



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

Μεθανιογόνοι Μικροοργανισμοί - Μεθανιογένεση

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

- Το μεθάνιο, με μία ετήσια ποσότητα εκπομπής στην ατμόσφαιρα που μπορεί να προσεγγίσει και τους 800 εκατομμύρια τόνους, αντιπροσωπεύει ένα σχετικά μικρό ποσοστό του παγκόσμιου κύκλου του άνθρακα

- Ο σχηματισμός μεθανίου παρουσιάζει τεράστιο μικροβιολογικό ενδιαφέρον, εξαιτίας του τελικού προϊόντος αλλά και της ιδιομορφίας των συμμετεχόντων μικροοργανισμών, οι οποίοι ανήκουν αποκλειστικά στο βασίλειο των **Αρχαίων**.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

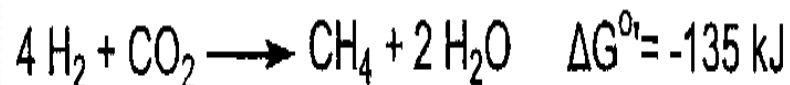
- Μεθανιογένεση:
 - Οι μοναδικοί αυτοί στο είδος τους **προκαρυωτικοί** μικροοργανισμοί ονομάζονται **μεθανιογόνοι** και αναπτύσσονται μόνο υπό πλήρη απουσία οξυγόνου, δηλαδή αναερόβια, σε δυναμικά οξειδοαναγωγής (redox) της τάξεως -370 έως -480 mV
 - Αναπτύσσονται αυτότροφα, παρουσία CO_2 και H_2 , ή και οργανότροφα, χρησιμοποιώντας ένα περιορισμένο αριθμό οργανικών ενώσεων μικρού μοριακού βάρους ως υπόστρωμα.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

- Μεθανιογόνα αρχαία χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα ως δέκτη ηλεκτρονίων (αυτό σημαίνει ότι το CO₂ δέχεται αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και επομένως σχηματίζεται ένωση με χαμηλότερο αριθμό οξείδωσης)

- Στην ίδια οξειδοαναγωγική αντίδραση το υδρογόνο αποτελεί τον δότη ηλεκτρονίων (αυτό σημαίνει ότι το H₂ δίνοντας ηλεκτρόνια μεταβαίνει σε κατάσταση υψηλότερου αριθμού οξείδωσης)



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Οργανικά υποστρώματα:

- Οι μεθανιογόνοι μικροοργανισμοί δύνανται να χρησιμοποιήσουν

Οργανικά υποστρώματα		
	μεθανόλη	κυκλοπεντανόλη
	αιθανόλη	μυρμηκικό οξύ
	1 προπανόλη	μεθυλομερκαπτάνη (CH ₃ SH)
	ισοπροπανόλη	διμεθυλοσουλφίδιο [(CH ₃) ₂ S]
	1 βουτανόλη	οξικό οξύ (CH ₃ COOH)
	2 βουτανόλη	μονο-, δι- και τριμεθυλαμίνες

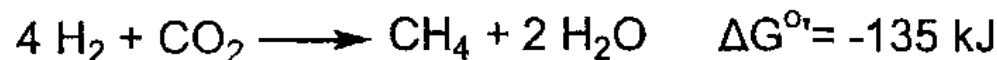
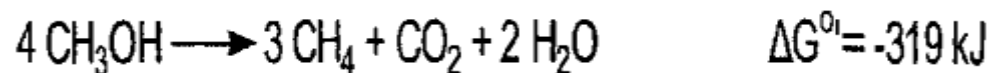
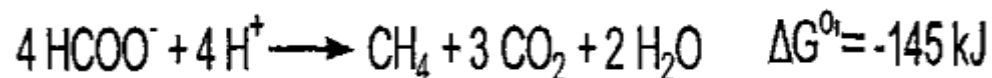
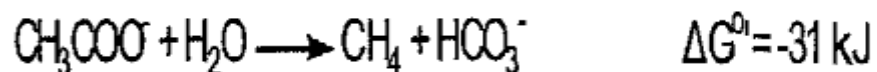
Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:
 - Οι μεθανιογόνοι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν το οξικό ονομάζονται **οξικότροφοι** (aceticlastic ή acetotrophic)
 - Από μετρήσεις με ραδιενεργά ιχνηθετημένο άνθρακα (^{14}C), προκύπτει ότι
 - ❖ το 70% του φυσικά παραγόμενου CH_4 προέρχεται από τη χρήση του οξικού οξέος
 - ❖ το 30% από την αυτότροφη ανάπτυξη σε H_2/CO_2 , εξαιτίας της ύπαρξης σε φυσικά οικοσυστήματα σημαντικών διαθέσιμων ποσοτήτων οξικού

