



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΟΝΑΔΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Βιώσιμη Διαχείριση Βιοαποβλήτων σε επίπεδο Δήμων

ΜΑΡΙΑ ΛΟΪΖΙΔΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2014

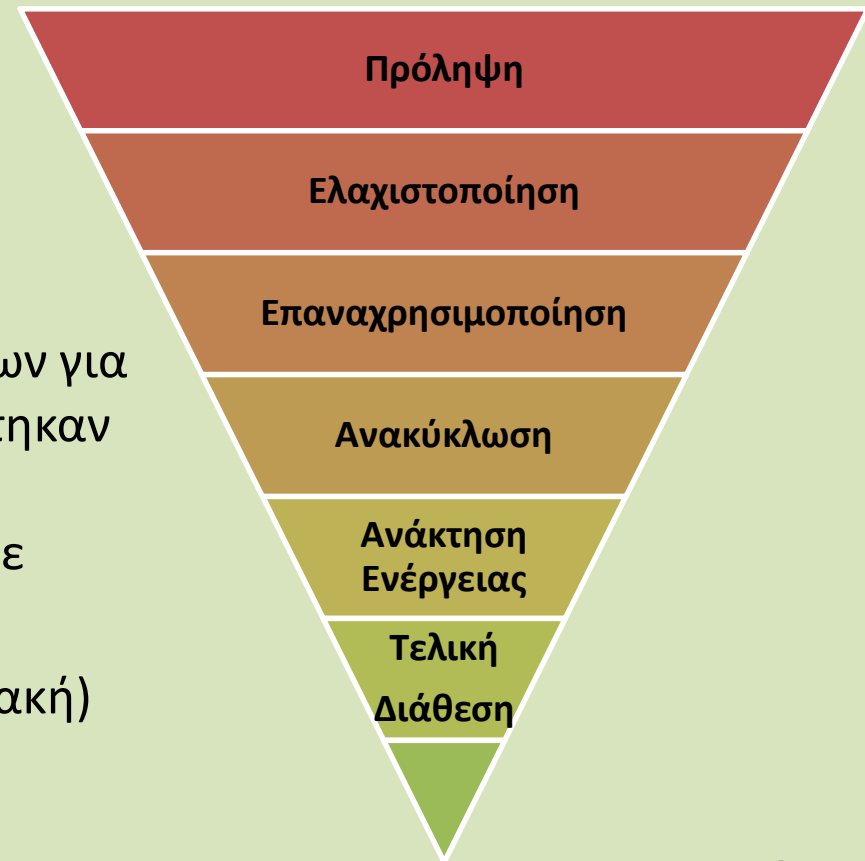
Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στην ΕΕ (1/4)

Η Πυραμίδα Ιεράρχησης Στόχων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων σύμφωνα με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ (Άρθρο 4, §1)

