

Περιβαλλοντική και Διατροφική Μικροβιολογία

*Βιολογική Επεξεργασία Στερεών αποβλήτων –
Κομποστοποίηση, Αναερόβια Χώνευση,
Βιολογική Επεξεργασία Υγρών Αγροτικών Αποβλήτων - Βιοκλίνες*

Δημήτριος Καρπούζας

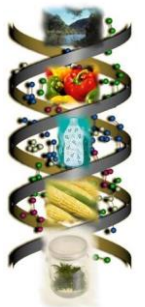
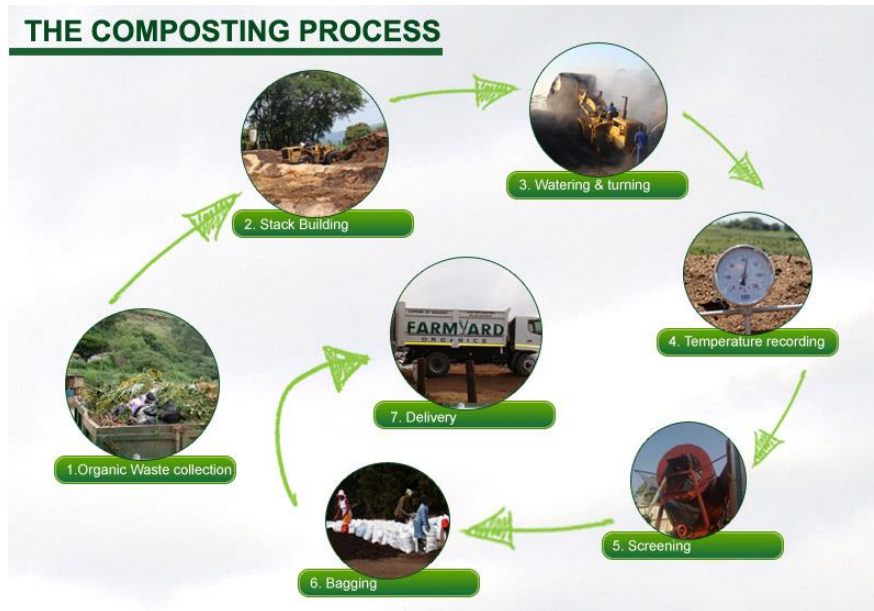


Μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων

1. Κομποστοποίηση (Composting)
2. Αναερόβια χώνευση (Anaerobic Digestion)



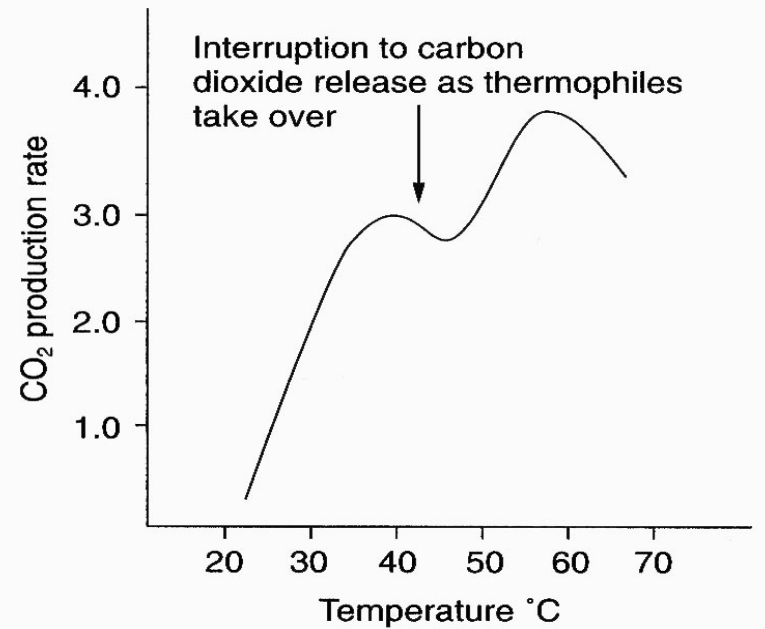
Κομποστοποίηση



Κομποστοποίηση (Composting)

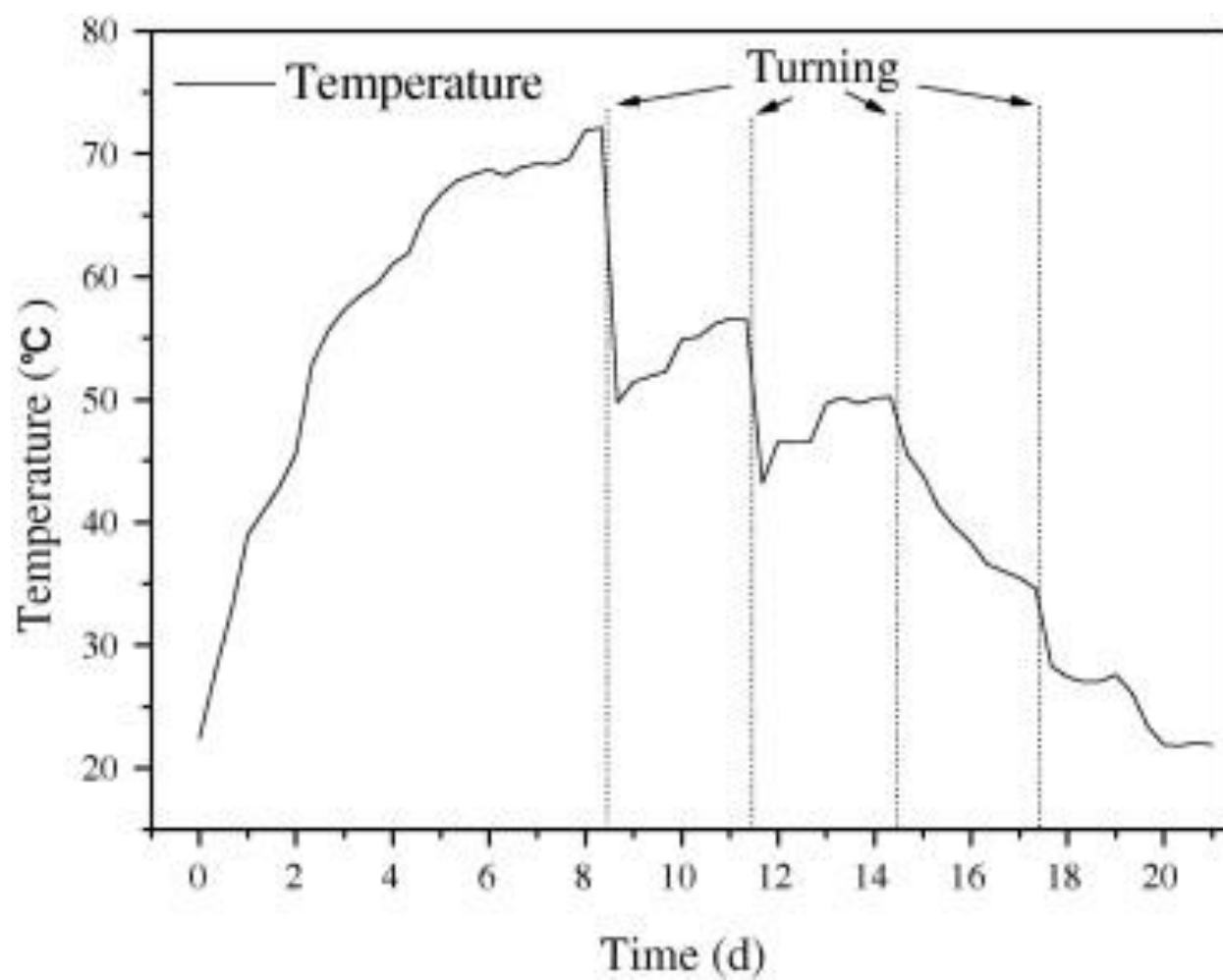
- Αερόβια αποσύνθεση αποβλήτων βιολογικής προέλευσης.
- Χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αστικών απορριμμάτων αλλά κυρίως υποπροϊόντων της γεωργικής παραγωγής
- Τα οργανικά συστατικά των απορριμμάτων αποσυντίθενται από μικτούς πληθυσμούς μικροοργανισμών **υπό υγρές, θερμές και αερόβιες συνθήκες**
- Σε αντίθεση με την αναερόβια αποσύνθεση κατά την ταφή των απορριμμάτων που είναι αργή διαδικασία και συνοδεύεται από παραγωγή μεθανίου, η αερόβια αποσύνθεση είναι ταχύτατη διαδικασία που πραγματοποιείται παρουσία οξυγόνου.

