



Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων

Καθηγητής Θρασύβουλος Μανιός

Τμήμα Γεωπονίας

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

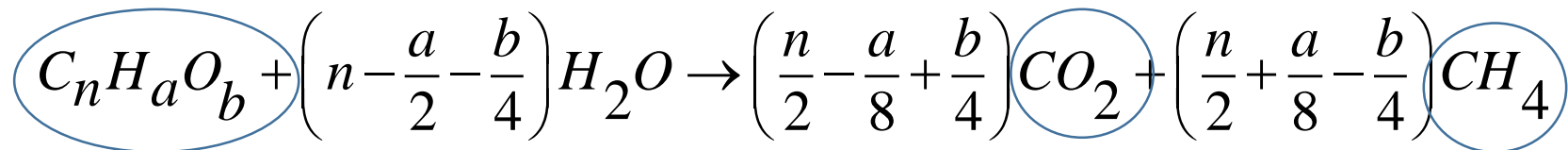
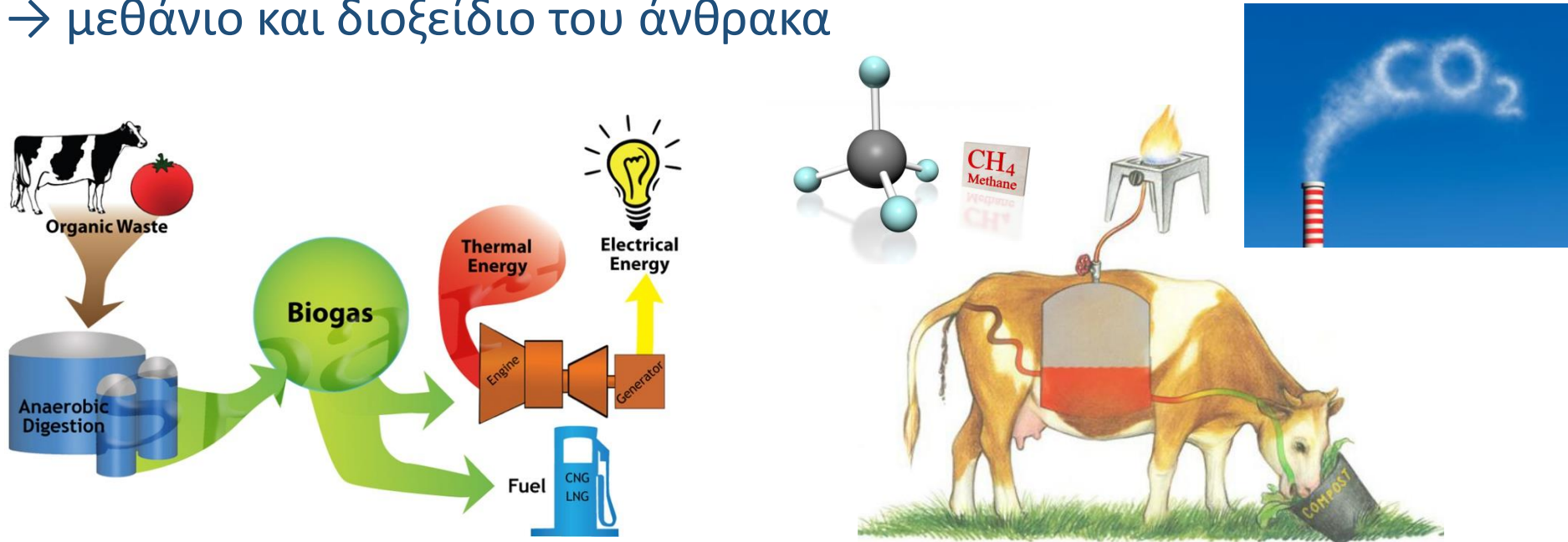
Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων