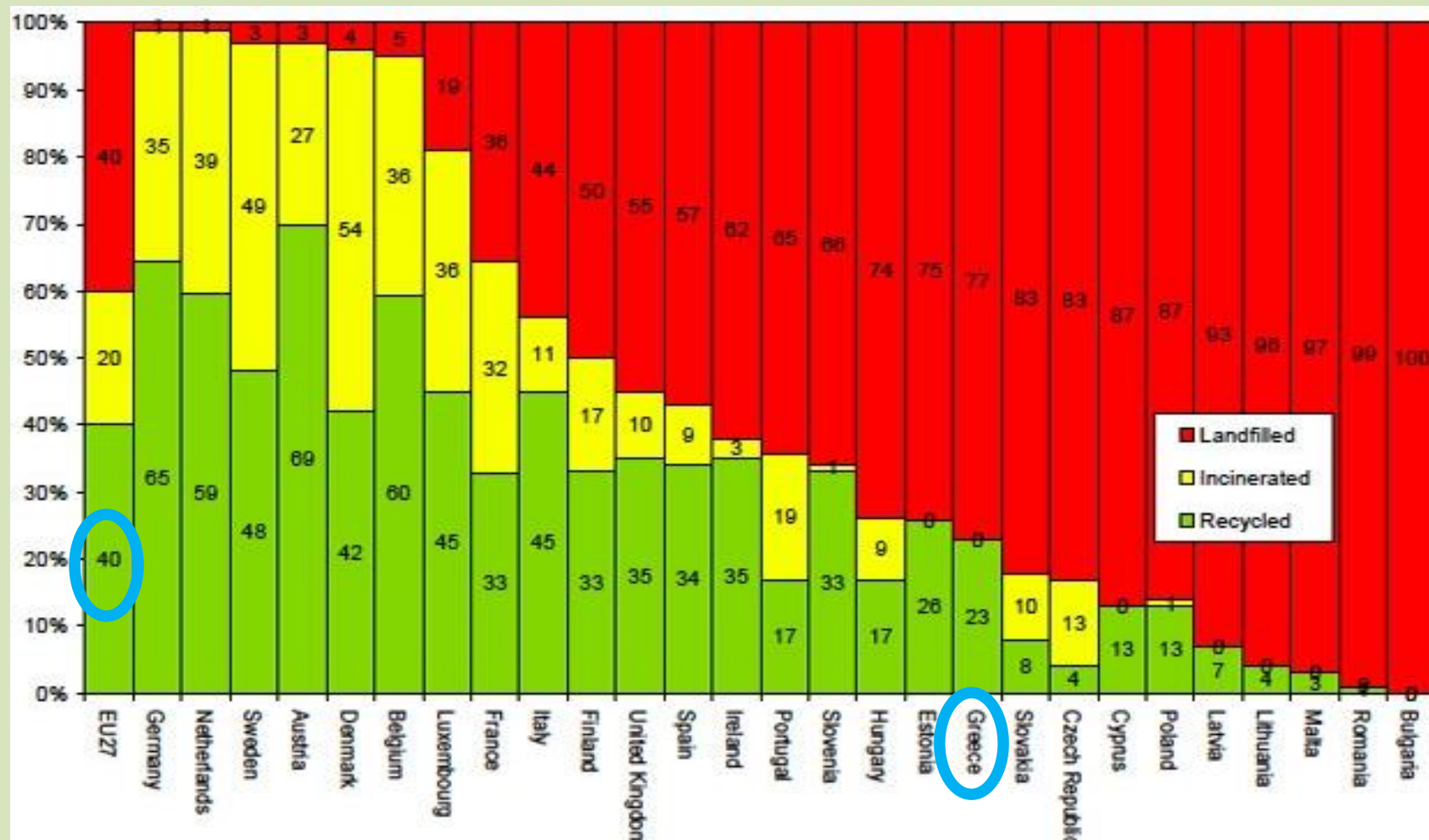
- **Πρόληψη και Ελαχιστοποίηση**
 - ✓ Μείωση ποσότητας απορριμμάτων
 - ✓ Μείωση αρνητικών επιπτώσεων των παραγόμενων αποβλήτων
- **Επαναχρησιμοποίηση**

Χρησιμοποίηση εκ νέου των αποβλήτων για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν
- **Ανακύκλωση**

Μετατροπή των αποβλήτων εκ νέου σε προϊόντα ή υλικά ή ουσίες
- **Άλλου είδους ανάκτηση** (π.χ. ενεργειακή)
- **Ασφαλής τελική διάθεση**



Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στην ΕΕ (2/4)



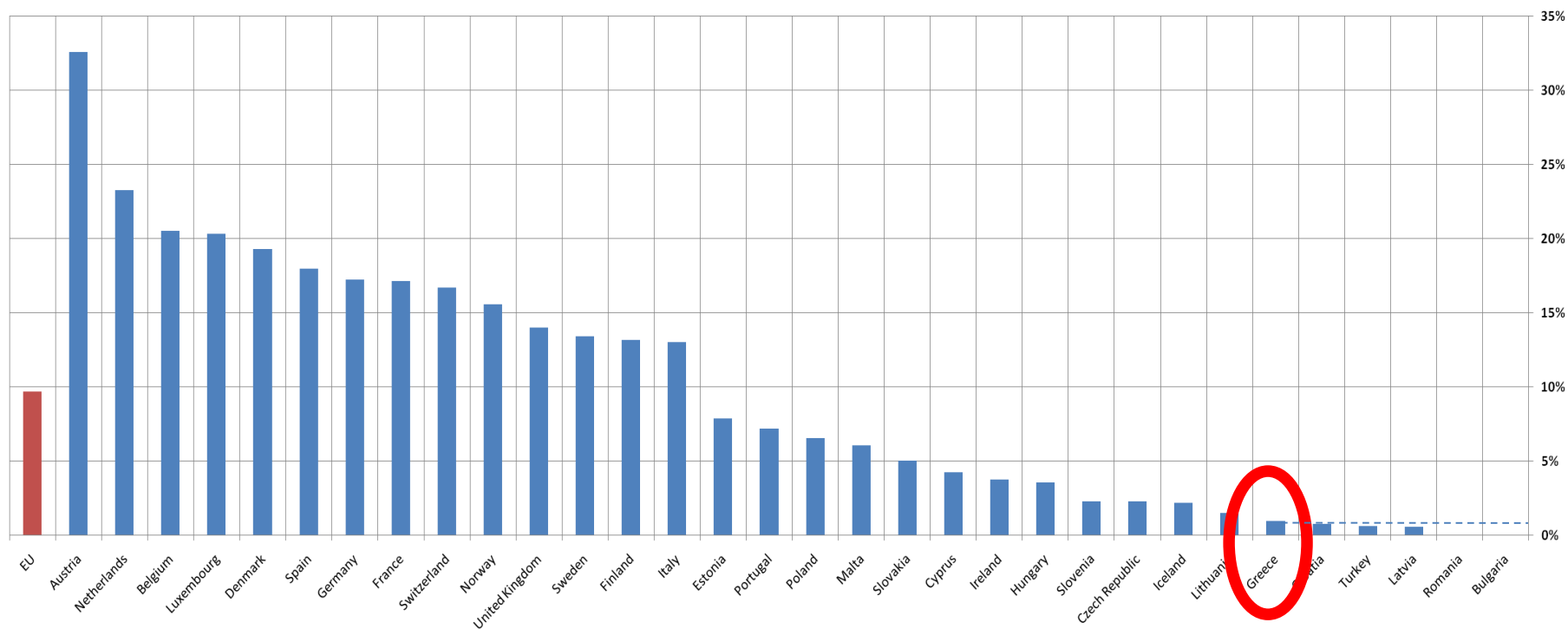
Κατανομή των μεθόδων διαχείρισης ΑΣΑ στην ΕΕ 27 για το έτος 2011

Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στην ΕΕ (3/4)

EU MS	Criterion		1.1 Decoupling	1.2 WPP	1.3 Amount of municipal waste recycled	1.4 Amount of municipal waste recovered (energy recovery)	1.5 Amount of municipal waste disposed	1.6 Development of municipal waste recycling	2.1Existence of ban/restrictions for the disposal of municipal waste into landfills	2.2 Total typical charge for the disposal of municipal waste in a landfill	2.3 Existence of pay-as-you-throw (PAYT) systems for municipal waste	3.1 Collection coverage for municipal waste	3.2 Available treatment capacity for municipal waste	3.3 Forecast of municipal waste generation and treatment capacity in the WMP	3.4 Existence and quality of projection of municipal waste generation and treatment	3.5 Compliance of existing landfills for non-hazardous waste	4.1 Fulfilment of the targets related to biodegradable municipal waste going to landfills	4.2 Rate of biodegradable municipal waste going to landfills	5.1 Number of infringement procedures – WFD and Landfill Directives	5.2 Number of court cases – WFD and Landfill Directives	Overall score
CZ	2	0	0 D	1 D	1 D	2	0	1	1	2	2	0	0	1	0	0	1	2	18		
PL	1	2	1 D	0 D	1 D	2	1	1	1	0	2	0	0	1	0	0	1	2	18		
EE	2	0	1 D	0 D	0 D	0	1	1	1	0	2	0	1	2	2	1	1	1	17		
SK	2	0	0 D	1 D	0 D	1	1	0	1	2	2	0	0	1	2	1	1	1	17		
IT	0	0	1 D	1 D	1 D	0	1	2	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0	15		
LV	2	0	0 D	0 D	0 D	1	1	1	0	0	2	0	1	2	0	0	2	2	14		
CY	0	0	1 D	0 D	0 D	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	2	11		
RO	2	0	0 D	0 D	0 D	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	2	2	11		
LT	2	0	0 D	0 D	0 D	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	9		
MT	0	0	0 D	0 D	0 D	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	2	9		
BG	2	0	0 D	0 D	0 D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	8		
GR	1	0	0 D	0 D	0 D	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3		

Διαχείριση Βιοαποβλήτων στην ΕΕ (4/4)

Ποσοστό ανακύκλωσης βιοαποβλήτων σε σχέση με την συνολική παραγωγή ΑΣΑ για το έτος 2010



Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα

- ✓ Στην Ελλάδα σήμερα παράγονται περίπου **5,5 εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων** το έτος. Στην Αττική παράγεται περίπου το **37%**, ήτοι περίπου 2 εκατομμύρια τόνοι το έτος.
- ✓ Ο μέσος συντελεστής παραγωγής απορριμμάτων σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat κατά το 2011 ήταν **496 κιλά/κάτοικο**.
- ✓ Η μέση ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ, εκτιμάται ως εξής:

Ρεύμα Αποβλήτων	Ποσοστό κ.β. (%)	~50%!
Τροφικά υπολείμματα (οργανικά)	40	
Χαρτί - χαρτόνι	29	
Πλαστικά	14	
Μέταλλα	3	
Γυαλί	3	
Απόβλητα από κήπους και πάρκα	2	
Υπόλοιπα	9	
ΣΥΝΟΛΟ	100	

Το ποσοστό των συσκευασιών κυμαίνεται ανάλογα με την περιοχή από 20% - 25%

Απαιτήσεις Νομοθεσίας (1/3)

Α. Στόχοι Εκτροπής Βιοαποδομίσιμων Αστικών Αποβλήτων (ΒΑΑ) από τους ΧΥΤΑ/Υ.

