



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΜΠ 338

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ): Διαχείριση και Σχεδιασμός Συστημάτων

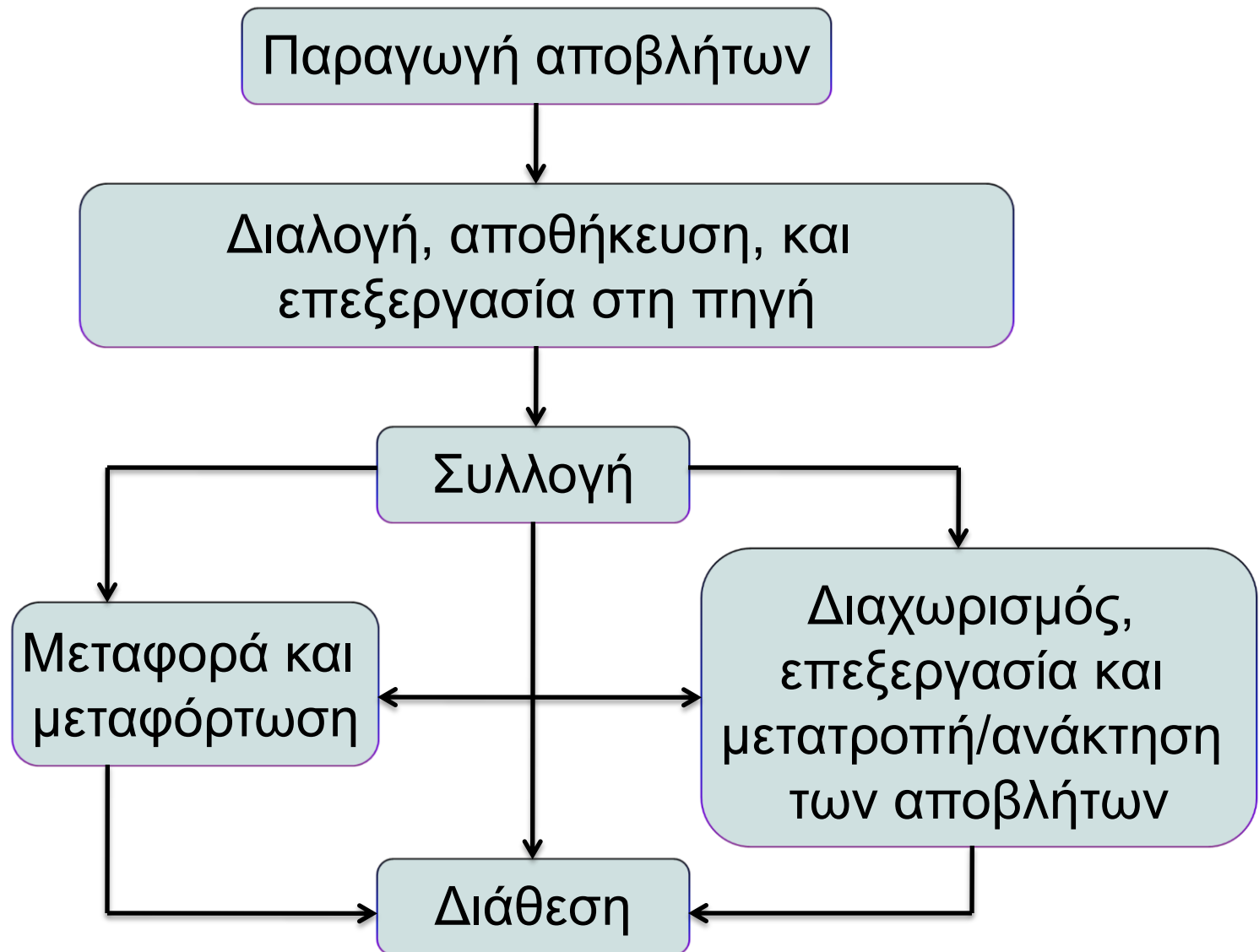
Επ. Καθηγητής Απόστολος Γιαννής

E-mail: agiannis@enveng.tuc.gr

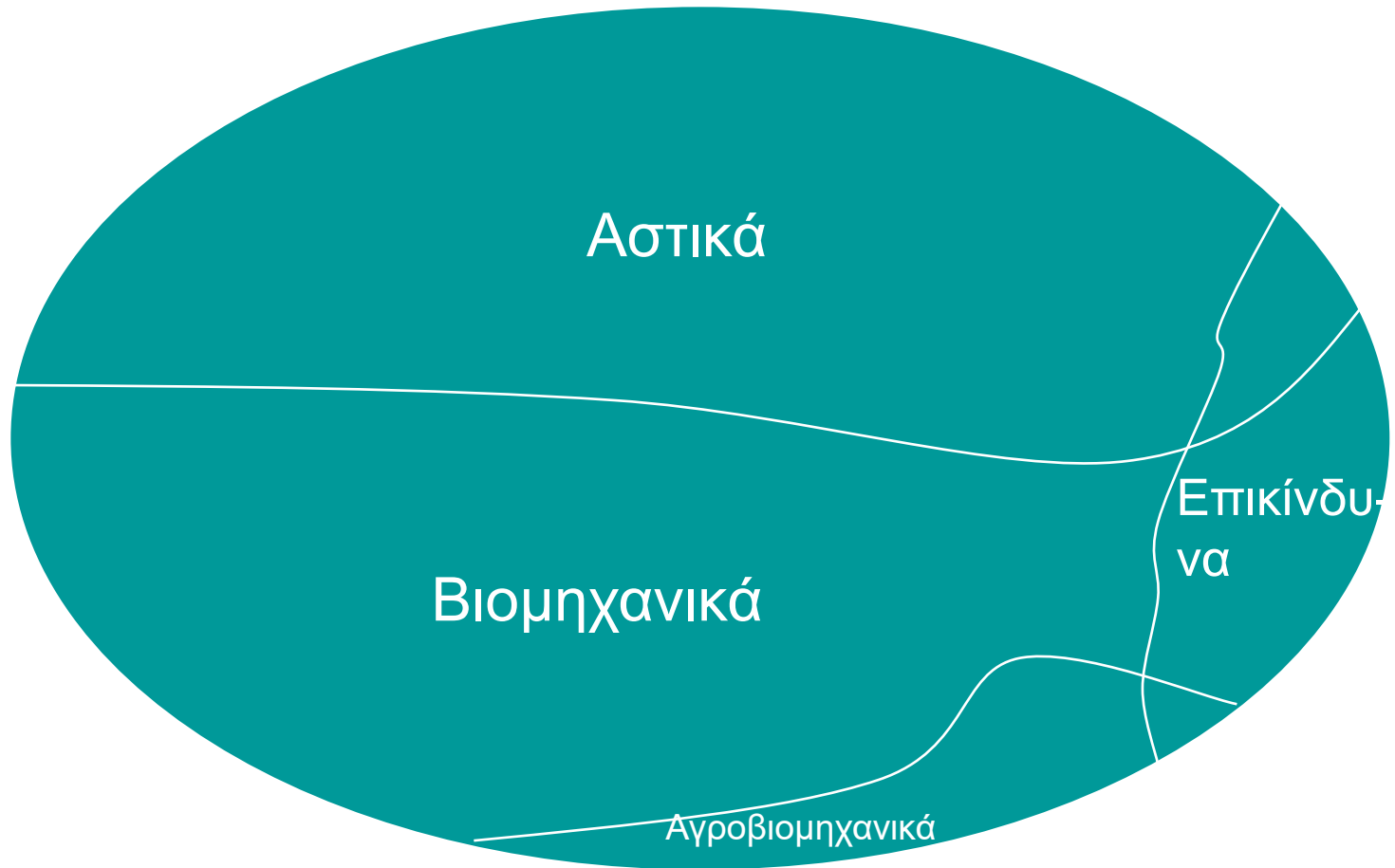
Κεφάλαιο 2

Χαρακτηρισμός, Ποσοτική και Ποιοτική Ανάλυση

Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων



Στερεά Απόβλητα

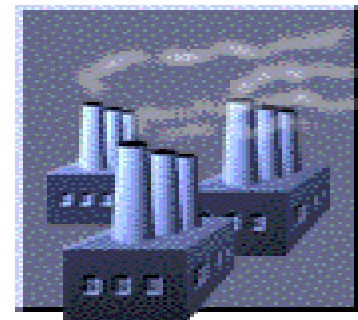
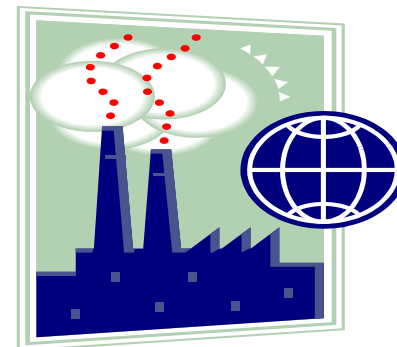


Στερεά Απόβλητα

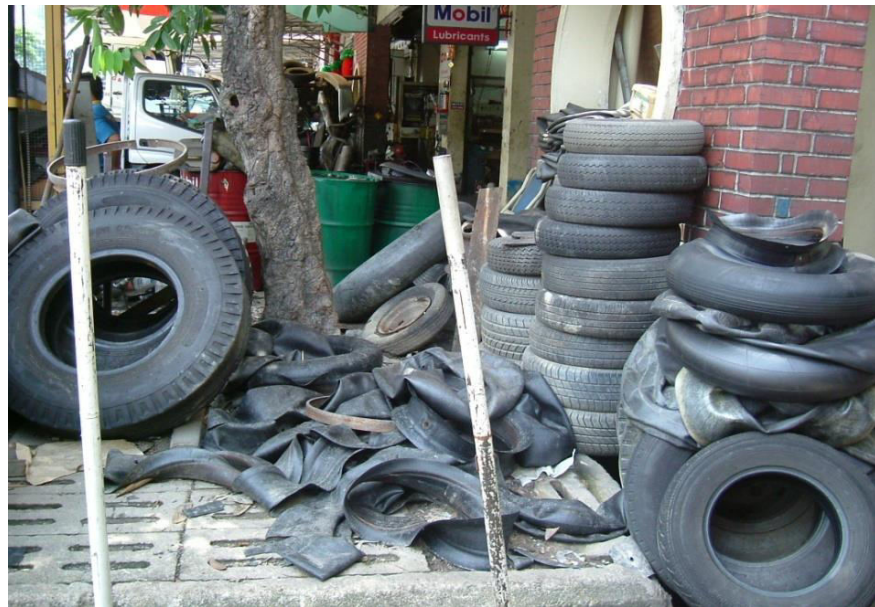
- Πηγές
- Τύποι (Κλάσματα)
- Σύσταση
- Παραγωγή
- Ιδιότητες

Πηγές Στερέων Αποβλήτων

- Οικιακά
- Εμπορικά (βιοτεχνικά)
- Διαφόρων ιδρυμάτων
- Κατασκευών/κατεδαφίσεων (C&D)
- Δημόσιες υπηρεσίες
- Μονάδων επεξεργασίας (νερού/υγρών αποβλήτων)
- Βιομηχανίες (επικίνδυνα)
- Αγροβιομηχανικά















Τύποι (Κλάσματα)

- Τροφικά υπολείμματα (ζυμώσιμα)
- Χαρτί/χαρτόνι
- Πλαστικά
- Ύφασμα
- Δέρμα-Λάστιχο
- Απόβλητα κήπου
- Ξύλα
- Μέταλλα (αλουμίνιο, σιδηρούχα, μη-σιδηρούχα)
- Γυαλί
- Αδρανή
- Επικίνδυνα οικιακά απόβλητα
-

Ειδικά Απόβλητα

- Ηλεκτρικές συσκευές
- Ηλεκτρονικές συσκευές
- Μπαταρίες
- Λάδια
- Λάστιχα αυτοκινήτου
- Οχήματα
- Άλλα

Φύση των αποβλήτων

- Οργανικά (combustible – καύσιμα)
- Ανόργανα (non combustible – αδρανή)
- Βιο-αποδομήσιμα
- Ανακυκλώσιμα
- Επικίνδυνα
- Μολυσματικά

Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων

- Η Μοναδιαία Παραγωγή Αποβλήτων (ΜΠΑ) και ο Ρυθμός Παραγωγής Αποβλήτων (ΡΠΑ) περιγράφουν την παραγωγή αποβλήτων (συνήθως εκφράζεται σε βάρος).
- Σημαντικά στοιχεία για την εκτίμηση αναγκών σε εξοπλισμό, συστήματα και πλάνα διαχείρισης

Μοναδιαία παραγωγή αποβλήτων (ΜΠΑ)

ΜΠΑ = βάρος αποβλήτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα
(Kg/ cap. day)

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/cap.day)
Χώρες με πολύ χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0,4
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0,7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1,1
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	έως 2,5
Ελλάδα	0,8-1,0

Ρυθμός παραγωγής αποβλήτων (ΡΠΑ)

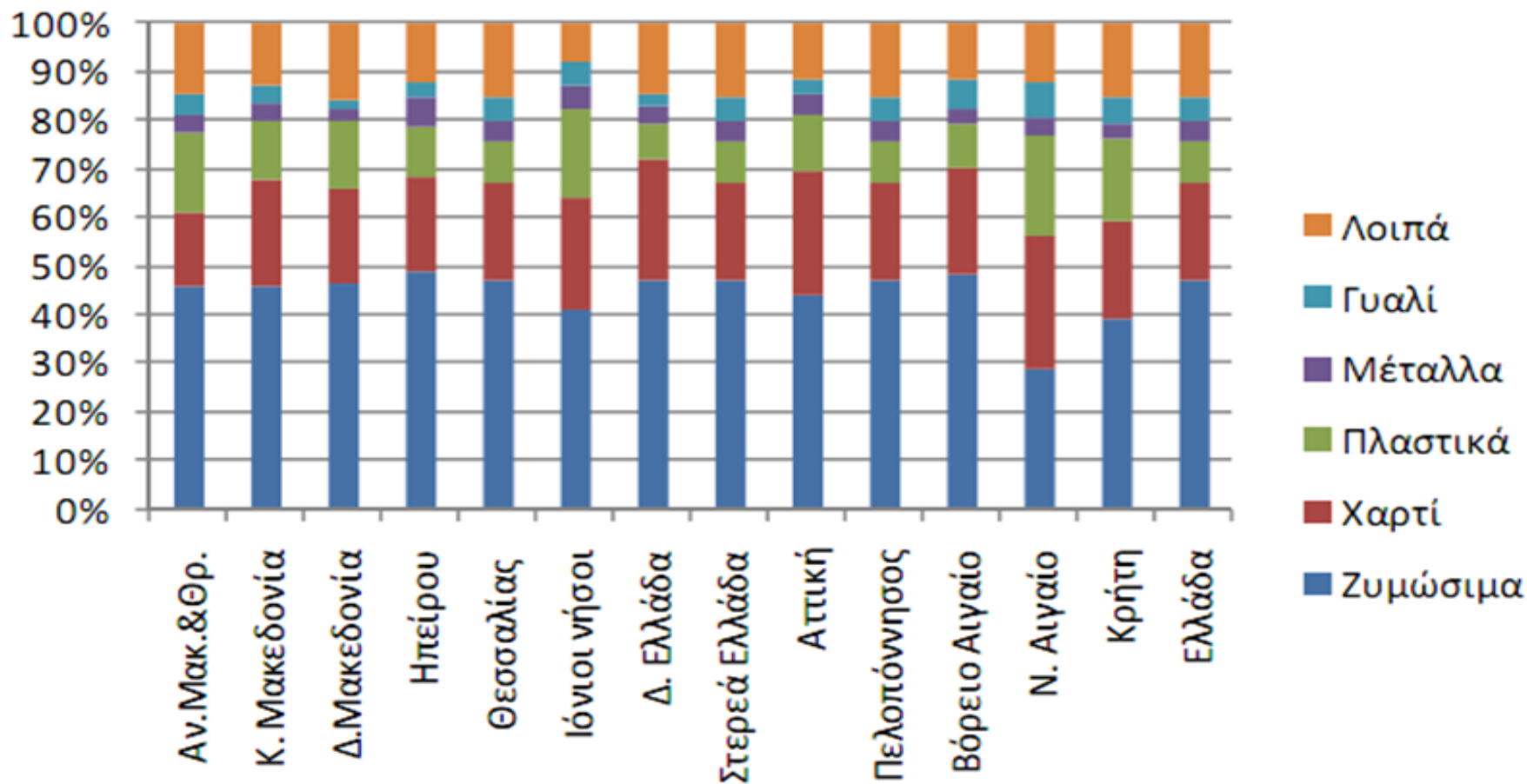
ΡΠΑ = πληθυσμός x ΜΠΑ (kg/day) (tn/yr)

ή

$$ΡΠΑ = \frac{\sum (BZ_t - BA_t)}{T}$$

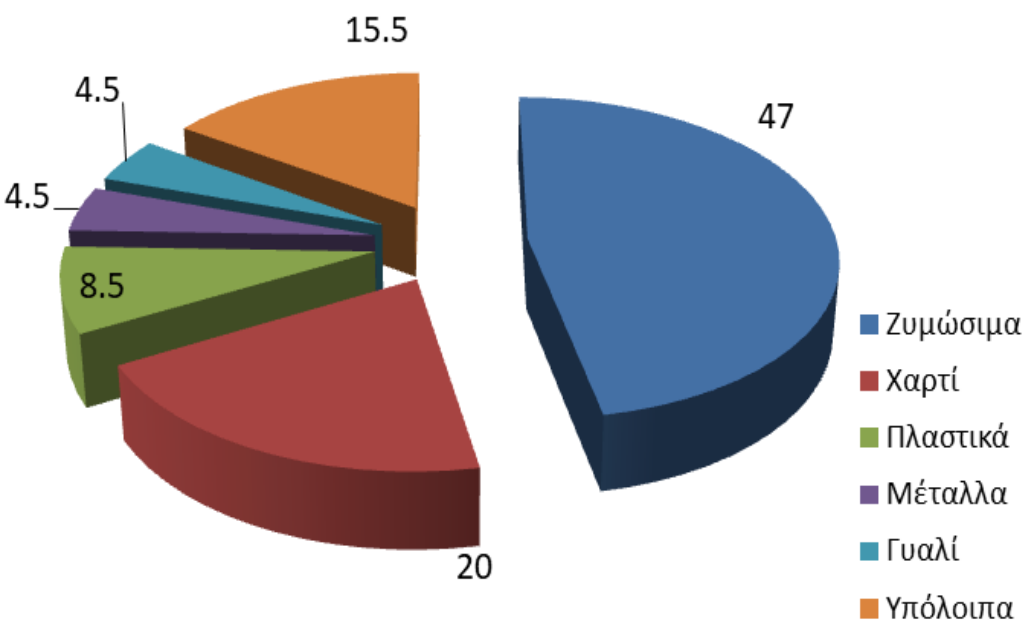
BZ_t	=	Βάρος ζύγισης για κάθε απορριματοφόρο (kg)
BA_t	=	Απόβαρο του απορριματοφόρου (kg)
T	=	χρονική περίοδος παρακολούθησης και μέτρησης (ημέρες)

Μέση ποιοτική σύσταση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα ανά περιφέρεια