Διάλεξη 5^η

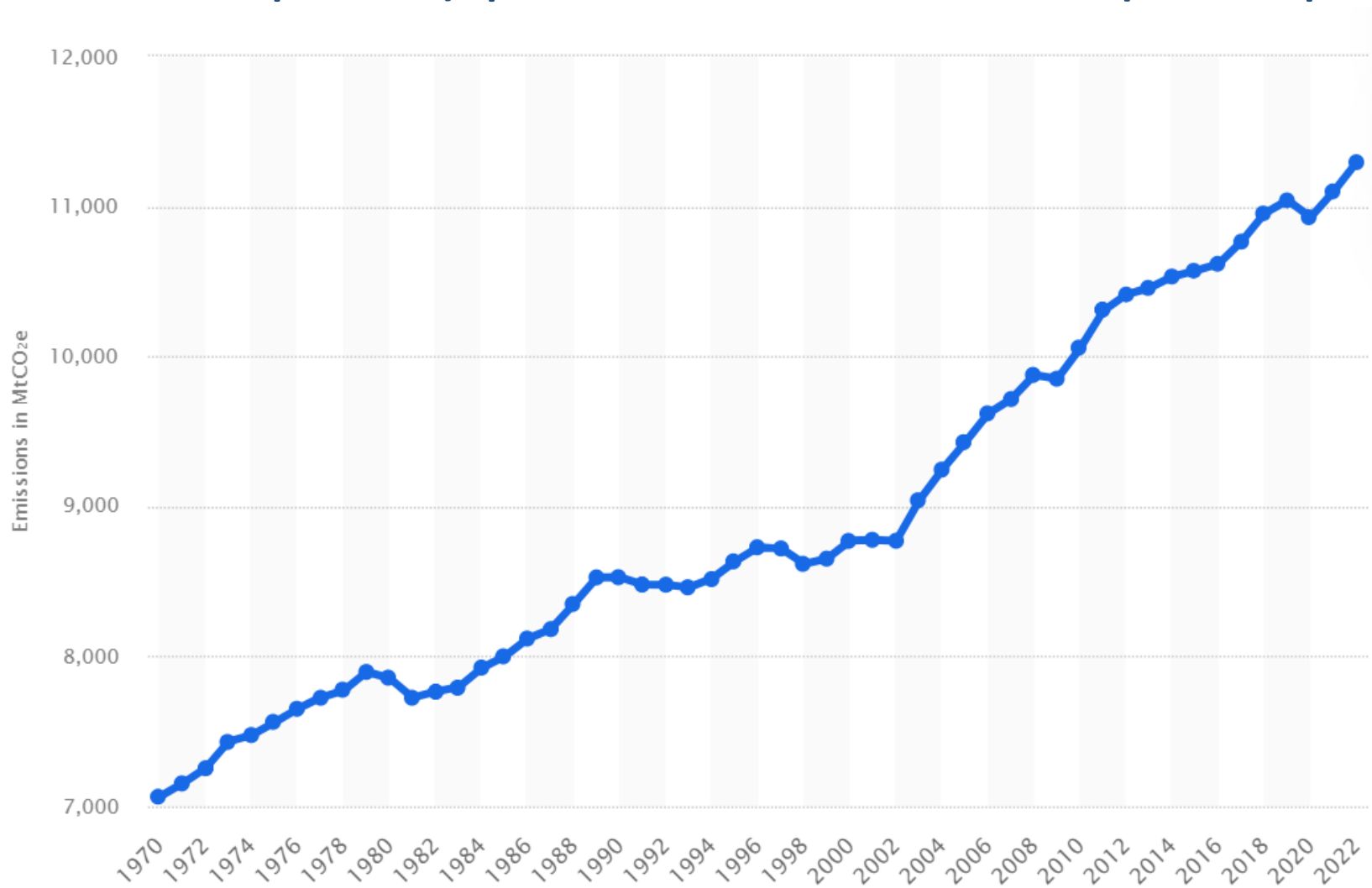
Αναερόβια Χώνευση

Αναερόβια χώνευση

- ✓ Βιολογική διεργασία όπου οργανικό υλικό απουσία οξυγόνου
→ μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα

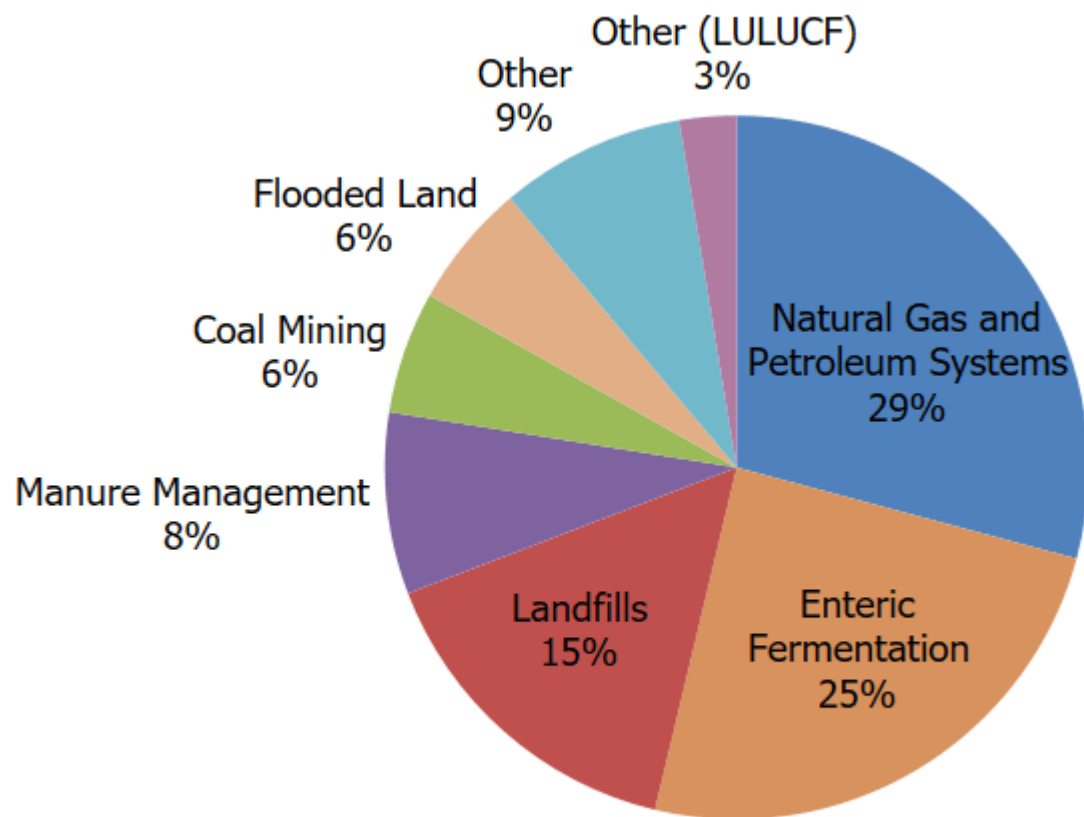


Εκπομπές μεθανίου σε παγκόσμιο επίπεδο



Global methane (CH₄) emissions reached a high of 11.3 billion metric tons of carbon dioxide equivalent (GtCO₂e) in 2022. This accounted for roughly 21 percent of total global greenhouse gas emissions that year. Methane emissions have risen by more than 32 percent since 1990

Πηγές εκπομπής μεθανίου στις ΗΠΑ



The Agriculture sector is the largest source of CH₄ emissions in the United States

The number of farm animals reared for food globally has risen from 60 billion a year to just over 70 billion in the last 5 years.