Οι στόχοι που θέτει η ΚΥΑ 50910/2727/2003 είναι:

- ✓ Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2010, τα ΒΑΑ που προορίζονταν για ΧΥΤΑ/Υ έπρεπε να μειωθούν στο 75% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας των ΒΑΑ που είχαν παραχθεί το 1995.
- ✓ Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2013, έπρεπε να μειωθούν στο 50% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας.
- ✓ Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2020, πρέπει να μειωθούν στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας.

Επισημαίνεται ότι τα ΒΑΑ θεωρούνται τα οργανικά υπολείμματα κουζίνας, τα πράσινα απόβλητα κήπων και το χαρτί.

Απαιτήσεις Νομοθεσίας (2/3)

Β. Στόχοι Ανακύκλωσης Συσκευασιών

Οι στόχοι που θέτουν οι Ν. 2939/2001 και ΥΑ 9268/469/2007 από τις 31 Δεκεμβρίου 2011 (στόχοι σε ισχύ), είναι:

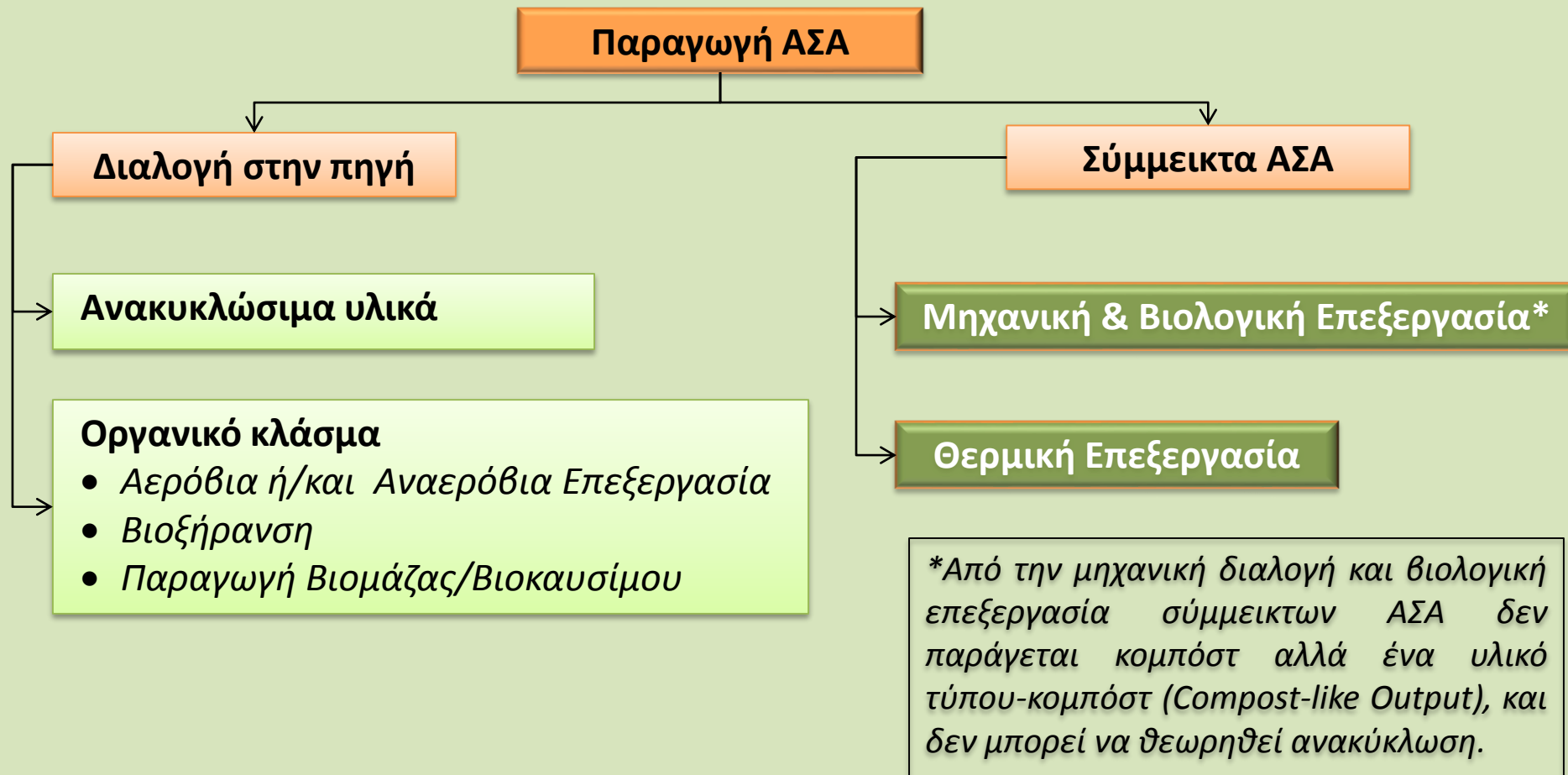
- ✓ Αξιοποίηση ή αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας συσκευασιών τουλάχιστον το 60 % κατά βάρος των αποβλήτων συσκευασίας
- ✓ Ανακύκλωση συσκευασιών να είναι μεταξύ 55% τουλάχιστον και 80% το πολύ κατά βάρος του συνόλου των αποβλήτων συσκευασίας, με επίτευξη συγκεκριμένων ελάχιστων στόχων ανά υλικό.

