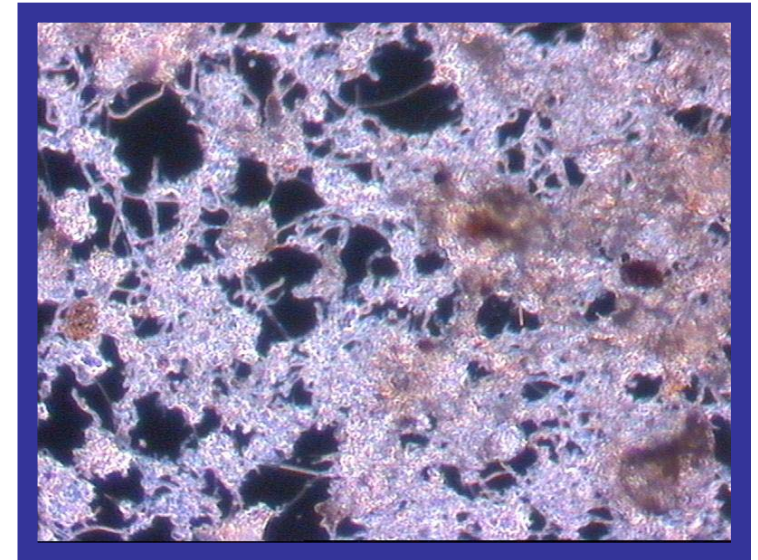


Φωτ.69

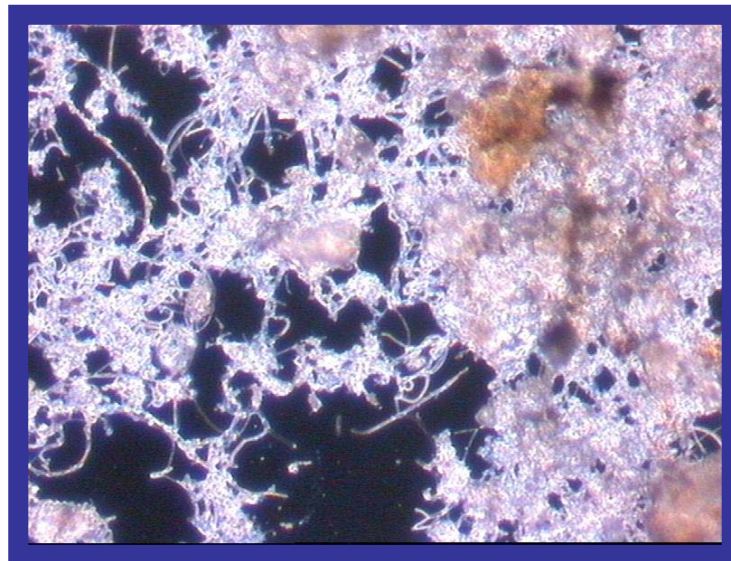
Δομή των *flocs*
• ανοιχτή



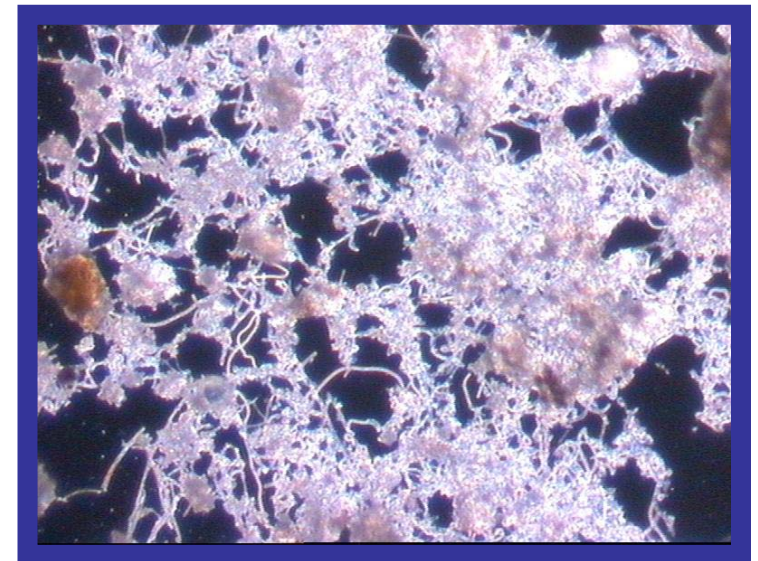
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.70