Αναερόβια Επεξεργασία

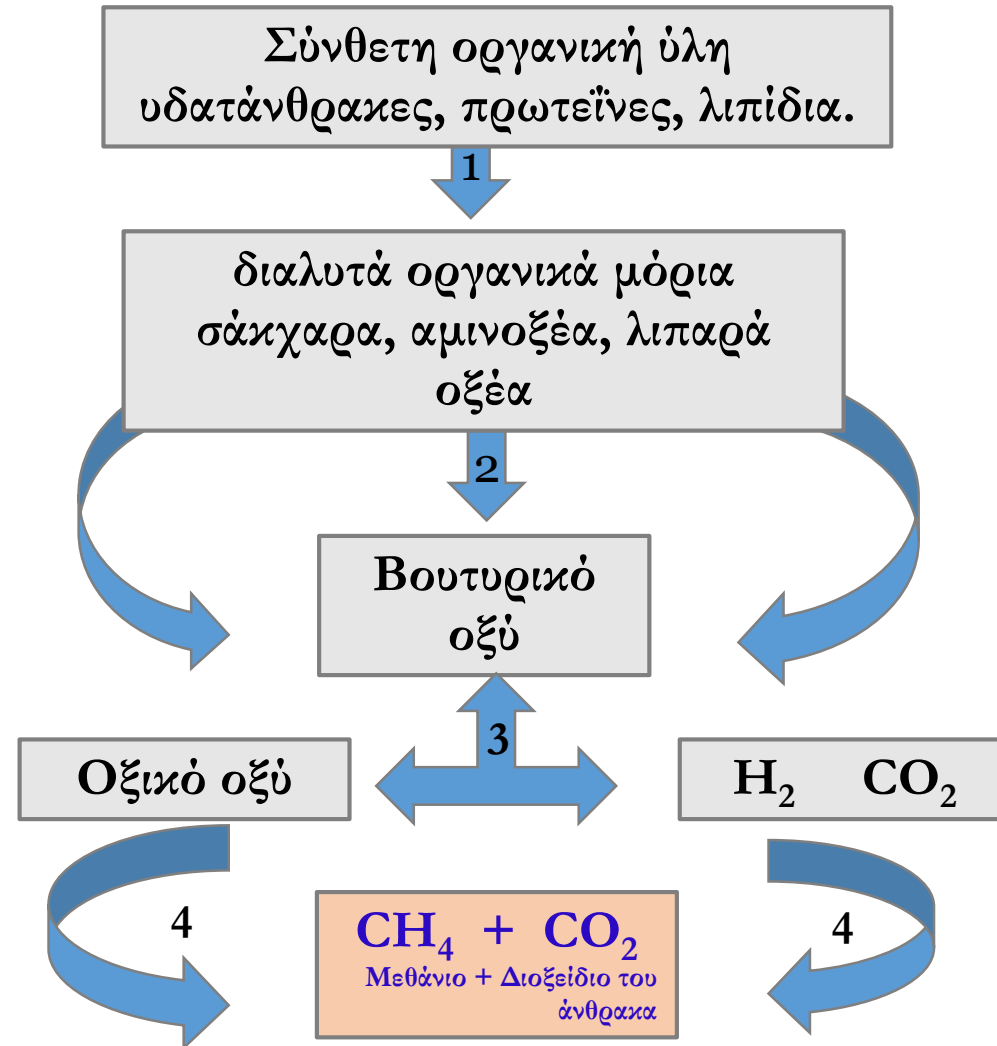
Βιοχημικές αντιδράσεις

1. Υδρόλυση - Σύνθετα πολυμερή

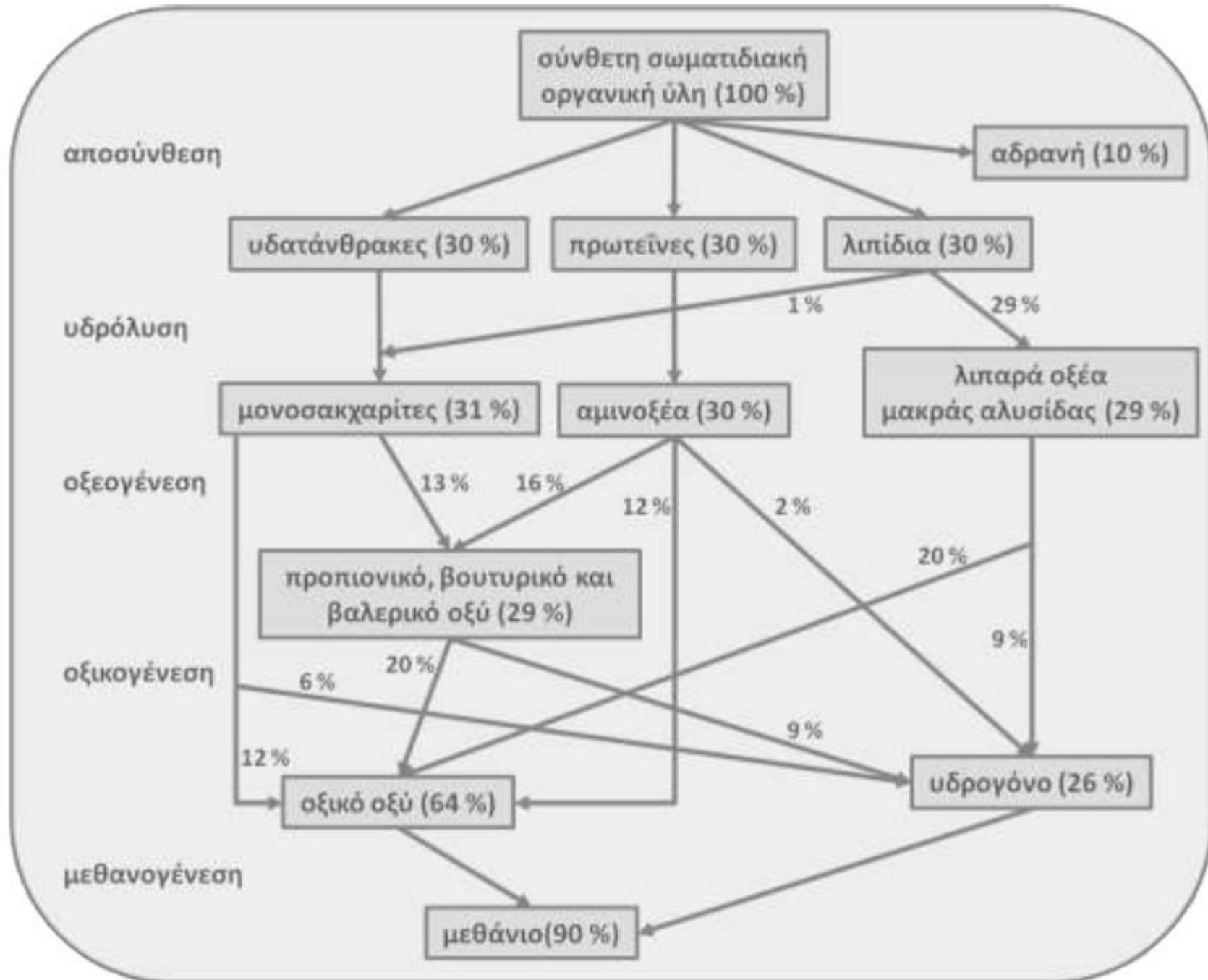
2. Οξεογένεση - Οργανικά μόρια σε λιπαρά οξέα