Μεσόφιλο Στάδιο: Επικρατούν μεσόφιλα βακτήρια που αρχίζουν την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας των απορριμμάτων με παράλληλη παραγωγή CO₂ μέχρι η θερμοκρασία να φθάσει τους 40°C.



Θερμόφιλο Στάδιο: Η παραγωγή CO₂ προσωρινά διακόπτεται και ξεκινά ξανά με την επικράτηση των θερμόφιλων μικροοργανισμών μέχρι η θερμοκρασία να φτάσει τους 70-75 °C οπότε και πεθαίνουν

Στάδιο Ωρίμανσης: Με την πτώση της θερμοκρασία επικρατούν και πάλι μεσόφιλα βακτήρια αλλά κυρίως ακτινοβακτήρια και νιτροποιητικά βακτήρια. Τα ακτινοβακτήρια αποσυνθέτουν κυτταρίνη και ημικυτταρίνη ενώ τα νιτροποιητικά βακτήρια *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* που χρειάζονται χρόνο για να αναπτυχθούν μετατρέπουν τα αμμωνιακά ιόντα σε νιτρικά



Μεγιστοποίηση Αποτελεσματικότητας Κομποστοποίησης

- Προετοιμασία των απορριμμάτων ώστε να είναι σε κατάσταση ιδανική για αποσύνθεση **δηλαδή ανάμιξη ώστε να πάρουμε απόβλητα με C:N 20-25 ή άλεση σε τεμάχια κατάλληλου διαμετρήματος που θα προσδώσουν μεγαλύτερη επιφάνεια για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και καλό αερισμό**



Επεξεργασμένα Προϊόντα Κομποστοποίησης

Η ολοκλήρωση της κομποστοποίησης και η ποιότητα του επεξεργασμένου προϊόντος εκτιμάται με την χρήση διαφόρων θρεπτικών και μικροβιολογικών παραμέτρων:

- 1. Λόγος C/N:** Τιμές λόγου C/N περίπου 10...η κομπόστα είναι καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενσωμάτωση σε αγροτικά εδάφη
- 2. N-P-K:** περιεκτικότητα σε N,P,K για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα της ως οργανικό λίπασμα
- 3. Μικροβιολογικές μετρήσεις:** Μέτρηση και ανίχνευση των πληθυσμών 6 κύριων ομάδων μικροοργανισμών στην κομπόστα

Συστήματα Κομποστοποίησης I

Σύστημα Ατομικής Κομποστοποίησης (Home composting)

Σε κήπους κατοικιών σε μεταλλικά ή πλαστικά δοχεία που παραδίδονται από τις τοπικές αρχές. Το **βασικό πλεονέκτημα** τους είναι ότι ο κάτοχος γνωρίζει τι εναποθέτει στο σύστημα και επίσης έχει άμεσο έλεγχο της διεργασίας. Το **βασικό μειονέκτημα** είναι ότι η καλή λειτουργία του εναποτίθεται στην καλή διάθεση του κάθε κατοίκου



Συστήματα Κομποστοποίησης II

Σύστημα Κεντρικής Κομποστοποίησης (Centralized composting)

Οι βασικές αρχές είναι ταυτόσημες με το προηγούμενο σύστημα αλλά ο όγκος των αποβλήτων που πρέπει να επεξεργασθούν καθιστά απαραίτητη την δημιουργία πιο εξελιγμένων κατασκευών όπου η ανάμιξη και ο καλός αερισμός είναι απαραίτητος για την επιτυχία της μεθόδου. **Μειονέκτημα:** η αδυναμία ελέγχου του περιεχομένου των αποβλήτων με αποτέλεσμα την εισροή και υλικών που δεν βιο-διασπώνται όπως πλαστικά



