

Ένωση οικονομικών φορέων με τίτλο «Ι.Δ.Σ. ΕΠΕ – ΔΚΠ- ΣΥΝΟΧΗ»



Παροχή Υπηρεσιών υποστήριξης στο Δήμο Νέστου σε παραδοτέο του πακέτου εργασίας ΠΕ 4 «Ανακύκλωση οργανικών αποβλήτων» του έργου με τίτλο «"Πράσινη" απασχόληση στη διαχείριση βιο-αποβλήτων» «"Green" employment in the management of biowastes» με Ακρωνύμιο «GREEN-CREW» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από Εθνικούς Πόρους και στο πλαίσιο του διασυνοριακού προγράμματος Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας «Ελλάδα- Βουλγαρία 2014-2020».

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):

Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

  	
The Project is co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and by national funds of the countries participating in the Interreg V-A "Greece-Bulgaria 2014-2020" Cooperation Programme.	
	
COOPERATION PROGRAMME INTERREG V-A "GREECE - BULGARIA 2014 – 2020"	
PROJECT BENEFICIARY:	MUNICIPALITY OF NESTOS
PROJECT:	"Green" employment in the management of biowastes (GREEN_CREW)

ΙΟΥΛΙΟΣ 2020



Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και από εθνικούς πόρους των χωρών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Συνεργασίας Interreg V-A «Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. Παρουσίαση των διαθέσιμων βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας βιοαποβλήτων.....	5
3. Διερεύνηση της επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των βιοαποδομήσιμων στερεών αποβλήτων	7
4. Καταγραφή των παραγόμενων ποσοτήτων αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση στην περιοχή του Δήμου Νέστου.....	8
5. Καθορισμός των απαραίτητων χαρακτηριστικών και ποσοτήτων των αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση.	8
6. Καταγραφή κι ανάλυση και σχεδιασμός όλων των απαραίτητων σταδίων, ενεργειών και των λειτουργικών στοιχείων για την λειτουργία της πιλοτικής μονάδος κομποστοποίησης	9
7. Καταγραφή του απαραίτητου εξοπλισμού κι υποδομών για την υλοποίηση του πιλοτικού.	16
8. Σχέδιο της ανοιχτής πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης.	16

ABSTRACT:

The Deliverable 2.2 (D2.2) Design and analysis of the composting system, which was prepared in July 2020, consists of 8 sections and 2 annexes. The first section of the deliverable is the introduction of the document, which refers to the design and analysis of the composting system prepared by Social Cooperative Enterprise (SCE). The second section presents the available biological methods of biowaste treatment. The three methods of biological waste treatment are aerobic Biological Treatment (Composting), Anaerobic biological treatment-Anaerobic fermentation, and biological drying. The third section investigates the treatment and reuse of biodegradable solid waste. Organic waste bio-treatment has the potential to contribute to tackling waste management and soil quality degradation in order to close the organic matter cycle sustainably. In the selection of bio-treatment methods of organic waste, an important role is played by the purpose of processing and the availability of the products. In the fourth section, the quantities of agricultural residues produced for composting in the area of the Municipality of Nestos were recorded, and due to a large amount of biodegradable waste, an urgent need to separate them by category has arisen in order to be composted under appropriate conditions. In the fifth section, the necessary characteristics and quantities of agricultural residues for composting are determined. The analysis of agricultural residues in terms of their physical and chemical characteristics is necessary as facilitates the processing and helps to determine the most appropriate method of their management. The main physical characteristics of biowaste, which should be calculated, are density or specific gravity, size of their components, moisture, and biodegradability. Section six records, and analyzes all the necessary stages, actions, and elements for the operation of the pilot composting unit. In the Municipality of Nestos and within the "Green Crew" project, a pilot open system of composting of static piles will operate in the Agiasma farm. The analysis and design of the pilot composting unit include the following: receipt - storage of bio-waste, pre-treatment of bio-waste (shredding and mixing), stages - phases and control of composting parameters, production, and storage of produced compost, and possible mixing with improver materials. The procedures of the organization, monitoring, and control of the composting unit are necessary for the proper operation and also the observance of quality assurance procedures that were designed, recorded, and analyzed. Section seven records the necessary equipment and infrastructure for the implementation of the pilot composting system. Section eight analyzes the plan of the open pilot composting unit in the Municipality of Nestos. The composting was carried out with an open composting system in static piles and space was

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

properly configured. Finally, in Annex I is given the space (Agiasma farm) indicated by the Municipality of the Nestos for the pilot open composting system of static piles and in Annex II is presented a plan of the open pilot composting unit, a description of the dimensions of the linear piles, and their locations.

Τμήμα Β Σχεδιασμός και ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα απόβλητα τα οποία περιέχουν βιοαποδομήσιμο κλάσμα μπορούν να εφαρμοστούν οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας. Σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων περιλαμβάνονται και τα γεωργοκτηνοτροφικά (υπολείμματα καλλιιεργειών, κοπριές κλπ). Όταν το βιοαποδομήσιμο κλάσμα προέρχεται από διαλογή στην πηγή, κατά την επεξεργασία του παράγεται ένα υψηλής ποιότητας υλικό κομπόστ, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές δυνατότητες διάθεσης.