3. Οξικογένεση / ακετογένεση
Μετατροπή σε οξικό οξύ & CO₂

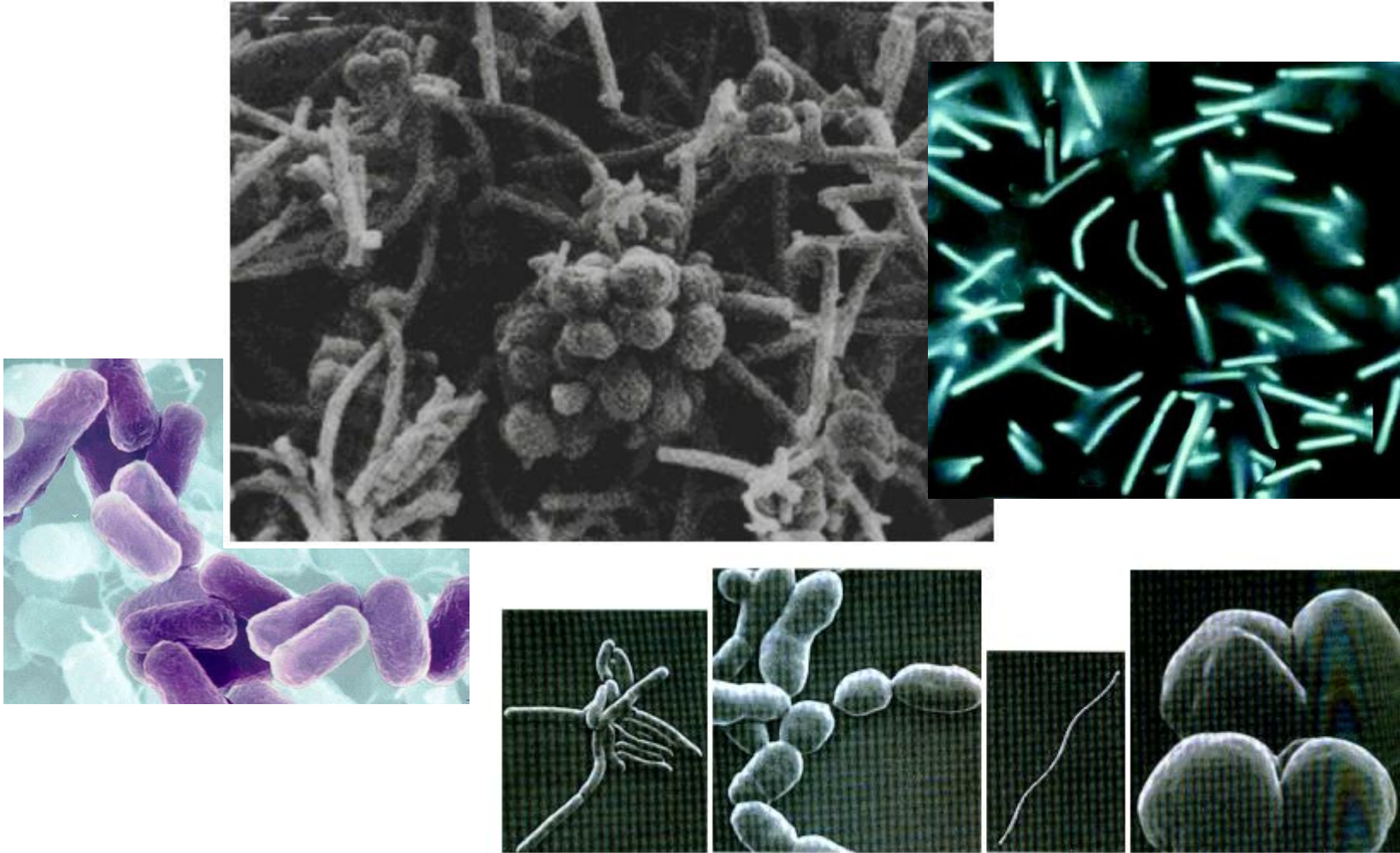
4. Μεθανογένεση
Τελική μετατροπή σε μεθάνιο [CH₄]