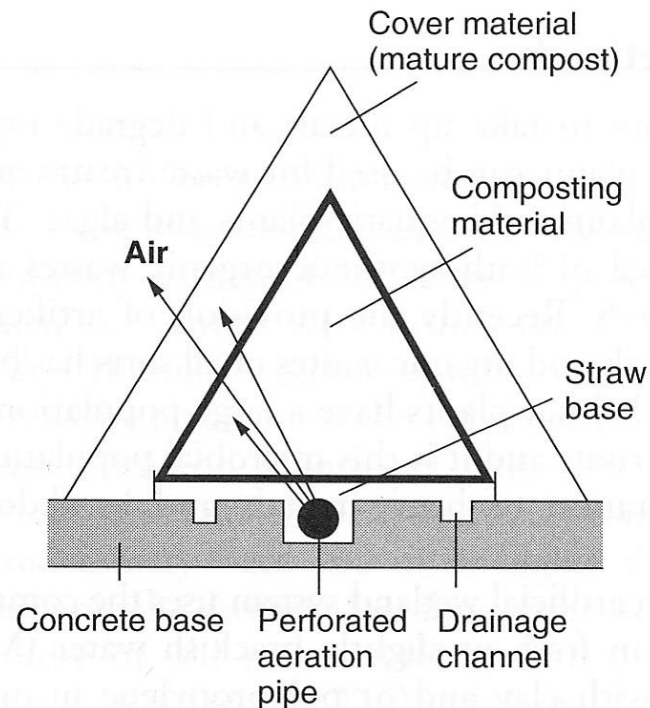
Κεντρική Κομποστοποίηση - Κατασκευές

- **Μέθοδος αναδευομένων σωρών (Windrow method)**
- Μέθοδος στατικών σωρών (Static pile method)
- Μέθοδος τούνελ (Tunnel method)
- Μέθοδος περιστρεφόμενου τύμπανου (Rotary drum method)
- Μέθοδος κλειστού αντιδραστήρα (In vessel method)



Μέθοδος αναδευομένων σωρών (Windrow)

- Το απλούστερο και πιο σύνηθες ανοιχτό σύστημα κομποστοποίησης
- Τα απορρίμματα αποτίθενται σε μακρύς (2-3 m) σωρούς σε σχήμα σχεδόν τραπεζοειδές και συνήθως καλύπτονται από στρώμα άχυρου





Μέθοδος αναδευομένων σωρών (Windrow)

- Ο αερισμός και ανάμιξη του συστήματος επιτυγχάνεται με γύρισμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα (με την ολοκλήρωση κάθε θερμοφιλου σταδίου)
- Εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα χωρίς κάλυψη από καιρικά φαινόμενα καθώς δεν δημιουργούν προβλήματα έκπλυσης καθώς τοποθετούνται επάνω σε τσιμεντένιες βάσεις όπου η έκπλυση μπορεί να ελεγχθεί



Μέθοδος Στατικών Σωρών



Δεν πραγματοποιείται 'γύρισμα' του κόμποστ και ο αερισμός παρέχεται με σωληνώσεις από τον πυθμένα των σωρών

Παράμετροι που επηρεάζουν την Κομποστοποίηση

1. Θερμοκρασία
2. Υγρασία
3. Διαμέτρησημα σωματιδίων υποστρώματος – αποβλήτων
4. Φυσική κατάσταση αποβλήτων
5. Επιταχυντικές ουσίες
6. Χρόνος Διάρκειας Διεργασίας

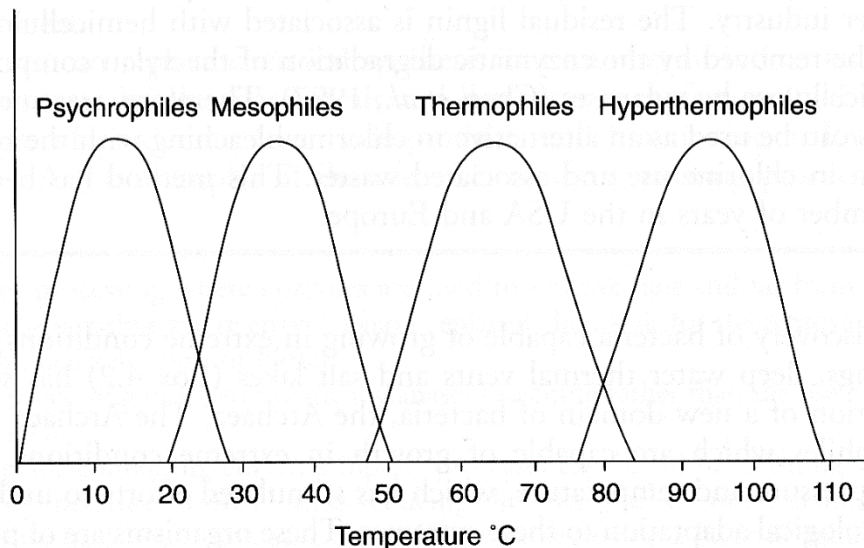


1. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά την διάρκεια των διαφόρων σταδίων της κομποστοποίησης και έτσι καθορίζεται το είδος των μικροοργανισμών που είναι υπεύθυνοι για την αποσύνθεση.

Η θερμοκρασία πρέπει να **φθάσει τουλάχιστον τους 60°C** ώστε να θανατωθούν παθογόνοι οργανισμοί, σπόροι ζιζανίων **αλλά δεν πρέπει να υπερβεί τους 75°C** ώστε να μην

προκληθεί μη-αντιστρεπτή καταστροφή της μικροβιακής κοινότητας του συστήματος



2. Υγρασία

- Τα βέλτιστα επίπεδα υγρασίας για επιτυχή κομποστοποίηση είναι 60% αλλά υγρασία μεταξύ 40-70% είναι ικανοποιητική
- **Υγρασία 25-30% είναι χαμηλή** και η διαδικασία επιβραδύνεται σταδιακά μέχρι οριστικής αναστολής.
Υγρασία > 75% ίσως να δημιουργήσει προβλήματα αερισμού και αναεροβικές συνθήκες στο εσωτερικό του συστήματος.
- Η υγρασία στο εσωτερικό του συστήματος θα πρέπει να ελέγχεται διότι αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα την απώλεια υγρασίας και ξήρανση του συστήματος