Δεν υπάρχει σωστή μεθοδολογία διαχείρισης των βιοαποβλήτων αλλά ένας συνδυασμός επιλογών που είναι προτιμητέος. Κάθε ορθολογικός συνδυασμός για την διαχείρισή των περιλαμβάνει την πρόληψη στη πηγή, τη συλλογή με διαλογή στην πηγή (ΔσΠ), την ανακύκλωση (κομποστοποίηση και αναερόβια χώνευση) σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό μέσω της οποίας δύναται να επιτευχθεί η ανάκτηση υλικών (κομπόστ, τύπου κομπόστ και βιοαέριο), της καύσης τους εφόσον έχει διερευνηθεί πλήρως το δυναμικό επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης και τέλος την ασφαλή διάθεση του υπολείμματος σε κατάλληλους χώρους (υγειονομική ταφή). Σημαντική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των παραπάνω διεργασιών είναι η καλή ποιότητα των εισερχόμενων υλικών στο σύστημα διαχείρισης, η οποία επιτυγχάνεται μέσω προγραμμάτων ΔσΠ και τη χωριστή συλλογή των διαφορετικών ρευμάτων από κάθε τομέα παραγωγής των βιοαποβλήτων.

Παρακάτω θα γίνει παρουσίαση του σχεδιασμού και ανάλυση του συστήματος που εκπονήθηκε με την εμπλοκή της ΚΟΙΝΣΕΠ.

2. Παρουσίαση των διαθέσιμων βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας βιοαποβλήτων.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων και είναι οι παρακάτω:

- ο **Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση)**. Με τον όρο κομποστοποίηση περιγράφεται η ελεγχόμενη αερόβια, βιολογική, οξειδωτική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, η οποία λαμβάνει χώρα κάτω από συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμόφιλης περιοχής. Το κομπόστ, ως τελικό προϊόν, πρέπει να είναι αρκετά σταθεροποιημένο ώστε να μπορεί να αποθηκεύεται και να διατίθεται στο έδαφος χωρίς ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μέσω της δημιουργίας συνθηκών υγρασίας και αερισμού, τέτοιων ώστε να εξασφαλίζεται η ανάπτυξη θερμόφιλων μικροοργανισμών, η κομποστοποίηση συντελεί στη βιοσταθεροποίηση των αποβλήτων. Αποτελεί μια ελεγχόμενη βιο-οξειδωτική διεργασία, η οποία:
 - Αφορά ετερογενή υλικά σε στερεή κατάσταση.

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

- Περνάει από μία αρχική φάση αποικοδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες της θερμόφιλης περιοχής και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες.
- Οδηγεί σε μια κατάσταση σταθεροποίησης, το τελικό προϊόν της οποίας χαρακτηρίζεται ως ώριμο κομπόστ.

Οι διακριτές φάσεις κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης είναι οι εξής:

- i. Δραστηριοποίηση των μεσόφιλων οργανισμών, φθάνοντας τη θερμοκρασία στους 50ο C
- ii. Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας στους 65ο C και επικράτηση των θερμόφιλων οργανισμών. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αερισμού της οργανικής μάζας, αφού η φάση αυτή εξαρτάται από τα αποθέματα οξυγόνου. Για τη διασφάλιση της διεργασίας πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την απομάκρυνση της θερμότητας που παράγεται, είτε με συχνή ανάδευση είτε με πρόσθετο αερισμό, για την αποφυγή του θανάτου των μικροοργανισμών. Το παραγόμενο προϊόν που προκύπτει χαρακτηρίζεται ως 'φρέσκο κομπόστ', είναι υγιεινοποιημένο (sanitized), ενώ σχεδόν όλοι οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται. Το 'φρέσκο κομπόστ' έχει αποδομηθεί μόνο μερικώς, δεν είναι σταθεροποιημένο, μπορεί να όμως με κατάλληλο τρόπο για καλλιέργειες (σαν εδαφοβελτιωτικό, για προετοιμασία εδάφους). Η συνέχιση της αποδόμησης και σταθεροποίησης συνεχίζεται στο έδαφος.
- iii. Κατά τη φάση αυτή η οργανική μάζα σταθεροποιείται, η θερμοκρασία πέφτει βαθμιαία και η δράση των μικροοργανισμών σταματά. Εξαιτίας του ότι η μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να ανασταλεί από αρκετούς παράγοντες, όπως η χαμηλή υγρασία, η πτώση της θερμοκρασίας δεν αποτελεί ασφαλές κριτήριο ένδειξης σταθεροποίησης του υλικού. Το παραγόμενο σταθεροποιημένο κομπόστ βρίσκεται σε κατάσταση χουμοποίησης και μπορεί να διατεθεί στο έδαφος, αφού δεν υπάρχει κίνδυνος φυτοτοξικότητας.
- iv. Το κομπόστ ωριμάζει μέσω μιας μεγάλης περιόδου χουμοποίησης. Το 'ώριμο κομπόστ' που προκύπτει είναι υγειονομικά ασφαλές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε φυτώρια και καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Οι τρεις πρώτες φάσεις εκτυλίσσονται εντός μικρών χρονικών διαστημάτων, συνήθως από 2 έως 8 εβδομάδες, ενώ η ωρίμανση απαιτεί περίπου 3 με 6 μήνες

- ο **Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια ζύμωση.** Σε αντίθεση με την αερόβια επεξεργασία η αναερόβια βασίζεται σε αναερόβια μικρόβια που αποσυνθέτουν με τη διαδικασία της ζύμωσης η οποία εκτελείται όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός της σωρού ή υπάρχει πλεονάζουσα υγρασία που αποτρέπει το οξυγόνο να τη διαπερνά. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης διαδικασίας εκλύονται έντονες και συχνά δυσάρεστες οσμές που συνήθως προέρχονται από την έκκλιση μεθανίου (CH₄).
- ο **Βιολογική Ξήρανση.** Σε αυτή τη διαδικασία πραγματοποιείται τεχνητός αερισμός των σωρών με συνέπεια την έναρξη βιοχημικών αντιδράσεων και έκλυση θερμότητας και με αποτέλεσμα την εξάτμιση της υγρασίας, καταστροφή των παθογόνων οργανισμών και τέλος την ξήρανση των υλικών.

