



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΜΠ 338

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ): Διαχείριση και Σχεδιασμός Συστημάτων

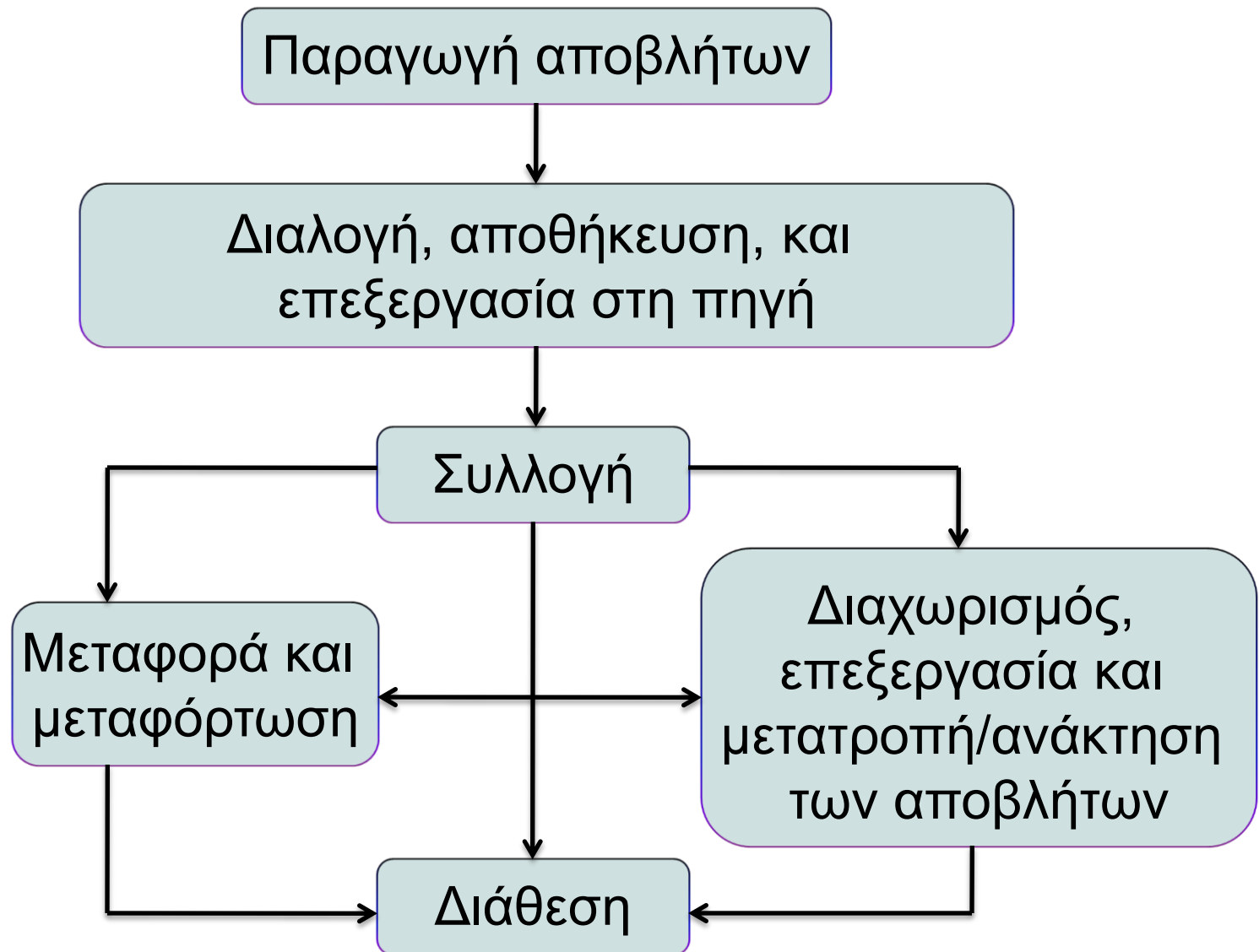
Αναπλ. Καθηγητής Απόστολος Γιαννής

E-mail: agiannis@tuc.gr

Κεφάλαιο 4

Κυκλική Οικονομία Στερεών Αποβλήτων

Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων



Κυκλική οικονομία

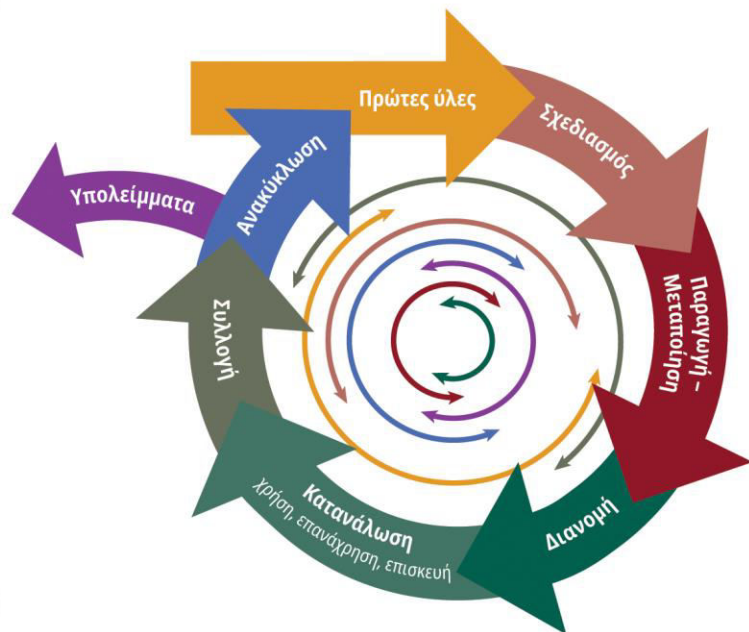
Ορισμός:

- Περιγράφει ένα οικονομικό σύστημα το οποίο βασίζεται σε επιχειρησιακά μοντέλα και τρόπους ζωής καταναλωτών.
- Αντικαθιστά την αρχή «τέλους ζωής» με τη πρόληψη κατανάλωσης προϊόντων, επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων, ανακύκλωση αποβλήτων και ανάκτηση υλικών και ενέργειας από απόβλητα.
- Λειτουργεί σε επίπεδο μικρο- (προϊόντα, εταιρείες, καταναλωτές), μέσο- (οικο-βιομηχανικά πάρκα), μακρο- (πόλη, περιφέρεια, έθνος) οικονομία με στόχο να επιτύχει βιώσιμη ανάπτυξη (περιβαλλοντική ποιότητα, οικονομική ευμάρεια και κοινωνική ισότητα σε όφελος της παρούσας γενιάς και μελλοντικών γενεών).