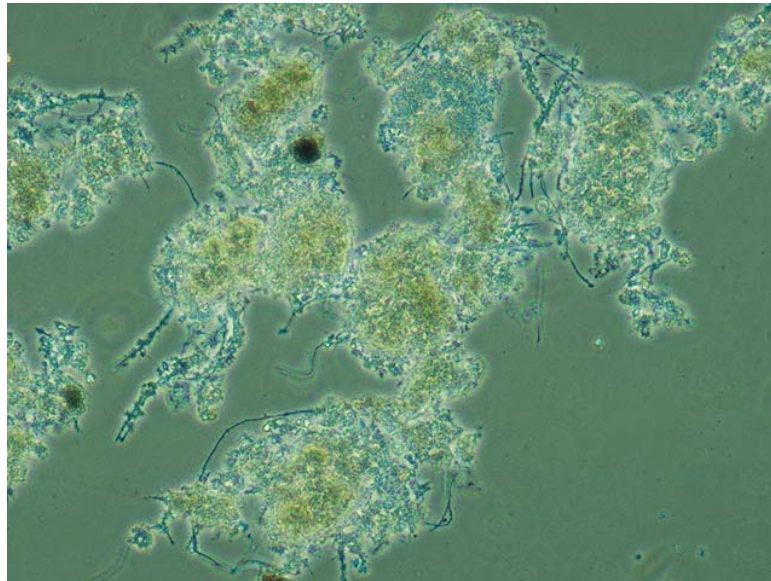
Φωτ.71



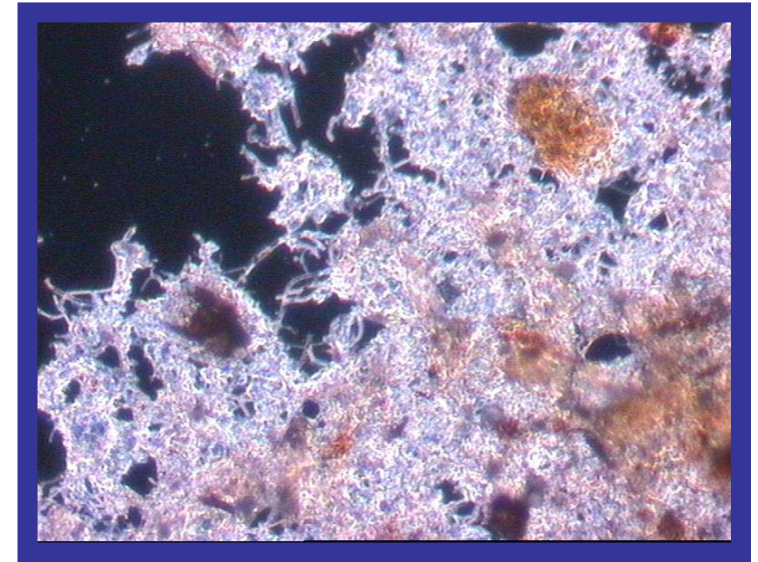
Φωτ.72

Συνεκτικότητα των
flocs

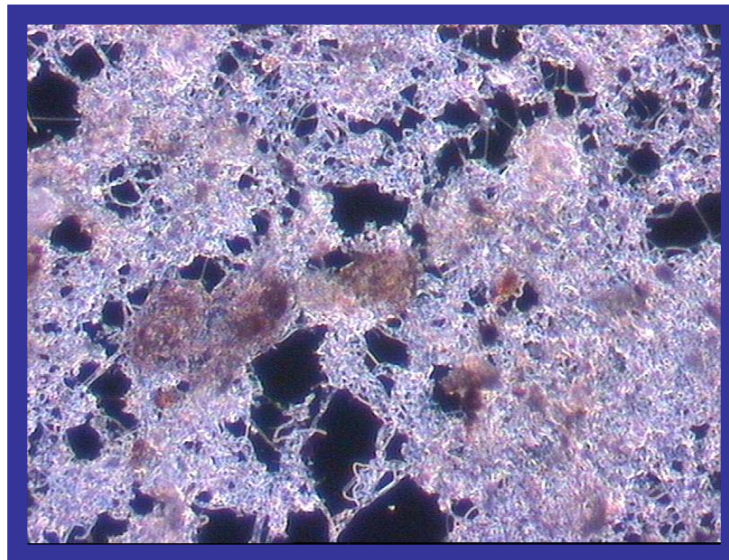
- μεγάλη



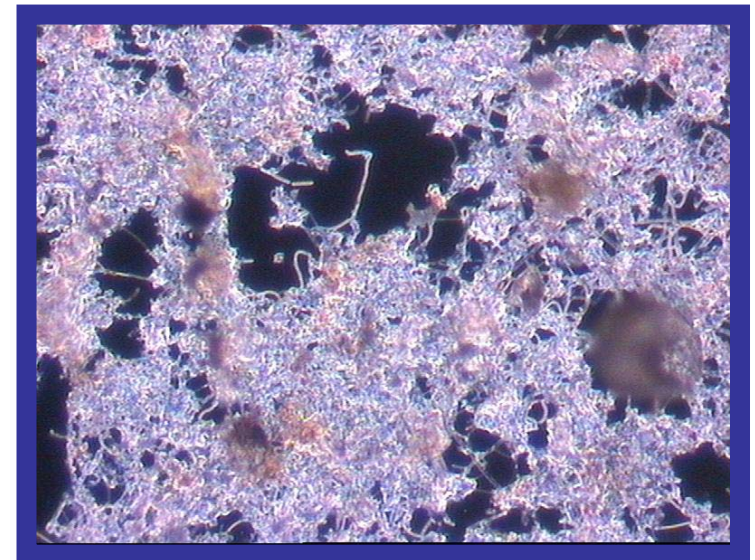
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.73