3. Διερεύνηση της επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των βιοαποδομήσιμων στερεών αποβλήτων

Κοινός παρονομαστής των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων αποτελεί η παρουσία και η δράση μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί μέσω φυσικών διεργασιών χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων. Το βασικό όφελος των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων έγκειται στη δυνατότητα επιστροφής των οργανικών υλικών στο έδαφος ολοκληρώνοντας έτσι ένα σημαντικό οικολογικό κύκλο και υποκαθιστώντας μέρος των εισροών χημικών λιπασμάτων στη γεωργία. Η βιοεπεξεργασία έχει ιδιαίτερη σημασία για τις μεσογειακές χώρες όπου οι κλιματικές συνθήκες και οι καλλιεργητικές πρακτικές έχουν σαν αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ουσίας στο έδαφος, φέρνοντας πολλές περιοχές στα όρια της απερήμωσης. Η βιοεπεξεργασία των οργανικών αποβλήτων, κάτω από προϋποθέσεις, έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει στην αντιμετώπιση και των δύο αυτών προβλημάτων, της διαχείρισης των αποβλήτων και της υποβάθμισης της ποιότητας του εδάφους, προσθέτοντας τον κρίκο που λείπει ώστε να κλείσει αειφορικά ο κύκλος της οργανικής ύλης

Στην επιλογή μεθόδων βιοεπεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων, σημαντικό ρόλο παίζει ο στόχος της επεξεργασίας και η δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων, η οποία θα πρέπει να εξετάζεται από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού..

Κατά την αερόβια βιολογική επεξεργασία ή αλλιώς κομποστοποίηση γίνεται στην ουσία αποικοδόμηση του οργανικού υλικού με τη συμβολή βακτηρίων και μυκήτων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες υγρασίας και αερισμού. Πιο συγκεκριμένα οι μικροοργανισμοί που εκτελούν την αποικοδόμηση της ιλύος είναι συνήθως ζυμομύκητες, ακτινοβακτήρια, ακάρεα γαιοσκώληκες και άλλοι μικροοργανισμοί οι οποίοι διατελούν τις λειτουργίες τους καταναλώνοντας οξυγόνο. Όσο το μείγμα προχωρά στις επόμενες φάσεις της κομποστοποίησης μεταβάλλεται και η θερμοκρασία του φτάνοντας μία μέγιστη τιμή, κατά τη θερμοφιλική φάση και επ' ακολούθως τείνει να μειώνεται κατά τη μεσοφιλική φάση και την ωρίμανση, δίνοντας έτσι την ένδειξη ότι η διαδικασία εκτελέστηκε ορθά και πλησιάζει στην ολοκλήρωση της.

Είναι επιτακτική ανάγκη να αναφερθεί πως η διαδικασία επεξεργασίας των αποβλήτων ποικίλει ανάλογα με το είδος και το μέγεθος των τεμαχίων της σορού. Κατά συνέπεια διαφοροποιείται και η ποσοστιαία περιεκτικότητα του μείγματος σε υγρασία αλλά και η αναλογία C/N (άνθρακας/άζωτο). Το ιδανικό μέγεθος των τεμαχιδίων προς κομποστοποίηση κυμαίνεται από 1,5 έως 7,5 εκατοστά με ανάγκες υγρασίας στο 45% για τα μικρά σωματίδια και 65% για μεγαλύτερα. Επιπρόσθετα να σημειωθεί πως η ενεργός οξύτητα (pH) του μίγματος για να δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες διαβίωσης στους οργανισμούς – αποικοδομητές πρέπει να είναι ελαφρώς αλκαλική.

Το τελικό παραγόμενο προϊόν προσφέρει πολυάριθμα οφέλη σε πολλούς διαφορετικούς τομείς. Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό σε ένα μεγάλο εύρος αγροτικών και θερμοκηπευτικών εφαρμογών, μπορεί να περιορίσει τη διάβρωση του εδάφους, να βελτιώσει τη δομή και τη υδατο-ικανότητα του εδάφους, να περιορίσει την ανάγκη χρήσης λιπασμάτων και να συμβάλλει στον έλεγχο ορισμένων φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών. Εκτός από άμεσα οφέλη υπάρχουν και πολλά έμμεσα όπως η χρήση προϊόντων που σε άλλη περίπτωση πιθανών θα κατέληγαν σε κάποιον ΧΥΤΑ και δεν θα προσέφεραν καμία περιβαλλοντική και οικονομική ωφέλεια. Στην περίπτωση της μονάδας κομποστοποίησης αξίζει να αναφερθεί πως ανοίγουν νέες θέσεις εργασίας για όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης και διάφορες ειδικότητες επαγγελματιών.

Στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, όπου η δυνατότητα αξιοποίησης της ενέργειας του παραγόμενου βιοαερίου, καθώς και η διασφάλιση της διάθεσης του στερεού κατάλοιπου πρέπει να εξετάζονται από την αρχή, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σήμερα και έτσι όπως διαμορφώνονται οι ενεργειακές προτεραιότητες στην ΕΕ, ο κατάλληλος σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλίσει την αξιοποίηση του βιοαερίου και σε συνδυασμό με συγκεκριμένες πολιτικές, να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες συνδυασμένες λύσεις αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας

4. Καταγραφή των παραγόμενων ποσοτήτων αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση στην περιοχή του Δήμου Νέστου

Για τον προσδιορισμό της παραγόμενης ποσότητας αγροτικών λυμάτων στο Δήμο Νέστου αντλήθηκαν στοιχεία των τριών τελευταίων ετών από το ΠΕΣΔΑ ΑΜΘ (Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων ΑΜΘ). Σύμφωνα με αυτό τα τελευταία τρία έτη παρήχθησαν κατά μέσο όρο 343,36 τόνοι γεωργικών υπολειμμάτων και πιο συγκεκριμένα παρατίθενται παρακάτω αναλυτικά για κάθε έτος:

Έτος	Πράσινα Απόβλητα (t)
2018	338,40
2019	343,34
2020	348,35

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει το γεγονός, ότι υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιοαποδομήσιμων αποβλήτων και είναι επιτακτική ανάγκη να διαχωρίζονται ανά κατηγορία ώστε να μπορούν να κομποστοποιηθούν υπό τις κατάλληλες συνθήκες.

5. Καθορισμός των απαραίτητων χαρακτηριστικών και ποσοτήτων των αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση.

Βασικός παράγοντας για την διαδικασία της κομποστοποίησης, είναι ο καθορισμός του είδους και των κύριων φυτικοχημικών χαρακτηριστικών συστατικών καθώς και των ποσοτήτων των αγροτικών υπολειμμάτων. Σε συνεννόηση με τον Δήμο Νέστου αλλά και το ΑΠΘ Τμήμα Χημείας, εταίρο του προγράμματος «Green Crew», θα καθοριστούν τα είδη και οι ποσότητες των αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση, καθώς και τα απαραίτητα φυτικοχημικά χαρακτηριστικά.

Η ανάλυση των αγροτικών υπολειμμάτων ως προς τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά τους είναι απαραίτητη, δεδομένου η γνώση τους, διευκολύνει την επεξεργασία τους και παράλληλα καθιστά δυνατό το προσδιορισμό της καταλληλότερης μεθόδου διαχείρισής τους.

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των βιοαποβλήτων, που κρίνεται σκόπιμο να υπολογιστούν, είναι:

- Η πυκνότητα ή ειδικό βάρος. Ως πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται η μάζα του ανά μονάδα όγκου. Αντίστοιχα ειδικό βάρος ορίζεται το βάρος του υλικού ανά μονάδα όγκου. Ο υπολογισμός της πυκνότητας κρίνεται απαραίτητος τόσο για την εκτίμηση της συνολικής μάζας των βιοαποβλήτων

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

και του όγκου νερού που περιέχουν όσο και τον προσδιορισμό του μέγεθος της μονάδας διάθεσής τους.

- Το μέγεθος των συστατικών τους .
- Η υγρασία αποτελεί παράμετρο καθοριστικής σημασίας για την εφαρμοζόμενη μέθοδο επεξεργασία. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας των βιοαποβλήτων δύναται να μειώσει τη θερμογόνο δύναμη (μέρος της θερμότητας καταναλώνεται κατά την εξάτμιση του νερού). Επίσης, η υγρασία αποτελεί μια παράμετρο που δύναται να επηρεάσει την κομποστοποίηση.
- Βιοαποδομησιμότητα προσδιορίζει την ικανότητα μετατροπής του οργανικού κλάσματος με βιολογικές διεργασίες, σε αέρια και σε σχετικώς αδρανή οργανικά και ανόργανα στερεά υλικά. Ανάλογα με το βαθμό βιοαποδομησιμότητάς τους χωρίζονται στις κατηγορίες:
 - ✓ Εύκολα αποδομήσιμα υλικά όπως τα σάκχαρα, το άμυλο, οι ημικυτταρίνες και μερικές πρωτεΐνες.
 - ✓ Υλικά που απαιτούν αρκετό διάστημα για αποδόμηση όπως η κυτταρίνη, τα λίπη και ορισμένες πρωτεΐνες.
 - ✓ Υλικά ανθεκτικά στην αποδόμηση όπως η λινγίνη και η κερατίνη.

Πίνακας 1: Ανάλυση συστατικών βιοαποβλήτων ως προς τις φυσικοχημικές ιδιότητες

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ (kg/m ³)	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΑΔΡΑΝΕΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ (%)	C (%)	H (%)	O ₂ (%)	N (%)	S (%)
Αγροτικά υπολείμματα (κλαδέματα)	60-225	30-80	2-6	47.8	6.0	38.0	3.4	0.4

6. Καταγραφή κι ανάλυση και σχεδιασμός όλων των απαραίτητων σταδίων, ενεργειών και των λειτουργικών στοιχείων για την λειτουργία της πιλοτικής μονάδος κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται με κλειστά ή ανοιχτά συστήματα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ανοιχτών συστημάτων : οι αναδευόμενοι σωροί και οι στατικοί σωροί Στο Δήμο Νέστου και στο πλαίσιο του προγράμματος Green Crew θα λειτουργήσει πιλοτικό ανοιχτό σύστημα κομποστοποίησης στατικών σωρών στην ύπαιθρο, σε χώρο (αγρόκτημα Αγιάσματος, Σχέδιο Παράρτημα Ι) που έχει υποδείξει ο Δήμος Νέστου.