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

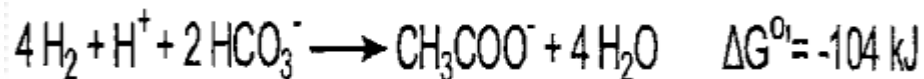
- Οι περισσότεροι μεθανιογόνοι μικροοργανισμοί έχουν «εξειδικευτεί» στην αυτοτροφία, διότι ο αυτότροφος σε σύγκριση με τον ετερότροφο μεταβολισμό με οξικό είναι θερμοδυναμικά ευνοούμενος



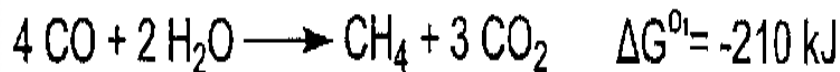
Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

- Μία άλλη ομάδα υποχρεωτικά αναερόβιων μικροοργανισμών που ανάγουν το CO₂ με H₂ είναι τα λεγόμενα ομοοξικογόνα βακτήρια (homoacetogenic bacteria), τα οποία παράγουν οξικό οξύ αντί του μεθανίου



- Ενδιαφέρουσα είναι επίσης η παραγωγή CH₄ από CO και H₂O



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:
 - Στελέχη του είδους *Methanosarcina barkeri* και του γένους *Methanosaeta* (ex. *Methanotherix*), αποτελούν τους πλέον συνήθεις οξικότροφους μεθανιογόνους μικροοργανισμούς
 - Ενδεικτικές τάξεις (Class) μεθανιογόνων
 - ❖ *Methanococcales*
 - ❖ *Methanocellales*
 - ❖ *Methanobacteriales*
 - ❖ *Methanomicrobiales*
 - ❖ *Methanosarcinales*

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογόνοι μικροοργανισμοί:

Τάξη - Οικογένεια	Γένος	Υπόστρωμα
<i>Methanococcales</i>		
<i>Methanocaldococcaceae</i>	<i>Methanocaldococcus</i> <i>Methanotorris</i>	H ₂ + CO ₂ , HCOO ⁻ /Y ^Θ
<i>Methanococcaceae</i>	<i>Methanococcus</i>	H ₂ + CO ₂ , πυροσταφυλικό + CO ₂ , HCOO ⁻ /M
	<i>Methanothermococcus</i>	H ₂ + CO ₂ , HCOO ⁻ / ^Θ

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογόνοι μικροοργανισμοί:

Τάξη - Οικογένεια	Γένος	Υπόστρωμα
<i>Methanobacteriales</i>		
<i>Methanobacteriaceae</i>	<i>Methanobacterium</i> <i>Methanobrevibacter</i> <i>Methanospaera</i> <i>Methanothermobacter</i>	H ₂ + CO ₂ , HCOO ⁻ /M H ₂ + CO ₂ , HCOO ⁻ /M CH ₃ OH + H ₂ /M H ₂ + CO ₂ , HCOO ⁻ /Θ

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

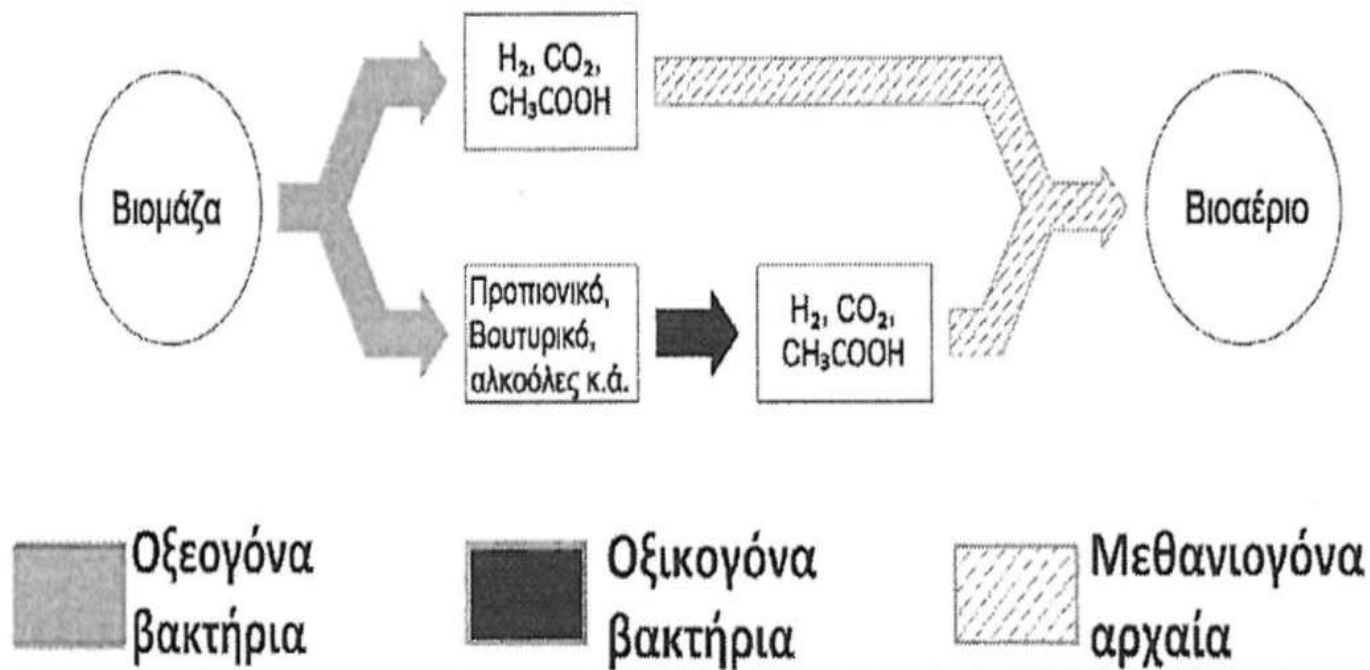
- Δεδομένου ότι το φάσμα υποστρωμάτων των μεθανιογόνων μικροοργανισμών είναι περιορισμένο η μετατροπή σύνθετων οργανικών ενώσεων (υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπαρών οξέων) σε CH_4 είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, στην οποία συμμετέχουν, πλησίον των μεθανιογόνων μικροοργανισμών, άλλες δύο μικροβιακές ομάδες