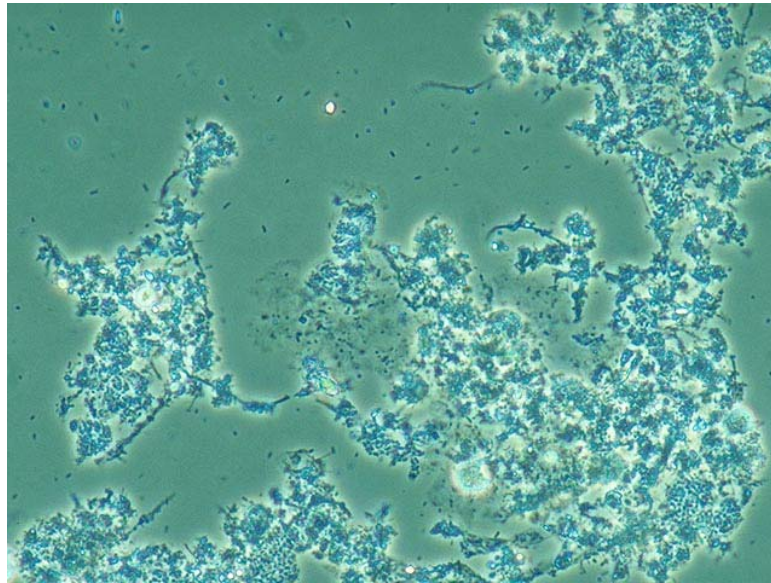
Φωτ.74



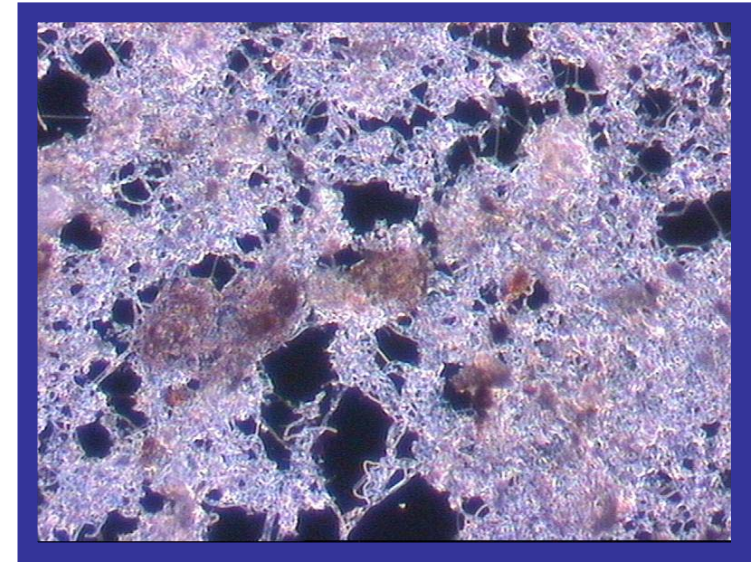
Φωτ.75

Τύπος floc

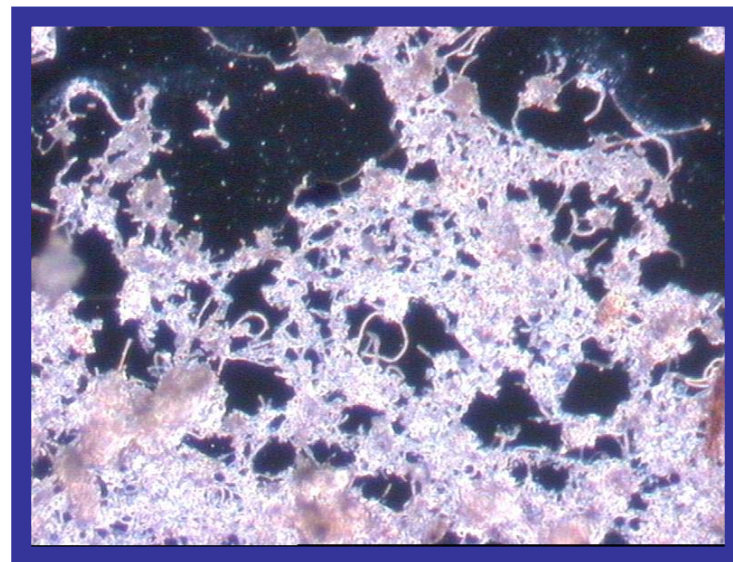
- Floc Type 3



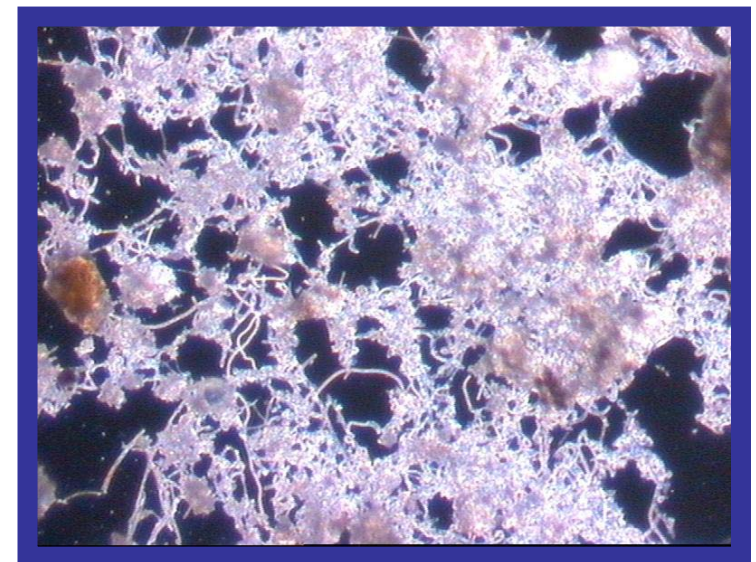
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.76