(α)

Τρέχουσα κατάσταση



(β)

Ο στόχος – Υπολείμματα πάντα θα υπάρχουν



(γ)

Μάλλον ουτοπικό

Στρατηγικές κυκλικής οικονομίας

- Διαδικασίες κυκλικού σχεδιασμού και παραγωγής με εφαρμογή μέτρων οικολογικού σχεδιασμού και ενεργειακής σήμανσης.
- Ενίσχυση του ρόλου των καταναλωτών, μέσω ενεργής συμμετοχής τους και μέσω αλλαγής καταναλωτικών προτύπων.
- Μετατροπή αποβλήτων σε πόρους (οδηγίες κυκλικής οικονομίας που ενσωματώνουν νέα και φιλόδοξα ποσοστά ανακύκλωσης υλικών από τα απορρίμματα και εκτροπής από την ταφή).
- Κλείσιμο κύκλου ανακυκλωμένων υλικών με ενίσχυση της χρήσης δευτερογενών πρώτων υλών.
- Στρατηγική της ΕΕ για πλαστικές ύλες (στόχος ανακύκλωσης πλαστικών συσκευασιών 55% έως το 2030, καθώς και η απαγόρευση των προϊόντων μίας χρήσης από πλαστικό).

Παραδείγματα κυκλικής οικονομίας στερεών αποβλήτων

Γυαλί

- Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση το χρώμα
- 3 κατηγορίες γυαλιού



- Η διαλογή στη πηγή είναι ιδιαίτερα σημαντική.
- Ηλεκτρο-οπτικοί διαχωριστές μπορούν να διαχωρίσουν σπασμένα γυαλιά.