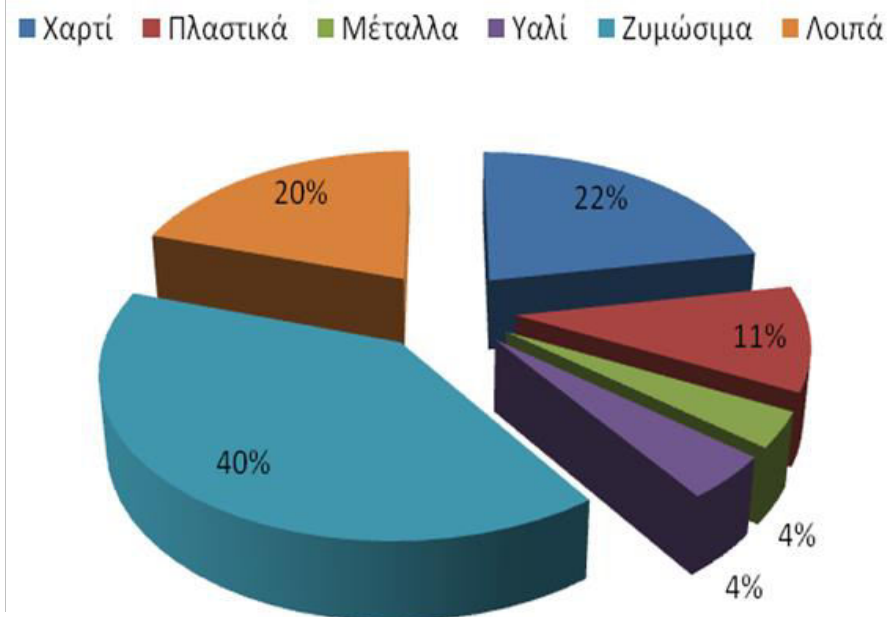


Μέση κατά βάρος σύσταση ΑΣΑ στην Ελλάδα

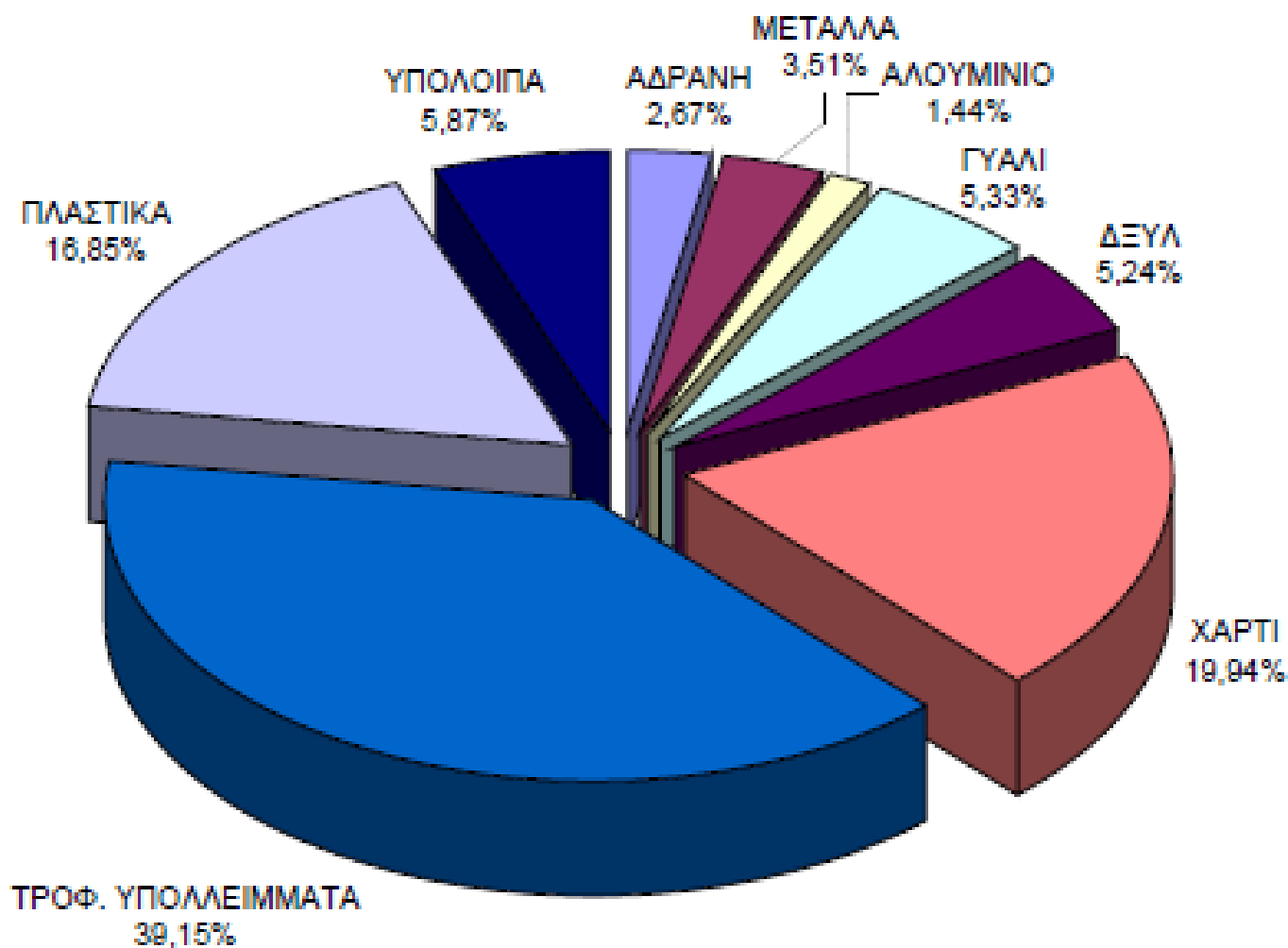
1997



2007



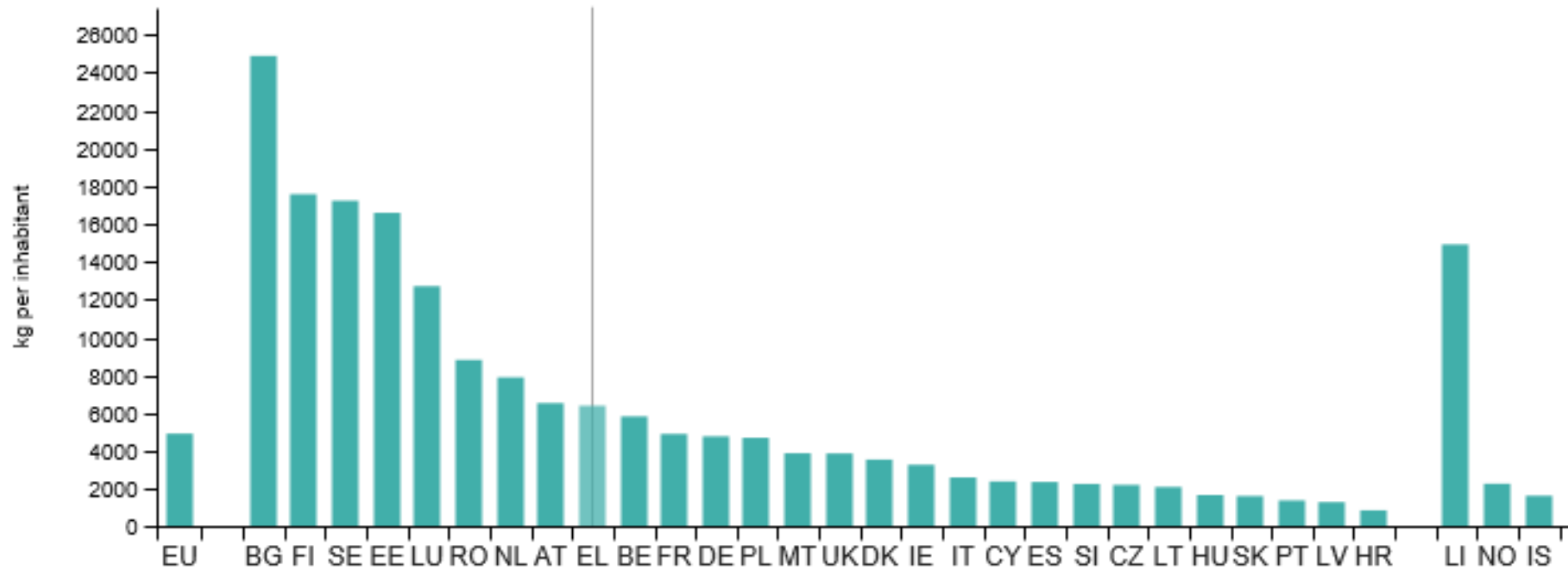
Ποιοτική σύσταση οικιακών αποβλήτων στην Κρήτη (2004)



Σύσταση οικιακών αποβλήτων σε διάφορες πόλεις

	Ποσοστό (%) κατά βάρος				
	Νέα Υόρκη (ΗΠΑ, 2008)	Χονγκ Κονγκ (2010)	Βουδαπέστη (Ουγγαρία, 2005)	Πεκίνο (Κίνα, 2009)	Ντάκα (Μπαγκλαντές, 2007)
Χαρτί	32.7	20.5	14.6	10.3	10.7
Πλαστικά	14.1	20.6	16.7	9.8	4.3
Μέταλλα	6.9	1.7	1.8	0.8	2
Γυαλί	4.4	5.1	2.2	0.6	0.7
Ζυμώσιμα	22.7	44.8	29.4	69.3	68.3
Λοιπά	19.2	7.3	35.3	9.2	14

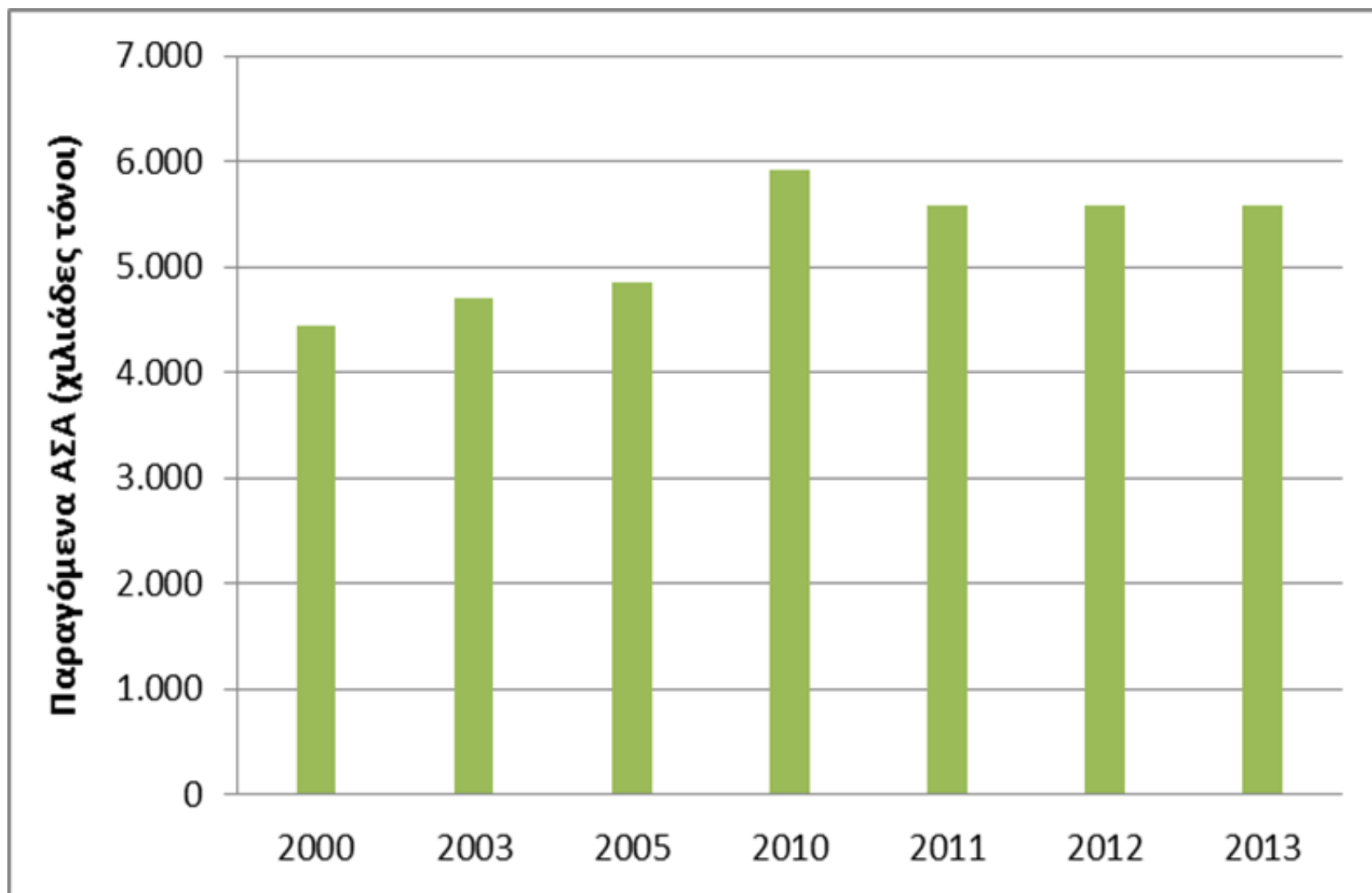
Παραγωγή αποβλήτων (kg) ανά κάτοικο (ΕΕ)



Παραγωγή αποβλήτων από διάφορες δραστηριότητες και νοικοκυριά (2014)

	Συνολικά		Εξόρυξη	Μεταποίηση	Ενέργεια	Κατασκευές και κατεδαφίσεις (%)	Άλλες οικονομικές δραστηριότητες	Οικιακά
	Εκατομμύρια τόνοι	kg ανά κάτοικο						
EU-28	2 502.9	4 931	28.1	10.2	3.7	34.7	14.9	8.3
Βέλγιο	65.6	5 838	0.1	21.7	2.1	40.2	27.3	8.6
Βουλγαρία ⁽¹⁾	179.7	24 872	88.6	:	5.1	0.7	4.0	1.5
Τσεχία	23.4	2 223	1.0	18.8	4.3	40.2	21.8	13.9
Δανία	20.1	3 558	0.1	6.4	5.4	52.6	18.5	17.1
Γερμανία	387.5	4 785	1.9	15.8	2.6	53.3	16.9	9.5
Εσθονία	21.8	16 587	36.3	20.2	32.6	3.1	5.6	2.2
Ιρλανδία ⁽¹⁾	15.2	3 285	17.8	:	2.1	12.4	57.6	10.0
Ελλάδα	69.8	6 404	67.9	7.0	15.6	0.7	2.3	6.5
Ισπανία	110.5	2 378	16.9	13.4	4.8	18.5	28.3	18.3
Γαλλία	324.5	4 913	0.7	6.7	0.5	70.2	13.1	8.8
Κροατία ⁽¹⁾	3.7	879	0.1	:	3.2	16.6	48.9	31.2
Ιταλία	159.1	2 617	0.6	16.7	2.0	32.5	29.5	18.6
Κύπρος ⁽²⁾	2.1	2 406	:	:	:	31.0	48.9	20.2
Λετονία	2.6	1 315	0.2	9.4	27.8	17.3	18.3	27.1
Λιθουανία	6.2	2 114	0.4	42.1	1.6	7.0	30.1	18.7
Λουξεμβούργο	7.1	12 713	1.8	4.0	0.0	84.5	6.1	3.4
Ουγγαρία	16.7	1 688	0.5	16.2	13.9	20.7	31.0	17.7
Μάλτα ⁽¹⁾	1.7	3 896	2.2	:	0.2	74.5	13.8	9.3
Ολλανδία	133.2	7 901	0.1	10.1	1.3	68.1	14.1	6.4
Αυστρία	55.9	6 541	0.1	9.7	0.9	72.1	9.8	7.5
Πολωνία	179.0	4 710	42.3	17.6	12.2	9.5	13.7	4.6
Πορτογαλία	14.6	1 402	1.9	17.9	1.2	10.3	36.3	32.3
Ρουμανία ⁽¹⁾	175.6	8 820	87.0	:	4.0	0.6	6.2	2.2
Σλοβενία	4.7	2 273	0.2	28.1	13.5	17.4	28.9	12.0
Σλοβακία ⁽¹⁾	8.9	1 636	3.2	:	6.1	15.6	55.4	19.6
Φινλανδία	96.0	17 572	65.4	10.7	1.5	17.0	3.7	1.7
Σουηδία	167.0	17 226	83.2	3.4	1.1	5.3	4.5	2.5
Ηνωμένο Βασίλειο	251.0	3 885	10.5	3.2	1.3	48.0	26.0	11.0
Ισλανδία ⁽³⁾	4.5	1 651	0.0	17.6	0.3	2.1	36.1	44.0
Λιχτενστάιν	0.6	14 919	1.7	2.0	0.1	0.0	0.4	95.9
Νορβηγία ⁽¹⁾	11.7	2 283	2.8	:	1.3	23.0	52.7	20.3
Μαυροβούνιο	1.2	1 872	22.5	5.2	31.7	9.2	15.3	16.1
ΠΓΔ Μακεδονίας	2.2	1 058	3.4	67.9	23.3	0.5	4.9	0.0
Σερβία	49.1	6 890	84.5	1.8	9.1	0.6	0.7	3.3
Τουρκία ⁽⁴⁾	73.1	947	4.2	:	32.8	:	20.2	42.8
Βοσνία και Ερζεγοβίνη ⁽³⁾	0.5	1 161	1.6	27.2	71.1	0.0	0.0	0.0
Κόσοβο (UNSCR 1244)	1.0	574	19.3	7.0	0.0	0.3	26.3	47.0

Παραγόμενες ποσότητες ΑΣΑ στον ελληνικό χώρο (Eurostat, 2015)



Διαφορετικά είδη πλαστικών

- PET (polyethylene terephthalate) (πλαστικά μπουκάλια)
- PVC (polyvinyl chloride) (σωλήνες, πλαστικές θέσεις)
- HDPE (high density polyethylene) (δοχεία για γάλα)
- LDPE (low density polyethylene) (σακούλες)
- PP (polypropylene) (υφάσματα, θήκες)
- PS (polystyrene) (πλαστικές κούπες για καφέ)
- Other multi-layered plastic materials (δοχεία Ketchup)

Διαφορετικά είδη πλαστικών

Symbol	Acronym	Polymer	Uses
 PETE	PET	Polyethylene terephthalate	Fizzy drinks bottles
 HDPE	HDPE	High density polyethylene	Water bottles
 V	PVC	Polyvinyl chloride	Food trays
 LDPE	LDPE	Low density polyethylene	Plastic bags
 PP	PP	Polypropylene	Microwavable containers
 PS	PS	Polystyrene	Vending cups
 OTHER	OTHER	Other plastics such as acrylic, polycarbonate	Toys

Είδη βιοπλαστικών

	Τύπος	Πηγή παρασκευής	Βιοαποδομήσιμο	Παράδειγμα
Πλαστικό	Συμβατικό	Ορυκτό καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο)	Όχι	PE, PS, PVC, PP, PC*
Βιοπλαστικά	Βιοβασιζόμενο	Ανανεώσιμες πηγές (καλαμπόκι, ζαχαρότευτλο)	Όχι	Bio-PE, Bio-PET, Bio-PVC
	Βιοαποδομήσιμο	Ορυκτό καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο)	Ναι	PBS [†] , PCL [‡] , PBAT [§]
	Βιοβασιζόμενο και βιοαποδομήσιμο	Ανανεώσιμες πηγές (καλαμπόκι, ζαχαρότευτλο)	Ναι	PHA [¶] , PHB ^{**} , PLA ^{††}