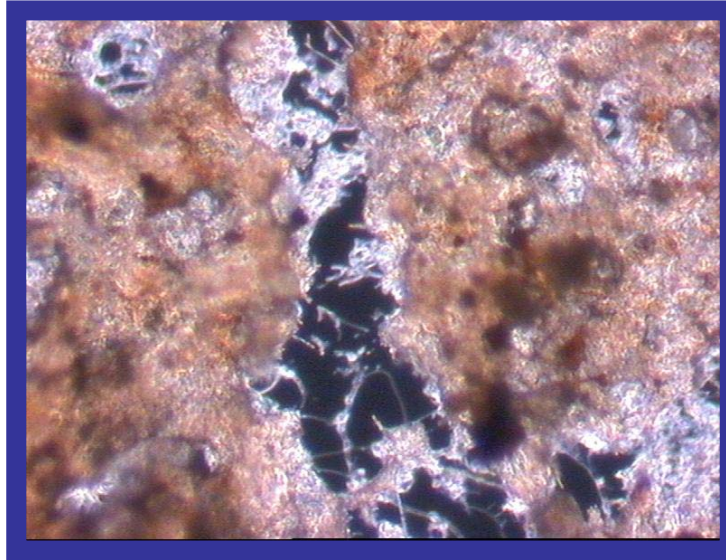
Φωτ.77



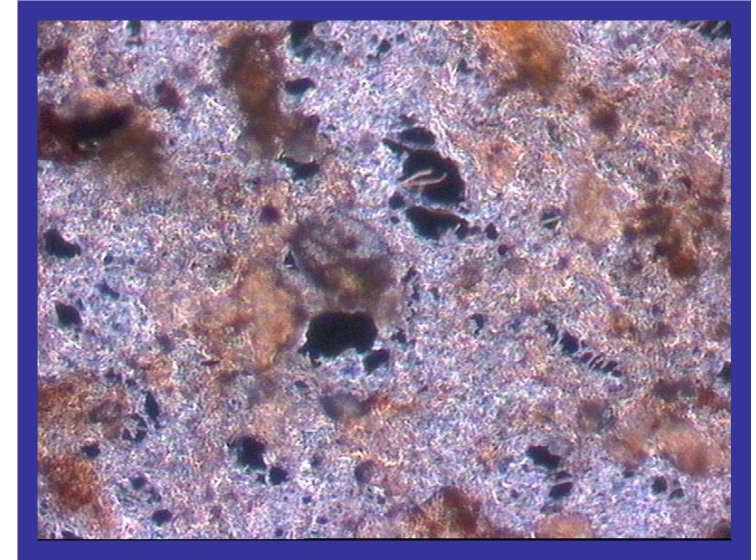
Φωτ.78

*Flocs με έντονο
καφέ χρώμα*

- παρουσία
πίσσας



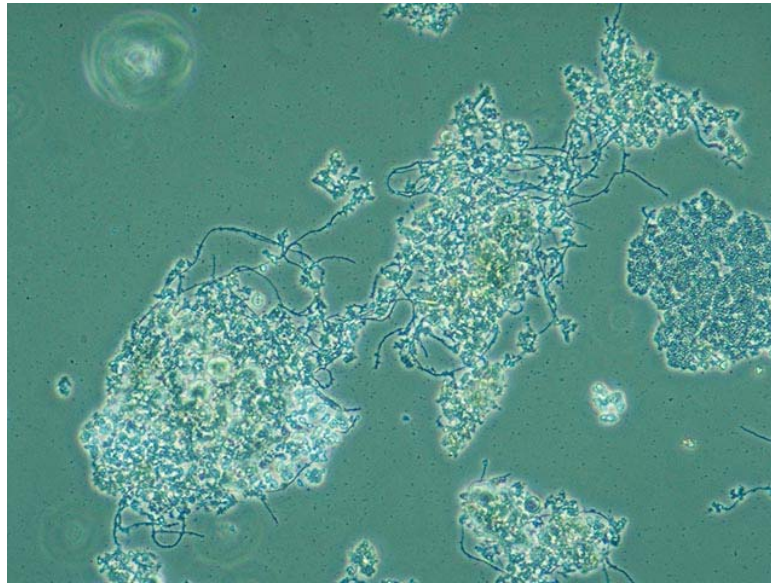
Φωτ.79



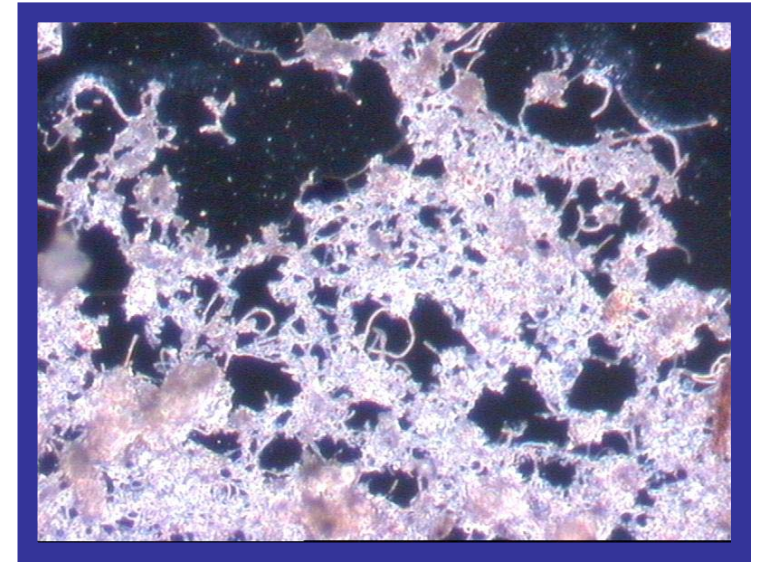
Φωτ.80

Δείκτης *filament*

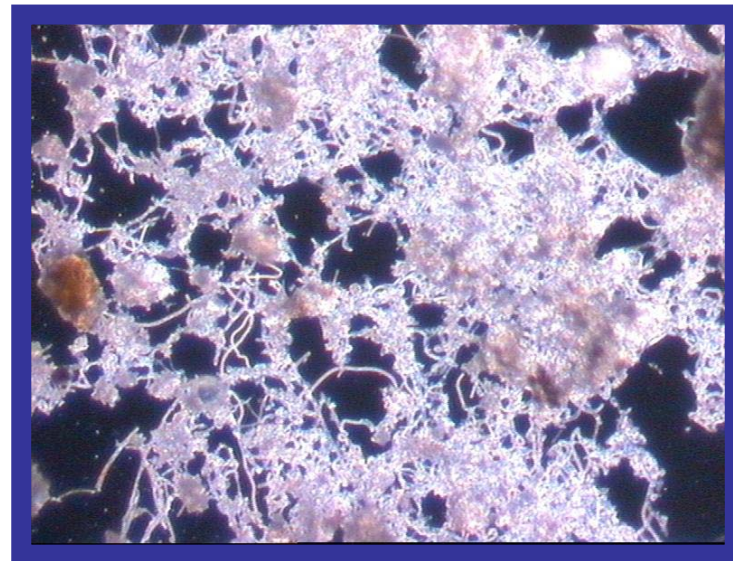
- FI= 2



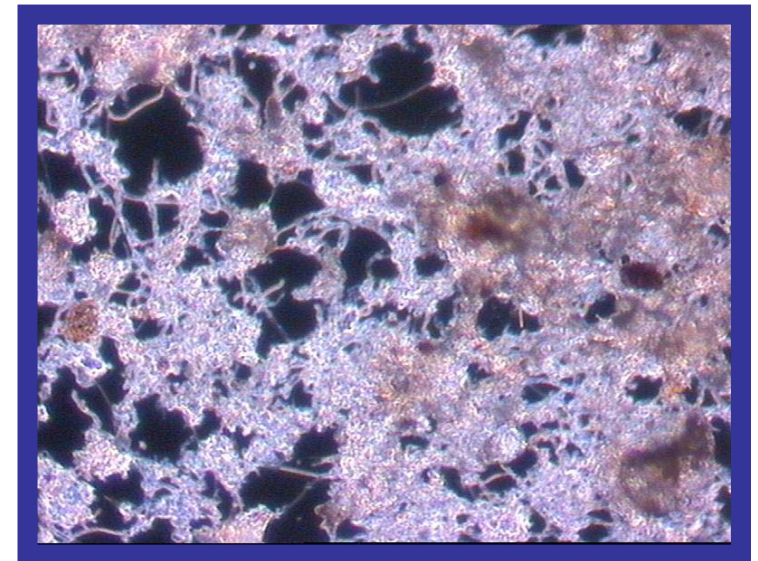
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.81