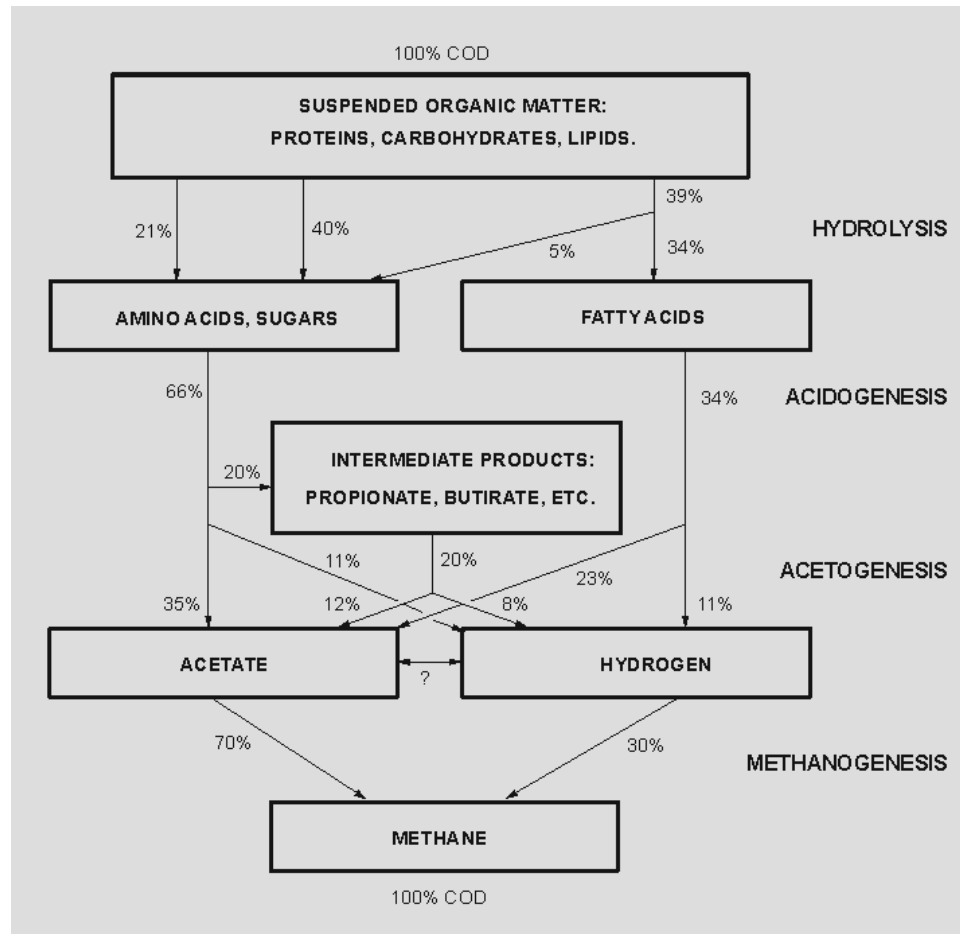


Χρήσεις Παραγόμενης Κομπόστας

- Χρησιμοποιούνται ως **προσθετικά εδάφους** για να βελτιώσουν την στράγγιση, θρεπτική κατάσταση εδαφών
- Έλεγχος της σύστασης της κομπόστας πριν την εφαρμογή της στον αγρό είναι απαραίτητη διότι πολλές φορές η διαδικασία ίσως να μην ήταν αποτελεσματική με συνέπεια την παραγωγή κομπόστας που περιέχει παθογόνα, υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων ή τοξικών ουσιών.



Αναερόβια Χώνευση



Αναερόβια Χώνευση

Στην συγκεκριμένη διεργασία τα στερεά απόβλητα τοποθετούνται στο εσωτερικό ενός κλειστού συστήματος όπου οι συνθήκες ελέγχονται και προσαρμόζονται ώστε να επέλθει η διάσπαση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων σε αναερόβιες συνθήκες

Η διεργασία δεν είναι εξώθερμη με αποτέλεσμα το σύστημα να μην υπερθερμαίνεται. Αντίθετα **απαιτεί σταθερή θερμοκρασία** που μπορεί να κυμαίνεται σε μεσόφιλα (20-45°C) ή θερμόφιλα επίπεδα (>45°C).



Αναερόβια Χώνευση

Τέσσερα είναι τα στάδια διεργασίας της αναερόβια χώνευσης:

1. Υδρολυτική Φάση (Hydrolytic Phase)

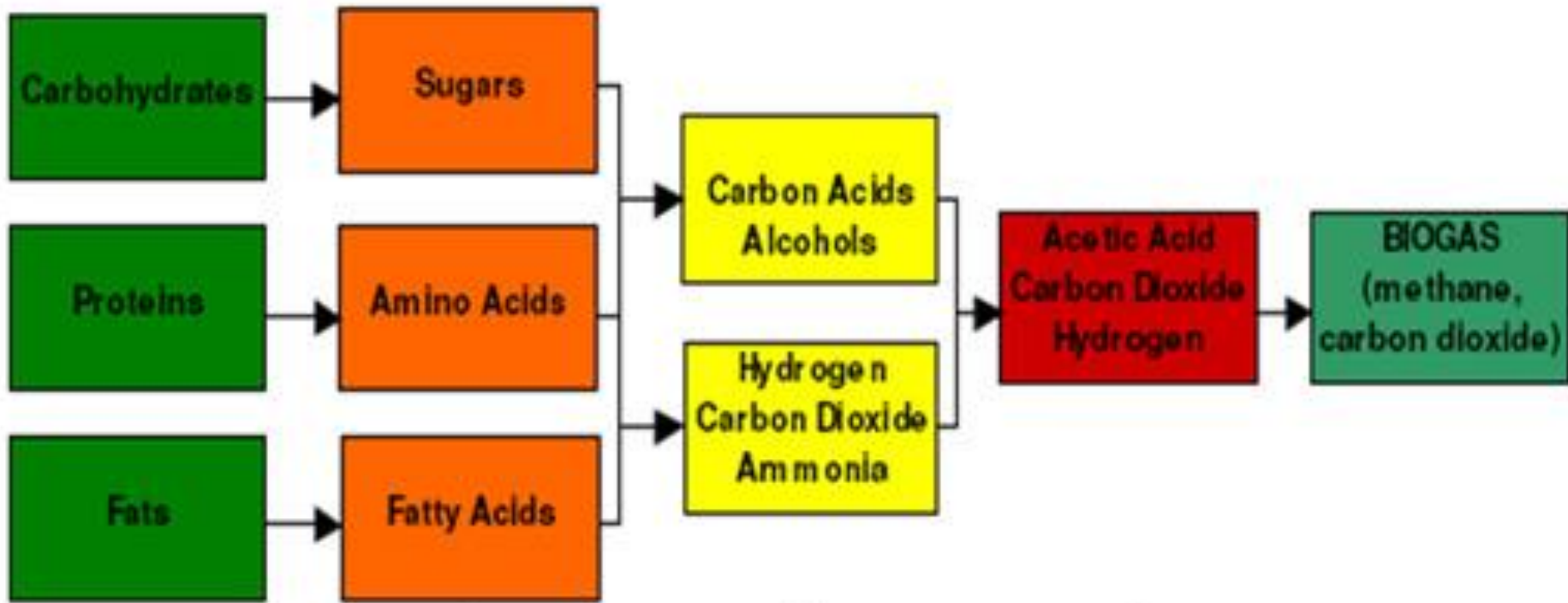
2. Φάση Οξεογένεσης (Acidifying phase)