Για την εύρυθμη λειτουργία της πιλοτικής μονάδος κομποστοποίησης είναι σημαντικό να γίνει καταγραφή, ανάλυση κι σωστός σχεδιασμός όλων των απαραίτητων σταδίων κι ενεργειών.

Η ανάλυση κι ο σχεδιασμός αφορά τα εξής:



- ✓ παραλαβή – αποθήκευση βιο-αποβλήτων .

Η προσωρινή αποθήκευση είναι το πρώτο βήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Περιλαμβάνει το χρόνο που χρειάζεται ένα απόβλητο από την παραγωγή του μέχρι και να συλλεχθεί από ειδικά μέσα. Τα βιο- απόβλητα αποθηκεύονται σε δύο φάσεις. Στην 1η φάση τα βιο-απόβλητα θα αποθηκεύονται είτε στις κατοικίες, όταν πρόκειται για βιο- απόβλητα από κλαδέματα κήπων, είτε σε διάφορα σημεία συγκέντρωσης όταν πρόκειται για βιο- απόβλητα από κλαδέματα καλλιέργειών ή χώρων πρασίνου του Δήμου .

Η 2η φάση αφορά την συλλογή των βιο-σαποβλήτων.

Τα βασικά στάδια της συλλογής των βιο- αποβλήτων είναι η συγκέντρωση τους σε ένα χώρο, ο κατάλληλος διαχωρισμός τους ώστε να έχουν κοινές φυσικές και χημικές ιδιότητες και η τελική τους ανάμιξη για να γίνει η μεταφορά στα επόμενα βήματα του σχεδιασμού. Η συλλογή των βιο-αποβλήτων είναι σημαντική διαδικασία. Εξαιτίας της ανάγκης για οχήματα που θα συλλέγουν τα απόβλητα, είναι αρκετά δαπανηρή καθώς πρέπει να καλυφθούν και οι οικονομικές απαιτήσεις σε προσωπικό. Επίσης, ο υπολογισμός των βέλτιστων διαδρομών για την αποκομιδή των αποβλήτων μπορεί να ωφελήσει στη διαδικασία της συλλογής

Σε αυτή την φάση τα βιο-απόβλητα θα διαχωρίζονται στον αρχικό χώρο αποθήκευσής τους, θα παραλαμβάνονται και θα συγκεντρώνονται στο χώρο της κομποστοποίησης, κατόπιν συνεννόησης με τους αρμόδιους φορείς και ενδιαφερόμενους .

- ✓ προ-επεξεργασία των βιο-αποβλήτων (τεμαχισμός και ανάμιξη)
- ✓ στάδια – φάσεις και έλεγχος παραμέτρων κομποστοποίησης
- ✓ παραγωγή και αποθήκευση του παραγόμενου κομπόστ και πιθανή ανάμιξή του με βελτιωτικά υλικά

Καταγράφηκαν αναλύθηκαν και σχεδιάστηκαν οι διαδικασίες οργάνωσης, παρακολούθησης και ελέγχου της μονάδας κομποστοποίησης που είναι απαραίτητα για την ορθή λειτουργία και την τήρηση διαδικασιών διασφάλισης ποιότητας της πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης.

Τα ελάχιστα στοιχεία που περιλαμβάνει ο σχεδιασμός της πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης είναι τα εξής:

1. Οργάνωση Αρχείου Εγκατάστασης

Για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας κομποστοποίησης θα δημιουργηθεί αρχείο εγκατάστασης το οποίο θα είναι διαθέσιμο στην Αναθέτουσα Αρχή. Θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο τα παρακάτω:

	Αρχείο Εγκατάστασης
Ταυτότητα μονάδας	<ul style="list-style-type: none">• Σχέδια της πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης• Διάγραμμα ροής υλικών: Κατάλογος (είδος, ποσότητα) των υλικών που θα λαμβάνονται

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

	<p>προς κομποστοποίηση καθώς και η ποσότητα του τελικού κομπόστ που θα παραχθεί</p> <ul style="list-style-type: none"> Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού Λιστα δειγματοληψιών και εργαστηριακών αναλύσεων
Σχέδιο Δράσης	<ul style="list-style-type: none"> Σχέδιο έκτακτων περιστατικών
Ημερολόγιο εργασιών & Αρχείο καθημερινών λειτουργιών	<ul style="list-style-type: none"> Πρόγραμμα λειτουργίας Ημερολόγιο τακτικών ελέγχων και συντήρησης του εξοπλισμού Δελτίο Εισόδου και Παραλαβής αποβλήτων σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή Προεπεξεργασία – Τεμαχισμός βιοαποβλήτων Δελτίο Παρακολούθησης σειραίων κομποστοποίησης σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή Πρόγραμμα περιβαλλοντικής παρακολούθησης και ελέγχου
Εκθέσεις Αναφορές	Εβδομαδιαίες κι τριμηνιαίες εκθέσεις προόδου της κομποστοποίησης

2. Έλεγχος παραμέτρων (Αναγνωριστική Περίοδος

Στην πιλοτική μονάδα κομποστοποίησης θα γίνεται έλεγχος μιας σειράς παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί βασικός χαρακτηρισμός των ιδιοτήτων του κομπόστ και να βελτιστοποιηθούν οι παράμετροι της παραγωγικής διαδικασίας :

Οι παράμετροι που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη της κομποστοποίησης είναι:

- Η θερμοκρασία: Η αύξηση της θερμοκρασίας (ακόμα και πάνω από 75ο C) εξαιτίας της δράσης των μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει την αδρανοποίηση ή και τον θάνατό τους. Η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται μεταξύ 55ο C και 65ο C για τρεις τουλάχιστον ημέρες. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και διασφαλίζεται η εξυγίανση του προϊόντος. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν την καταστροφή μικροοργανισμών που χρησιμεύουν για την αποδόμηση ανθεκτικών συστατικών του οργανικού κλάσματος, όπως οι

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

κυτταρίνες και οι λιγνίνες. Η διατήρηση της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα επιτυγχάνεται μέσω τακτικών αναδεύσεων ή παροχής αερισμού.