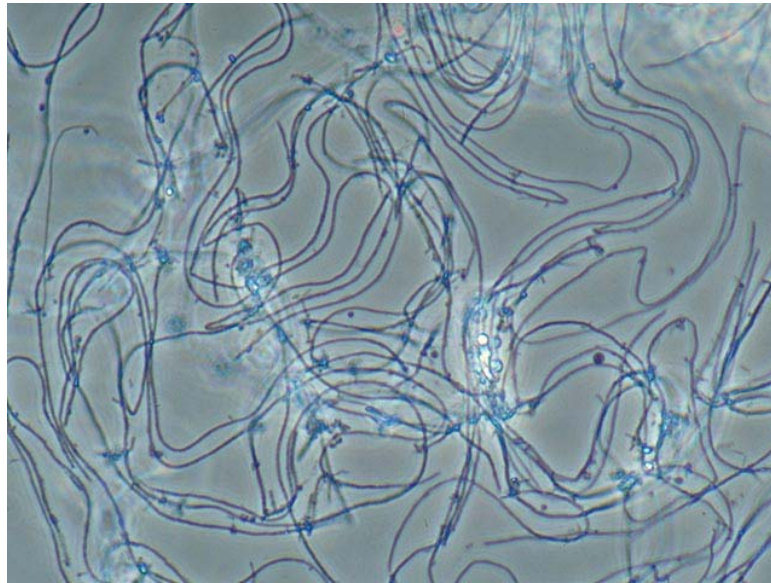
Φωτ.82



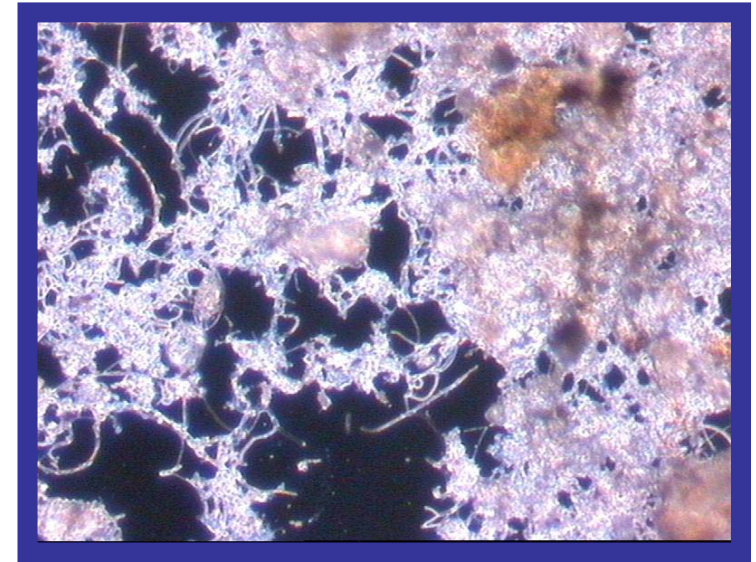
Φωτ.83

Σχήμα των
filaments

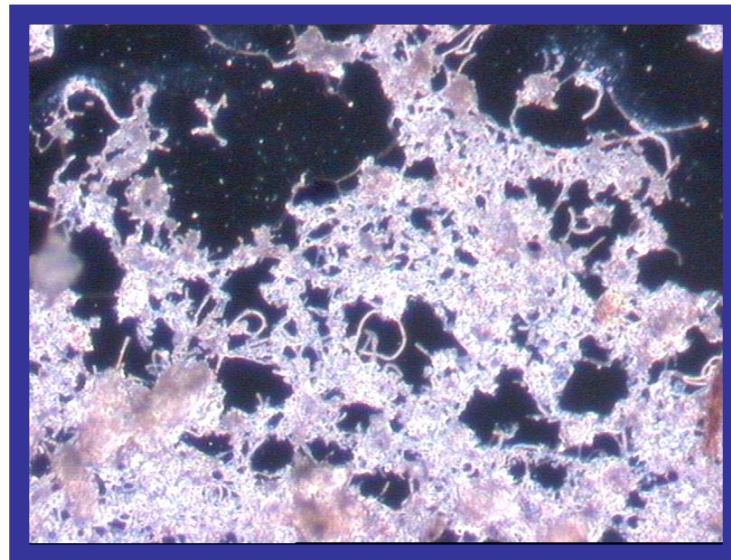
- κυρτά/
σπειροειδή



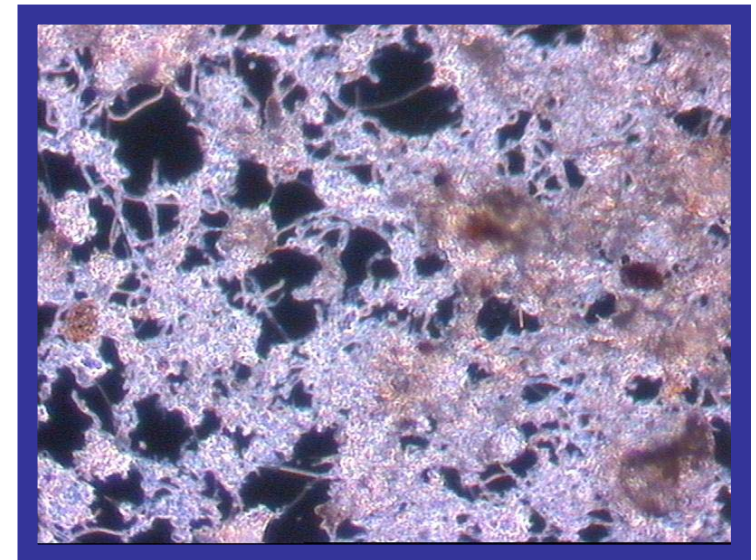
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.84