3. Φάση Γένεσης Οξικού Οξέος (Acetogenic phase)

4. Μεθανιογόνος Φάση (Methanogenic phase)

Οξεογόνο Στάδιο



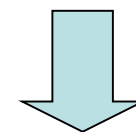


Στάδιο Υδρόλυσης

Στάδιο
Οξεογένεσης

Στάδιο γένεσης
Οξικού Οξέος

Μεθανογένεση



Το πιο σημαντικό στάδιο
για την διεργασία

Υδρολυτικό στάδιο αναερόβιας χώνευσης

- Υδρόλυση υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπιδίων πραγματοποιείται κυρίως από πλήρως αναερόβια βακτήρια των γενών *Clostridium*, *Bifidobacteria*, *Bacteroides*.
- Η διάσπαση των πρωτεϊνών και υδατανθράκων προς σάκχαρα, αμινοξέα αντίστοιχα είναι ταχύτερη αλλά η διάσπαση των λιπιδίων πραγματοποιείται με βραδύτερους ρυθμούς και για τον λόγο αυτό ο χρόνος κατακράτησης των στερεών των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων σε αναερόβιους αντιδραστήρες θα πρέπει να είναι σχετικά μακρύτερος



Οξεογόνο Στάδιο Αναερόβια Χώνευσης

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται οι εξής διεργασίες:

- **Μετατροπή των αμινοξέων και σακχάρων** προς ενδιάμεσα προϊόντα όπως πτητικά οξέα (προπιονικό και βουτυρικό οξύ) τα οποία μετατρέπονται με αναερόβιες διεργασίες σε οξικό οξύ και H_2 (μικρές ποσότητες)
- **Αναερόβια οξειδωση** λιπαρών οξέων προς οξικό οξύ και H_2 (μεγάλες ποσότητες)

Στο στάδιο οξεογένεσης συμμετέχουν κυρίως αναερόβια βακτήρια του γένους *Syntrophomonas* και *Syntrophobacter* των οποίων τα ενζυμικά συστήματα βρίσκονται υπό την ρύθμιση της συγκέντρωσης H_2 και ενεργοποιούνται σε χαμηλές συγκεντρώσεις H_2

Μεθανιογόνο στάδιο αναερόβιας χώνευσης

Τα προϊόντα του οξεογόνου σταδίου, Η και οξικό οξύ, χρησιμοποιούνται από **μεθανιογόνα βακτήρια** για μετατροπή τους σε μεθάνιο

- Μεθανιογόνα βακτήρια που διασπούν το οξικό οξύ προς μεθάνιο και CO_2 και αποτελούν τα 2/3 του πληθυσμού των μεθανιογόνων βακτηρίων (*Methanosarcina*, *Methanosaetaceae*)
- Μεθανιογόνα βακτήρια που οξειδώνουν H_2 παρουσία CO_2 προς μεθάνιο και αποτελούν συνήθως το 1/3 του πληθυσμού (*Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanogenium*)



Παράγοντες που επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση

- Θερμοκρασία
- Διάρκεια επεξεργασίας
- Ανάδευση
- Υγρασιακή κατάσταση
- Ποιότητα αποβλήτων
- Ρυθμός ροής αποβλήτων
- **pH και συγκέντρωση πτητικών λιπαρών οξέων**



pH & Συγκέντρωση Πτητικών Οξέων

Το pH στο εσωτερικό του συστήματος θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς καθώς θα πρέπει να διατηρείται σε επίπεδα 6.5-7.5 όπου και δρουν τα ιδιαίτερα ευαίσθητα μεθανιογόνα βακτήρια. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια της αναεροβικής αποσύνθεσης διατηρούν το pH του συστήματος εντός αυτών των ορίων παρουσιάζοντας ισορροπία όξινων/βασικών αντιδράσεων. Άλλα ο κίνδυνος τα βακτήρια της φάσης οξύνισης να παράγουν οξέα με ρυθμούς υψηλότερους από αυτούς που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν τα μεθανιογόνα βακτήρια οδηγεί συχνά σε αναστολή ολοκλήρωσης της διεργασίας

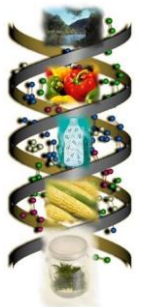
ρΗ & Συγκέντρωση Πτητικών Οξέων

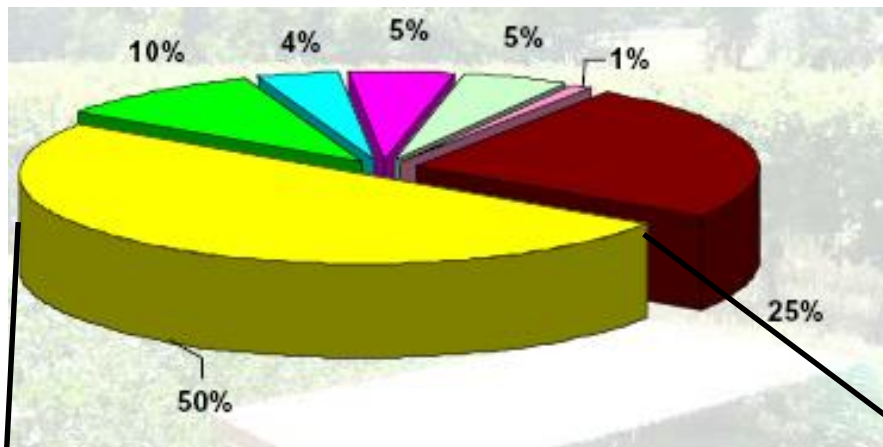
Υψηλές συγκεντρώσεις πτητικών οξέων όπως οξικό, λακτικό και προπιονικό οξύ που παράγονται από τα οξεογενετικά βακτήρια κατά την διάρκεια του δευτέρου σταδίου της αναεροβικής χώνευσης είναι η πρώτη ένδειξη αστάθειας του συστήματος.

Ελλιπής ανάμιξη, υπερβολικό φορτίο αποβλήτων, πρόβλημα στον έλεγχο της θερμοκρασίας ή αναστολή δραστηριότητας μιας εκ των βακτηρίων που συμμετέχουν στην διεργασία οδηγούν σε υπερπαραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων και μείωση του ρΗ.