Αναερόβια Επεξεργασία



Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί



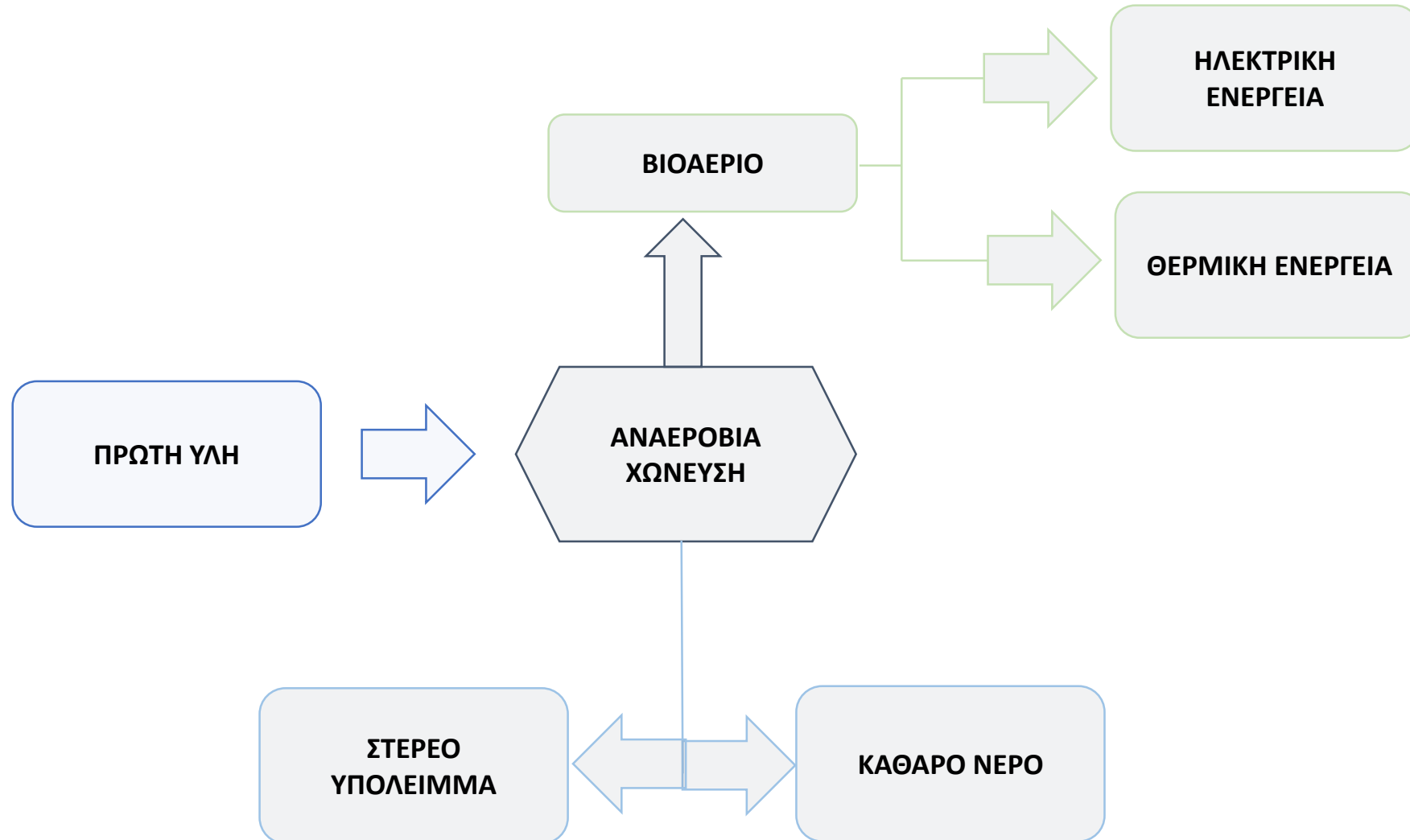
Ο Άρης μπορεί να είχε άφθονους ανανερόβιους μικροοργανισμούς που ζούσαν λίγο κάτω από την επιφάνεια του πριν δισεκατομμύρια χρόνια. Όμως αυτά τα αρχαία μικρόβια πυροδότησαν μια – αντίστροφη από τη Γη – κλιματική αλλαγή που έφερε μια Αρειανή Εποχή των Πάγων και έκανε τον πλανήτη αφιλόξενο για ζωή, με αποτέλεσμα οι μικροοργανισμοί τελικά να αυτοκαταστραφούν. Αυτή είναι η εκτίμηση μιας νέας γαλλικής επιστημονικής μελέτης μοντελοποίησης.