Μέθοδοι για χρήση γυαλιού

- **Επαναχρησιμοποίηση**

π.χ. μπουκάλια

- **Ανακυκλωση**

π.χ. ίνες υάλου

- **Downcycling**

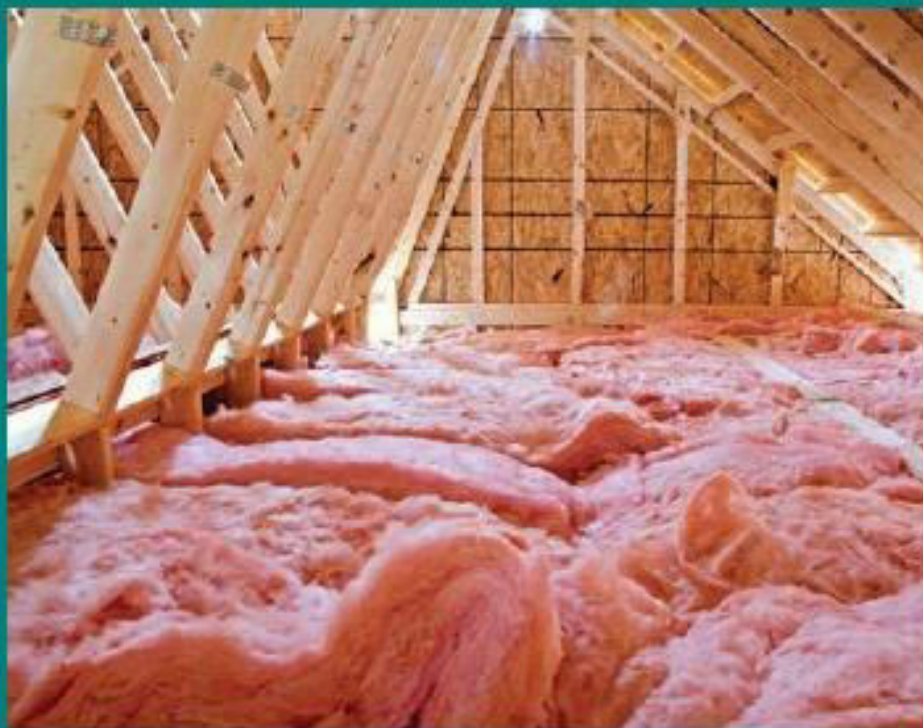
π.χ. υαλοβάμβακας για μόνωση, πυρότουβλα



Glass bottles, jars, and containers end up at a Glass Recycling Plant



In Alberta, we recover 80% of our glass and turn it into Insulation. Approximately 450 jobs are created in this fibre glass insulation industry.



Glass is melted overnight at 2,400 degrees, then molten glass is poured into moulds, which presses the glass into the various shapes.



After the piece cools to 1000 degrees, torch work is done. Then the piece is put into insulated boxes where it anneals. This process lowers the temperature very slowly from 900 degrees to room temperature, so the glass does not crack.



Recycled Glass Countertops and tables are becoming popular everywhere.



Bio Glass Countertops are made from recycled glass.



Case study – Υλικό για κατασκευές

Phase 1: Pre-crush to 40mm



Pre crush glass to 40mm using only jaw crusher

Allows easy blending. Product more homogenous and gives opportunity to hand pick out rubbish.

Phase 2: Blend/10mm Crush



Blend crushed glass with feedstock e.g. p-metal in a 50/50 ratio and crush down to 10mm.

Phase 3: Blend to 5%



Back to normal production cycle of M4 base course, blend 10% of 10mm crushed glass feedstock into product during manufacture giving final product with 5% crushed glass.



Μεταλλικές συσκευασίες

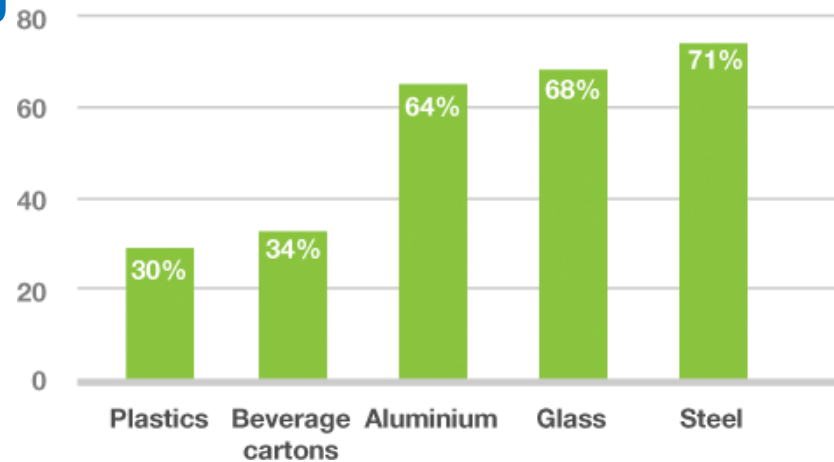
(σιδηρούχα μέταλλα)