- Η αναλογία θρεπτικών συστατικών: Τα βακτήρια χρησιμοποιούν τον άνθρακα (C) ως πηγή ενέργειας και το άζωτο (N) για την ανάπτυξή τους, καθιστώντας το λόγο C/N καθοριστικό για την όλη διαδικασία. Στο οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ ο λόγος C/N κυμαίνεται από 20:1 έως 60:1. Γενικά ισχύει πως ο συγκεκριμένος λόγος πρέπει να είναι μεταξύ 25:1 και 35:1. Υψηλές τιμές του λόγου C/N προκαλούν αργή αποσύνθεση, ενώ χαμηλές τιμές ευνοούν τις απώλειες αζώτου. Όταν ο λόγος C/N είναι υψηλός συχνά γίνεται η προσθήκη ιλύος, ενώ όταν ο λόγος είναι μικρός γίνεται προσθήκη C μέσω υλικών όπως κλαδιά και άχυρα. Στο κομπόστ που θα προκύψει από τη διαδικασία ο λόγος C/N δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 30:1 επειδή υπάρχει κίνδυνος συνέχισης της αποδόμησης κατά την εδαφική εφαρμογή του (μέσω της απορρόφησης αζώτου, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών).
- Η υγρασία: Η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα στην υγρή φάση καθιστώντας την υγρασία βασικό παράγοντα της βιοσταθεροποίησης. Η σύσταση, το μέγεθος των σωματιδίων, ο αερισμός και η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο υπόστρωμα καθορίζουν τη βέλτιστη υγρασία που απαιτείται. Με τη μέθοδο των αντιστρεφόμενων σωρών, για τη βιοσταθεροποίηση η ιδανική υγρασία είναι μεταξύ 40% και 60%. Όταν είναι μικρότερη του 40% υπάρχει κίνδυνος αφυδάτωσης του υποστρώματος ενώ όταν είναι μεγαλύτερη του 70% η περίσσεια νερού δημιουργεί αναερόβιους θύλακες και εμποδίζεται ο αερισμός.
- Ο αερισμός και η παροχή οξυγόνου: Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης το οξυγόνο είναι το απαραίτητο στοιχείο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων μέσω του μεταβολισμού και της μικροβιακής αναπνοής. Κατά την εξέλιξη της διαδικασίας μειώνεται σταδιακά η συγκέντρωση του O₂ και αυξάνεται αυτή του CO₂, δημιουργώντας τον κίνδυνο σχηματισμού αναερόβιων θυλάκων. Οι παράγοντες που καθορίζουν τον αερισμό είναι οι διαστάσεις των σωρών καθώς και ο λεπτοτεμαχισμός των αποβλήτων. Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου παρατηρείται σε θερμοκρασίες 45ο C – 55ο C, και είναι ανάλογη της μικροβιακής δραστηριότητας. Παράλληλα, με τον αερισμό, εκτός από τη διασφάλιση των αερόβιων συνθηκών, επιτυγχάνεται και έλεγχος της θερμοκρασίας των σωρών, έτσι ώστε να διατηρηθεί στα επιθυμητά επίπεδα.
- Το pH: Το αρχικό οργανικό κλάσμα έχει pH περίπου 7 (οι βέλτιστες τιμές για κομποστοποίηση είναι από 5,5 μέχρι 8). Τα βακτήρια προτιμούν pH ουδέτερο ενώ οι μύκητες όξινο. Κατά την έναρξη της βιοσταθεροποίησης το pH μειώνεται, επειδή κατά τα πρώτα στάδια της αποσύνθεσης και με τη δράση μιας οξυγενούς βακτηριακής μικροχλωρίδας, παράγονται οργανικά οξέα (π.χ. αμινοξέα). Στη συνέχεια η τιμή του αυξάνεται, επειδή αφενός τα οργανικά οξέα καταναλώνονται και αφετέρου με την έναρξη της πρωτεϊνολυτικής διαδικασίας παράγεται άζωτο και αμμωνία, το δε υλικό μετατρέπεται σε αλκαλικό (pH περίπου 8). Τελικά, το pH πέφτει λίγο και σταθεροποιείται σε ελαφρά αλκαλική περιοχή (7,5 – 8,5), ενώ για την κανονική ανάπτυξη των φυτών συνίσταται περιοχή pH 5,5 έως 8.