Φωτ.85



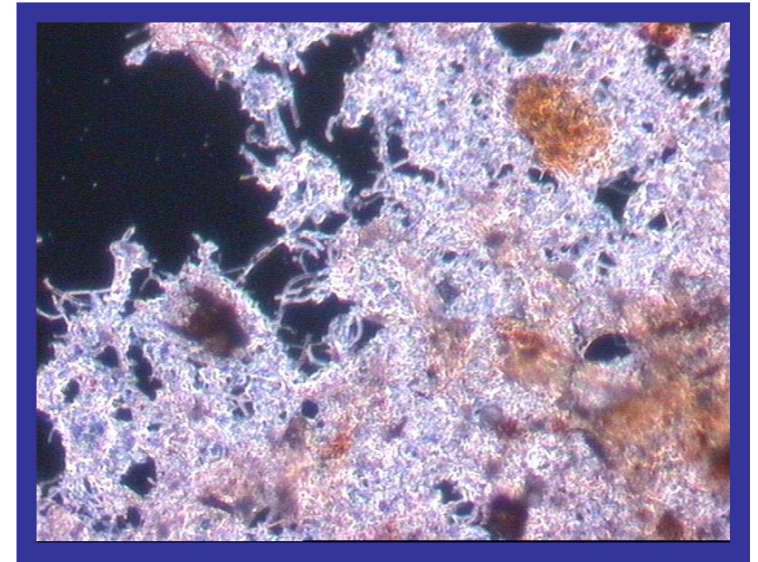
Φωτ.86

*Προσαρτημένη
Ανάπτυξη*

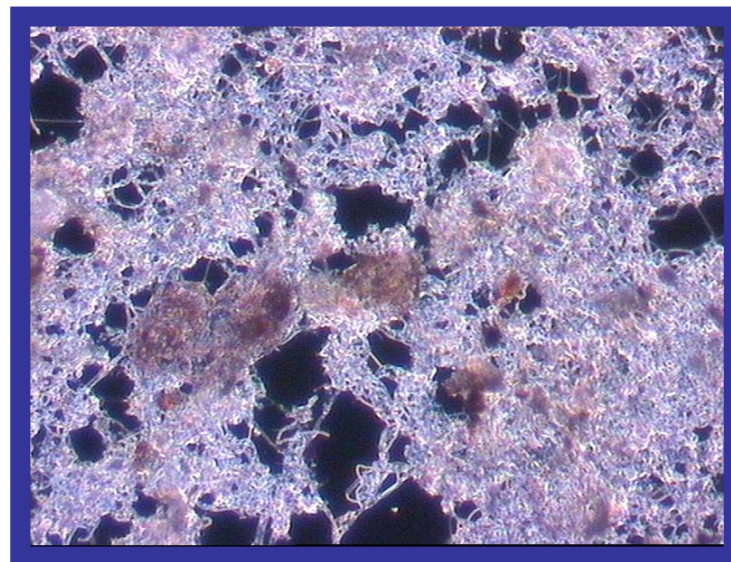
- μεγάλη



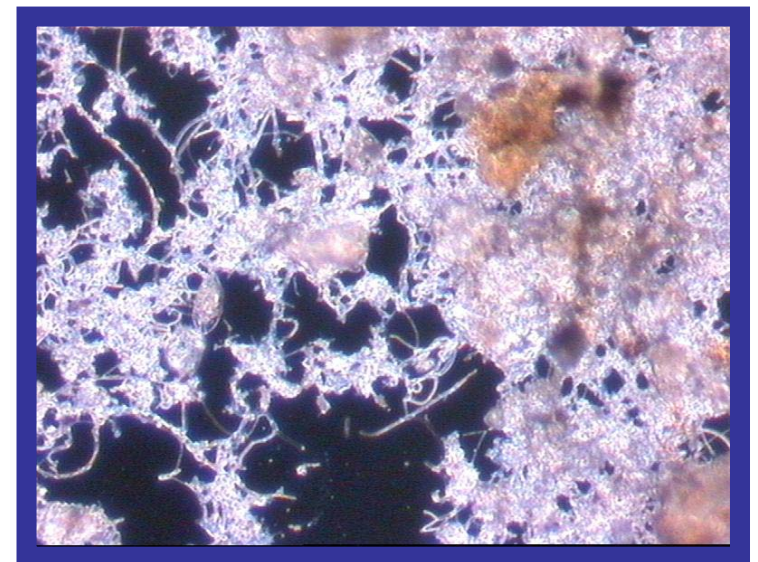
Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.87