Επεξεργασία Υγρών Αγροτικής Προέλευσης Απόβλητα



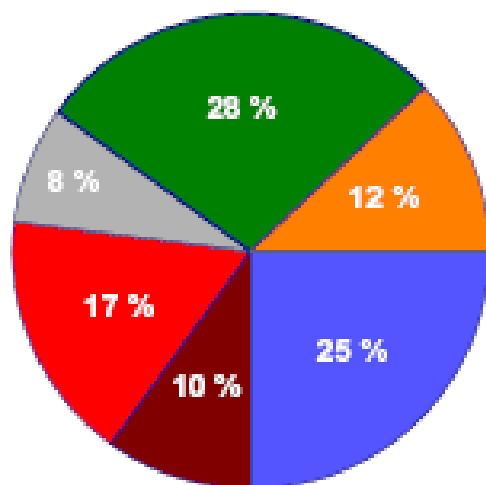


- DRIFT
- RUN OFF
- LEACHING
- VOLATILISATION
- DRAINAGE
- FARM YARD
- ROAD/RAILWAYS

Μη σημειακές πηγές

Σημειακές πηγές

Sources of Farmyard Pesticide Pollution



- Spillage while mixing
- Tank Rinse Water
- Foli Seals
- Mud from tractor wheels
- Tractor exterior washings
- Spillage of container washings

Πηγές Ρύπανσης

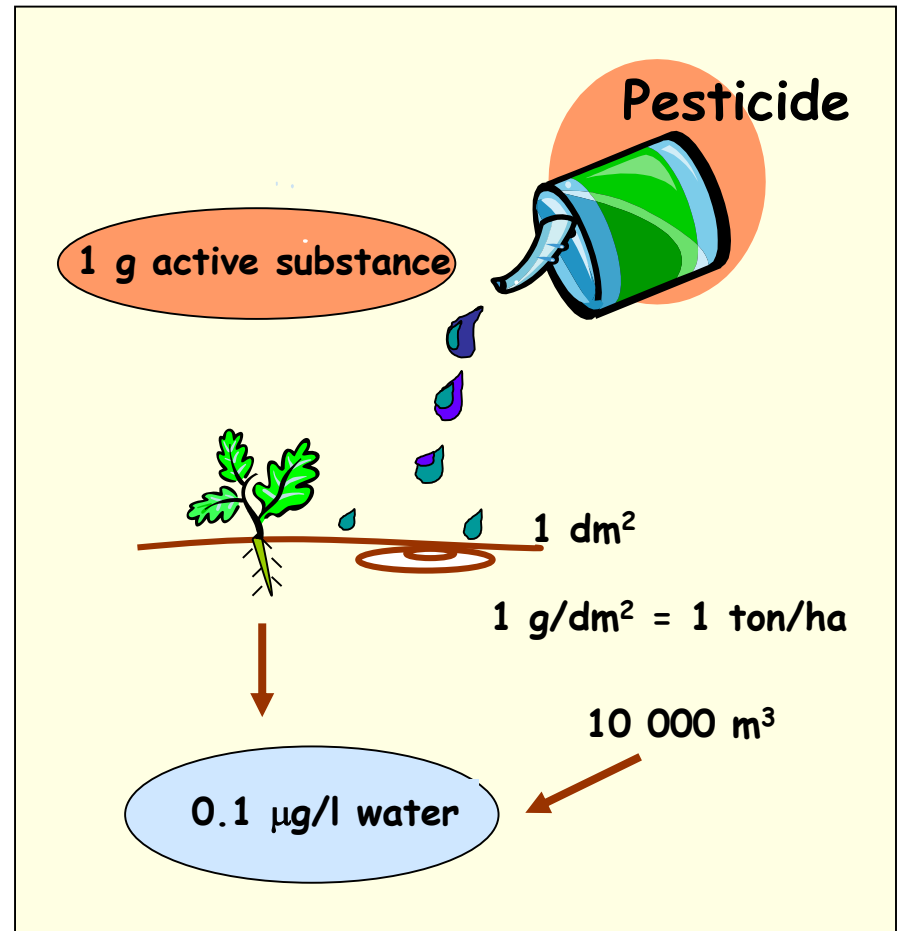
Περιβάλλοντος
από Γεωργικά

Φάρμακα

Υγρά Γεωργικά Απόβλητα

Υγρά Απόβλητα Γεωργικής προέλευσης είναι και τα απόνερα που δημιουργούνται κατά το γέμισμα και πλύσιμο των

ψεκαστικών



Σημειακές Πηγές ρύπανσης





Σε τέτοιες επιφάνειες
γίνεται συνήθως το
γέμισμα και πλύσιμο
των ψεκαστικών
μηχανημάτων



Ρύπανση Περιβάλλοντος με Γεωργικά Φάρμακα από Σημειακές Πηγές

TABLE I Pesticide concentrations (max. concentrations) in ground water 2–4m below sites used for mixing and loading at 10 machine pools in County of Bornholm. Samples analysed for 43 pesticide compounds [19]

-
- | | |
|--|---|
| • 2.4 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Dichlorprop) | • 11 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Isoproturon) |
| • 18 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Dichlorprop) | • 800 $\mu\text{g L}^{-1}$ (2,4-D) |
| • 750 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Dichlorprop) | • 4.0 $\mu\text{g L}^{-1}$ (2,4-Dichlorophenol) |
| • 2.5 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Isoproturon) | • 14 $\mu\text{g L}^{-1}$ (2,6-Dichlorobenzamide) |
| • 2.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Simazine) | • Glyphosate/AMPA: 2.8/1.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ |
| • 0.83 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Cyanazine) | |
-

**Ανώτατο επιτρεπτό όριο σε νερά που
χρησιμοποιούνται ως πόσιμο 0.1 $\mu\text{g/L}$**



On-farm Συστήματα Απορρύπανσης

Κατά τα τελευταία 20 χρόνια έχουν εφαρμοσθεί στην Βόρεια Ευρώπη (Σουηδία, Νορβηγία, Βέλγιο, Γαλλία και Αγγλία) απλά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων από την γεωργική παραγωγή ώστε να περιορισθεί το πρόβλημα ρύπανσης των υπογείων υδροφόρων συστημάτων από μη ορθές γεωργικές πρακτικές

