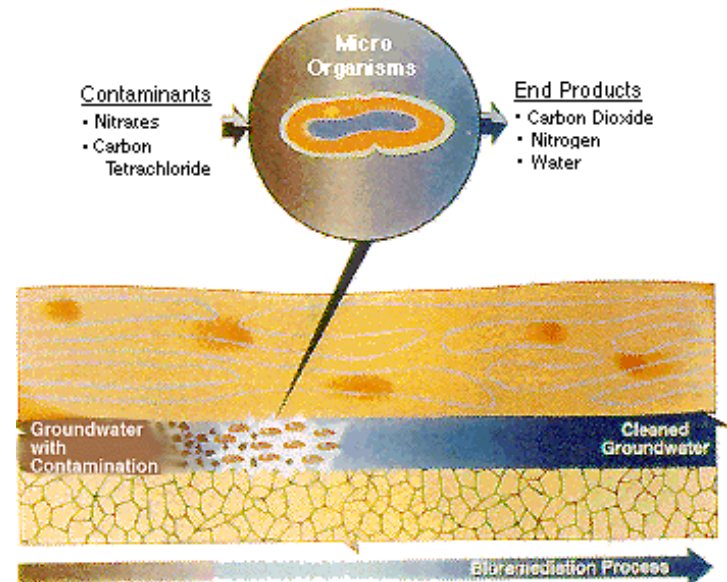


Διάλεξη 1

Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία



Πρόγραμμα Μαθημάτων

1. Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία
2. Γεωχημικοί Κύκλοι και Μικροοργανισμοί
3. Εισαγωγή στην Βιολογική Απορρύπανση, Κατηγορίες ρύπων
4. Βιολογική απομάκρυνση ανόργανων ρύπων
5. Βιολογική απομάκρυνση οργανικών ρύπων
6. Τεχνολογίες βιολογικής απορρύπανσης
7. Φυτική απορρύπανση
8. Εφαρμογές Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας στην Γεωργία I
9. Εφαρμογές Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας στην Γεωργία II
10. Εφαρμογές Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας στην Ενέργεια – Βιοαέριο, Βιοαιθανόλη
11. Εφαρμογές σε Βιομηχανικές διεργασίες – Βιολογικές επιφανειοδραστικές ουσίες, βιολογική ανάκτηση πετρελαίου, ξυλανάσες
12. Εφαρμογές σε βιομηχανικές διεργασίες – Βιοπλαστικά, Βιολογική αναγέννηση μετάλλων



Τι είναι Βιοτεχνολογία;

Η χρήση βιοχημείας, μικροβιολογίας και μηχανικής με σκοπό την εφαρμογή των ικανοτήτων των μικροοργανισμών, καλλιεργούμενων ζωικών ή φυτικών κυττάρων στην βιομηχανία, γεωργία, υγεία και περιβαλλοντικές διεργασίες (European Federation of Biotechnology 1988)



Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία είναι ο κλάδος που ασχολείται με τις εφαρμογές της βιοτεχνολογίας για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως επεξεργασία στερεών και υγρών αποβλήτων, τεχνικές απορρύπανσης/αποκατάστασης



Παλαιότερα η **Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία** θεωρούνταν προέκταση της Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας καθώς παραδοσιακά ασχολούνταν με την χρήση της μικροβιακής δραστηριότητας για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων

Άλλοι θεωρούσαν ότι η Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία ήταν συνυφασμένη με την Βιολογική Απορρύπανση (Bioremediation) υποβαθμισμένων και ρυττασμένων οικοσυστημάτων



Εφαρμογές Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Το εύρος των εργασιών στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρχές τις Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας είναι απεριόριστο αλλά πάντα θα πρέπει να ανακαλύπτει την **προτιμότερη περιβαλλοντικά λύση** και την καλύτερη μέθοδο που **δεν απαιτεί υψηλό κόστος για την εφαρμογή της**



Εφαρμογές Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

1. Περιβαλλοντικές Μετρήσεις
2. Απορρύπανση υποβαθμισμένων περιβαλλοντικών συστημάτων
3. Επεξεργασία παραγομένων αποβλήτων
4. Εφαρμογή διαδικασιών και μεθόδων στην βιομηχανία που προλαμβάνουν ή περιορίζουν την πιθανότητα περιβαλλοντικής ρύπανσης



1. Περιβαλλοντικές μετρήσεις

- **Ανιχνευτές αλληλουχιών νουκλεϊκών οξέων (DNA probes)** που εξειδικευμένα μπορούν να ανιχνεύσουν συγκεκριμένες αλληλουχίες νουκλεϊκών οξέων παθογόνων οργανισμών σε περιβαλλοντικά δείγματα
- **Βιοαισθητήρες (biosensors)** που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση παθογόνων αλλά και ρύπων