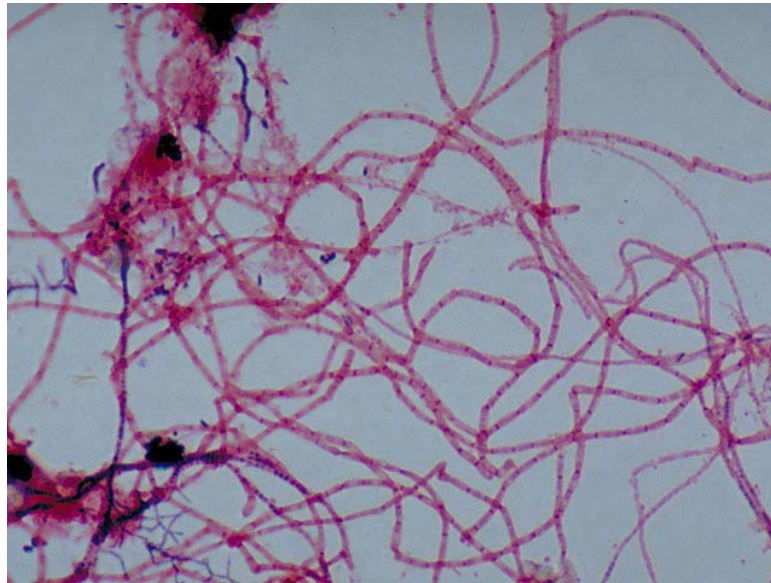
Φωτ.88



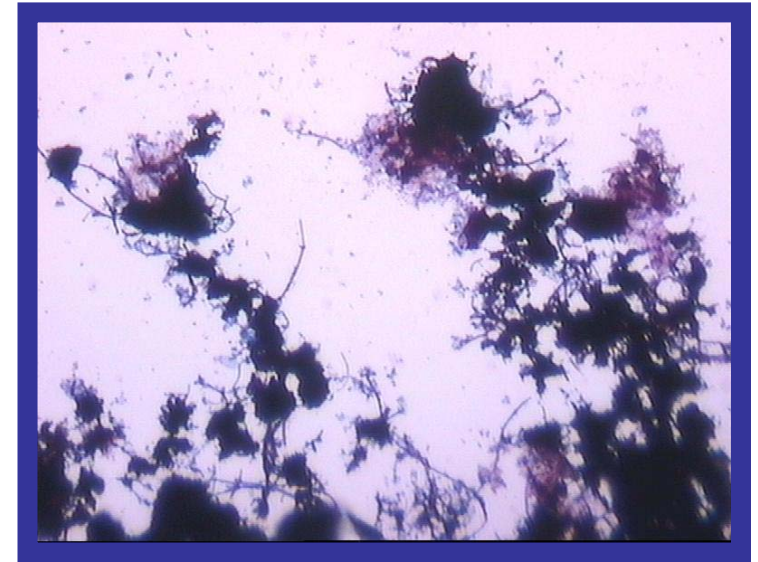
Φωτ.89

Χρώση Gram

- Gram (-)