- Εκατομμύρια σιδερένια κουτιά χρησιμοποιούνται για συσκευασίες τροφίμων στην Ελλάδα.
- Ο χάλυβας είναι 100% ανακυκλώσιμο υλικό.
- Μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς να χάσει την ποιότητά του.

Χάλυβας: Ο πρωταθλητής ανακύκλωσης

- Ο χάλυβας είναι το πιο ανακυκλώσιμο υλικό συσκευασίας στην Ευρώπη.
- Το 100% του ανακτόμενου χάλυβα χρησιμοποιείται για παραγωγή νέου χάλυβα.
- Οι εταιρίες ανακύκλωσης χάλυβα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές και κερδοφόρες.
- Στόχος η επίτευξη 80% ανακύκλωση χάλυβα από μεταλλικές συσκευασίες μέχρι το 2020.

Recycling rates for packaging materials in Europe (2010)



Ανάκτηση χάλυβα

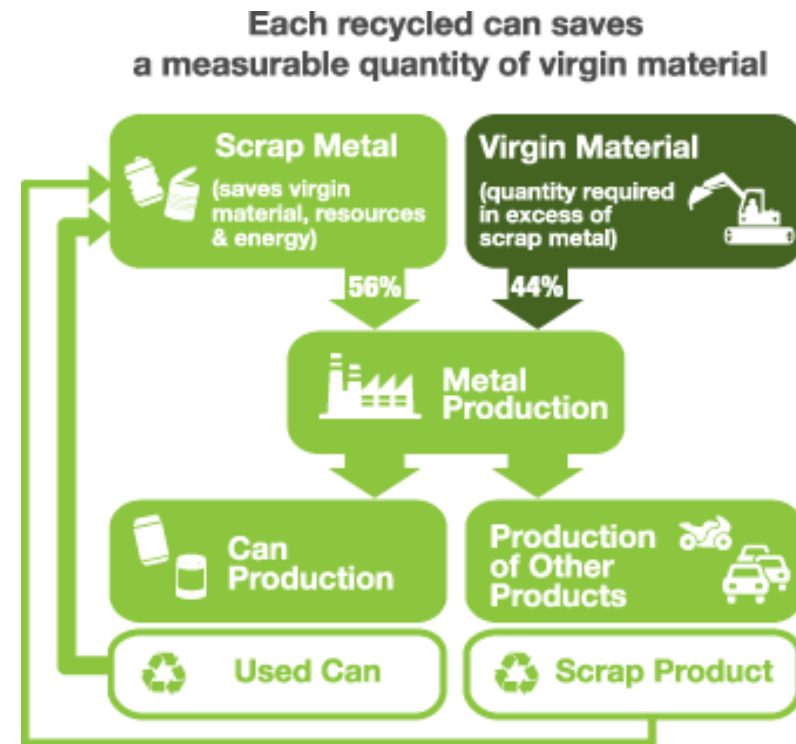
- Ο χάλυβας έχει μαγνητικές ιδιότητες, και μπορεί εύκολα να ανακτηθεί/διαχωριστεί από τα απόβλητα.
- Η ευκολία στην ανάκτηση κάνει την ανακύκλωση πιο οικονομική (cost effective).
- Αυξημένη ανάκτηση σημαίνει λιγότερος χάλυβας (απόβλητο) διατίθεται σε ΧΥΤΑ.
- Ακόμα και αν οι μεταλλικές συσκευασίες αποτεφρωθούν, ο χάλυβας μπορεί να ανακτηθεί από τη τέφρα βάσης.