*: polycarbonate

†: polybutylene succinate

‡: polycaprolactone

§: Polybutylene

adipate terephthalate

¶: polyhydroxyalkanoates

** : polyhydroxybutyrate

††: polylactic acid

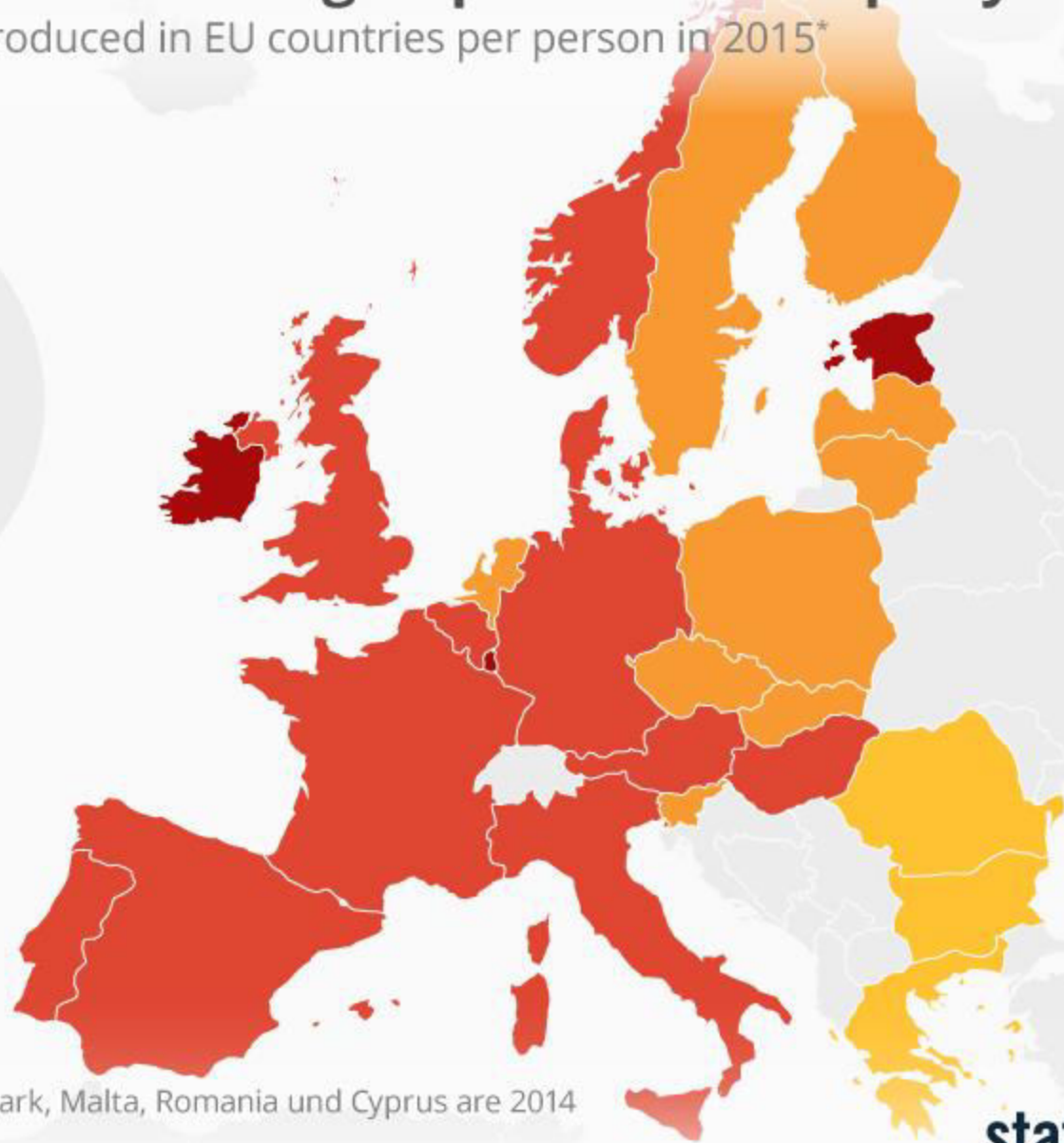
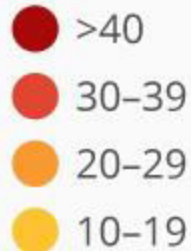


Each EU citizen creates 31kg of plastic waste per year

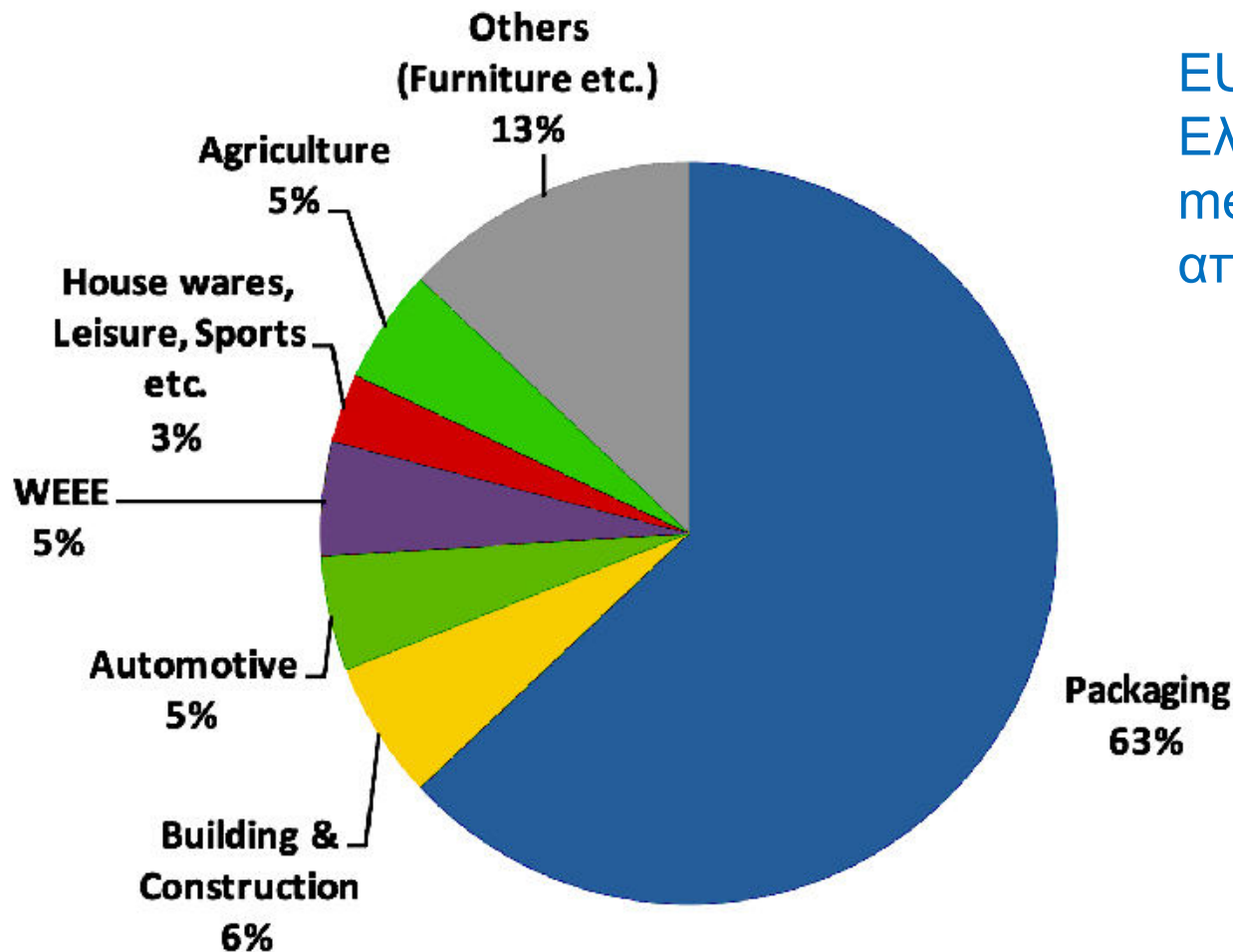
Plastic packaging waste produced in EU countries per person in 2015*



kg/person



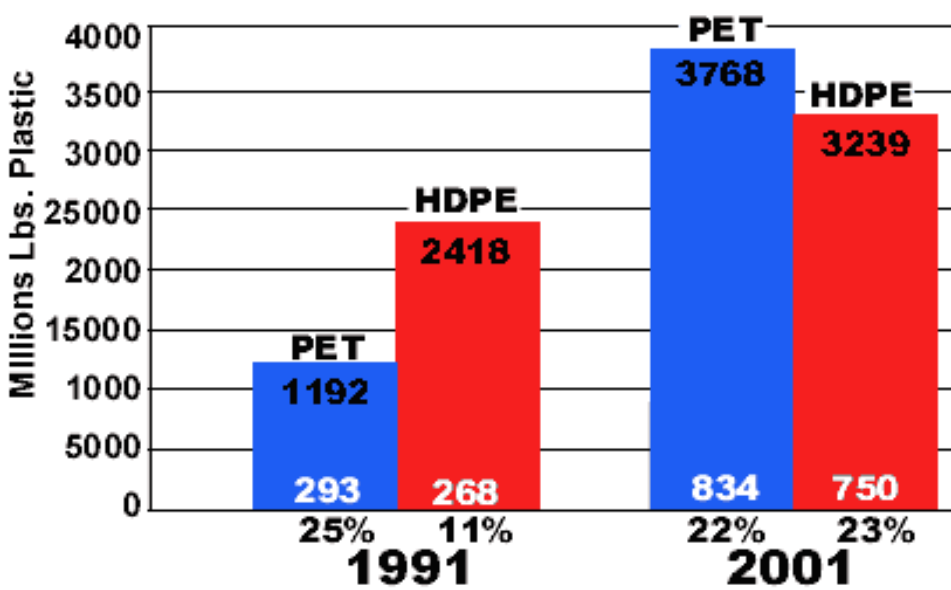
Ποσοστά παραγωγής πλαστικών αποβλήτων (post consumer) σε EU-27, Νορβηγία και Ελβετία



EU-27, Νορβηγία και Ελβετία παράγουν 24.9 megatonnes πλαστικών αποβλήτων

Παραγωγή και ανάκτηση πλαστικών αποβλήτων στις ΗΠΑ (2012)

(a) Type of Product	(b) Generation (Short Tons)	(c) % of Total Generation	(d) Recovery (Short Tons)	(e) % of Total Recovery	(f) Recovery Rate (%)
HDPE	5,530,000	17.4%	570,000	20.4%	10.3%
LDPE/LLDPE	7,350,000	23.1%	390,000	13.9%	5.3%
PET	4,520,000	14.2%	880,000	31.4%	19.5%
PP	7,190,000	22.6%	40,000	1.4%	0.6%
PS	2,240,000	7.1%	20,000	0.7%	0.9%
PVC	870,000	2.7%	0	0%	0%
All Plastics	31,750,000		2,800,000		8.8%



Διακύμανση (%) της σύστασης των Αστικών Αποβλήτων

- Γεωγραφική περιοχή
- Οικονομική ανάπτυξη
- Γιορτές (Festivals)
- Τύποι επιχειρήσεων
- Άλλα (?)



Γεωγραφική περιοχή και φυσικοί παράγοντες

- Γεωγραφία (κλίμα → κηπευτικά απόβλητα)
- Εποχή του χρόνου (πχ. φρούτα και λαχανικά)
- Αλεστής (blender) τροφίμων στη κουζίνα (κυρίως στις ΗΠΑ)
- Συχνότητα συλλογής (ευκολία στη διάθεση)
- Χαρακτηριστικά κάθε περιοχής

Ρυθμός παραγωγής αποβλήτων (ΡΠΑ)

- Διαλογή στη πηγή / ανακύκλωση
- Γεωγραφική περιοχή / εποχές
- Αύξηση πληθυσμού
- Πυκνότητα πληθυσμού
- Συχνότητα συλλογής
- Οικονομική κατάσταση (ΑΕΠ)
- Νομοθεσία
- Πολιτισμικό και κοινωνικό επίπεδο
- Μέγεθος νοικοκυριών
- Ενημέρωση καταναλωτών
- Εφαρμογή προγραμμάτων (Pay-As-You throw programs)

Παραγωγή αποβλήτων στην ΕΥ (έρευνα)

- Συσχέτιση μεταξύ παραγωγής αποβλήτων και:
 - Πληθυσμού
 - Πληθυσμιακής πυκνότητας
 - Ηλικιακής κατανομής
 - Απασχόλησης
 - ΑΕΠ
 - Θνησιμότητας
 - Μέγεθος νοικοκυριών
 - Ανεργία
 - Τουρισμός
- Η παραγωγή αποβλήτων έχει αυξηθεί σταθερά στην Ευρώπη τα τελευταία 20 χρόνια.

Ισχυρότερη συσχέτιση

- Η παραγωγή αυξάνεται με:
 - Πληθυσμό
 - Ηλικιακή κατανομή (15-39, απασχόληση)
 - Ρυθμός αύξησης ΑΕΠ
- Η παραγωγή μειώνεται σε μεσαίου μεγέθους νοικοκυριά
- Περιοχές χαμηλού εισοδήματος έχουν μικρότερες ποσότητες πλαστικών, χαρτιού και χαρτονιού, αλλά όχι οργανικών

Συνολική παραγωγή ΑΣΑ στις ΗΠΑ (2012)

251 Million Tons (before recycling)

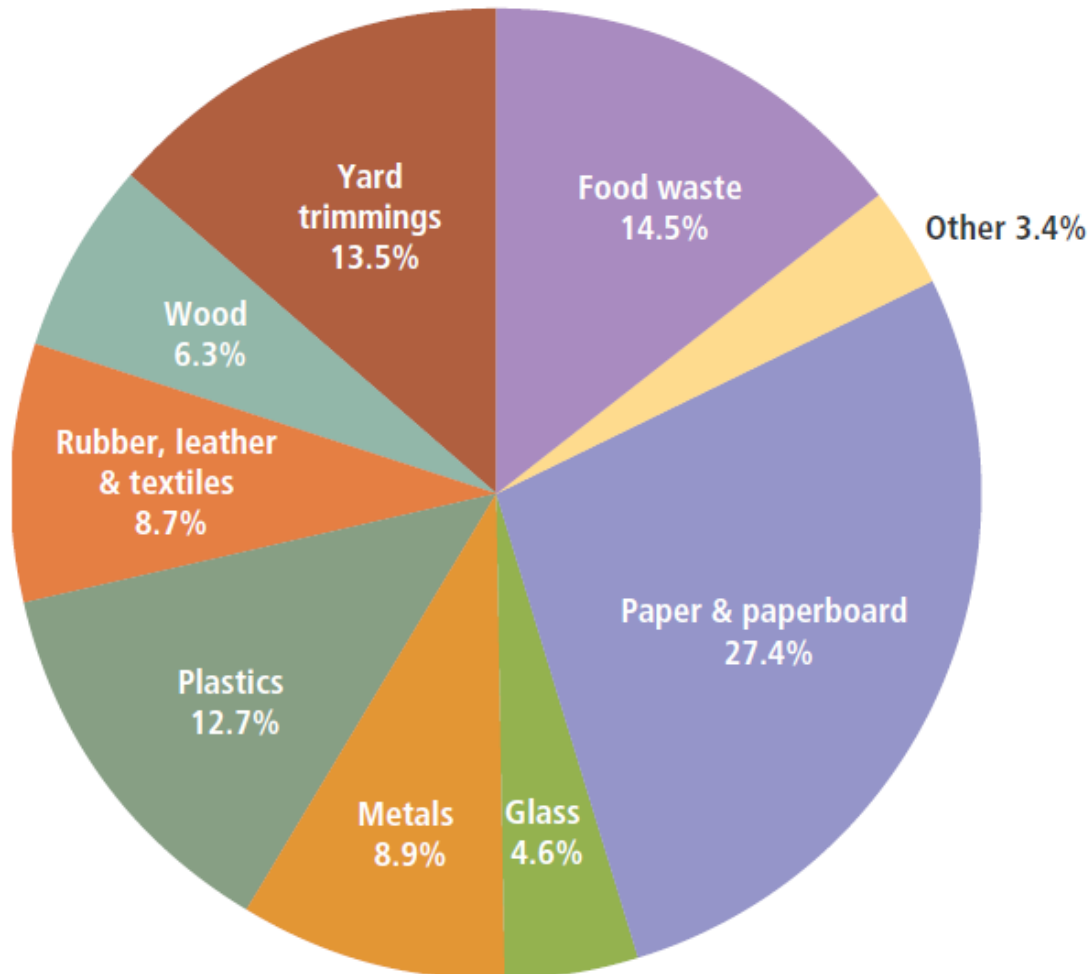


Table 1. Generation, Recovery, and Discards of Materials in MSW, 2012*
(in millions of tons and percent of generation of each material)

Material	Weight Generated	Weight Recovered	Recovery as Percent of Generation	Weight Discarded
Paper and paperboard	68.62	44.36	64.6%	24.26
Glass	11.57	3.20	27.7%	8.37
Metals				
Steel	16.80	5.55	33.0%	11.25
Aluminum	3.58	0.71	19.8%	2.87
Other nonferrous metalst	2.00	1.36	68.0%	0.64
Total metals	22.38	7.62	34.0%	14.76
Plastics	31.75	2.80	8.8%	28.95
Rubber and leather	7.53	1.35	17.9%	6.18
Textiles	14.33	2.25	15.7%	12.08
Wood	15.82	2.41	15.2%	13.41
Other materials	4.60	1.30	28.3%	3.30
Total materials in products	176.60	65.29	37.0%	111.31
Other wastes				
Food, other‡	36.43	1.74	4.8%	34.69
Yard trimmings	33.96	19.59	57.7%	14.37
Miscellaneous inorganic wastes	3.90	Negligible	Negligible	3.90
Total other wastes	74.29	21.33	28.7%	52.96
Total municipal solid waste	250.89	86.62	34.5%	164.27

* Includes waste from residential, commercial, and institutional sources.