2. Απορρύπανση υποβαθμισμένων συστημάτων

Η Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία χρησιμοποιεί βιολογικές μεθόδους για την αποκατάσταση εδαφών που μπορούν να αστικοποιηθούν ή να χρησιμοποιηθούν με άλλους τρόπους καθώς και την απορρύπανση υδροφόρων συστημάτων που έχουν υποβαθμισθεί λόγω περιβαλλοντικής ρύπανσης ή ευτροφισμού



3. Επεξεργασία παραγόμενων αποβλήτων

Επεξεργασία Υγρών και Στερεών Αποβλήτων

Σημαντικό ποσοστό των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων αποτελούνται από υλικά βιο-διασπώμενα που πρέπει να υποστούν επεξεργασία πριν επιστραφούν στο περιβάλλον. Έτσι η Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία οδηγεί στην εφαρμογή νέων μεθόδων επεξεργασίας που χαρακτηρίζονται φιλικές προς το περιβάλλον και χαμηλού κόστους

Μετατροπή αποβλήτων σε υψηλής θρεπτικής αξίας ουσίες

Μετατροπή οργανικών απορριμμάτων ή παραπροϊόντων διαφόρων βιομηχανιών σε υψηλής θρεπτικής αξίας ζωικές τροφές



4. Πρόληψη Ρύπανσης

Η βιοτεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη περιβαλλοντικά ασφαλέστερων μεθόδων για την παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων

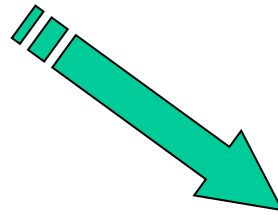
- 1) Χρήση ενζύμων ή βακτηρίων αντί χημικών στις βιομηχανίες επεξεργασίας δερμάτων, υφασμάτων, χαρτοβιομηχανίες
- 2) Παραγωγή βιοδιασπώμενων πλαστικών από μικροοργανισμούς τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τα μη ανακυκλώσιμα συνθετικά πλαστικά που χρησιμοποιούνται σήμερα
- 3) Βιολογικά γεωργικά φάρμακα και λιπάσματα
- 4) Παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως βιοαιθανόλη, βιοαέριο, βιολογικό υδρογόνο.



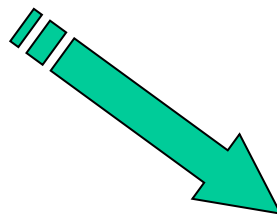
Αγορά Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Το βασικό πρόβλημα της περιβαλλοντικής βιοτεχνολογίας:
αδυναμία άμεσης αντιμετώπισης πρακτικών και υπαρχόντων
περιβαλλοντικών προβλημάτων

Εργαστήριο Μικροβιολογίας



Βασική έρευνα



Περιβάλλον

Εφαρμοσμένη
έρευνα



Κέρδος



Αγορά Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Η αγορά της **βιολογικής απορρύπανσης** αποτελείται κυρίως από μικρές εταιρίες που δεν έχουν συνήθως μηχανολογική υποστήριξη ενώ υπάρχουν και κάποιες μεγάλες εταιρείες που αναλαμβάνουν συνήθως και την απορρύπανση συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα

Γενικότερα ο συγκεκριμένος κλάδος δεν αντιμετωπίζει ακόμη πρόβλημα κορεσμού και πιθανότατα θα διευρυνθεί περαιτέρω τα επόμενα χρόνια ανοίγοντας νέες θέσεις εργασίας!!!!



Αγορά Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Ο ΟΟΣΑ εκτιμά ότι το μερίδιο αγοράς της Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας θα αυξηθεί στο 15-25% της παγκόσμιας βιοτεχνολογικής αγοράς

Συνεπώς η Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία αποτελεί ένα από τους πιο ταχέως αναπτυσσόμενους αν όχι τον πιο ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο της Βιοτεχνολογίας παγκοσμίως



Αγορά Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Η διεύρυνση της αγοράς της Περιβαλ. Βιοτεχνολογίας οφείλεται:

- 1) στην αποδοχή της βιοτεχνολογίας ως μεθόδου για την ανάπτυξη νέων βιομηχανικών μεθόδων και διεργασιών
- 2) στην εφαρμογή νομοθεσίας που επέβαλε την αναζήτηση νέων μεθόδων που συμβάδιζαν με τις αρχές της Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας
- 3) σε περιβαλλοντικές καταστροφές