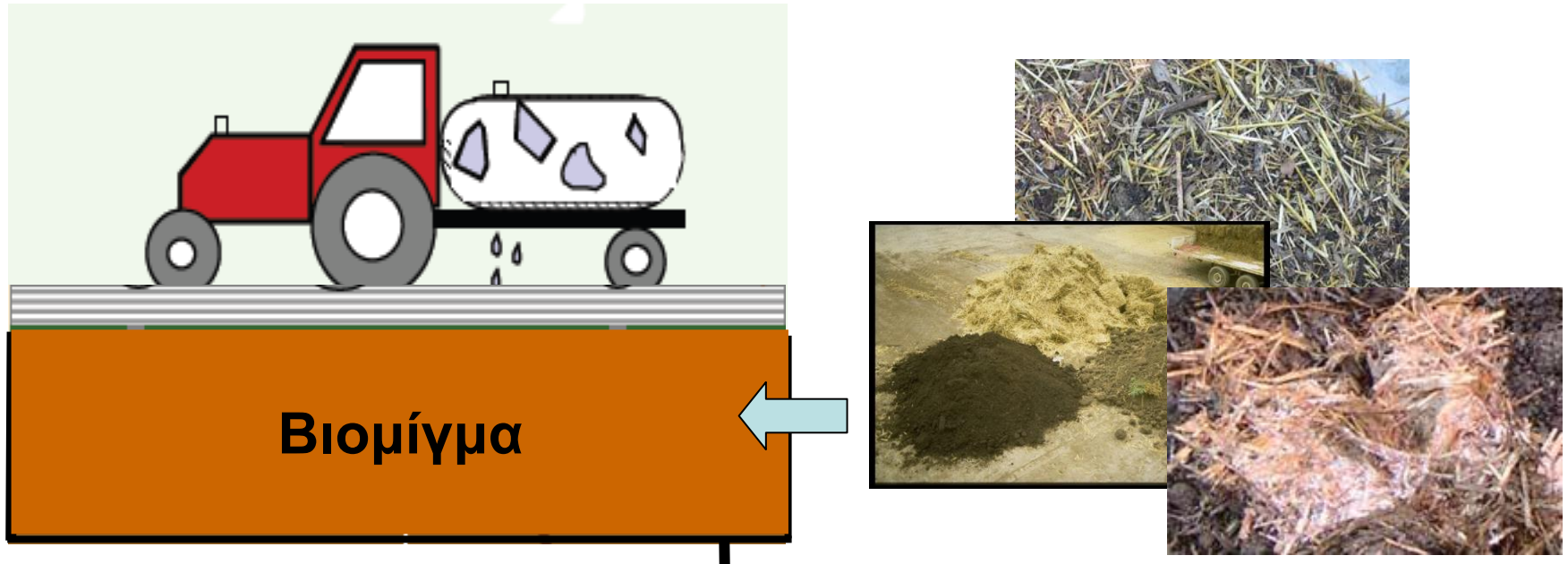


Τι είναι οι βιοκλίνες;

Απλά συστήματα (βιοφίλτρα) που εγκαθίστανται στον αγρό και στις οποίες μπορούν να διοχετεύονται και να αποτοξικοποιούνται τα απόβρα που παράγονται από το πλύσιμο των ψεκαστήρων (μέσα/έξω), το πλεόνασμα του ψεκαστικού υγρού, γέμισμα του ψεκαστήρα



Πως μειώνεται το φορτίο των γεωργικών φαρμάκων στις βιοκλίνες;



- Αποδόμηση από μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται επί του βιομίγματος
- Προσρόφηση και κατακράτηση στο βιομίγμα

Το παραδοσιακό υλικό πλήρωσης που χρησιμοποιείται για την πλήρωση των βιοκλινών αποτελείται από

- **Έδαφος** που παρέχει τους μικροοργανισμούς για την αποδόμηση των γεωργικών φαρμάκων,
- **Άχυρο** που αποτελεί υπόστρωμα και παρέχει θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών
- **Τύρφη** που παρέχει την οργανική ουσία για προσρόφηση των γεωργικών φαρμάκων αλλά έχει και την δυνατότητα να ελέγχει την υγρασία του μίγματος.



Από τι αποτελείται το βιομίγμα;

- **Έδαφος:** πηγή μικροοργανισμών που διασπούν γεωργικά φάρμακα (25%)

- **Λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα:** πηγή C/N και θρεπτικών για τους μικροοργανισμούς (50%)

- **Κομπόστες ή ~~Τύρφη~~:** Πηγή μικροοργανισμών και θρεπτικών, πηγή θρεπτικών και ρυθμιστές υγρασίας (25%)



Άρα.....τι υλικά χρησιμοποιούμε στην Ελλάδα για το βιομίγμα;

- Μεγάλες καλλιέργειες: Άχυρο, υπολείμματα καλαμποκιού
- Αμπελώνες: βόστρυχους, κλαδέματα
- Οπωρώνες: κλαδέματα
- Ελαιώνες: λιόφυλλα και κλαδέματα
- Βιομηχανικές καλλιέργειες: Υπολείμματα καλλιέργειας βαμβακιού
- Εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών

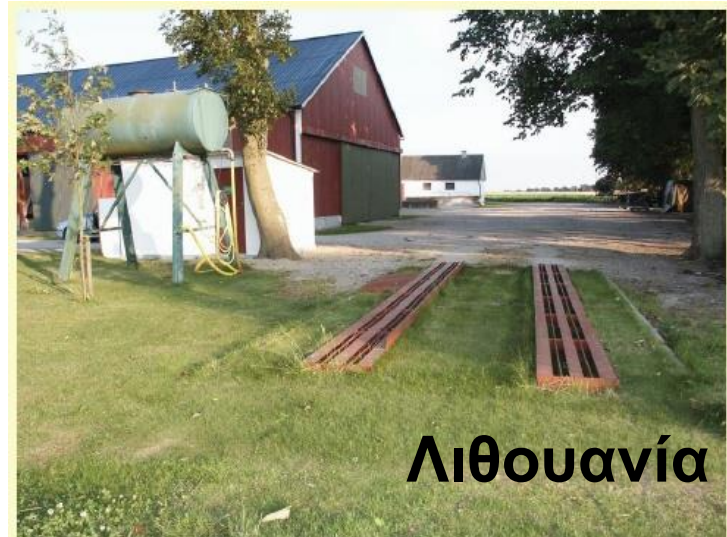
Κοινό γνώρισμα όλων των υλικών: Μηδενικό ή ελάχιστο κόστος