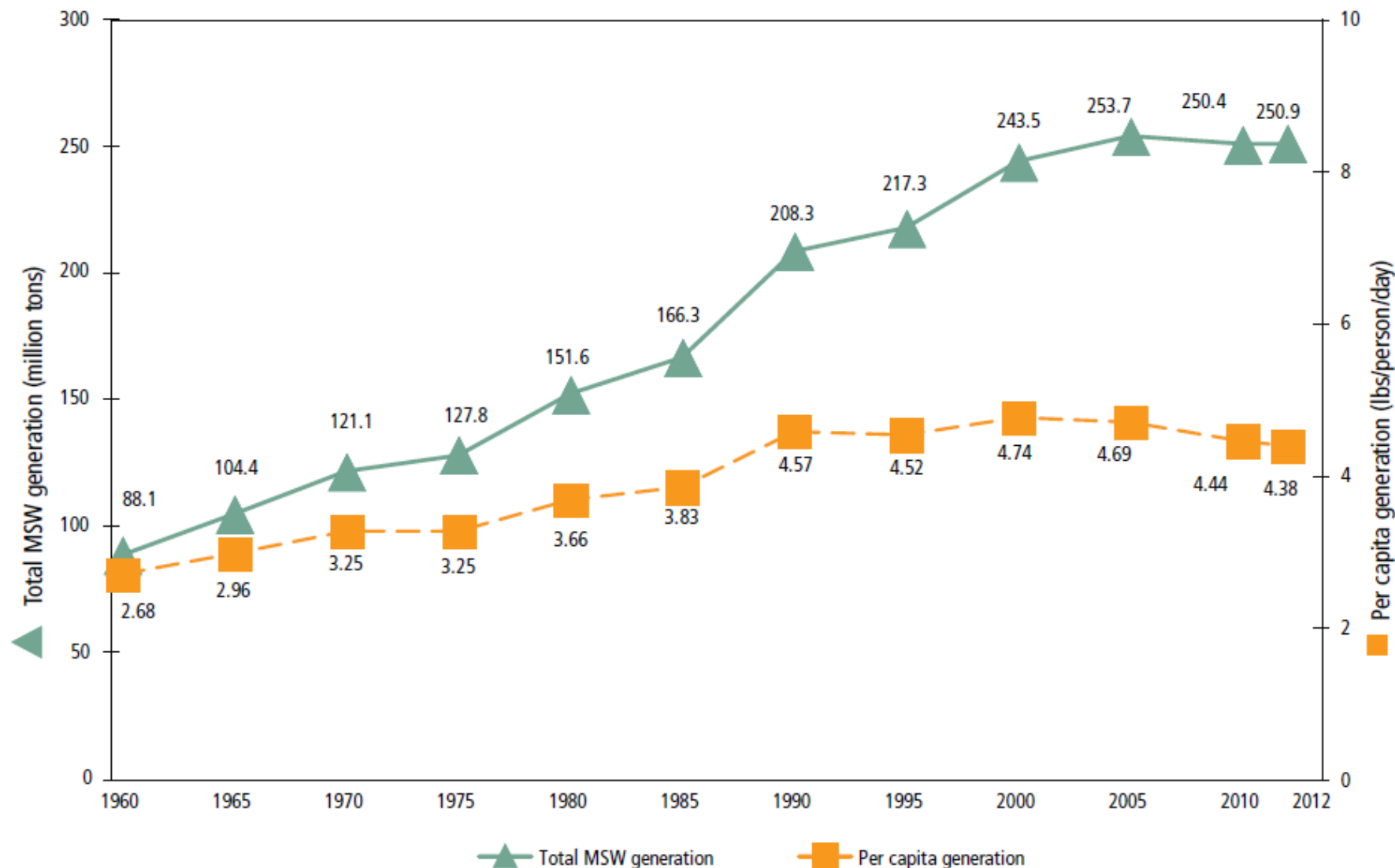
† Includes lead from lead-acid batteries.

‡ Includes recovery of other MSW organics for composting.

Details might not add to totals due to rounding.

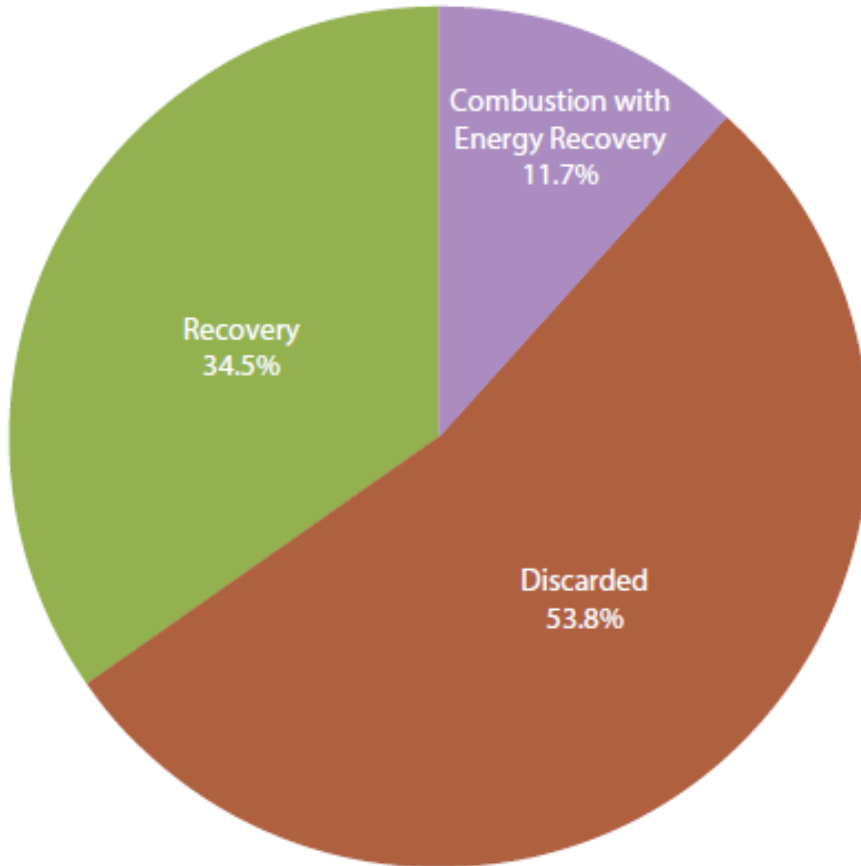
Negligible = Less than 5,000 tons or 0.05 percent.

Ρυθμός παραγωγής ΑΣΑ στις ΗΠΑ (1960-2012)



1 kg = 2.20 lb

Διαχείριση ΑΣΑ στις ΗΠΑ



Ανακύκλωση + κομποστοποίηση
(Recycling + Composting):

- 1970: 6.6% (8 million tons)
- 1980: 9.6% (14.5 million tons)
- 1990: 16.2% (29 million tons)
- 2003: 30.6% (55.4 million tons)
- 2012: 34.5% (86.6 million tons)

Ρυθμοί παραγωγής ΑΣΑ

Country	MSW generation rate (kg/person/year)	Country	MSW generation rate (kg/person/year)
Iceland	1,030	USA	531
Canada	760	Sweden	468
Australia	690	Japan	410
Norway	675	Turkey	330
Denmark	667	Thailand	300
Germany	640	China	290
UK	599	India	180
France	555	Bangladesh	160

Παραγωγή ΑΣΑ σε σχέση με εισόδημα

Country	GNP Per Capita	Current Urban	Country	GNP Per Capita	MSW Generation (kg/capita/day)
	(1995 US \$)	MSW Generation (kg/capita/day)			
Low Income	490	0.64	Middle Income	1,410	0.73
Nepal	200	0.50	Indonesia	980	0.76
Bangladesh	240	0.49	Philippines	1,050	0.52
Myanmar	240	0.45	Thailand	2,740	1.10
Vietnam	240	0.55	Malaysia	3,890	0.81
Mongolia	310	0.60	High Income	30,990	1.64
India	340	0.46	Korea, Republic of	29,700	1.59
Lao PDR	350	0.69	Hong Kong	22,990	5.07*
China	620	0.79	Singapore	26,730	1.10
Sri Lanka	700	0.89	Japan	39,640	1.47

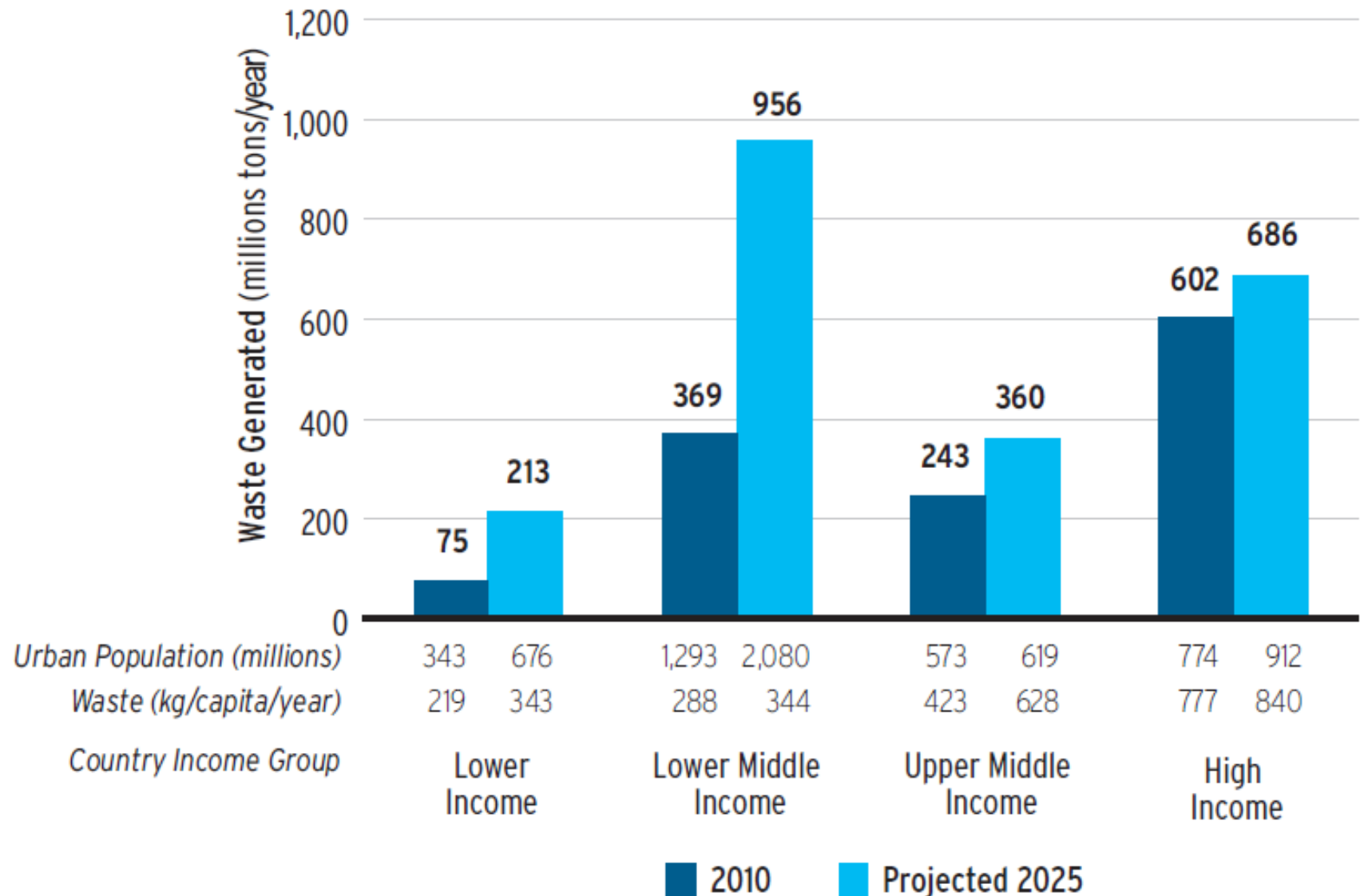
*Enormous quantities of construction and demolition waste

Παραγωγή ΑΣΑ σε σχέση με εισόδημα

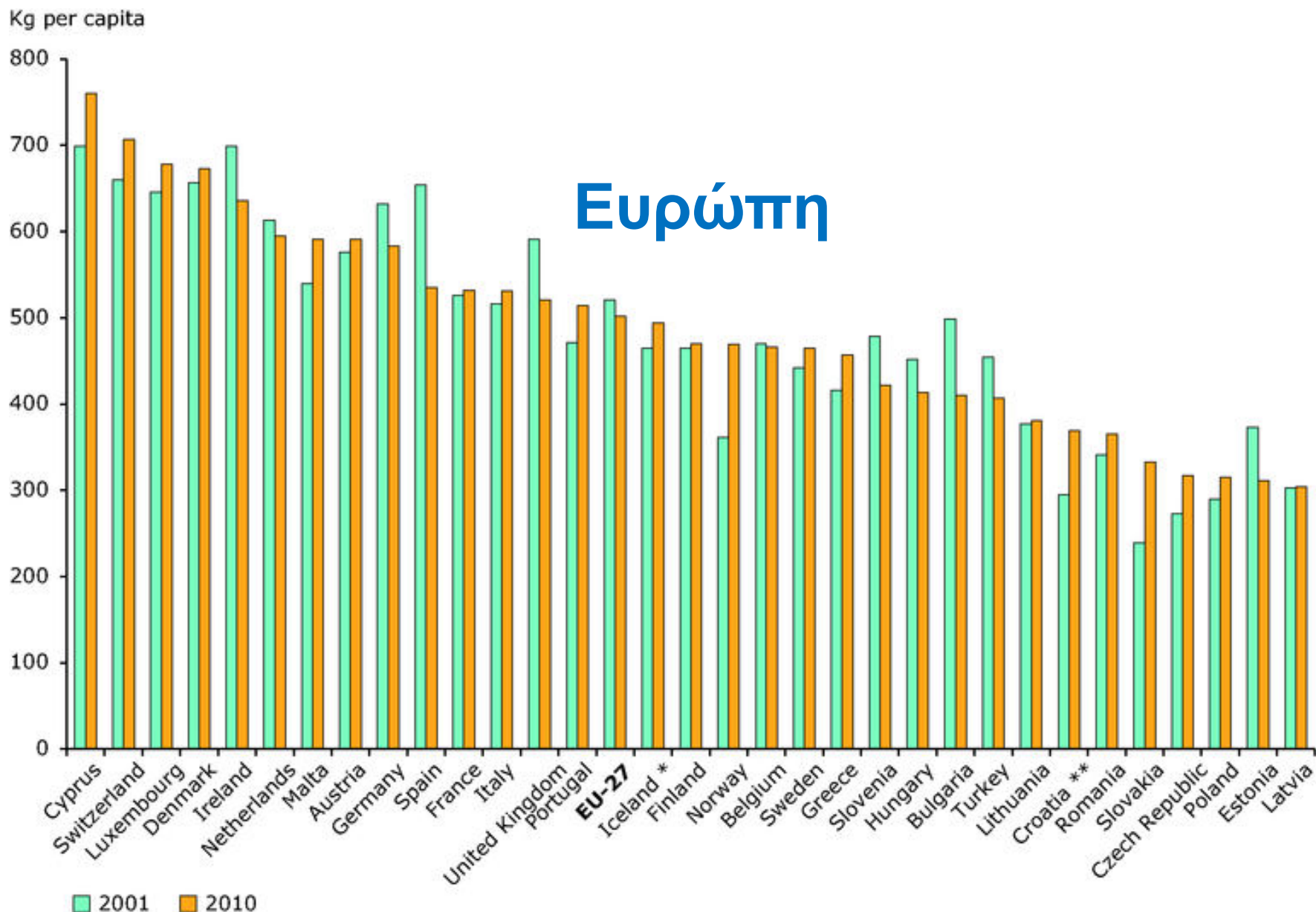
Income Level	Waste Generation Per Capita (kg/capita/day)		
	Lower Boundary	Upper Boundary	Average
High	0.70	14	2.1
Upper Middle	0.11	5.5	1.2
Lower Middle	0.16	5.3	0.79
Lower	0.09	4.3	0.60

Typical data estimated from data published by Visvanathan and Tränkler (2004)	China (PRC)	Thailand	Sri Lanka
Unit generation rate (kg/person/year)	210–320	180–365	145–310
Composition (%)	100	100	100
– Kitchen waste/food waste	48	55	65
– Paper	7	10	12
– Plastic	9	10	7
– Glass	2	4	3
– Metal	1	3	4
– Wood	8	–	7
– Others (ash, textile, pottery, etc.)	25	18	2

Πρόβλεψη παραγωγής ΑΣΑ σε σχέση με εισόδημα



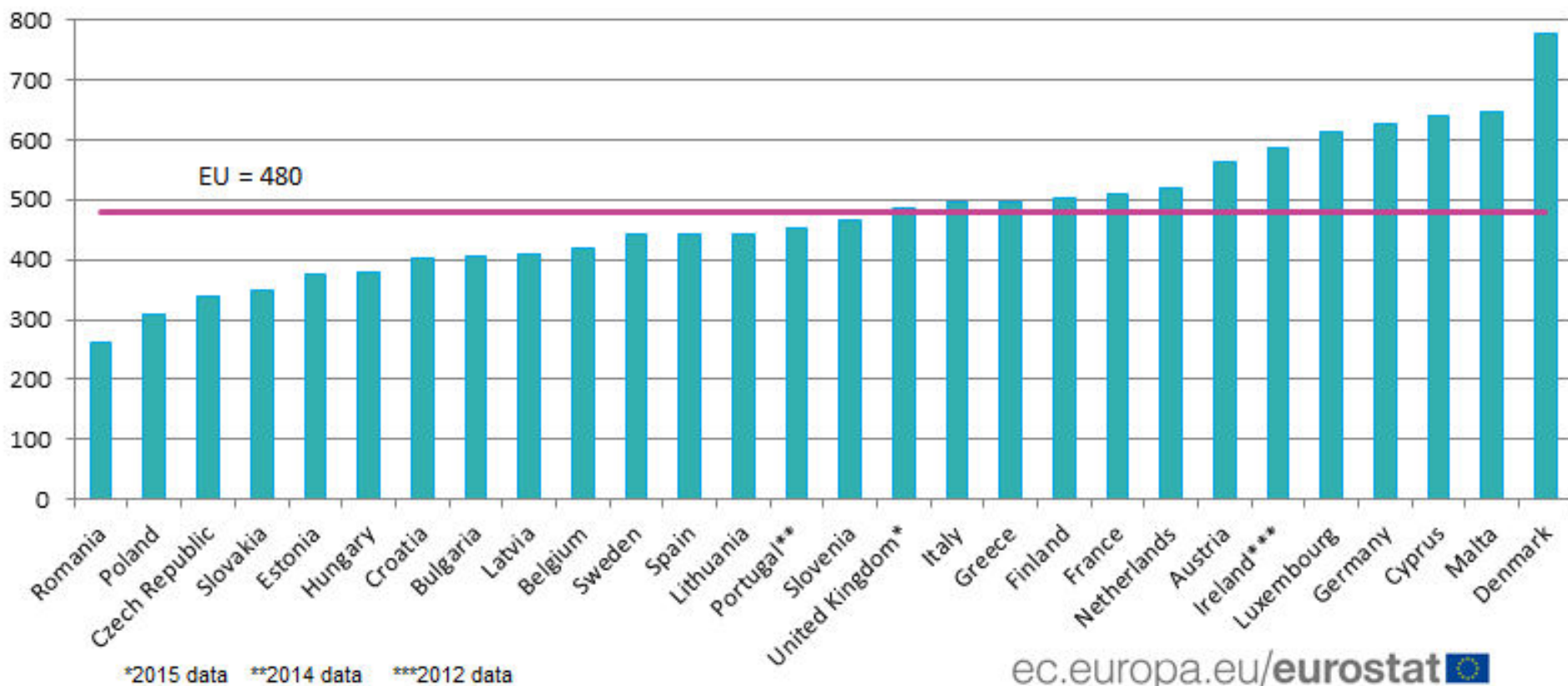
Παραγωγή ΑΣΑ (kg/κάτοικο/έτος) τα έτη 2001 και 2010