Προβλήματα Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Το σημαντικότερο πρόβλημα των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην Π.Β είναι ότι **τα προϊόντα τους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλη κλίμακα αλλά είναι εξειδικευμένα με περιορισμένο φάσμα εφαρμογών**

Αυτό οφείλεται σε ιστορικούς κυρίως λόγους καθώς παραδοσιακά βιοτεχνολογικές μεθόδους εκλαμβάνονταν ως μη οικονομικά βιώσιμες και απορρίπτονταν χωρίς δεύτερη σκέψη. Αυτό οδήγησε σε μειωμένη παροχή κονδυλίων στον ιδιωτικό τομέα και συνεπώς περιορισμένο φάσμα προϊόντων που παράγονταν μόνο ως απάντηση σε συγκεκριμένο πρόβλημα.



Η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο περιβάλλον αποτελεί την βάση των εφαρμογών της Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Βασική γνώση των μεταβολικών ικανοτήτων των μικροοργανισμών είναι απαραίτητη για την εφαρμογή της περιβαλλοντικής βιοτεχνολογίας



Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στην Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία

- Βακτήρια
- Ακτινοβακτήρια
- Μύκητες
- Αρχαία
- Άλγη
- Πρωτόζωα



Βακτήρια – Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία

- Βιολογική επεξεργασία στερεών και υγρών αποβλήτων καθώς αποτελούν κύρια μέλη της βιομάζας που αποικίζει τέτοια συστήματα
- Στην βιολογική απορρύπανση/αποκατάσταση εδαφών λόγω της ικανότητας τους να διασπούν πλήθος ξενοβιοτικών οργανικών μορίων
- Μηχανές παραγωγής (green factories) ενζύμων και άλλων υλικών (βιοπλαστικά, βιολογικές επιφανειοδραστικές ουσίες) με διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές
- ***Ανεξάντλητη δεξαμενή πολύτιμου γενετικού υλικού για την βιοτεχνολογία***

Αρχαία (Archaea)

- Πολλά μέλη είναι υπερθερμόφιλα (*Thermococcus*, *Thermoproteus*), αλεόφιλα (*Halobacterium*, *Halococcus*), ή ταυτόχρονα οξεόφιλα και θερμόφιλα (*Thermoplasma*)
- Τα Αρχαία συμπεριλαμβάνουν και τον μεγαλύτερο αριθμό μεθανιογόνων μικροοργανισμών που ανήκουν στα γένη *Methanococcus*, *Methanobacterium*, *Methanosacrina*, *Methanospirillum*, *Methanothermus*, *Methanopyrus*



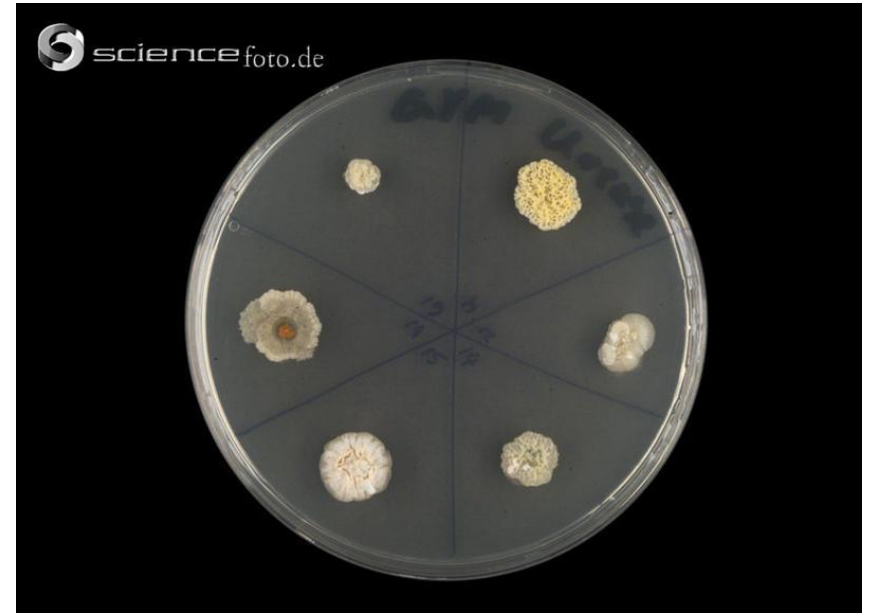
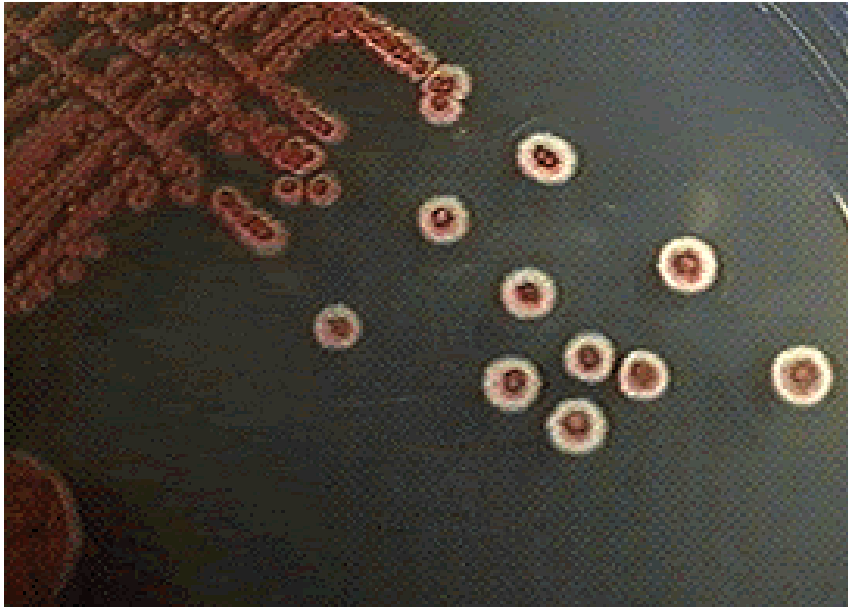
Αρχαία– Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία

- **Αλεόφιλοι, Ψυχρόφιλοι, Θερμόφιλοι, Οξεόφιλοι**
οργανισμοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων υπό συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης αλάτων ή υπό υψηλές θερμοκρασίες
- Πηγή απομόνωσης και παραγωγής ενζύμων ανθεκτικών σε ακραίες συνθήκες που επικρατούν πολλές φορές σε βιομηχανικές επεξεργασίες
- **Μεθανιογόνα Αρχαία** μετατρέπουν οξικό οξύ και H σε μεθάνιο και αποτελούν βασικά μέλη της μικροβιακής κοινότητας στην αναερόβια επεξεργασία στερεών και υγρών αποβλήτων

Ακτινοβακτήρια (Actinomycetes/Actinobacteria)

- Θετικά κατά Gram βακτήρια αλλά αναπτύσσονται κυρίως ακτινωτά με την μορφή ινών και φέρουν σπόρια όπως κονίδια, κονιδιοφόρους
- Βασικότερο το γένος *Streptomyces*, σαπρόφυτα που διασπούν πληθώρα ανθεκτικών ουσιών όπως λιγνίνη, χιτίνη, πεκτίνη, κερατίνη, αρωματικές ενώσεις και χουμικά οξέα συμβάλλοντας στην διάσπαση της οργανικής ύλης
- Θερμόφιλοι *Streptomyces* χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία αποβλήτων αλλά και άλλα είδη που παράγουν αντιβιοτικά όπως νεομυκίνη, τετρακυκλίνη, στρεπτομυκίνη.





Μύκητες (Fungi)

- Ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί που αποτελούν μαζί με τα βακτήρια και τα αρχαία του κυριότερους αποδομητές της οργανικής ύλης στο περιβάλλον
- Διασπούν κυρίως νεκρή οργανική ύλη και άλλα οργανικά υποστρώματα που περιέχουν κυτταρίνη, λιγνίνη
- Οι μύκητες προτιμούν όξινα pH (5.5), μεσόφιλες θερμοκρασίες (22-30°C) και αερόβιες συνθήκες



Διαφορές βακτηρίων με μύκητες

- Οι μύκητες προτιμούν όξινες και ξηρές συνθήκες
- Οι μύκητες παρουσιάζουν χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης
- Οι μύκητες προτιμούν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης
- Οι μύκητες δεν αναπτύσσονται σε αναερόβιες συνθήκες (εκτός από τις ζύμες)



Μύκητες στην Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία

- Λόγω της ικανότητας τους να παράγουν ένζυμα χαμηλής εξειδίκευσης ορισμένοι μύκητες χρησιμοποιούνται στην βιολογική αποκατάσταση. **Μειονέκτημα οι αργοί ρυθμοί διάσπασης**
- Δευτερεύοντες μικροοργανισμοί στις διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων εκτός από περιπτώσεις όπου η παροχή N είναι χαμηλή και το pH όξινο οπότε και αναπτύσσονται ταχύτατα προκαλώντας προβλήματα υπερβολικής μικροβιακής ανάπτυξης σε συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- Σημαντικοί σε συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων όπου αναπτύσσονται υπό την μορφή βιοστρωμάτων (biofilms)