Είδη μικροοργανισμών

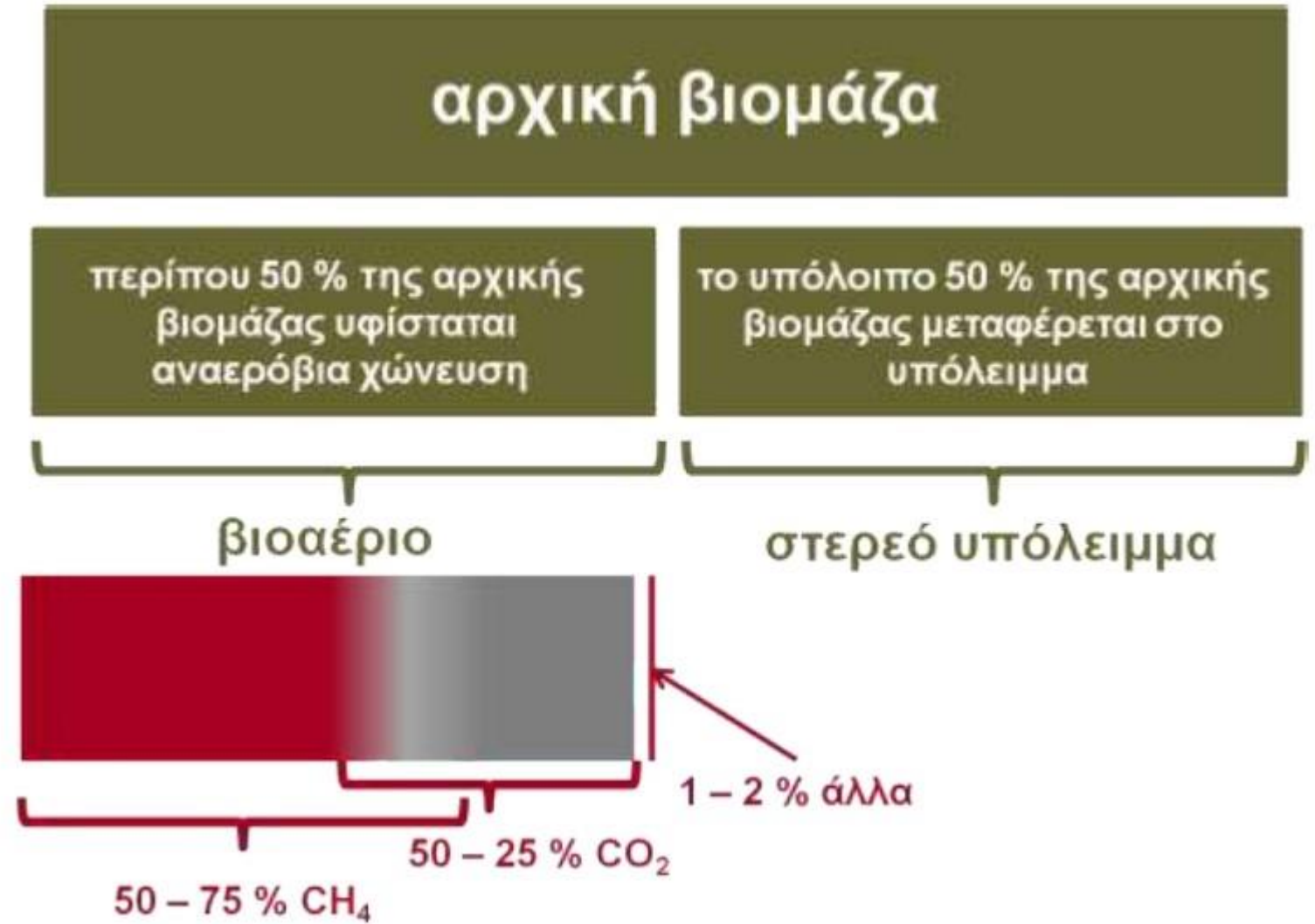
Πίνακας 3.1 Κατάταξη των μικροοργανισμών με κριτήριο τη σχέση της κυτταρικής τους λειτουργίας με το οξυγόνο.

Μικροοργανισμοί	Ιδιότητα
1. Αερόβιοι (aerobes)	Χρησιμοποιούν το μοριακό οξυγόνο
2. Προαιρετικά αναερόβιοι (facultative anaerobes)	Χρησιμοποιούν το μοριακό οξυγόνο αλλά μπορούν να ζήσουν με ζυμωτικό μεταβολισμό και σε αναερόβιες συνθήκες
3. Υποχρεωτικά αναερόβιοι (obligate anaerobes)	Δε διαθέτουν την ικανότητα χρήσης του μοριακού οξυγόνου
3α. Αδιάφοροι αναερόβιοι (indifferent anaerobes)	Μπορούν να επιβιώσουν και σε αερόβιες συνθήκες
3β. Ανθεκτική στον αέρα αναερόβιοι (aerotolerant anaerobes)	Έχουν κάποιο όριο ανοχής στη συγκέντρωση οξυγόνου στο περιβάλλον τους
3γ. Αυστηρά αναερόβιοι (strict anaerobes)	Πεθαίνουν ακόμα και με ίχνη ελεύθερου οξυγόνου στο περιβάλλον τους