Παραγωγή ΑΣΑ (kg/κάτοικο/έτος) το 2016

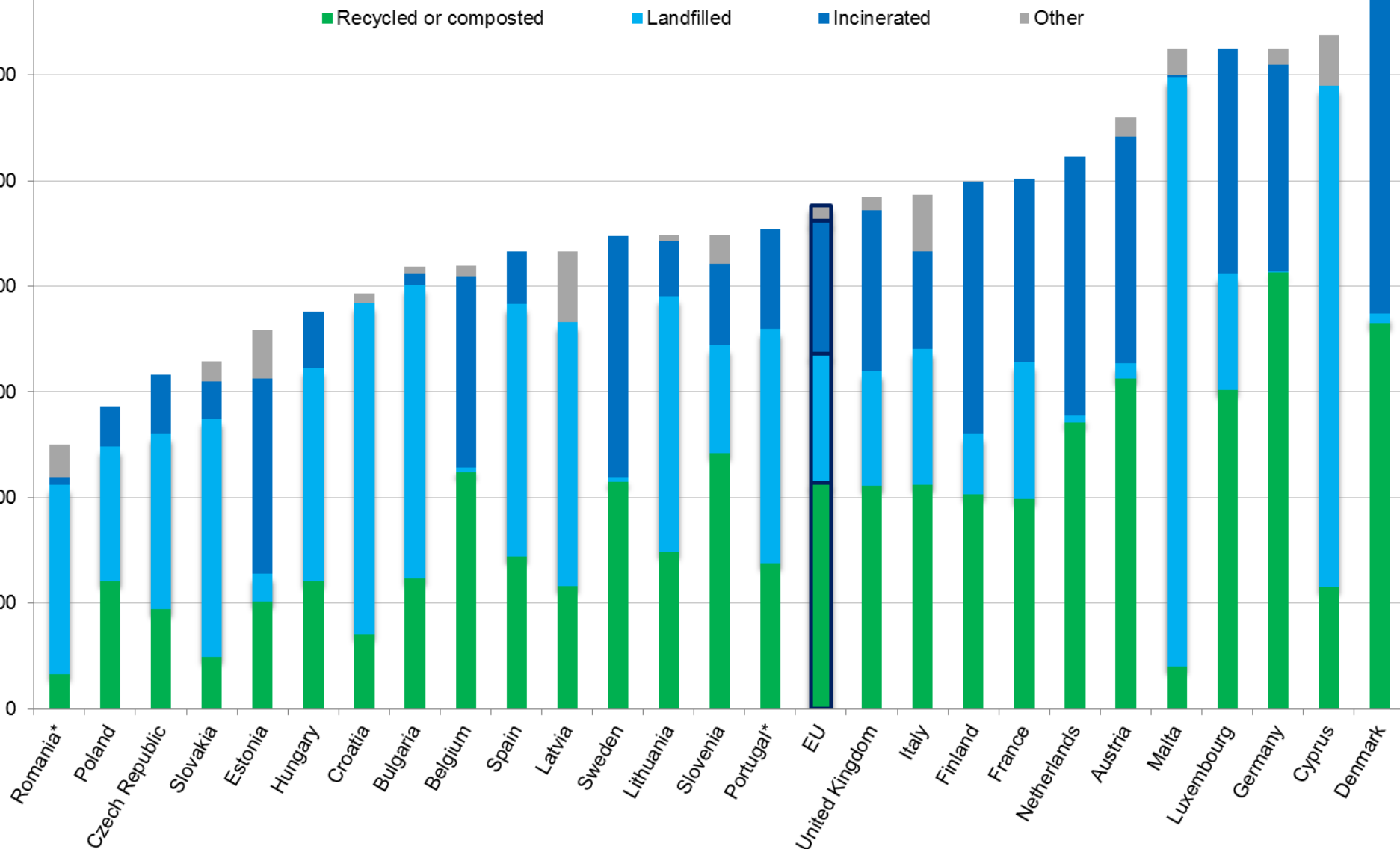
Municipal waste generation in the EU Member States, 2016

kg per person



Municipal waste generation and treatment in the EU Member States, 2015

(in kg per person)



* 2014 data instead of 2015

Ireland and Greece: data not available

Γιατί χρειαζόμαστε δεδομένα χαρακτηρισμού ΑΣΑ?

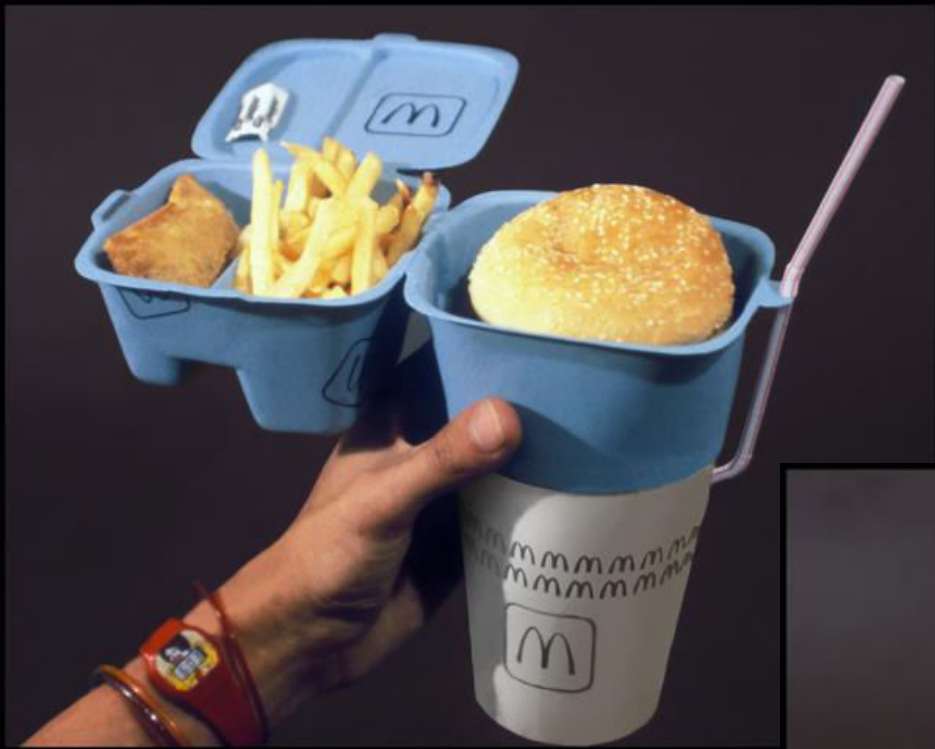
Τα δεδομένα χρειάζονται για να διευθετηθούν ζητήματα σχετικά με:

- Εθνική πολιτική
- Περιφερειακά πλάνα για τη διαχείριση των αποβλήτων
- Δήμος και δημοτικές επιχειρήσεις
- Νομοθεσία
- Σχεδιασμός και λειτουργία εγκαταστάσεων
- Λειτουργικά κόστη
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- Επηρεάζει την παραγωγή αποβλήτων:
 - Μείωση περιττής συσκευασίας (unnecessary packaging)
 - Χρήση προϊόντων μεγαλύτερης διάρκειας και δυνατότητα επιδιόρθωσης
 - Χρήση λιγότερου πρωτογενούς υλικού
 - Αύξηση ανακυκλωμένων υλικών στα προϊόντα
 - Ανάπτυξη συστημάτων που επιτρέπει τους κατασκευαστές να παράγουν λιγότερα απόβλητα
 - Άλλα (?)

Σχεδιασμός νέων πακέτων (Green Chemistry)







**Common 60W
Incandescent Bulb**

uses 60W per bulb
for 800 lumens

1 bulb lasts 1,200 hrs

20 years = 21 bulbs



**Common 14W
CFL Bulb**

uses 14W per bulb
for 800 lumens

1 bulb lasts 10,000 hrs

20 years = 3 CFL bulbs



**Philips 12.5W
AmbientLED Bulb**

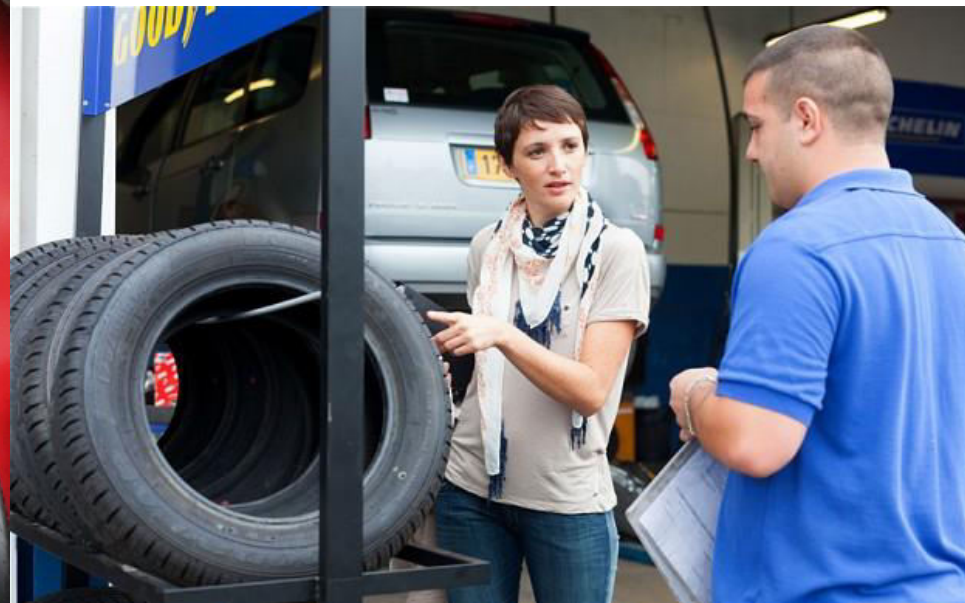
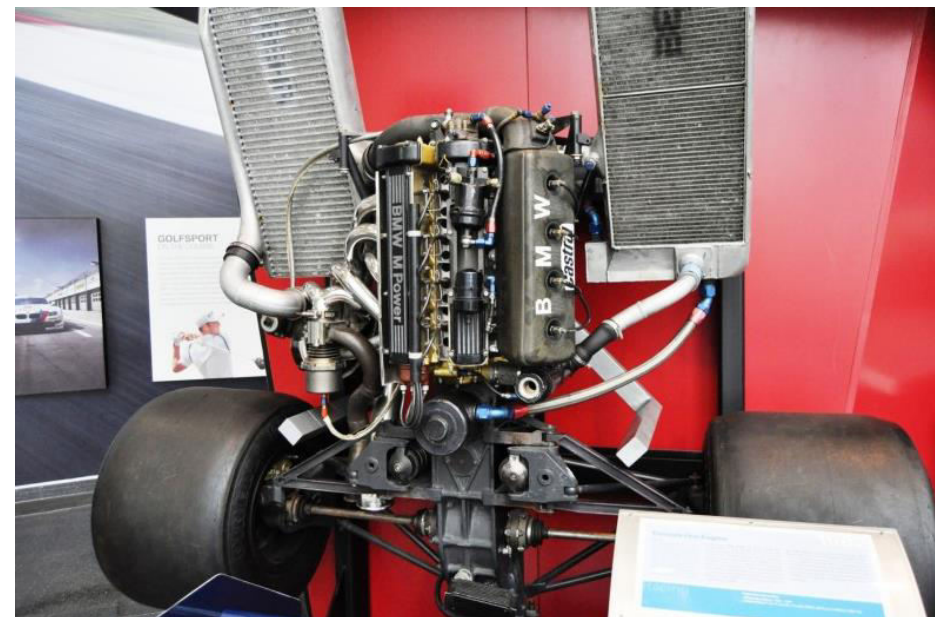
uses 12.5W per bulb
for 800 lumens

1 bulb lasts 25,000 hrs

20 years = 1 LED bulb



Green Engineering



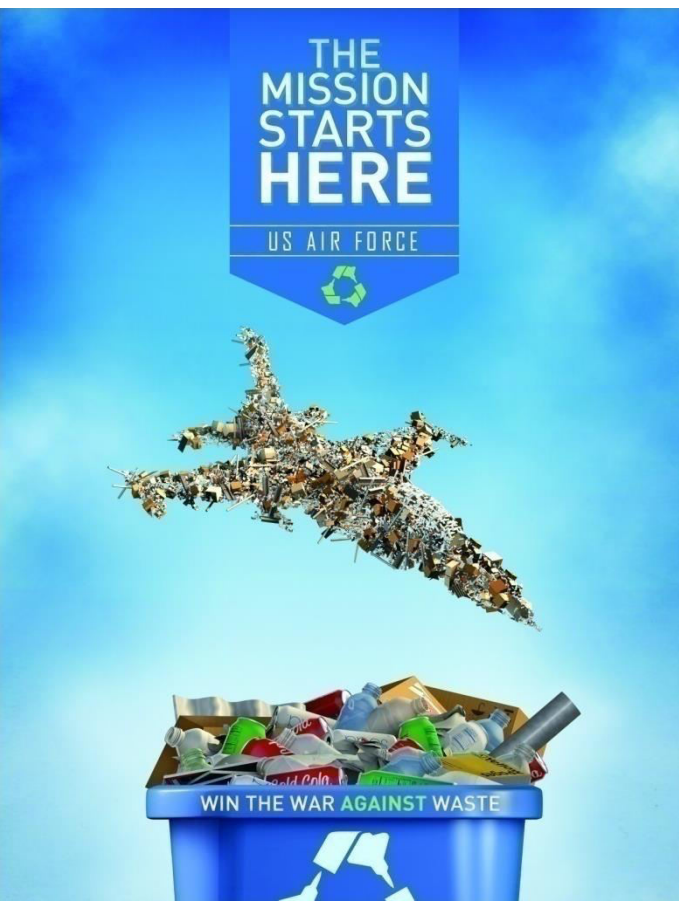


Επιβράβευση μέσω ανακύκλωσης



Ευαισθητοποίηση και νομοθεσία

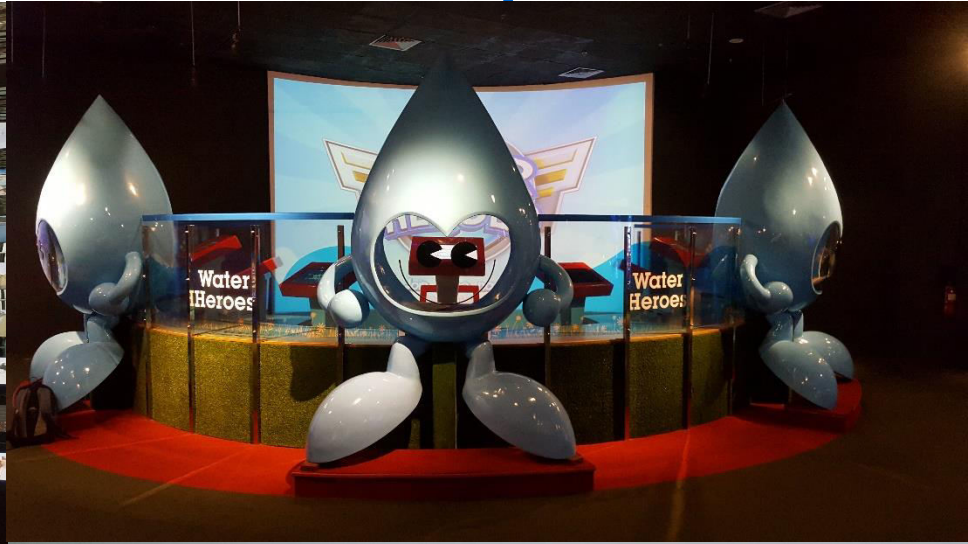
- Ευαισθητοποίηση – ανακύκλωση, εκπαιδευτικά προγράμματα
- Νομοθεσία (EU, TW, JP, SG)



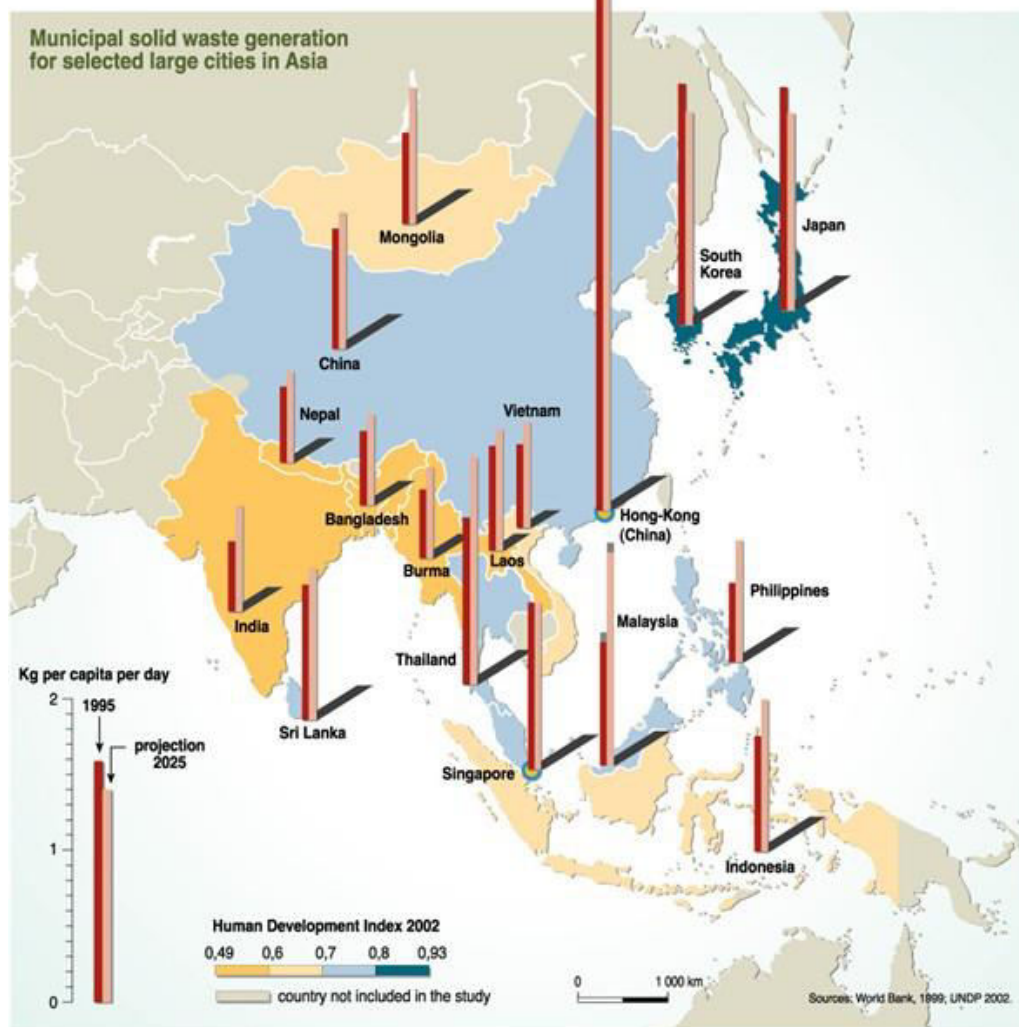
Εγκαταστάσεις για Περιβαλλοντική Ενημέρωση



Μονάδα επαναχρησιμοποίησης νερού (Bedok NEWater Plant)



Municipal solid waste generation
for selected large cities in Asia



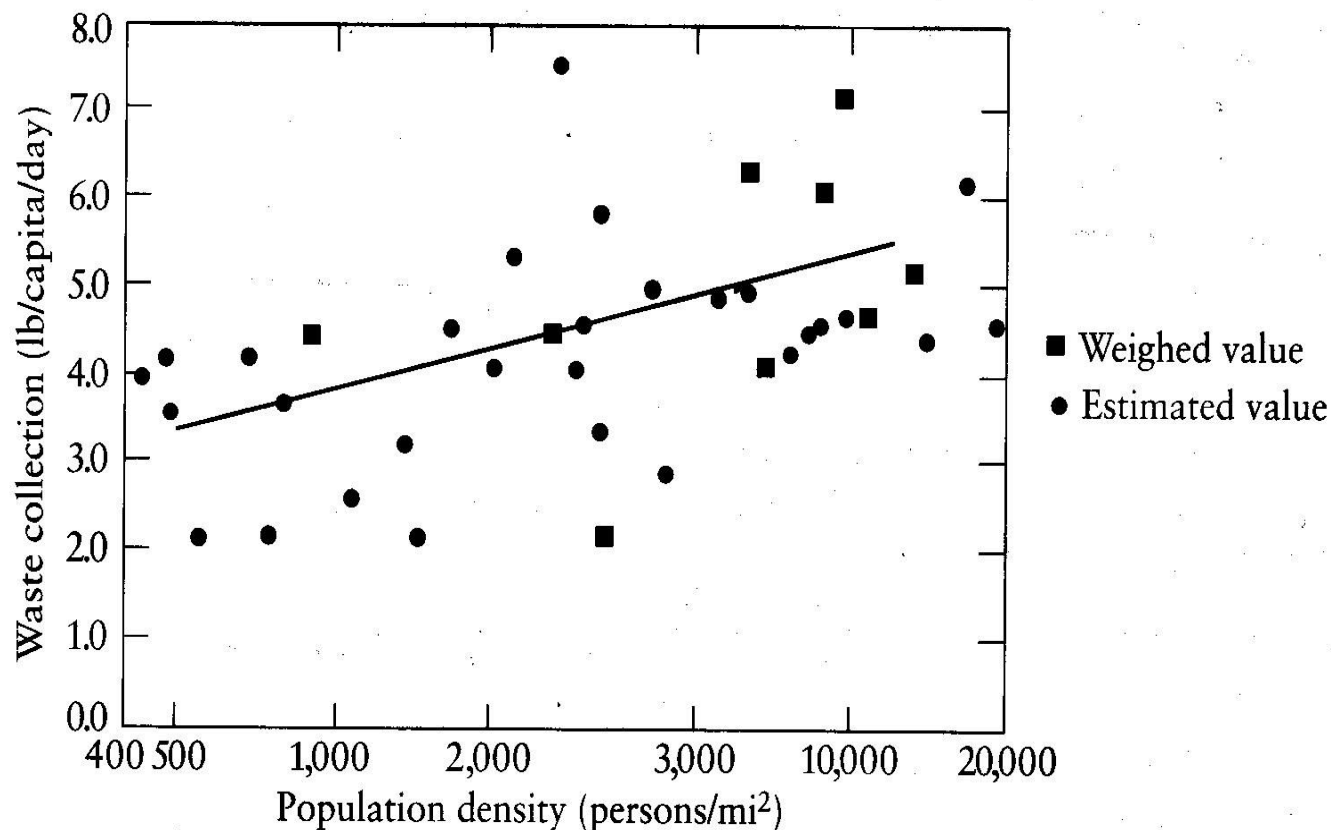


Figure 2-7 Solid waste generation as a function of population density.