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.90

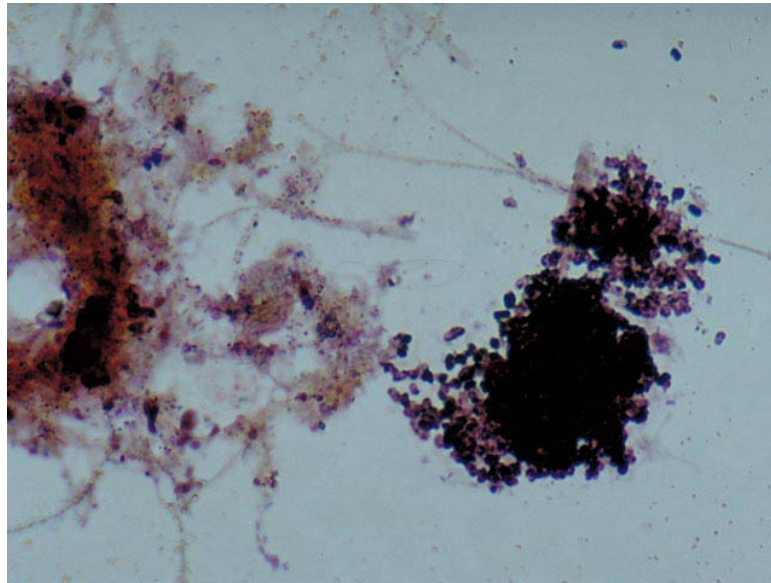


Φωτ.91

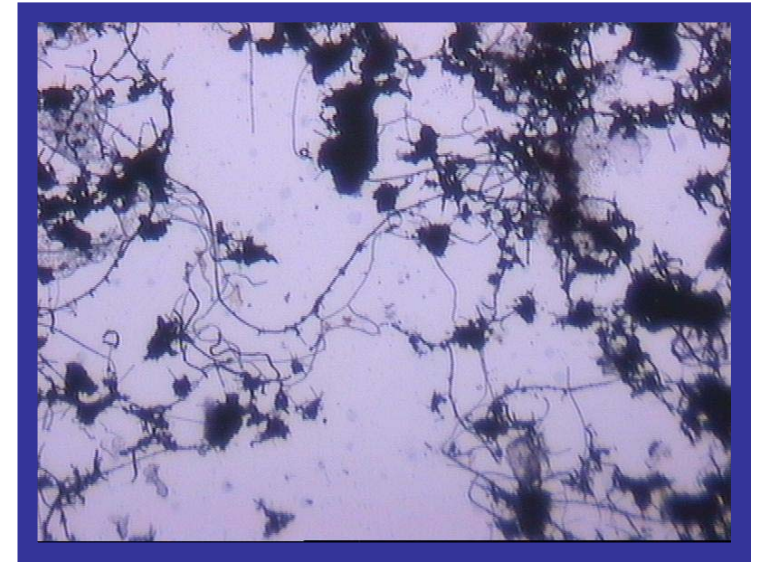


Φωτ.92

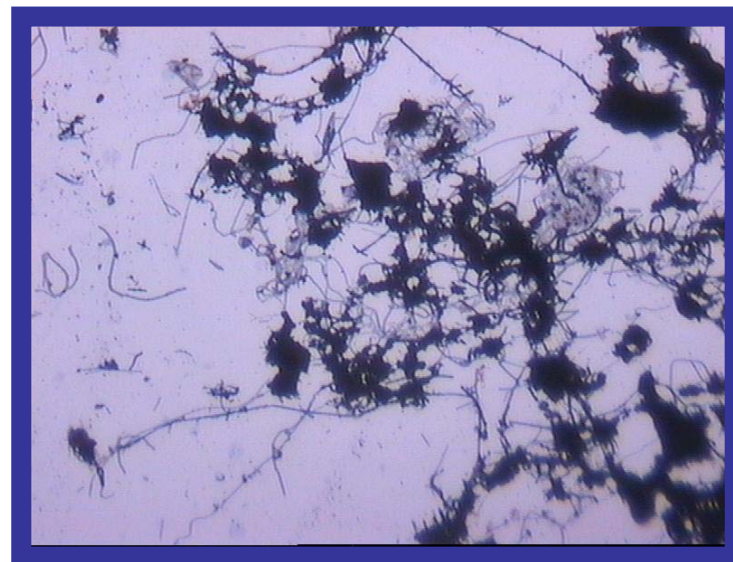
Χρώση Neisser
• Neisser (+)



Φωτογραφία Αναφοράς



Φωτ.93



Φωτ.94



Φωτ.95

7. Συμπεράσματα

Η εφαρμογή του ελέγχου των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μικροσκοπική μέθοδο είναι ένα αναπόσπαστο εργαλείο για τη σωστή λειτουργία του. Συγκεκριμένα, η μέθοδος κρίνεται κατάλληλη τόσο για την εξακρίβωση ενός προβλήματος που ήδη γίνεται αντιληπτό, όσο και για τον έλεγχο και την εξισορρόπηση της εγκατάστασης σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της, με καταπολέμηση των συμπτωμάτων.

Μερικές από τις συχνότερες ενδείξεις που κάνουν κατανοητό ότι η εγκατάσταση δεν λειτουργεί στον επιθυμητό βαθμό είναι η χαμηλή ποιότητα του νερού στην έξοδο, το φαινόμενο της διογκωμένης ιλύος και το φαινόμενο του αφρισμού. Η αιτία αυτών των φαινομένων είναι πολύ συχνά η ανεπαρκής καθίζηση ιλύος, που όπως τονίστηκε στα πλαίσια της εργασίας σχετίζεται άμεσα με τη μαζική ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών. Επομένως, με έλεγχο του μεγέθους και της σύνθεσης του πληθυσμού των νηματοειδών μπορούν να αποφευχθούν ανεπιθύμητες καταστάσεις.

8. Βιβλιογραφία

1. Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation, Eikelboom H. D (IWA Publishing, 2000)
2. Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation, Eikelboom H. D et al, CDrom (Version 1.0, June 2000)
3. Environmental Microbiology, A Laboratory Manual, I.L. Pepper, C. P. Gerba, J. W. Bredecke (Academic Press)
4. Περιβαλλοντική Μικροβιολογία, Αλέξανδρος Αιβαζίδης (Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2000)
5. Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, Ευάγγελος Τερζής (Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2000)

9. Τεχνικός εξοπλισμός

1. Μικροσκόπιο NIKON model Eclipse E400
2. JVC Color Video Camera

10. Παράρτημα

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Χαρακτηριστικά Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων

	Χανιά	Ηράκλειο	Βιομηχανική Περιοχή Ηρακλείου	
SVI (ml/g)	55	200-300*	69	*Dissolved (αραίωση 1:4)
BODεισόδου (Kg/day)	8250	10654	2420	
MLSS (mg/l)	6100	6000	6500	
Φορτίο Ιλύος (kgBOD/kg MLSS.day)	0,3	0,35	0,07	
Συνολικός Όγκος ΔΑ (m ³)	4500	5000	5700	
Χρόνος Παραμονής Ιλύος	20 ημέρες	20-30 ημέρες	μήνες	
Συγκέντρωση Οξυγόνου (mg/l)	2	2-2.5	3.5-4	
Σύστημα αερισμού	Λειπτής Φυσαλίδας Πυθμένα	Επιφανειακός Αερισμός	Στατικός Αερισμός	
Τύπος Βιοαντιδραστήρα	Ανάμειξη κατά ζώνες	Ανάμειξη κατά ζώνες	Πλήρους Ανάμειξης	
Θερμοκρασία (C)*	25	20-28	25	*καλοκαίρι
pH	7.3	7	7	