- ❖ τα οξεογόνα

- ❖ και τα οξικογόνα βακτήρια

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

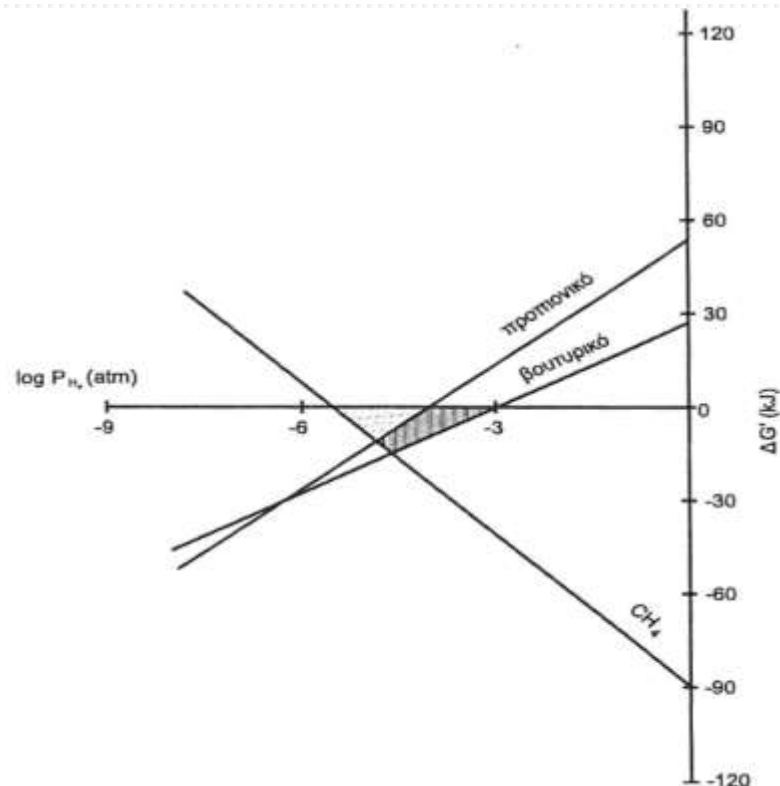
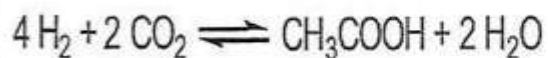
- Μεθανιογένεση:
- Μεθανιόγένεση από σύνθετες οργανικές ενώσεις



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

- Ελεύθερη ενέργεια κατά την οξικογένεση από προπιονικό και βουτυρικό →



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Μεθανιογένεση:

- Το γεγονός όμως ότι στην πράξη το προπιονικό και το βουτυρικό οξύ υπόκεινται σε πλήρη αποδόμηση, οφείλεται σε μία συμβιωτική συνύπαρξη

- ❖ **οξικογόνων**

- ❖ **και υδρογονότροφων μεθανιογόνων μ.ο**

που ονομάζεται «συντροφιά» (syntrophy), κατά την οποία η θερμοδυναμικά μη ευνοούμενη αντίδραση παραγωγής υδρογόνου (οξικογένεση) συζεύγνυται με τη θερμοδυναμικά ευνοούμενη αντίδραση μετατροπής του H_2 σε CH_4 (μεθανιογένεση)

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Οξικογόνοι & υδρογονότροφοι μεθανιογόνοι:
 - Υπό αναερόβιες συνθήκες, το παραγόμενο από τη βιομάζα υδρογόνο μπορεί να καταναλωθεί από μεθανιογόνους, ομοοξικογόνους ή θεικοαναγωγικούς μικροοργανισμούς
 - Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί τείνουν στο σχηματισμό νιφάδων ή άλλων μορφών συσσωματωμάτων