Ανακύκλωση χάλυβα

(closed recycling loop, open product loop)

- Με το λιώσιμο, ο χάλυβας μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε διάφορα προϊόντα (open product loop properties).
- Ο χάλυβας ανακυκλώνεται σε καινούργιο χάλυβα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτοκίνητα, κατασκευές, συσκευασίες, κλπ.
- Οι χαλυβουργίες χρειάζονται μέταλλα (scrap metal), οπότε στην πραγματικότητα είναι μονάδες ανακύκλωσης.

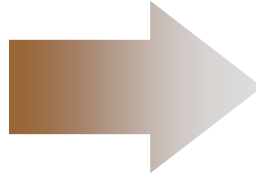


Ανακύκλωση χαρτιού

- Εφημερίδες
- Περιοδικά
- Χαρτόνι
- Χαρτί εκτύπωσης
- Φάκελοι
- Χαρτί από κατασκευές
- Συσκευασίες
- κ.α.



Ανακύκλωση χαρτιού



Το ανακτώμενο χαρτί από απόβλητα είναι πολύτιμη πηγή για την χαρτοβιομηχανία

Ανακύκλωση χαρτιού

Συλλογή ανακυκλώσιμου χαρτιού



Διαχωρισμός και καθαρισμός



Τεμαχισμός



Πλύση με νερό



πολτός

Φιλτράρισμα



ίνες

Απομελάνωση



Λεύκανση



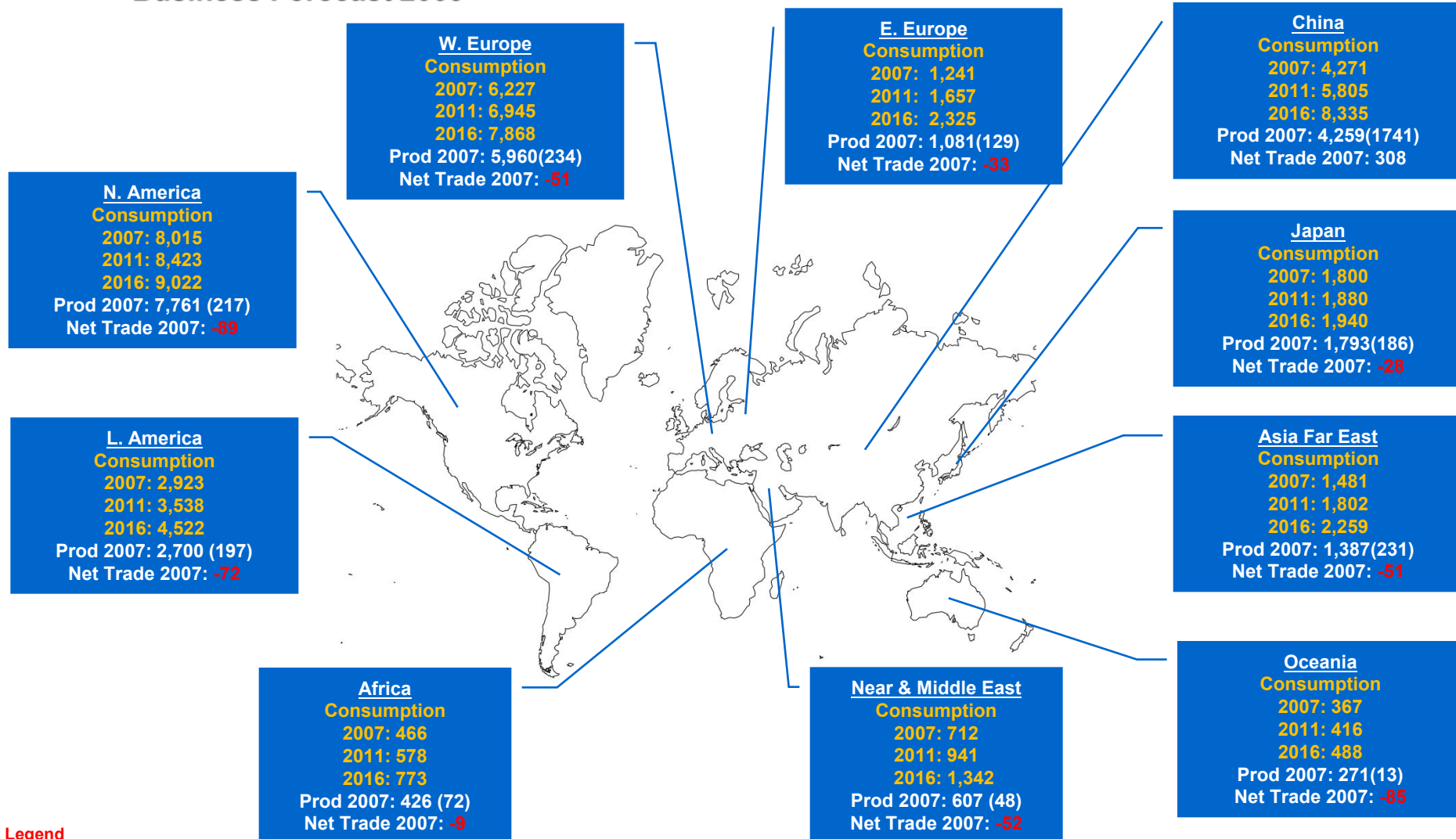
Πολτός (καθαρός)