Παρακάτω παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας για την καταγραφή των ελέγχων των παραμέτρων

**Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ	ΜΕΘΟΔΟΣ	
	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ	ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ –
Ειδικό βάρος αποβλήτων, υλικού προς κομποστοποίηση	Εργαστηριακή ανάλυση	Επί τόπου ζύγισμα
Ποσότητα αποβλήτων /υλικών	-	Ζύγισμα
Λόγος C/N	Εργαστηριακή ανάλυση/ Διαγνωστική εργαλειοθήκη	
Αναλογία υλικού δομής στο μίγμα	-	Προσθήκη κατάλληλων υλικών για την επίτευξη σωστής αναλογίας
Όγκος/ μάζα σειραδίου	-	Υπολογισμός όγκου επί τόπου ανάλογα με τις διαστάσεις
Υγρασία μίγματος	Εργαστηριακή ανάλυση/ Διαγνωστική εργαλειοθήκη	Μέτρηση επι τόπου
pH μίγματος	Εργαστηριακή ανάλυση/ Διαγνωστική εργαλειοθήκη	Μέτρηση επι τόπου
Προφίλ θερμοκρασίας - χρόνου	-	Μέτρηση θερμοκρασίας με αισθητήρες. Από την έναρξη της κομποστοποίησης μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης θα δημιουργηθεί ένα προφίλ θερμοκρασίας χρόνου για κάθε σειράδιο λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις υγειονομποίησης του υλικού

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης

Δειγματοληψία για έλεγχο τελικού προϊόντος	Δειγματοληψία βάσει προτύπων	Δειγματοληψία από το προσωπικό του αναδόχου
--	------------------------------	---

Βάσει των παραπάνω μετρήσεων θα καταρτίζεται το καθημερινό πρόγραμμα λειτουργιών της μονάδας.

1. Παρακολούθηση & Ρύθμιση Λειτουργικών Παραμέτρων

Για την ορθή λειτουργία της μονάδας θα πρέπει να παρακολουθούνται μια σειρά παραμέτρων και θα τηρούνται σχετικά αρχεία σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή από τον ανάδοχο.

Παράμετρος	Συχνότητα
Εισερχόμενα υλικά προς κομποστοποίηση	
Ποσότητα	Καθημερινά
Είδος/ Ταυτοποίηση	Καθημερινά
Ποιότητα (Προσμίξεις)	καθημερινά
Διαμόρφωση σειραδίων	
Είδος- Μέγεθος σειραδίου	Κατά την διαμόρφωση του σωρού
Κομποστοποίηση	
Θερμοκρασία σειραδίων (φάση κομποστοποίησης)	Καθημερινά
Θερμοκρασία σειραδίου (φάση υγειονομοποίησης)(Κατά την αρχική φάση της κομποστοποίησης
Υγρασία σειραδίου	Ανά 2-3 ημέρες
Όγκος σειραδίου	εβδομαδιαίως
Ωρίμανση	
Θερμοκρασία σειραδίου	

**Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης**

Υγρασία σειραδίου	Εβδομαδιαίως ή πριν και μετά την ανάδευση
Ραφινάρισμα	
Ποσότητα υπολειμμάτων προς επαναχρησιμοποίηση/ταφή	
Αποθήκευση κομπόστ	
Ποσότητα κομπόστ	Μετά το τέλος της διαδικασίας
Βασικός έλεγχος κομπόστ Υγρασία Προσμίξεις Οσμή Ομοιογένεια Ύπαρξη μούχλας	Κάθε 15 ημέρες
Σταθερότητα κομπόστ	Κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας
Χαρακτηρισμός κομπόστ (Δειγματοληψίες – Αναλύσεις στο διαπιστευμένο εργαστήριο του ΔΚΠ)	Κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας

2. Παρακολούθηση & Καταγραφή Περιβαλλοντικών Παραμέτρων

Κατά την λειτουργία της πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης θα παρακολουθούνται μια σειρά περιβαλλοντικών παραμέτρων για την μείωση των οχλήσεων και των πιθανών επιπτώσεων της μονάδας σε κοντινούς αποδέκτες.

Περιβαλλοντικές Παράμετροι που θα πρέπει να παρακολουθούνται είναι οι εξής;

- ✓ Οσμές
- ✓ Σκόνη
- ✓ Βιοαερολύματα
- ✓ Υγρά απόβλητα
- ✓ Θόρυβος

7. Καταγραφή του απαραίτητου εξοπλισμού κι υποδομών για την υλοποίηση του πιλοτικού.

Καταγράφηκε ο απαραίτητος εξοπλισμός και οι υποδομές για την υλοποίηση του πιλοτικού.

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί θα περιλαμβάνει:

- Εργαλεία χειρός και μηχανοκίνητα
- Μηχανικό κλαδοτεμαχιστή (Εξοπλισμός Δήμου Νέστου)
- Τριφασικός αεροσυμπιεστής (Εξοπλισμός Δήμου Νέστου)
- Γεωφασμα (Δήμος Νέστου)
- Σωλήνες και ηλ. Εγκατάσταση (Δήμος Νέστου)
- Καταγραφικό και αισθητήρες θερμότητας, αγωγιμότητας και οξυγόνου, (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, ΚΟΙΝΣΕΠ ΣΥΝΟΧΗ)
- Διαγνωστική εργαλειοθήκη για μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στο πεδίο (ΚΟΙΝΣΕΠ ΣΥΝΟΧΗ)

8. Σχέδιο της ανοιχτής πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης.