Απαιτήσεις Νομοθεσίας (3/3)

Γ. Οδηγία για τα απόβλητα (2008/98/ΕΚ) και Νόμος 4042/2012

- ✓ Εδραίωση της ξεχωριστής συλλογής χαρτιού, γυαλιού, πλαστικού και μετάλλου τουλάχιστον μέχρι το 2015.
- ✓ Ανακύκλωση 50% των ΑΣΑ ή μέρος αυτών μέχρι το 2020 (χαρτιού, γυαλιού, πλαστικού και μετάλλου τουλάχιστον)
***Προσοχή:** το ποσοστό δεν αναφέρεται στις συσκευασίες αλλά στο σύνολο των ανακυκλώσιμων υλικών.*
- ✓ Εισαγωγή του όρου «βιοαπόβλητα» (βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων & πάρκων, τα απορρίμματα τροφών και μαγειρείων από σπίτια, εστιατόρια κ.λπ)
- ✓ Τίθεται έως το 2015, ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων κατ' ελάχιστον 5% του συνολικού βάρους των παραγόμενων βιολογικών αποβλήτων, και έως το 2020, ποσοστό χωριστής συλλογής κατ' ελάχιστον 10%.

Συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων



Πρέπει να γίνει στροφή από την επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ προς την Διαλογή στη Πηγή!

Συστήματα Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ)

Τα συστήματα ΔσΠ θα πρέπει να βασίζονται στους εξής 2 άξονες:

- ✓ Στην εδραίωση και επέκταση συστημάτων ΔσΠ ανακυκλώσιμων υλικών.
- ✓ Στη στοχευμένη Διαλογή στην Πηγή των βιοαποβλήτων (οργανικού κλάσματος και πράσινων αποβλήτων).
 - Η ΔσΠ βιοαποβλήτων θα οδηγήσει σε **παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας**.
 - Επίσης με τη προδιαλογή θα **διευκολυνθεί και η αξιοποίηση των υπόλοιπων αποβλήτων**, αφού με τη ΔσΠ διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα ΑΣΑ τα οργανικά που χαρακτηρίζονται από υψηλή υγρασία.
 - Τέλος **θα μειωθούν οι μεταφορές** προς τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας, καθώς και **τα κόστη επεξεργασίας**.

Συστήματα ΔσΠ οργανικών αποβλήτων (1/2)

A. Χωριστή συλλογή οργανικού

- ✓ Συλλογή με τη Μέθοδο 'Πόρτα – Πόρτα'
- ✓ Συλλογή με Κάδους ανά Ομάδες Κατοικιών
- ✓ Συγκέντρωση Κέντρα Συλλογής
- ✓ Συνδυασμός των παραπάνω σχημάτων
- ✓ Συλλογή από Ειδικές Κατηγορίες Πηγών Προέλευσης (ξενοδοχεία, εστιατόρια, σχολεία κ.λπ.)

B. Επεξεργασία προδιαλεγμένων οργανικών αποβλήτων

- ✓ Αερόβια διεργασία (Κομποστοποίηση)
- ✓ Αναερόβια επεξεργασία
- ✓ Ξήρανση
- ✓ Βιοκαύσιμα

Συστήματα ΔσΠ οργανικών αποβλήτων (2/2)



Life+ Athens Biowaste: Η πρώτη πιλοτική διαλογή στην πηγή των βιοαποβλήτων σε επιλεγμένες περιοχές των Δήμων Αθηναίων και Κηφισιάς και την επεξεργασία αυτών στη Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (ΕΜΑΚ) του ΕΔΣΝΑ για την παραγωγή κόμποστ υψηλής ποιότητας.