Πρέσσα (φύλλα χαρτιού)

Βιομηχανία χαρτιού

Global Demand-Supply & Forecast
Source: RISI Outlook for World Tissue
Business Forecast 2009



Legend

- Consumption & Capacities in MT '000
- Net Trade in MT'000 (+ve Exports, -ve Imports)

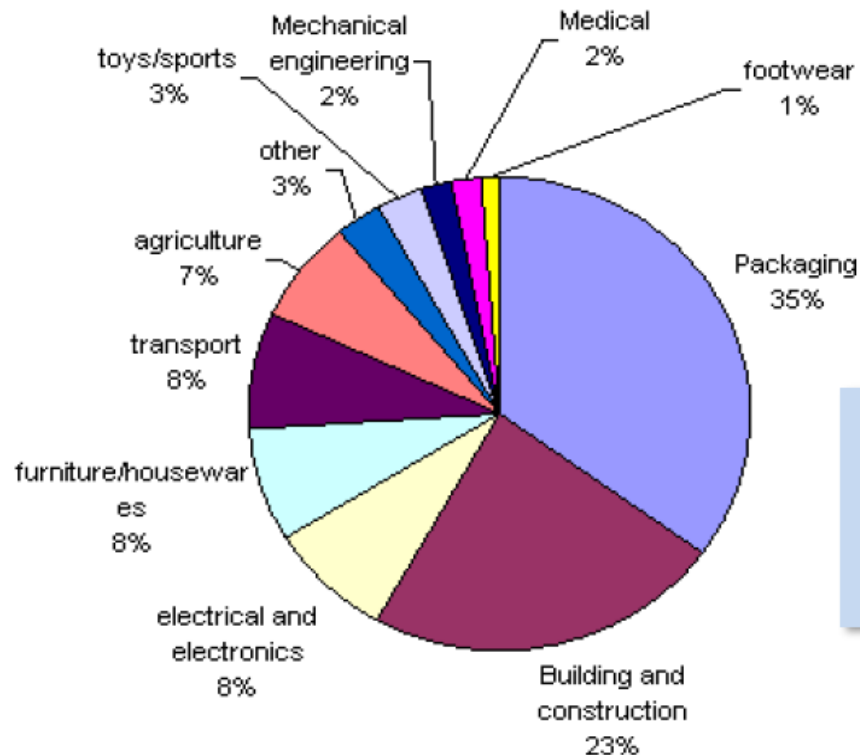
Ανακύκλωση πλαστικού





Use of Plastic

The world's **annual consumption** of plastic materials has increased from around 5 million tonnes in the 1950s to **>100 million tonnes** today



One tonne of plastics is equivalent to **20,000** two litre drinks bottles or **120,000** carrier bags