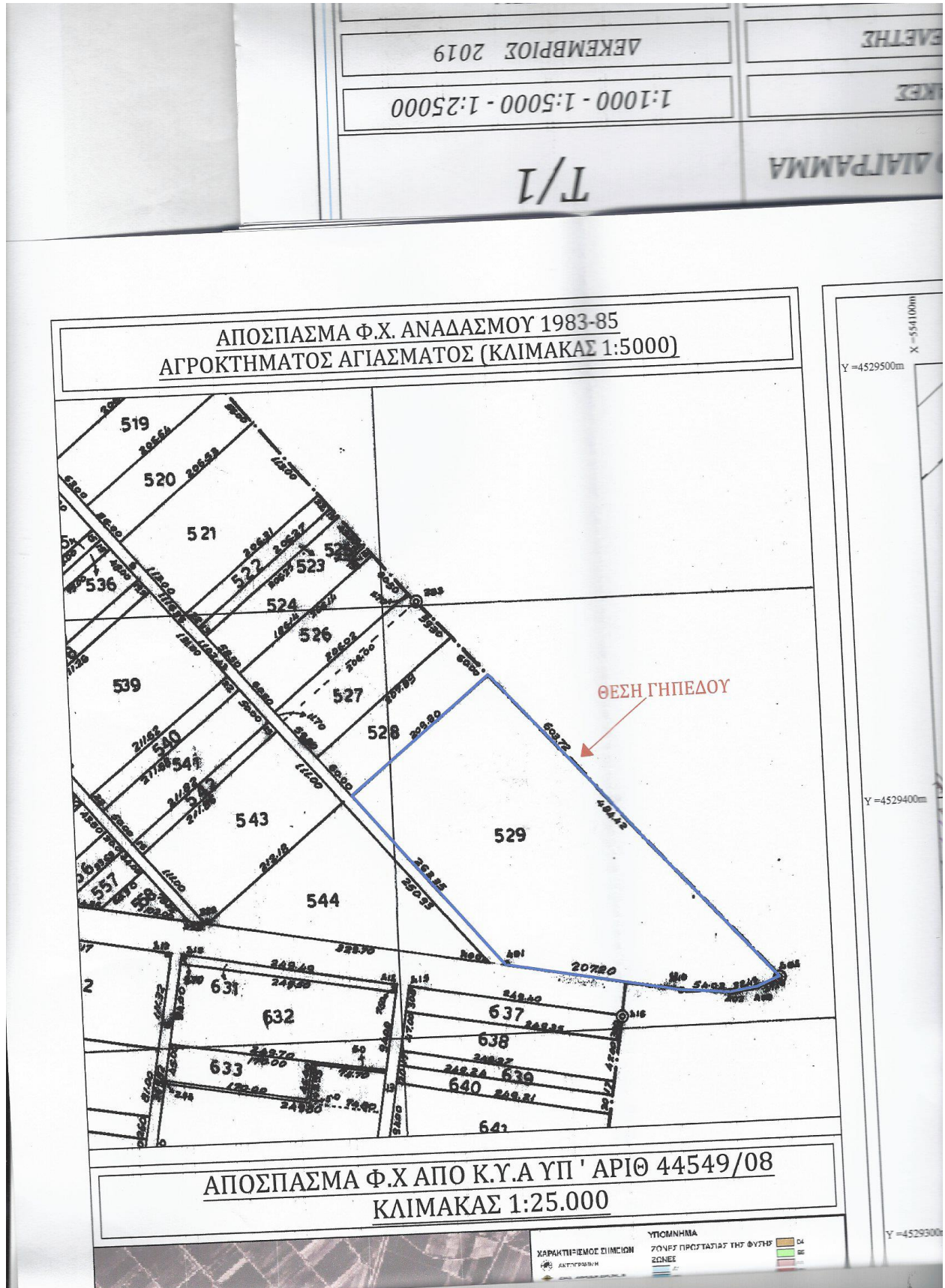
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η κομποστοποίηση στο Δήμο Νέστου, θα πραγματοποιηθεί με ανοιχτό σύστημα κομποστοποίησης κι συγκεκριμένα σε στατικούς σωρούς. Ο χώρος θα διαμορφωθεί κατάλληλα με την συμβολή των συνεργείων του Δήμου.

Κατά τη μέθοδο αυτή, οι γραμμικοί σωροί των αγροτικών υπολειμμάτων προς κομποστοποίηση θα τοποθετούνται πάνω σε ένα δίκτυο αεριστήρων και διαχείρισης της υγρασίας (εξοπλισμός ο οποίος αγοράστηκε από το Δήμο Νέστου στο πλαίσιο του προγράμματος), οι οποίοι θα παρέχουν τον απαραίτητο αέρα, είτε με θετική πίεση (παροχή αέρα στο σωρό) είτε με αρνητική πίεση (αναρρόφηση αέρα από το σωρό). Μέσω της απορρόφησης ή εμφύσησης αέρα ελέγχεται και η θερμοκρασία των σωρών. Εξαιτίας της έλλειψης της διαδικασίας ανάδευσης, και για τη διατήρηση επιθυμητής θερμοκρασίας σε ολόκληρο το σώμα των σωρών, αυτοί σκεπάζονται εξωτερικά με ένα γεωφάσμα, το οποίο λειτουργεί θερμομονωτικά. Το πλήθος και οι διαστάσεις των γραμμικών σωρών θα εξαρτηθούν από τις ποσότητες των προς κομποστοποίηση βιοαποβλήτων. Σε πρώτη φάση θα γίνουν 2 γραμμικοί σωροί με διατάσεις (Μήκος 50μ Χ πλάτος 3,5μ Χ ύψος 1,5 -2μ)

Παρατίθεται σχέδιο της ανοιχτής πιλοτικής μονάδας κομποστοποίησης Στο σχέδιο της μονάδας κομποστοποίησης περιγράφονται αναλυτικά οι διαστάσεις των γραμμικών σωρών καθώς και η χωροθέτησή της. (Παράρτημα II)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Παραδοτέο 2.2 (Π2.2):
Σχεδιασμός κι ανάλυση του συστήματος κομποστοποίησης



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