Αναερόβια χώνευση



Ισοζύγιο μάζας



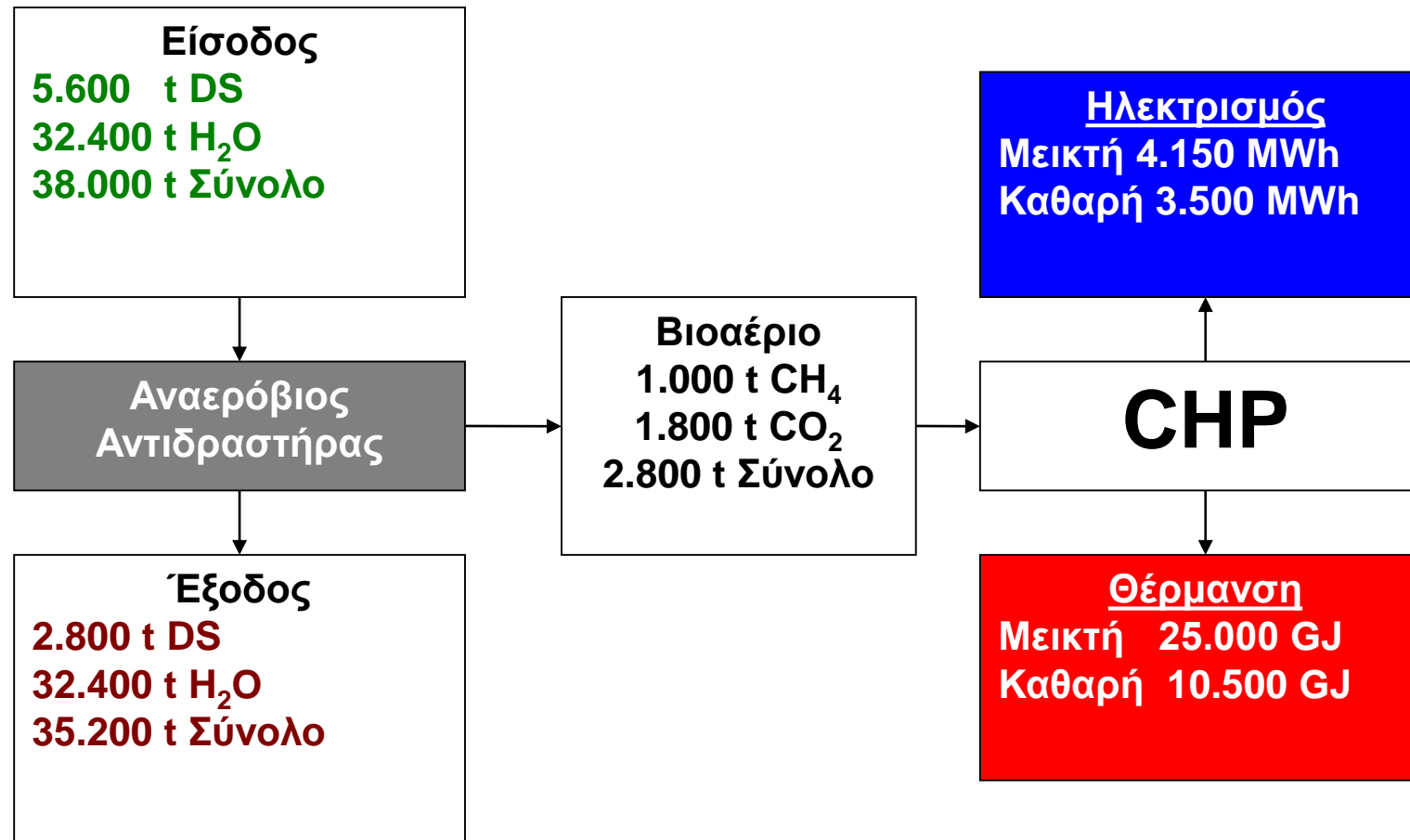
Ισοζύγιο μάζας

Πίνακας 3.3 Απόδοση στην παραγωγή μεθανίου κατά την επεξεργασία διαφορετικών ποιοτικά στερεών αποβλήτων.

Απόβλητα	Απόδοση σε CH ₄ (m ³ kg ⁻¹ VS)
Α.Σ.Α (μηχανική διαλογή)	0.390
Α.Σ.Α (μηχανική διαλογή) + ιλύς	0.403
Α.Σ.Α (διαλογή στην πηγή)	0.399
Α.Σ.Α + στερεά απόβλητα φρούτων & λαχανικών	0.510

Α.Σ.Α : Αστικά Στερεά Απόβλητα

Παραγωγή Ενέργειας από Βιοαέριο



Στερεό υπόλειμμα – χώνεμα

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών και ιδίως N
- Διάθεση με τη μορφή της υγρής λίπανσης σε μεγάλο αριθμό καλλιεργειών
- Νομικό πλαίσιο που επιτρέπει τη χρήση και σύστημα επιδότησης από τη νέα CAP

Στερεό υπόλειμμα – χώνεμα

Μειονεκτήματα

- Άσχημη / ενοχλητική οσμή
- Χαμηλή βιο-σταθεροποίησης οργανικής ουσίας (σχετίζεται με υδραυλικό χρόνο παραμονής)
- Υψηλή συγκέντρωση ρύπων (οργανικών και ανόργανων)
- Υψηλή συγκέντρωση παθογόνου μικροβιακού φορτίου
- Μεγάλη έκταση εφαρμογής
- Περιορισμοί στις περιόδους εφαρμογής

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- Δομή μικροβιακής κοινότητας
- Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- Θερμοκρασία
- pH
- Χρόνος παραμονής
- Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- ❑ Δομή μικροβιακής κοινότητας (αλληλεπίδραση μ/ο)
 - Καθορίζεται από το υπόστρωμα, την υγρασία και τη θερμοκρασία
 - Τα μεσόφιλα είδη υπερτερούν αριθμητικά των θεرمόφιλων και είναι επίσης περισσότερο ανθεκτικά σε αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών
 - Επιθυμητή η ύπαρξη ποικιλίας ειδών – ποικιλία βιοχημικών διεργασιών
- ❑ Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- ❑ Θερμοκρασία
- ❑ pH
- ❑ Χρόνος παραμονής
- ❑ Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

Δομή μικροβιακής κοινότητας

Υπόστρωμα – Θρεπτικά

- Περιεκτικότητα σε στερεά (solid state / wet state)
- Υψηλή συγκέντρωση πτητικών στερεών
- Αναλογία C και N συνήθως εκφράζονται με το λόγο COD:N που πρέπει να κυμαίνεται από 400:7 έως 1000:7. Παρόμοια ο βέλτιστος λόγος N:P είναι 7:1.
- Οι περισσότεροι αναερόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να διασπάσουν τη λιγνίνη / κυταρρίνη