Άλγη (Algae)

- Φωτότροφοι προκαρυωτικοί οργανισμοί που έχουν βασικό ρόλο στην παραγωγή οργανικής ύλης σε φυσικά υδροφόρα συστήματα
- Χρησιμοποιούν ενέργεια από την φωτοσύνθεση για την αύξηση και ανάπτυξη τους και αποτελούν τροφή για πρωτόζωα και άλλους οργανισμούς
- Υπερβολική ανάπτυξη τους σε ευτροφικά συστήματα προκαλεί προβλήματα στην ισορροπία συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων αλλά και φυσικών υδροφόρων συστημάτων



Πρωτόζωα (Protozoa)

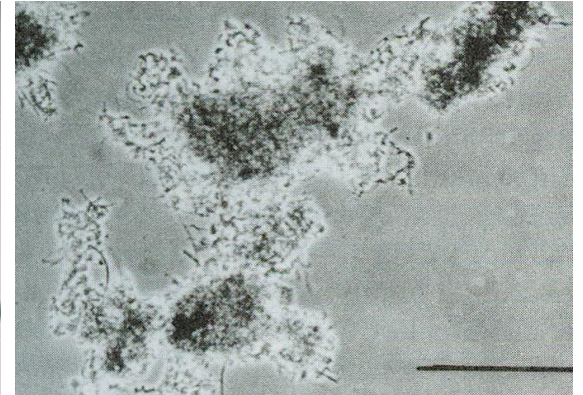
- Ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί που διαβιούν σε έδαφος, νερό
- Χρησιμοποιούνται στην περιβαλλοντική βιοτεχνολογία λόγω της ικανότητας τους να τρέφονται με βακτήρια, υποστηρίζοντας υψηλούς πληθυσμούς σε συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων που περιορίζουν την υπερβολική ανάπτυξη βακτηρίων
- Μπορούν να χρησιμοποιήσουν και διαλυτή οργανική ουσία αλλά κύρια τροφή τους είναι τα βακτήρια και η άμεση συμβολή τους στην διάσπαση οργανικής ύλης σε συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων είναι αμελητέα

Κοινότητες μικροοργανισμών

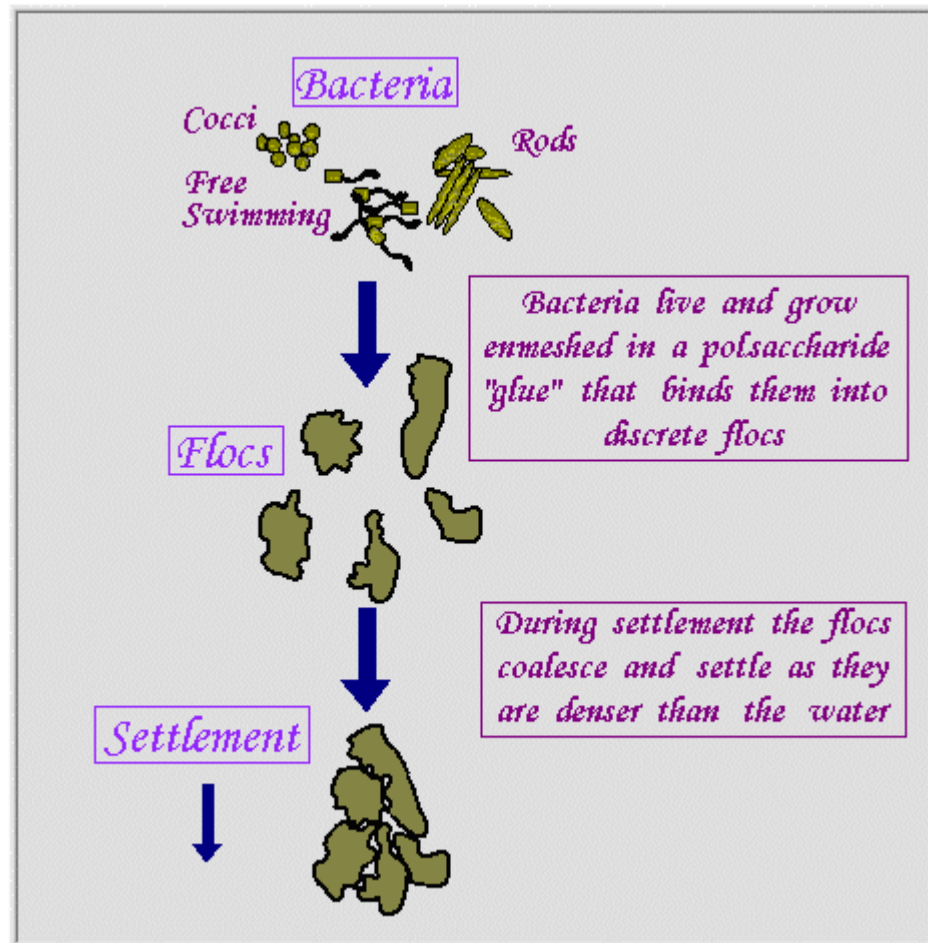
- Βιοκροκύδες (flocs)
- Βιοστρώματα (biofilms)