Στόχος η βιώσιμων μεθόδων διαχείρισης των βιοαποβλήτων

Σε όλα τα νοικοκυριά **διανεμήθηκαν**:

- ✓ Μικροί κάδοι κουζίνας 7-10 lt
- ✓ Βιοδιασπώμενες & κομποστοποιήσιμες σακούλες

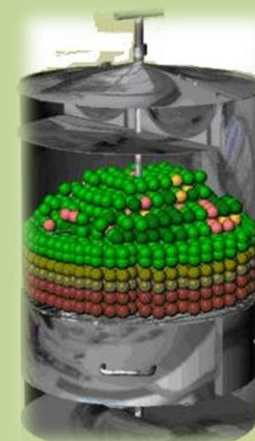
Η συλλογή γίνεται μέσω Ατομικών Κάδων είτε Κεντρικών Κάδων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.



<http://www.biowaste.gr>

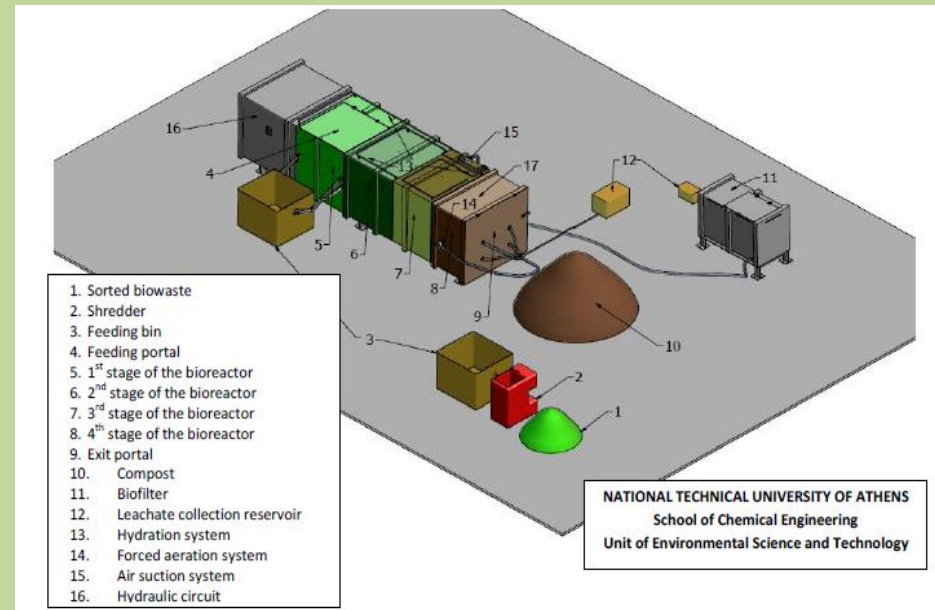
Οικιακή Κομποστοποίηση προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων

Διαλογή οργανικού κλάσματος στο σπίτι – πηγή (0,5 κιλό/άτομο/ημέρα)



Κομποστοποίηση προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων (μικρές κοινότητες)

- Διαλογή οργανικού στο σπίτι/πηγή
- Χωρητικότητα 2-20 τόνοι
- Παράλληλα συστήματα για μεγαλύτερη χωρητικότητα



www.uest.gr/Morocomp



ISWM - TINOS

uest.ntua.gr/iswm-tinos

Αναερόβια επεξεργασία προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων

Πρώτη ύλη: διατροφικά υπολείμματα & πράσινα απορρίμματα

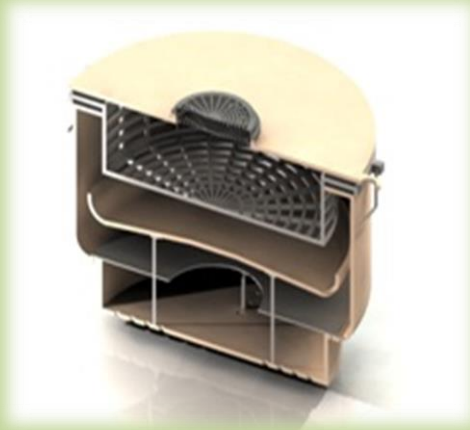
Το παραγόμενο βιοαέριο (1 στάδιο με ξηρή μέθοδο):

- Ηλεκτρική ενέργεια: λειτουργία της μονάδας - 10 έως 15% CHP και παροχή στο δίκτυο 85 έως 90%
- Θερμική ενέργεια: παροχή σε παρακείμενες εγκαταστάσεις
- Παρέχεται στο δίκτυο φυσικού αερίου
- Αναβάθμιση (96% CH₄) για την παραγωγή αερίου καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης

Προϊόντα	Ποσότητες	Μονάδες
Ηλεκτρική Ενέργεια	150 - 200	kWh/tn βιοαποβλήτων
Θερμική Ενέργεια	250 - 300	kWh/tn βιοαποβλήτων
Κομποστ	250	kg/tn βιοαποβλήτων
Υγρό υλικό	595	kg/tn βιοαποβλήτων

Οικιακή ξήρανση βιοαποβλήτων

Οικιακός Ξηραντήρας



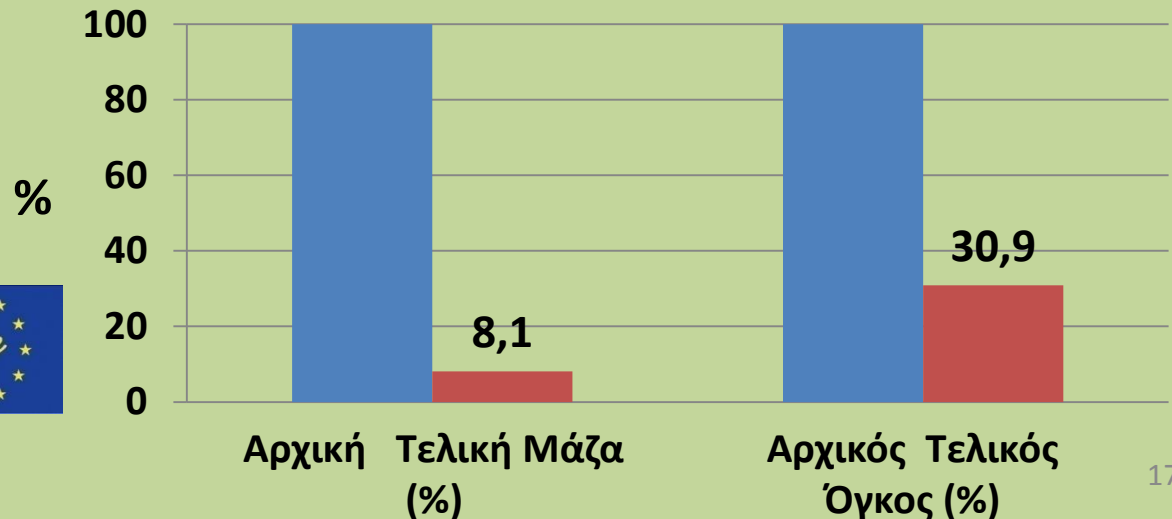
DRYWASTE



www.uest.gr/drywaste

Ξήρανση οικιακών τροφικών υπολειμμάτων

- Δεν εκλύει δυσάρεστες οσμές
- Μείωση της **μάζας** και του **όγκου** μεγαλύτερη από **85% κ.β.** και **60% κ.ο.** αντίστοιχα
- Μείωση δρομολογίων αποκομιδής **>30%**.
- Χρήση βιομάζας για παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας (π.χ. βιοκαυσίμων & πράσινης ενέργειας)



Παραγωγή Βιοκαυσίμων από προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



Και στην περίπτωση όμως της παραγωγής βιοκαυσίμων, βρίσκεται υπό ανάπτυξη από την Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, μια καινοτόμος μέθοδος **παραγωγής βιοαιθανόλης από βιοαπόβλητα** με στόχο την ενίσχυση της προσπάθειας της Ελλάδος και της Ευρώπης στον τομέα της διαχείρισης των βιολογικών αποβλήτων με αειφόρο τρόπο.

Το έργο υλοποιείται στην Ελλάδα, Νομό Αττικής στους Δήμους: Ασπροπύργου και Παπάγου-Χολαργού



Παράδειγμα στόχων σε επίπεδο Δήμου

Γενικός Σχεδιασμός σε επίπεδο Δήμου

Από όλα τα προαναφερθέντα, καθίσταται σαφής η **αναγκαιότητα άμεσης συμμόρφωσης με τις ανωτέρω νομοθετικές διατάξεις**. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διαμορφωθεί ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός ο οποίος θα πρέπει να:

- ✓ οδηγεί στην εδραίωση **συστημάτων Διαλογής στην Πηγή**.
- ✓ εδραιώνει μια **κοινωνία ανακύκλωσης**, βάσει των νέων στόχων που θέτει η Οδηγία 98/2008 και του Νόμου 4042/2012
- ✓ οδηγεί στην κάλυψη όλων των θεσμοθετημένων στόχων με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος αλλά ταυτόχρονα και την **αποφυγή προστίμων** που θα μετακυλήσουν στους Δήμους (**35 ευρώ ανά τόνο το 2016** και επιπλέον 5 ευρώ ανά τόνο το έτος έως το ποσό των 60 ευρώ)

Παράδειγμα στόχων σε επίπεδο Δήμου (1/2)

Παράδειγμα Δήμου με περίπου **50.000** κατοίκους και μέση παραγωγή ΑΣΑ περίπου 25.000 τόνους.