Source: (9)

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/άτομο/ημέρα)
Χωριά (<2.000 κάτοικοι)	0,6 ~ 0,8
Πόλεις (<100.000 κάτοικοι)	0,8 ~ 1,2
Μεγαλουπόλεις (>100.000 κάτοικοι)	1,2 ~ 1,4
Μέσος όρος Ελλάδας	1,14

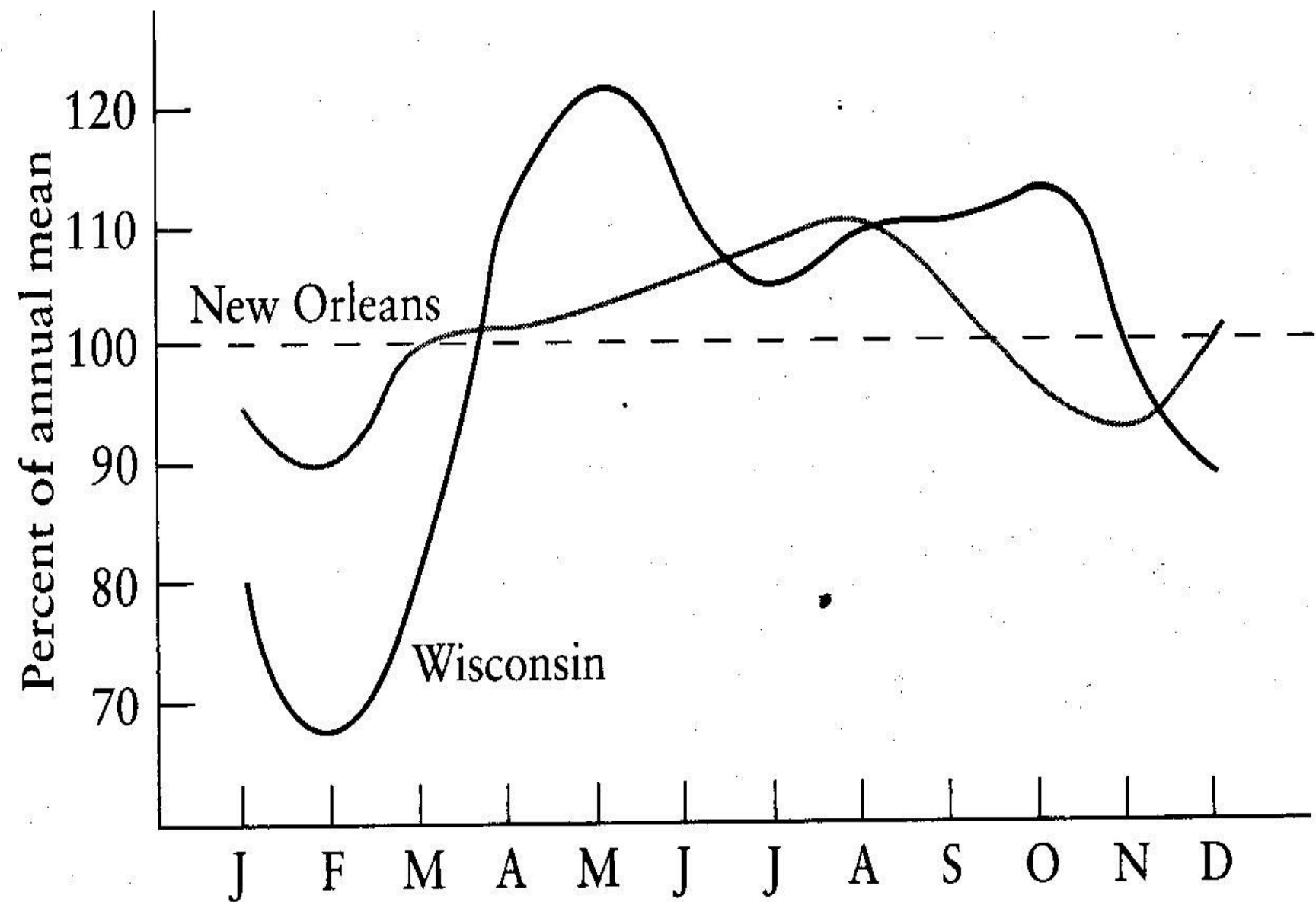
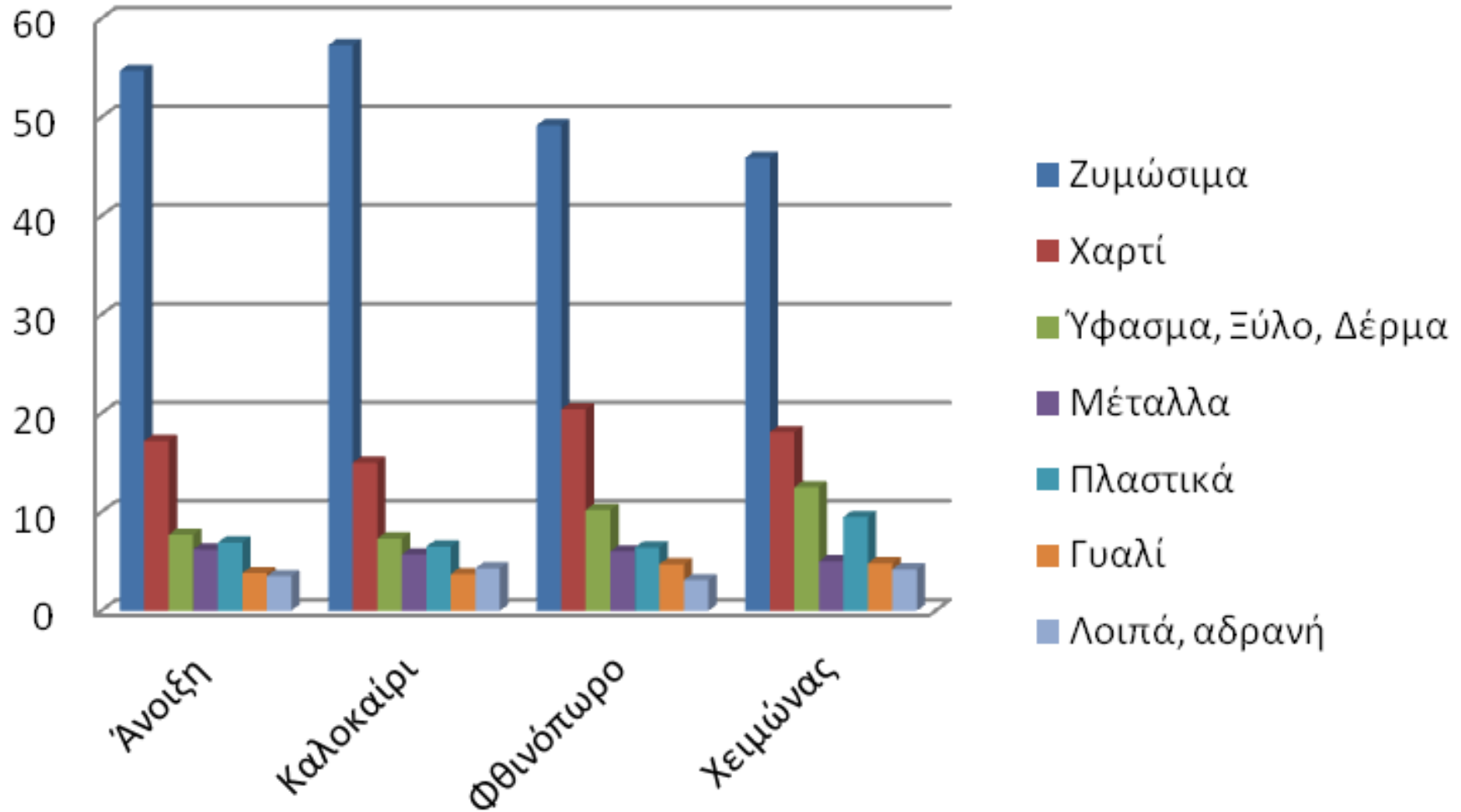


Figure 2-4 Monthly variation in the generation of municipal refuse in Wisconsin and New Orleans. Source: (2, 3)

(%) σύνθεση ΑΣΑ ανά εποχή



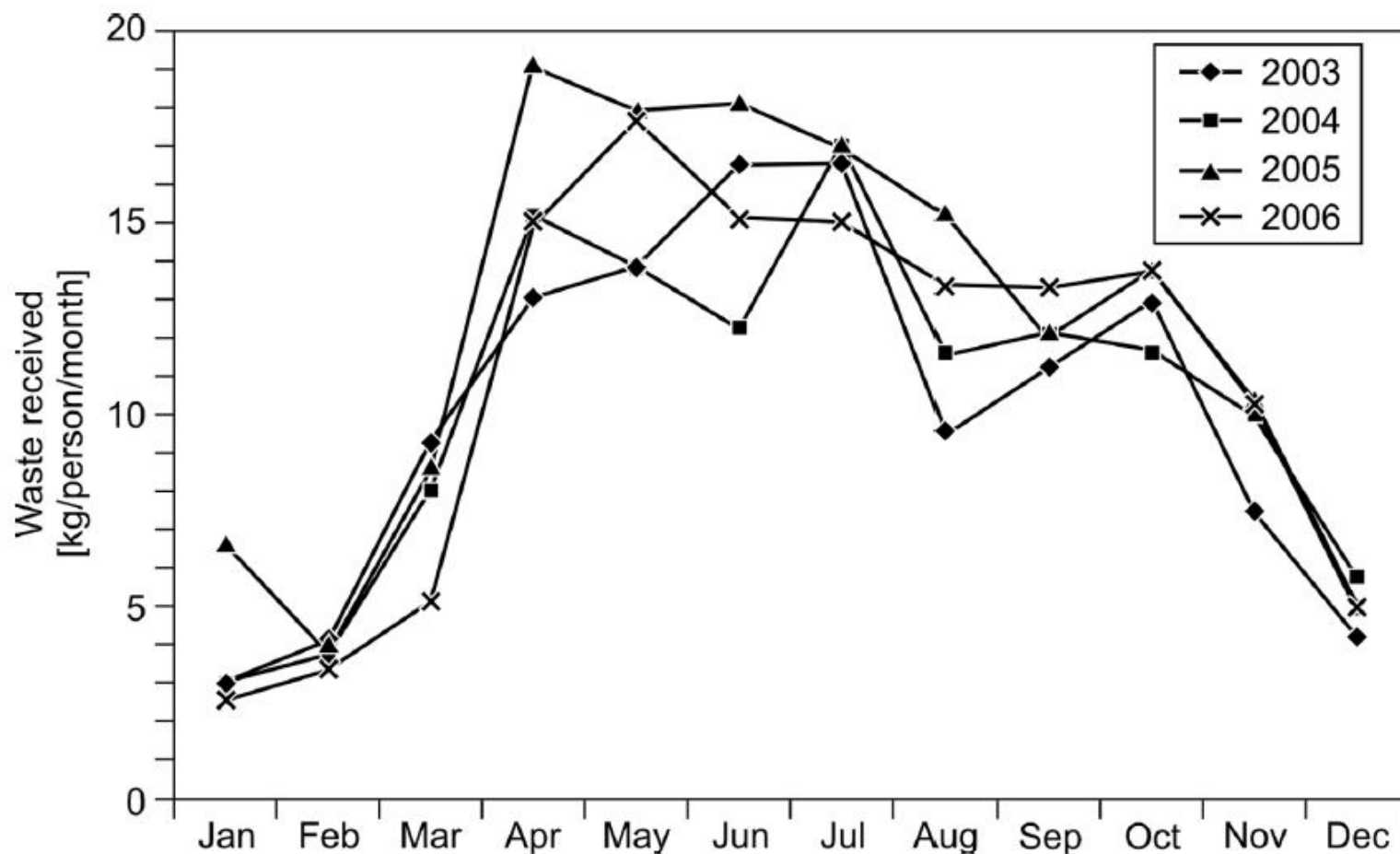
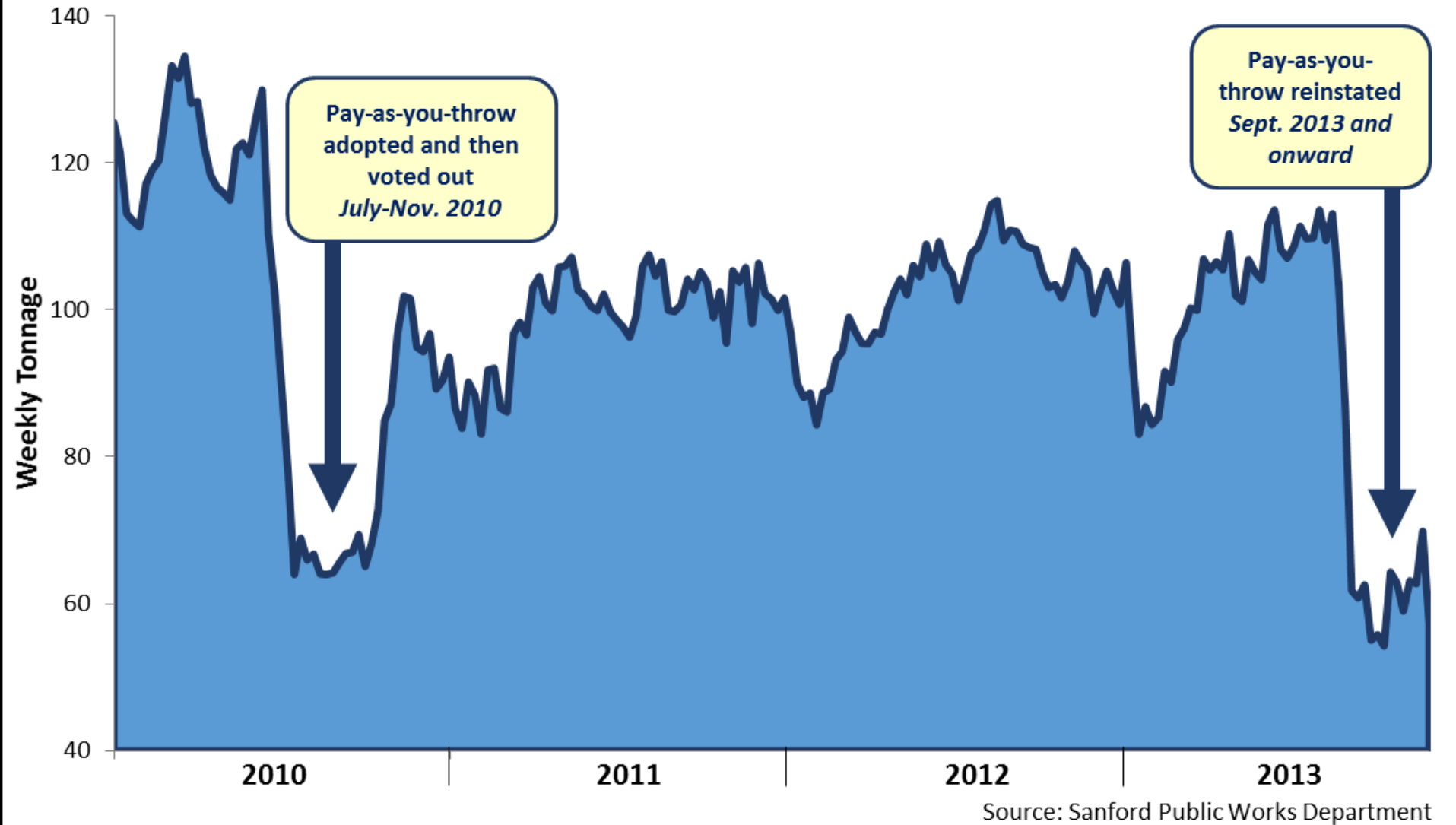


Figure 2.2.3 Monthly variations in garden waste received at the municipal composting site in Aarhus, Denmark (data provided by the Municipality of Aarhus, Denmark).