Βιοκροκύδες ή microbial flocs

Συσσωματώματα μικροοργανισμών που συνήθως επιπλέουν σε υδατικά συστήματα και διατηρούνται ως συσσωματώματα με την βοήθεια πολυμερών που παράγονται από συμμετέχοντες μικροοργανισμούς

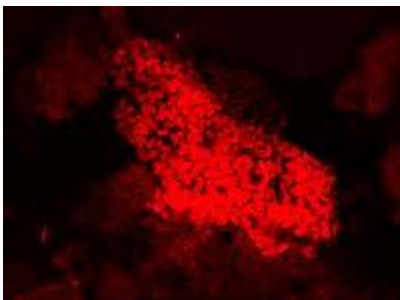


Σχηματισμός βιοκροκύδων

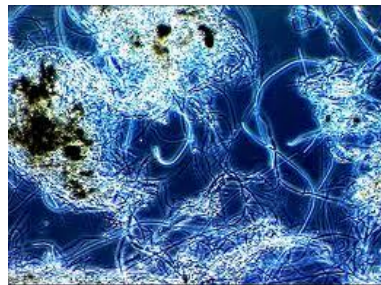


Μικροβιολογία βιο-κροκύδων

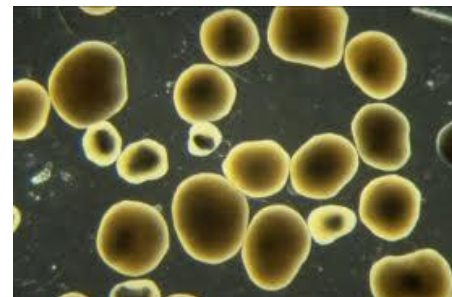
- Το **βακτήριο *Zooglea ramigera*** παράγει κυρίως τα πολυμερή για την δημιουργία των συσσωματωμάτων
- **Ετερότροφα βακτήρια** που διασπούν οργανική ύλη όπως *Pseudomonas*, *Acrhomobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* υπό αερόβιες συνθήκες
- **Νιτροποιητικά βακτήρια** *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*
- **Ακτινοβακτήρια ή βακτήρια που παράγουν υπερβολικές ποσότητες ινών** και δημιουργούν προβλήματα υπερβολικής συσσωμάτωσης και ομαλής ανάπτυξης των συσσωματωμάτων



Nitrobacter



Actinobacteria



Zooglea ramigera



Pseudomonas

Μικροβιολογία βιο-κροκύδων

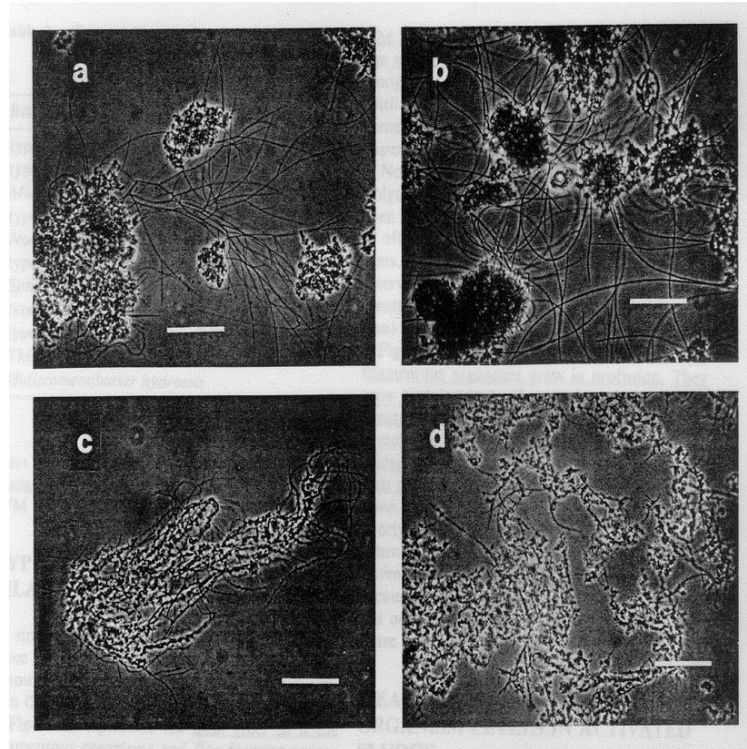
Υπό αναερόβιες συνθήκες η βιοποικιλότητα των συσσωματωμάτων περιορίζεται κυρίως σε βακτήρια και αρχαία:

- **Υδρολυτικά αναερόβια βακτήρια:** *Clostridia*, *Bifidobacteria*
- **Ακετογεννετικά βακτήρια:** διασπούν αμινοξέα, σάκχαρα και άλλα βιοαποδομούμενα δομικά μόρια προς πτητικά οξέα, οξικό οξύ (*Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*)
- **Μεθανιογόνα αρχαία:** μετατρέπουν το οξικό οξύ ή τα CO_2 και H_2 σε μεθάνιο. *Methanobacteriales*, *Methanococcales* μετατρέπουν $\text{H}_2 + \text{CO}_2$ σε μεθάνιο ενώ *Methanosacrina* μετατρέπουν οξικό οξύ σε μεθάνιο



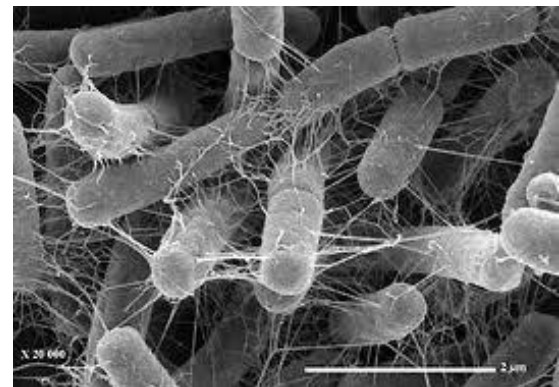
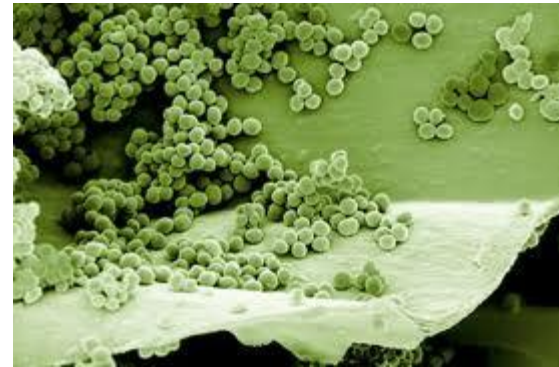
*Ισχυρές βιοκροκύδες
ινώδους ανάπτυξης*