Παραγωγή αποβλήτων:

ΑΣΑ, τν	Βιοαπόβλητα , τν (~42% των ΑΣΑ)	Απόβλητα Ανακυκλωσίμων, τν (~50% των ΑΣΑ)	Υπόλοιπα, τν (~8% των ΑΣΑ)
25.000	10.500	12.500	2.000

Ελάχιστες απαιτήσεις νομοθεσίας:

- **Για τα βιοαπόβλητα:** τουλάχιστον 10% χωριστή συλλογή & επεξεργασία – προτείνεται ποσοστό 30%.
- **Για τα ανακυκλώσιμα:** τουλάχιστον 60% ανακύκλωση για τις συσκευασίες και τουλάχιστον 50% ανακύκλωση τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα. (Μέσος όρος: 55%)

Παράδειγμα στόχων σε επίπεδο Δήμου (22)

Ακολουθώς υπολογίζονται οι ποσότητες ανά ρεύμα ΑΣΑ, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας όπως παρουσιάστηκαν.

Συνολικά ΑΣΑ	Βιοαπόβλητα, τν	Απόβλητα ανακυκλωσίμων, τν	Σύμμεικτα ΑΣΑ, τν
25.000	~ 3.200	~ 6.900	~ 14.900

Συνολικά προτείνεται μέση ανακύκλωση **~40%** (Μέσος όρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2011).

Τα βιοαπόβλητα (καθώς και τα ανακυκλώσιμα) **πρέπει να προδιαλέγονται με συστήματα ΔσΠ**. Επίσης το ποσοστό διαλογής πρέπει να αυξάνεται με τον χρόνο, έτσι ώστε οι ποσότητες των σύμμεικτων ΑΣΑ σταδιακά να ελαττώνονται .

Παράδειγμα οφέλους με σύστημα Ξήρανσης

Συλλογή - Μεταφορά:

Μείωση: 90%

Τόνοι που θα εκτρέπονται: 3.200 τόνοι βιοαποβλήτων / έτος

Σημερινό κόστος: 120 ευρώ / τόνο.

Οικονομικό όφελος: $120 \times 3.200 \times 90\% = 345.600$ ευρώ / έτος

Επεξεργασία:

Μείωση: 85%

Τόνοι που θα εκτρέπονται: 3.200 τόνοι βιοαποβλήτων / έτος

Αναμενόμενο κόστος: 100 ευρώ / τόνο.

Οικονομικό όφελος: $100 \times 3.200 \times 85\% = 272.000$ ευρώ/ έτος

Συνεπώς, το συνολικό οικονομικό όφελος από την εφαρμογή του συστήματος ξήρανσης (σε αντιδιαστολή με ένα πρόγραμμα απλής συλλογής προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων) θα είναι περίπου **618.000 ευρώ/ έτος.**

Συμπεράσματα

- Τα απορρίμματα πρέπει να θεωρηθούν υλικά τα οποία στο μεγαλύτερο ποσοστό τους μπορούν να αξιοποιηθούν (πχ ανακυκλώσιμα υλικά – χαρτί, πλαστικό, μέταλλα, γυαλί- με ΔσΠ).
- Τα βιοαπόβλητα κατά μέσο όρο αποτελούν το 40% των παραγόμενων ΑΣΑ και κατά κύριο λόγο μπορούν να επεξεργαστούν με:
 - ✓ αερόβια διαδικασία (κομποστοποίηση)
 - ✓ αναερόβια χώνευση
 - ✓ ξήρανση και περεταίρω αξιοποίηση (π.χ. βιοκαύσιμα & πράσινη ενέργεια)
- Πρέπει να ενισχυθεί η αξιοποίηση των βιοαποβλήτων **σε τοπικό επίπεδο**, δίνοντας κίνητρα στους Δήμους για την δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων χώρων επεξεργασίας. Έτσι θα μειωθούν και οι πολυδάπανες μεταφορές.
- Πρέπει **να προχωρήσουν άμεσα οι βιώσιμες λύσεις** έτσι ώστε να αποφευχθούν μελλοντικά αδιέξοδα αλλά και πρόστιμα τα οποία θα μετακυλήσουν στους Δήμους, και από εκεί στους Δημότες.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

mloiz@chemeng.ntua.gr

www.uest.gr

Τηλ: 210 772 3106

Φαξ: 210 772 3285