Θερμοκρασία

pH

Χρόνος παραμονής

Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- Δομή μικροβιακής κοινότητας
- Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- Θερμοκρασία
 - μεσόφιλες: 35-45 °C,
 - θερμόφιλες 55-65 °C
- pH
- Χρόνος παραμονής
- Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- Δομή μικροβιακής κοινότητας
- Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- Θερμοκρασία
- pH
 - 6,5 έως 8,5, 7 με 8 το βέλτιστο
 - Όπως και στην κομποστοποίηση η αποδόμηση της οργανικής ουσίας και η παραγωγή οξέων θα οδηγήσει σε μείωση του pH και για αυτό η αρχική αλκαλική τιμή είναι θετικό στοιχείο
- Χρόνος παραμονής
- Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- Δομή μικροβιακής κοινότητας
- Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- Θερμοκρασία
- pH
- Χρόνος παραμονής
 - Στις περισσότερες περιπτώσεις κυμαίνεται μεταξύ 15 και 40 ημέρων με συνηθέστερη τιμή τις 25 με 30 ημέρες
 - Αύξηση του χρόνου παραμονής οδηγεί σε περαιτέρω μείωση της οργανικής ουσίας αλλά τίθεται ένα θέμα οικονομικής βιωσιμότητας
- Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές

Παράγοντες που επηρεάζουν αναερόβια χώνευση

- Δομή μικροβιακής κοινότητας
- Υπόστρωμα - Θρεπτικά
- Θερμοκρασία
- pH
- Χρόνος παραμονής
- Τοξικές ουσίες / παρεμποδιστές
 - Ενώσεις, οι οποίες επηρεάζουν μία ή περισσότερες από τις βακτηριακές ομάδες που είναι υπεύθυνες για τα διάφορα στάδια αποσύνθεσης
 - αμμωνία, σουλφίδια, ιόντα ελαφρών μετάλλων (Na, K, Mg, Ca, Al), βαριά μέταλλα, οργανικές ενώσεις (χλωροφαινόλες, αλογονωμένες αλιφατικές ενώσεις)
 - Οξυγόνο

Αύξηση της απόδοσης της αναερόβιας χώνευσης

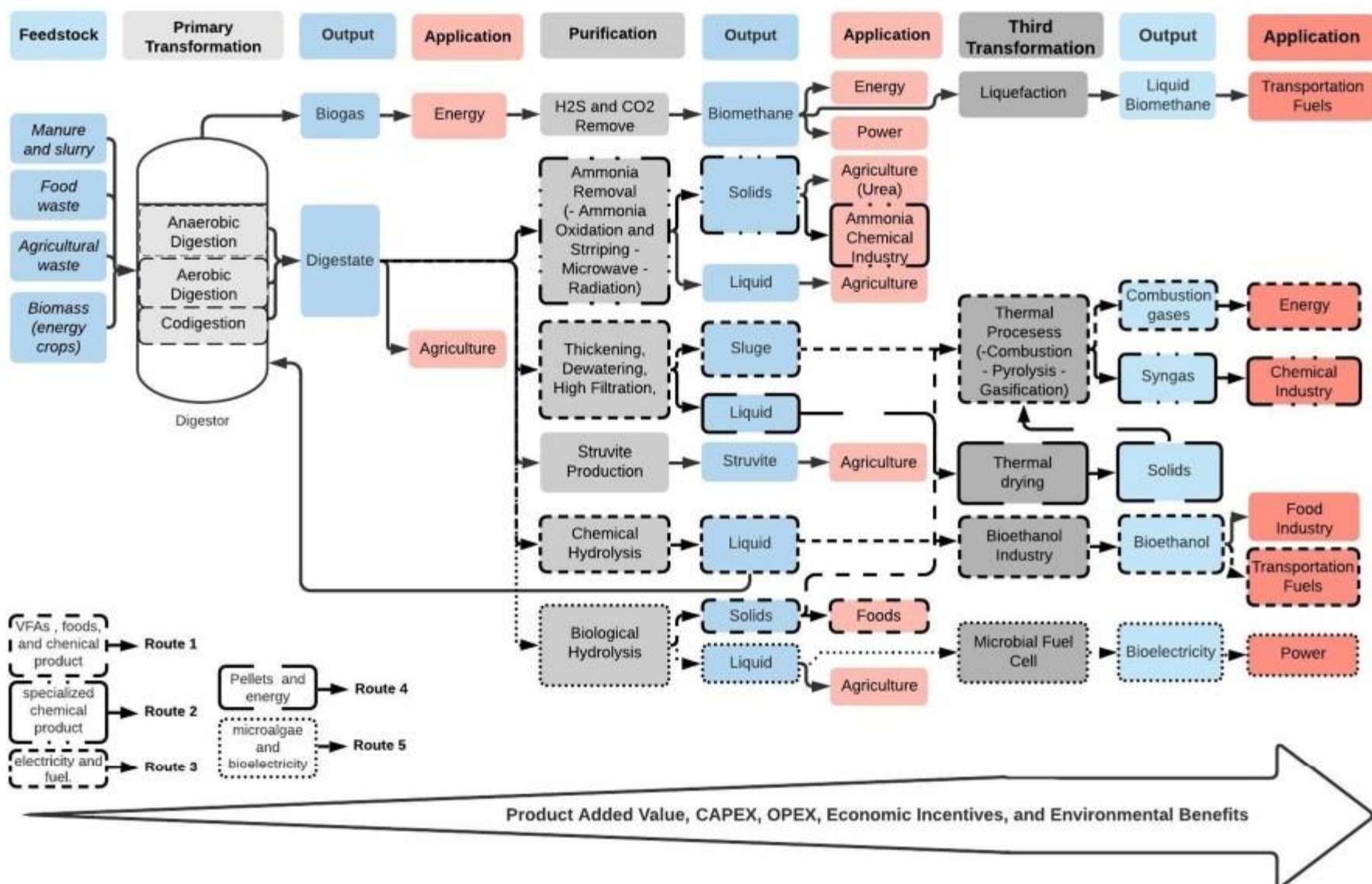


Fig. 1. A diversion map for the sustainable management of organic waste and the recovery of energy and value-added materials.