Sanford, Maine Solid Waste Trend, 2010 - Present



Ρυθμός Παραγωγής vs Ρυθμός Συλλογής

- Οι ρυθμοί παραγωγής δεν συμπίπτουν με τους ρυθμούς συλλογής
- 4 - 15% απώλειες λόγω:
 - (1) κομποστοποίησης, (2) καύση σε τζάκια και bbq,
 - (3) διάθεση σε αποχέτευση, (4) δωρεές,
 - (5) ανακύκλωση
- 4 – 6% για διαμερίσματα
- 8 – 15% για μονοκατοικίες

Ποσοτικοποίηση ΑΣΑ

- Μετρήσεις
 - Όγκου και βάρους
 - Ρυθμού παραγωγής αποβλήτων
- Μέθοδοι (παραγωγής ή συλλογής)
 - Ανάλυση φορτίου
 - Ανάλυση ωφέλιμου βάρους
 - Ανάλυση ισοζυγίων μάζας

Ανάλυση με βάση το φορτίο

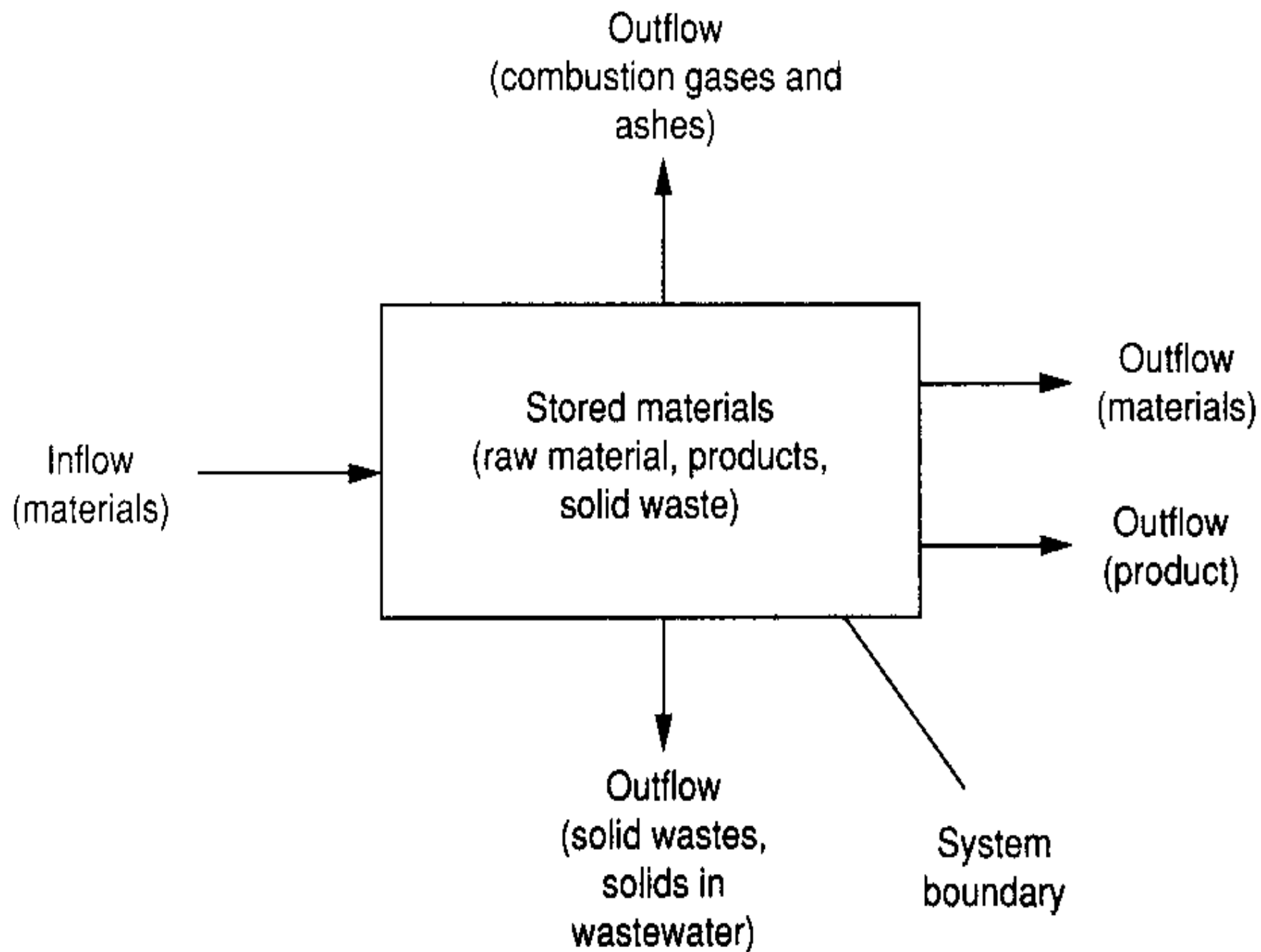


Ανάλυση με βάση το οφέλιμο βάρος



Ανάλυση ισοζυγίων μάζας

- Μεγαλύτερη ακρίβεια
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μεμονωμένα σπίτια ή μία επιχείριση ή μία βιομηχανική δραστηριότητα
- 4-στάδια: (1) προσδιορισμός πλαισίου-ορίων;
(2) αναγνώριση όλων των δραστηριοτήτων;
(3) αναγνώριση των ρυθμών παραγωγής;
(4) προσδιορισμός ποσότητας αποβλήτων που παράγονται, συλλέγονται και αποθηκεύονται



Έρευνα για χαρακτηρισμό αποβλήτων

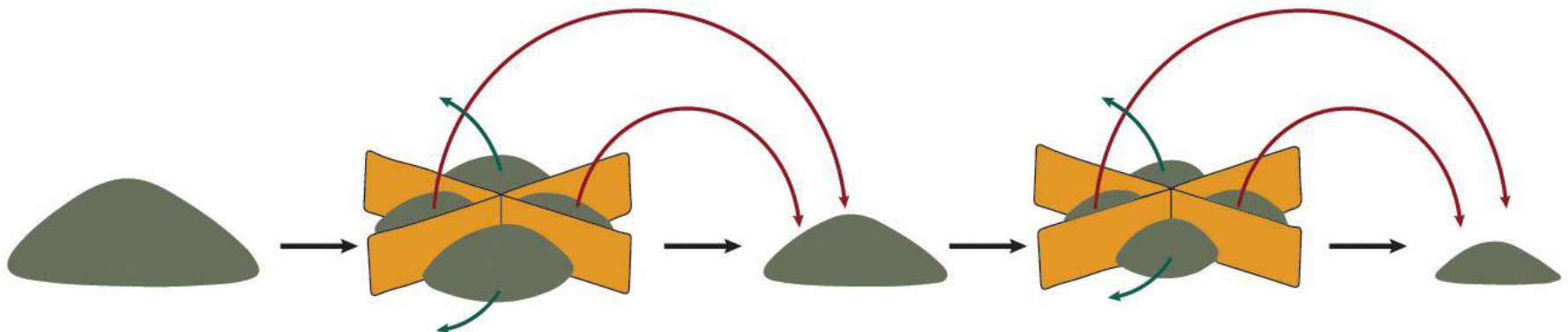
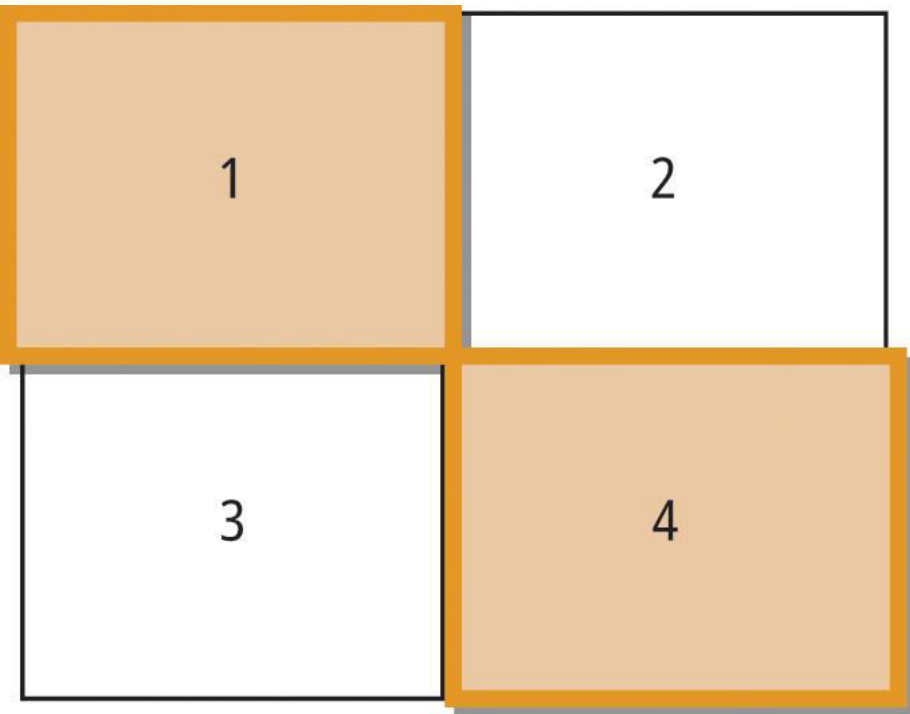
- Για να αναγνωριστούν οι πηγές, χαρακτηριστικά και ποσότητες των αποβλήτων που παράγονται
- Συλλογή πληροφοριών
- Μέθοδος δειγματοληψίας
- Πραγματοποίηση μελέτης πεδίου
- Πραγματοποίηση έκθεση αγοράς για ειδικά απόβλητα
- Εκτίμηση παραγόντων που επιδρούν στους ρυθμούς παραγωγής αποβλήτων

Προσδιορισμός της σύστασης των ΑΣΑ στο πεδίο

- Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα ΑΣΑ συλλέγεται από απορριμματοφόρο μιας αστικής περιοχής.
- Για την απόκτηση του δείγματος, το φορτίο αρχικά διαιρείται σε τέσσερα υποφορτία.



Υποδιαίρεση φορτίων

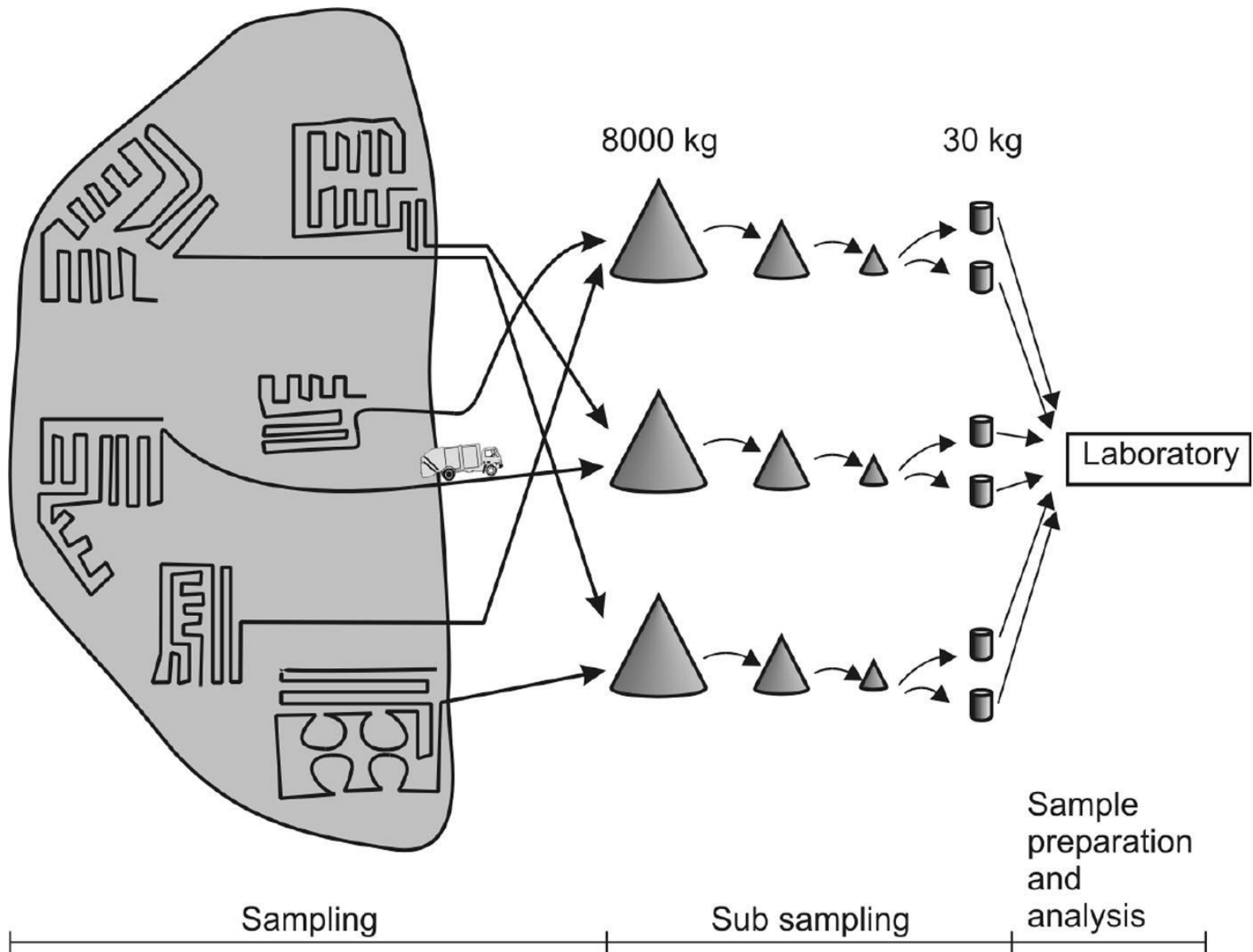


Προσδιορισμός της σύστασης των ΑΣΑ στο πεδίο

- Μετά από συνεχείς διαιρέσεις, ένα δείγμα 100 κιλών συλλέγεται.
- Έπειτα, το δείγμα διαχωρίζεται με χειροδιαλογή και κάθε συστατικό (πλαστικά, χαρτί, γυαλί, μέταλλα, κλπ.) τοποθετείται σε ξεχωριστά δοχεία.
- Τελικά, το βάρος κάθε κλάσματος καταγράφεται.

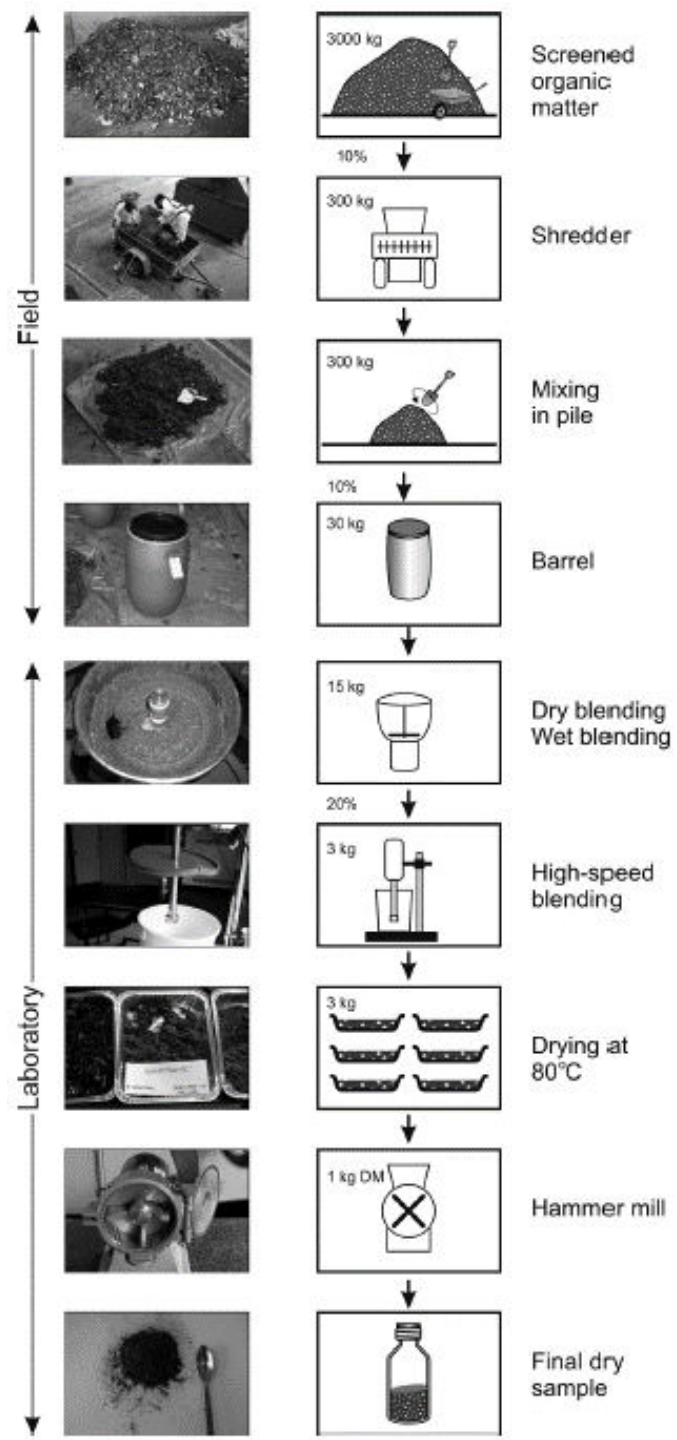


Μέγεθος δείγματος



Παράδειγμα:

Υπο-δειγματοληψία
απο 3 τόννους
οργανικού
κλάσματος ΑΣΑ για
χημική ανάλυση



Ιδιότητες ΑΣΑ

- Υγρασία
- Κατανομή μεγέθους
- Ειδικό βάρος
- Στοιχειακή ανάλυση
- Θερμογόνος δύναμη
- Μηχανικές ιδιότητες
- Βιοαποδομησιμότητα

Προσεγγιστική ανάλυση (proximate analysis)

- Υγρασία-Moisture

(θέρμανση στους 105 °C)

- Τέφρα-Ash

(καύση στους 550 °C, ανοιχτό δοχείο)

- Πτητική καύσιμη ύλη-Volatile combustible matter

(καύση στους 950 °C, κλειστό δοχείο)

- Μη-πτητικός άνθρακας-Fixed Carbon

(υπόλειμα από πτητική καύσιμη ύλη)

Υγρασία

Διακύμανση λόγω:

- Σύστασης αποβλήτων
- Εποχής
- Καιρού

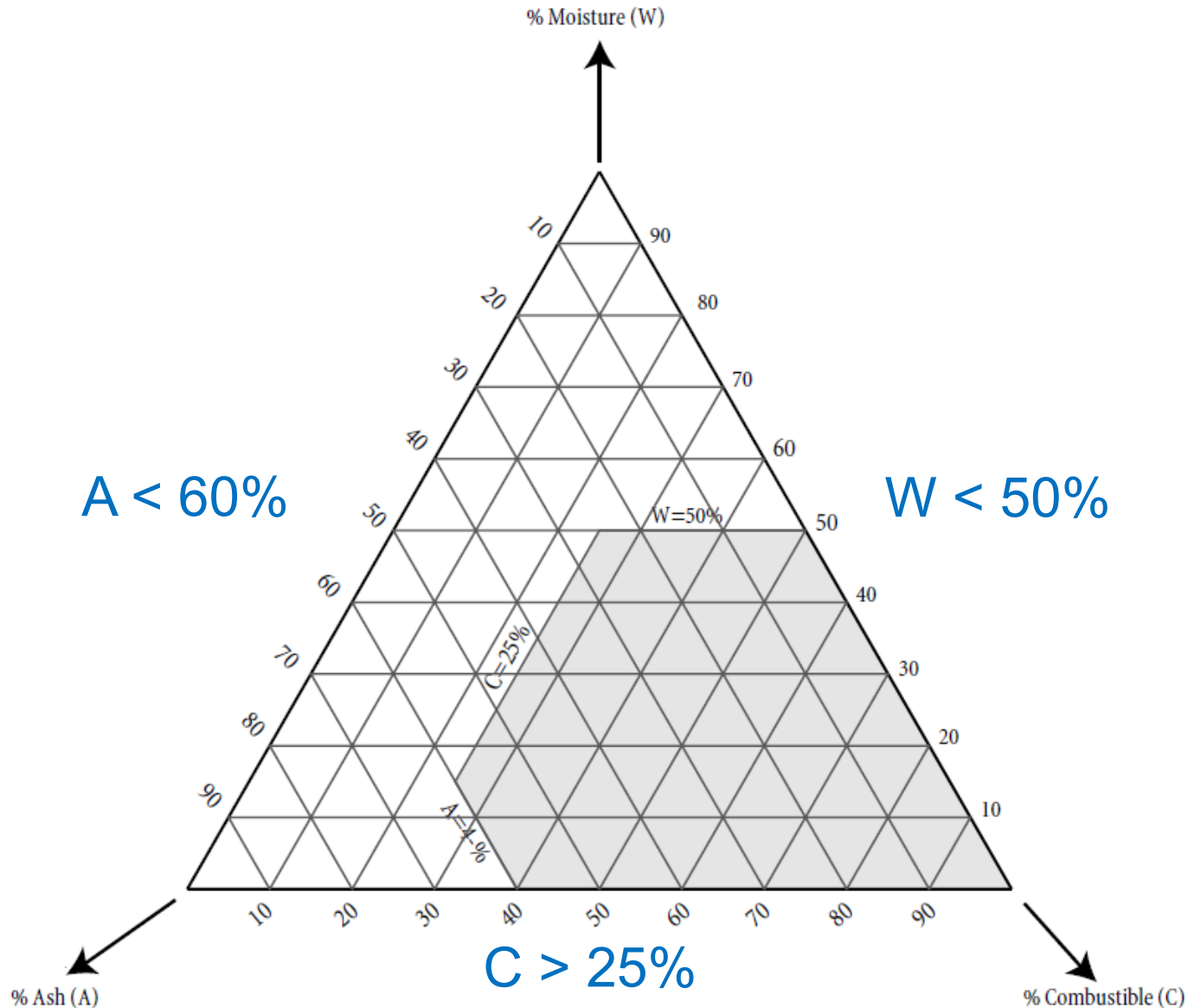
Σημαντική παράμετρος για:

- Θερμογόνο δύναμη
- Παραγωγή διασταλλαγμάτων
- Βιοαποδομησιμότητα

Σύσταση και υγρασία ΑΣΑ

Component	Percent by Weight		Moisture percent	
	Range	Typical	Range	Typical
Organic				
Food waste	6 – 26	15	50 – 80	70
Paper	25 – 45	40	4 – 10	6
Cardboard	3 – 15	4	4 – 8	5
Plastic	2 – 8	3	1 – 4	2
Textile	0 – 4	2	6 – 15	10
Rubber	0 – 2	0.5	1 – 4	2
Leather	0 – 2	0.5	8 – 12	10
Yard waste	0 – 20	12	30 – 80	60
Wood	1 – 4	2	15 – 40	20
Inorganic				
Glass	4 – 16	8	1 – 4	2
Tin cans	2 – 8	6	2 – 4	3
Aluminum	0 – 1	1	2 – 4	2
Other metal	1 – 4	2	2 – 6	3
Dirt, ash, etc	0 – 10	4	6 – 12	8

Tanner Diagram



Ειδικό βάρος

- Ειδικό βάρος είναι το βάρος των αποβλήτων ανά μονάδα όγκου (e.g. kg/m^3).
- Συνήθως αναφέρεται σε μη-συμπιεσμένα απόβλητα.
- Παρατηρούνται έντονες διαφοροποιήσεις με γεωγραφικές περιοχές, εποχή του χρόνου και διάρκεια χρόνου αποθήκευσης.

Σημαντική παράμετρος για:

- Αποθήκευση (απαιτήσεις χώρου)
- Συλλογή
- Όγκο ΧΥΤΑ

Φάση διαχείρισης	Ειδικό βάρος (kg/m^3)
Καμία επεξεργασία	~150
Μεταφορά σε απορριμματοφόρο (μικρή συμπίεση)	~300
Μεταφόρτωση σε ΧΥΤΑ (απλή συμπίεση)	~450
Μεταφόρτωση σε ΧΥΤΑ (καλή συμπίεση)	~600



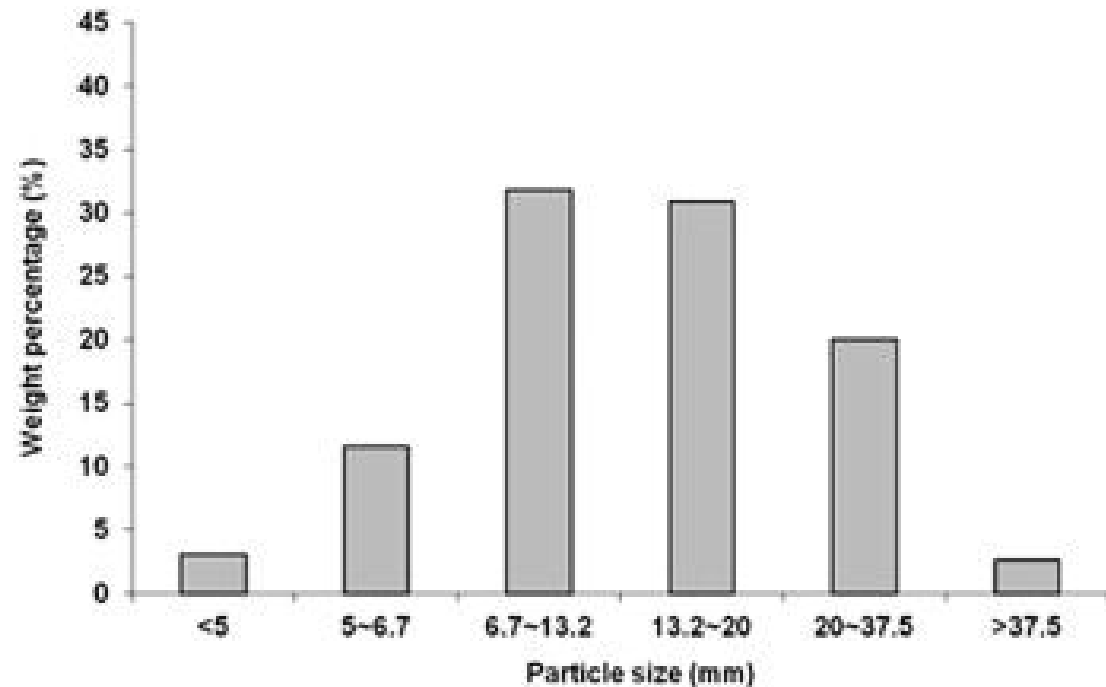
Συστατικό	Ειδικό βάρος (kg/m^3)	
	Διακύμανση	Τυπική τιμή
Υπολείμματα τροφίμων	130 ~ 480	290
Χαρτί	40 ~ 130	90
Χαρτόνι	40 ~ 80	50
Πλαστικά	40 ~ 130	65
Υφάσματα	40 ~ 100	65
Λάστιχο	100 ~ 205	130
Δέρμα	100 ~ 260	160
Υπολείμματα κήπων	60 ~ 225	110
Ξερά φύλλα	30 ~ 150	60
Πράσινη χλόη	590 ~ 830	590
Τεμαχισμένα	265 ~ 355	295
Compost	265 ~ 385	325
Ξύλο	130 ~ 320	240
Γυαλί	160 ~ 480	195
Κονσέρβες	50 ~ 160	90
Αλουμίνιο	65 ~ 240	160
Τέφρες	650 ~ 830	745
Ηλεκτρικές συσκευές	150 ~ 200	180
Μικτά απορρίμματα	140 ~ 180	160

Μέγεθος και κατανομή μεγέθους

- Το μέγεθος και η κατανομή μεγέθους είναι σημαντικά για την ανάκτηση υλικών που σχετίζονται με την μηχανική διαλογή (κόσκινα, μαγνητικοί διαχωριστές).
- Επίσης, επηρεάζει την αποτελεσματικότητα διαφόρων διεργασιών, όπως αποτέφρωση, κομποστοποίηση, κλπ.



Μέγεθος και κατανομή μεγέθους



Απώτερη ανάλυση (Ultimate Analysis)

- Στοιχειακή ανάλυση
 - (C, H, N, O, S)
- Θερμογόνο δύναμη (Higher Heating Value, HHV)

Στοιχειακή ανάλυση

- Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό C (carbon), H (hydrogen), O (oxygen), N (nitrogen), S (sulfur) και τέφρας.
- Ο προσδιορισμός αλογόνων συνήθως περιλαμβάνεται στη στοιχειακή ανάλυση.
- Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για τον χημικό προσδιορισμό του οργανικού υλικού των ΑΣΑ.
- Επίσης, χρησιμοποιούνται για την μέση συστατικών ώστε να επιτευθεί κατάλληλη τιμή λόγου C/N που επηρεάζει τις βιολογικές διεργασίες.

Θερμογόνος Δύναμη

- Είναι η θερμότητα (θερμική ενέργεια) που εκλύεται όταν αυτό καίγεται πλήρως. Ένα ποσοστό της μάζας του υλικού παραμένει ως αδρανές υπόλειμμα (τέφρα).
- Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (Α.Θ.Δ.) ορίζεται ως το ποσό της θερμότητας που παράγεται μέσω πλήρους καύσης σε θερμιδόμετρο μιας ποσότητας δείγματος σε ατμόσφαιρα οξυγόνου, υποθέτοντας ότι τόσο το νερό που περιέχονταν στο δείγμα, όσο και αυτό που παράχθηκε από το υδρογόνο, παραμένει σε υγρή μορφή.

- Με βάση την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού $(A.\Theta.\Delta.)_{\xi}$, το ποσοστό υγρασίας επί του φυσικού δείγματος (W_{ϕ}) και το ποσοστό τέφρας επί του φυσικού δείγματος (A_{ϕ}) , υπολογίζονται:

- Ανώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος:

$$(A.\Theta.\Delta.)_{\phi} = (A.\Theta.\Delta.)_{\xi} \cdot (1 - W_{\phi})$$

- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος:

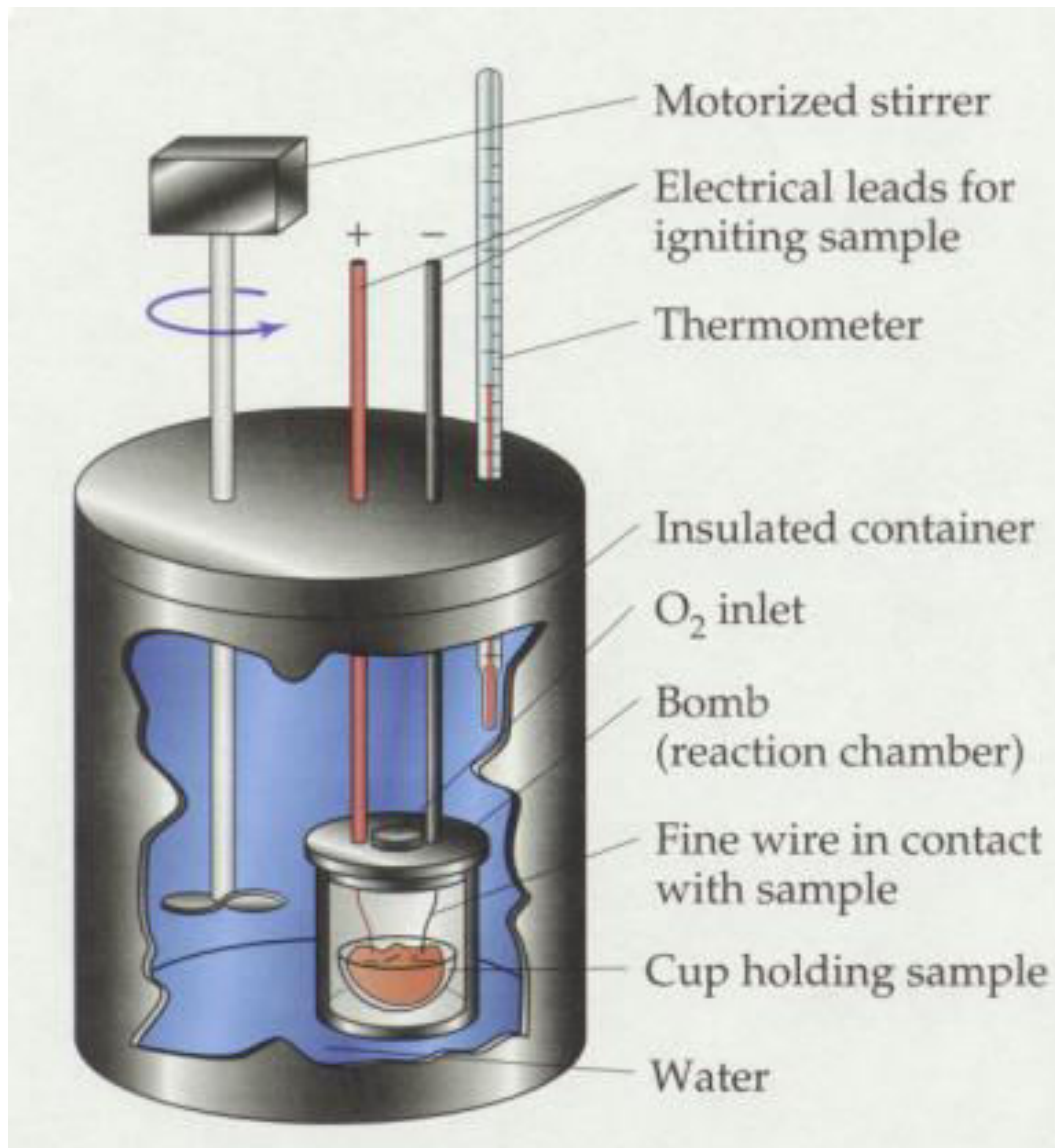
$$(K.\Theta.\Delta.)_{\phi} = (A.\Theta.\Delta.)_{\phi} - A'$$

όπου: $A' = [9Y + W_{\phi}] \times 2.509$ με μονάδες [kJ/kg]

Y = % κ.β. περιεκτικότητα του δείγματος σε H_2 (στοιχειακή ανάλυση)

2.509 = θερμότητα εξαέρωσης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση [kJ/kg]

Θερμιδόμετρο



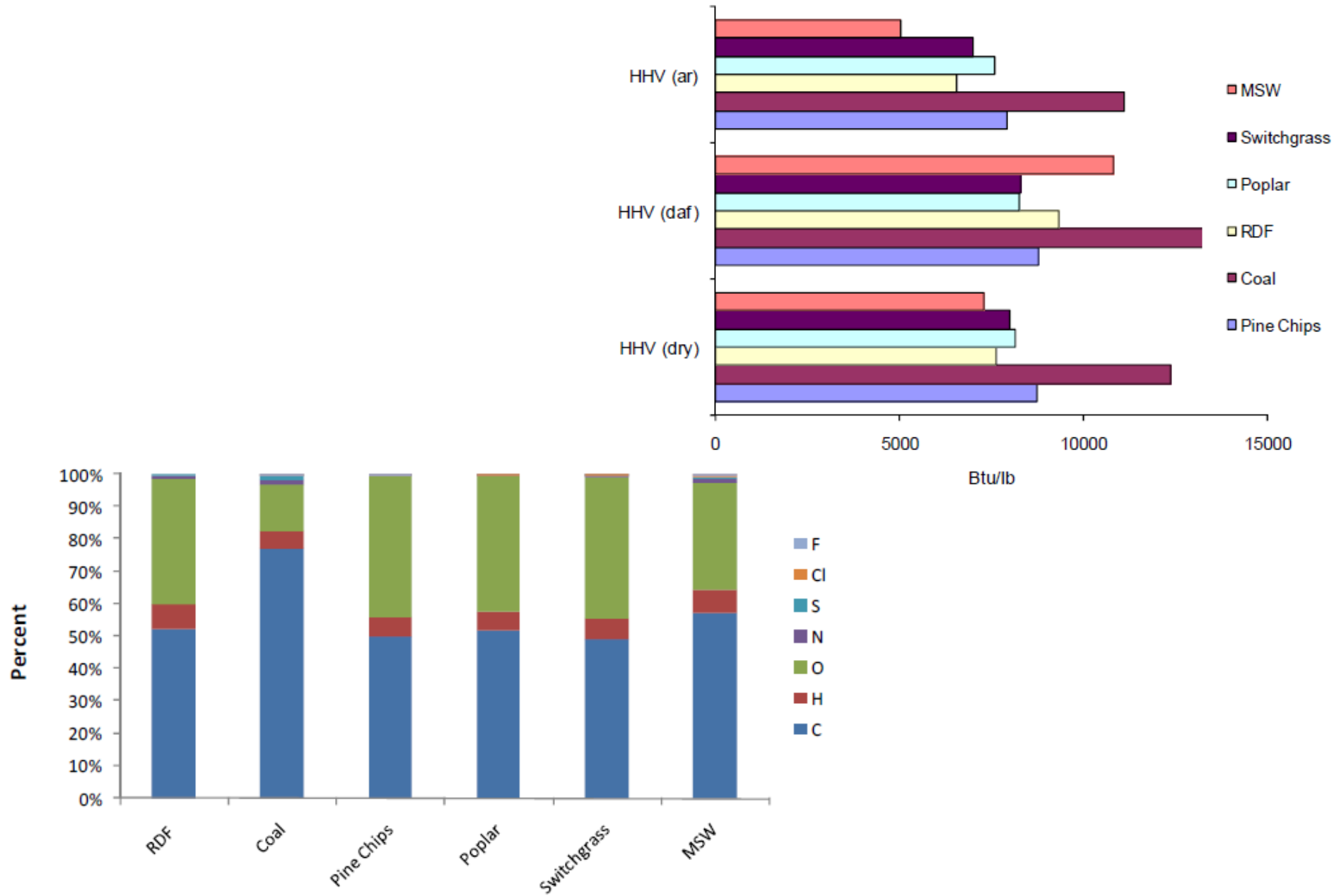
Στοιχειακή ανάλυση (% by weight)

Type	C	H	O	N	S	Ash
Mixed food	73.0	11.5	14.8	0.4	0.1	0.2
Mixed paper	43.3	5.8	44.3	0.3	0.2	6.0
Mixed plastic	60.0	7.2	22.8	-	-	10.0
Yard waste	46.0	6.0	38.0	3.4	0.3	6.3
Refuse Derived Fuel (RDF)	44.7	6.2	38.4	0.7	<0.1	9.9

Θερμογόνος Δύναμη ΑΣΑ

Components	Inert Residue Percentage		Energy, kJ/kg	
	Range	Typical	Range	Typical
Organic				
Food wastes	2-8	5	3489-6978	4652
Paper	4-8	6	11630-18608	16747
Cardboard	3-6	5	13956-17445	16282
Plastics	6-20	10	27912-37216	32564
Textiles	2-4	2.5	15119-18608	17445
Rubber	8-20	10	20934-27912	23260
Leather	8-20	10	15119-19771	17445
Yard wastes	2-6	4.5	2326-18608	6513
Wood	0.6-2	1.5	17445-19771	18608
Misc. organics	-	-	-	-
Inorganic				
Glass	96-99 +	98	116-233	140
Tin cans	96-99 +	98	233-1163	698
Aluminum	90-99 +	96	-	-
Other metal	94-99 +	98	233-1163	698
Dirt,ashes,etc	60-80	70	2326-11630	6978
Municipal solid waste	-	-	9304-13956	11630

Στοιχειακή ανάλυση vs Θερμογόνοος Δύναμη



Θερμογόνος Δύναμη σε διάφορα ΑΣΑ





Waste production in the mythical land of Westeros



Questions & Answers