Τύποι Βιοκλινών





Πρότυπη Βιοκλίνη Άμεσου Τύπου



Βιοφίλτρα



Βέλγιο





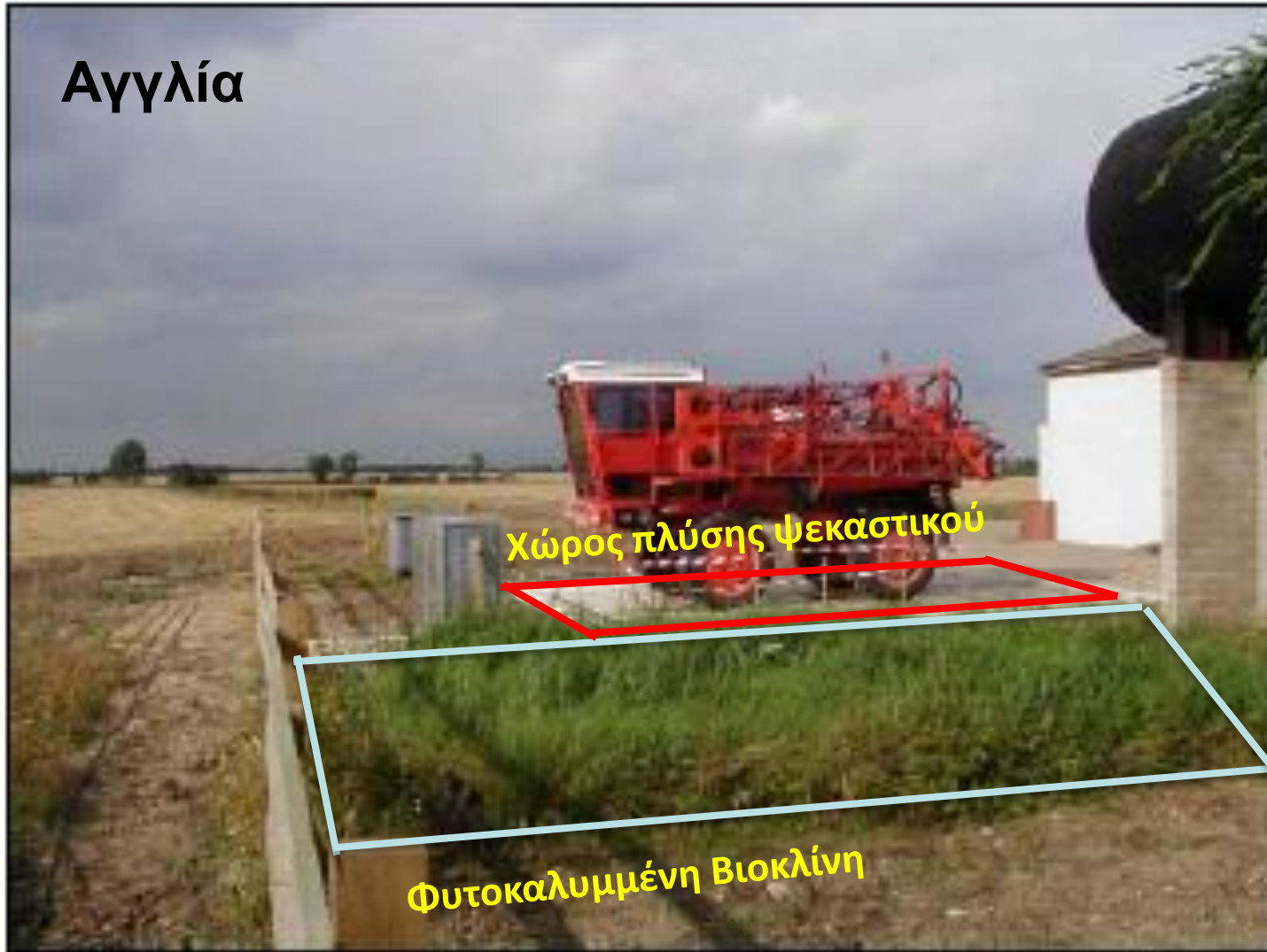
Γαλλία



Έδαφος/Άχυρο

Έμμεσου Τύπου Βιοκλίνη

Αγγλία





**Χώρος Προετοιμασίας –
Καθαρισμού Ψεκαστήρα**

**Δεξαμενή αποθήκευσης
υγρών αποβλήτων**

Βιοκλίνη

**Δεξαμενή
Συλλογής
στραγγιζόμενου
νερού**

Σύστημα Βιοκλίνης που κατασκευάστηκε στην Κύπρο (2011) στα πλαίσια του προγράμματος BIOBEDS ως αποτέλεσμα συνεργασίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών, Κύπρου





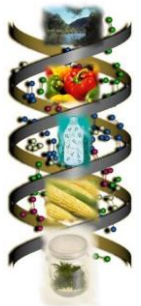
Πλεονεκτήματα on-farm συστημάτων απορρύπανσης

1. Χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης
2. Οι χρήστες που είναι οι ίδιοι οι παραγωγοί μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν με την ελάχιστη εξειδίκευση
3. Φιλική προς το περιβάλλον καθώς τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι φυσικά προϊόντα και έδαφος
4. Εγκατάσταση στον αγρό ώστε ο παραγωγός να μην χρειάζεται να μετακινηθεί ιδιαίτερα για να τις χρησιμοποιήσει



Προβλήματα των on-farm συστημάτων απορρύπανσης

1. Πρόβλημα με την απόρριψη του υλικού της βιοκλίνης με το πέρας της λειτουργίας της
2. Απαιτείται η κάλυψη της κατά την διάρκεια του χειμώνα ώστε να μη υπάρχει κίνδυνος έκπλυσης των γεωργικών φαρμάκων με το νερό της βροχής ή κατάκλυση της βιοκλίνης και δημιουργία ανοξικών συνθηκών
3. Αναγκαία η προσθήκη νέου υλικού κάθε έτος λόγω υποχώρησης της επιφάνειας των υλικών



Πληροφορίες για τις βιοκλίνες

Biobeds - Windows Internet Explorer


http://www.biobeds.org/velkommen

Arkiv Redigera Visa Favoriter Verktyg Hjälp

Favoriter Biobeds


Biobeds

Home Background Contacts Debate Links Photos Publications The site



The biobed site

The purpose of this website is to compile information on biobeds and other biopurification systems and make it accessible to the general public. "[The site](#)"



Latest updates

2011

Research in Spain October 14.
A Spanish research group from the Environmental Protection department at the Estacion Experimental del Zaidin from the Spanish National Research Council (EEZ-CSIC) has also started a 3 year biobed project to investigate about the development of biobed system in Spain using organic wastes from wine and olive-oil the agro-industries and greenhouse crops. This project is co-financed by European Funds. Esperanza Romero Taboada, Estacion Experimental Del Zaidin (EEZ-CSIC)

New page July 27.
From the start we had a Forum site. There was a link from this site to the Forum site, but no

Klar

Start

http://www.lans... Biobeds - Windo... Thessaloniki 2011 Microsoft Power... Inkorgen - Micro... SV Söka i datorn 175 % 10:07

<http://www.biobeds.org/>