Ασθενής βιοκροκύδες

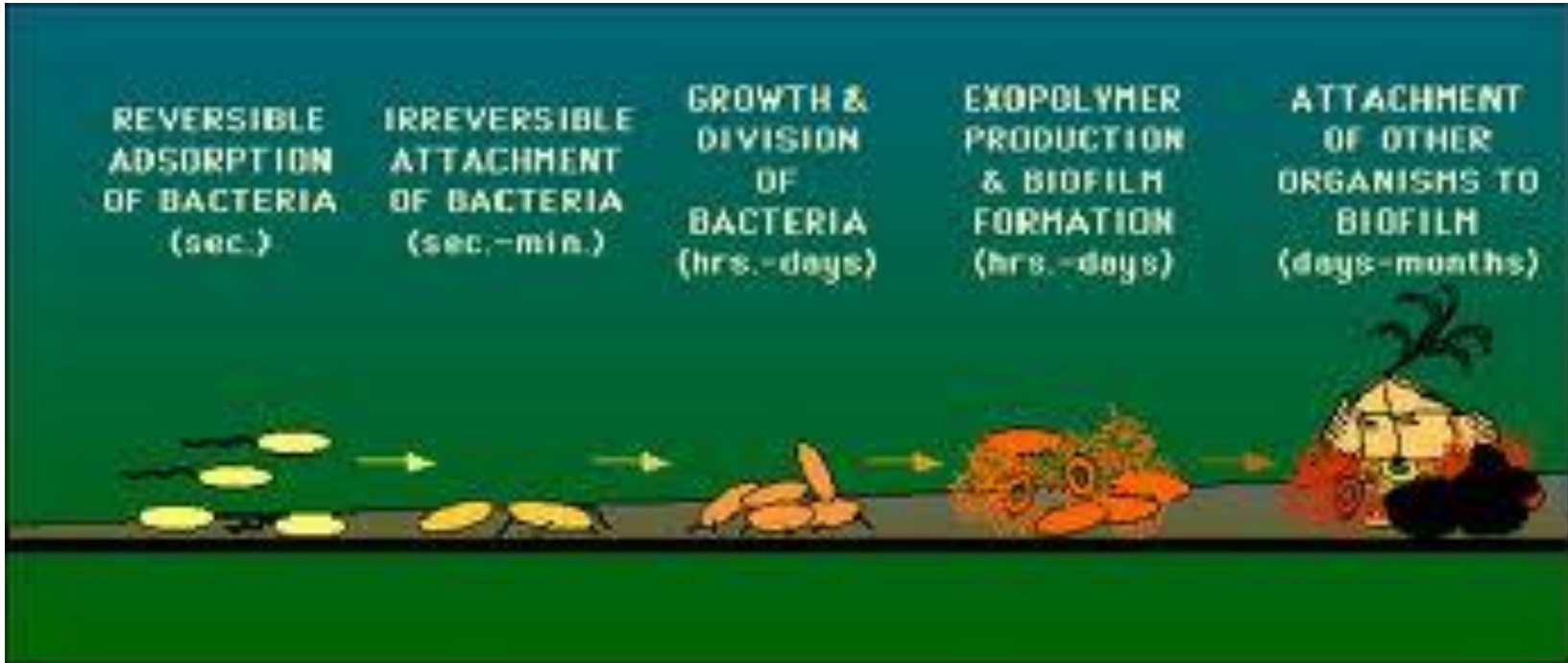


Βιοστρώματα ή Biofilms

Κοινότητες μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε οποιαδήποτε επιφάνεια σαν επιφανειακό στρώμα και διατηρούνται σε ενιαία μορφή με τη βοήθεια πολυμερών (εξωπολυσακχαριτών) που παράγονται από βακτήρια-μέλη των βιοστρωμάτων



Πως σχηματίζονται τα βιοστρώματα;



Βιοστρώματα

- Τα βιοστρώματα αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα μικροβιακών αποικιών και αποτελούνται από χιλιάδες διαφορετικά είδη και γένη μικροοργανισμών
- Αποτελούν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα μορφή ανάπτυξης που χρησιμοποιείται από την Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Οφέλη των μικροοργανισμών στα βιοστρώματα

- Τα βιοστρώματα επιτρέπουν στους μικροοργανισμούς να αποκομίζουν κοινά οφέλη όπως **ανθεκτικότητα σε αντίξοες συνθήκες, αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα και προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά περιβάλλοντα**
- Στα βιοστρώματα συμβαίνει και **διάσπαση υπολειμματικών μορίων** που δεν είναι δυνατόν να μεταβολισθούν με την δράση ενός μεμονωμένου μικροοργανισμού
- Συνήθως στα βιοστρώματα παρατηρείται και **αυξημένη πιθανότητα γενετικών ανταλλαγών** μεταξύ βακτηρίων



Μικροβιολογία βιοστρωμάτων

Αποτελούνται κυρίως από βακτήρια αλλά και μύκητες, άλγη και πρωτόζωα συμμετέχουν σε σημαντικό βαθμό **σε αντίθεση με τις βιο-κροκύδες όπου οι μύκητες και τα άλγη δεν συμμετέχουν ιδιαίτερα**

Ανάλογα με τις συνθήκες μεταβάλλεται και η σύσταση τους (αερόβιες vs αναερόβιες)



Μικροβιολογία Βιοστρωμάτων

- **Βακτήρια:** κυρίως ετερότροφα βακτήρια που διασπούν οργανική ύλη πρωτογενώς ή δευτερογενώς και τα γένη που συμμετέχουν μοιάζουν με αυτά των συσσωματωμάτων (*Acrhomobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*)
- **Νιτροποιητικά Βακτήρια:** κυρίως βρίσκονται σε τμήματα των βιοστρωμάτων με χαμηλή συγκέντρωση σε οργανική ύλη
- **Μύκητες:** Περίπου 90 διαφορετικά γένη μυκήτων έχουν απομονωθεί από βιοστρώματα
- **Πρωτόζωα:** αρπακτικά των βακτηρίων
- **Άλγη:** Σε υψηλούς πληθυσμούς σε αερόβιες λίμνες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