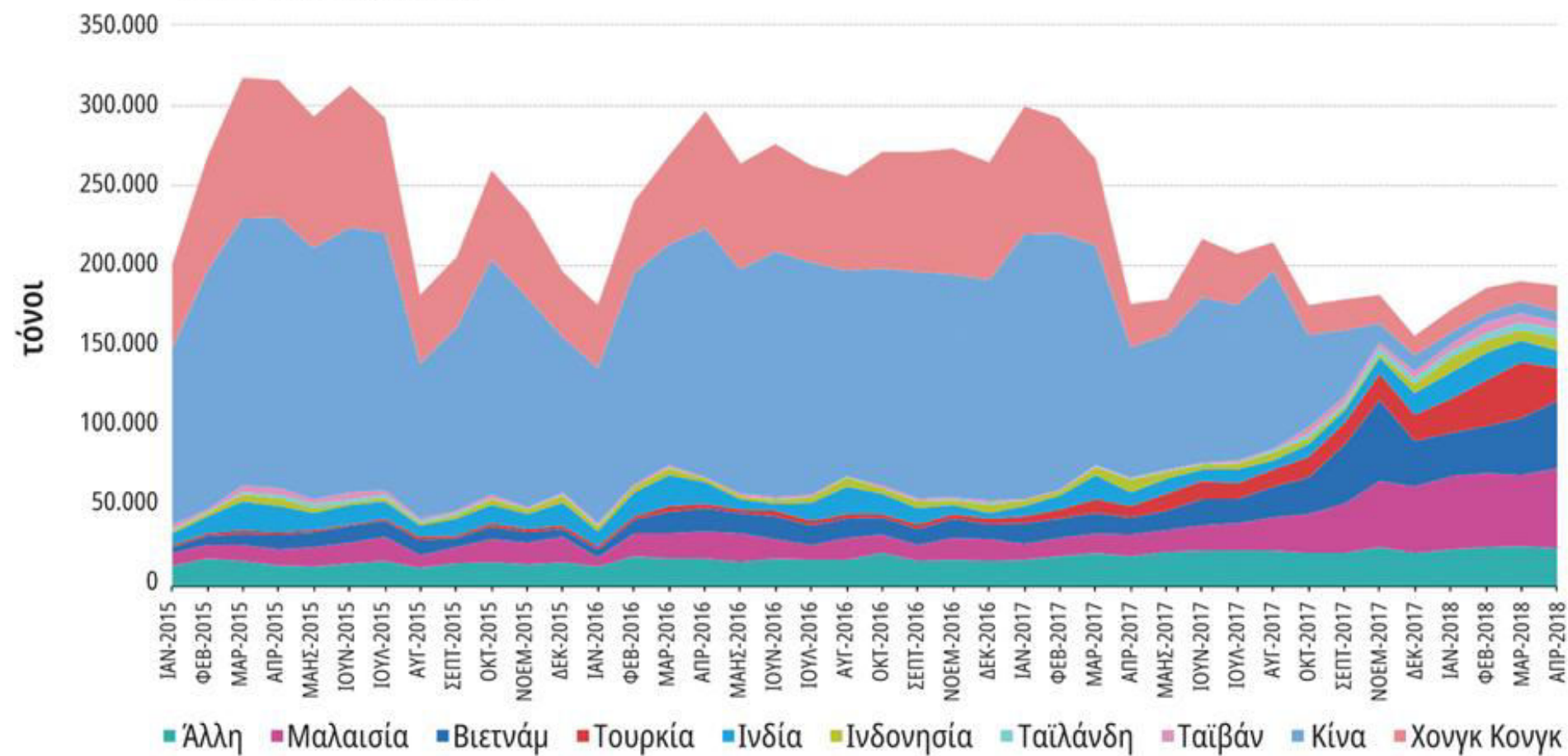
<http://dl.dropbox.com/u/21130258/resources/information sheets/plastics.htm>

Plastics consumption is growing about **4%** every year in Europe

Ανακύκλωση πλαστικών συσκευασίας

- Στην Ευρώπη, το ποσοστό ανακύκλωσης των πλαστικών συσκευασίας (wasted packaging plastic) είναι περίπου 40%.
- Παράγονται 31 kg πλαστικής απορριμματικής συσκευασίας ανά άτομο και έτος (που αποτελεί το 60% του συνόλου των πλαστικών απορριμμάτων) στην Ευρώπη.
- Από το σύνολο όλων των πλαστικών απορριμμάτων (όχι μόνο από συσκευασία) στην ΕΕ-27:
 - **30%** ανακύκλωση
 - **39%** καύση
 - **31%** ΧΥΤΑ

Εξαγωγές απορριμμάτων πλαστικών προς ανακύκλωση προς άλλες χώρες εκτός ΕΕ, 2015 έως Μάρτιο 2018



Αποδόμηση πλαστικού

Approximated Time for Compounds to Biodegrade

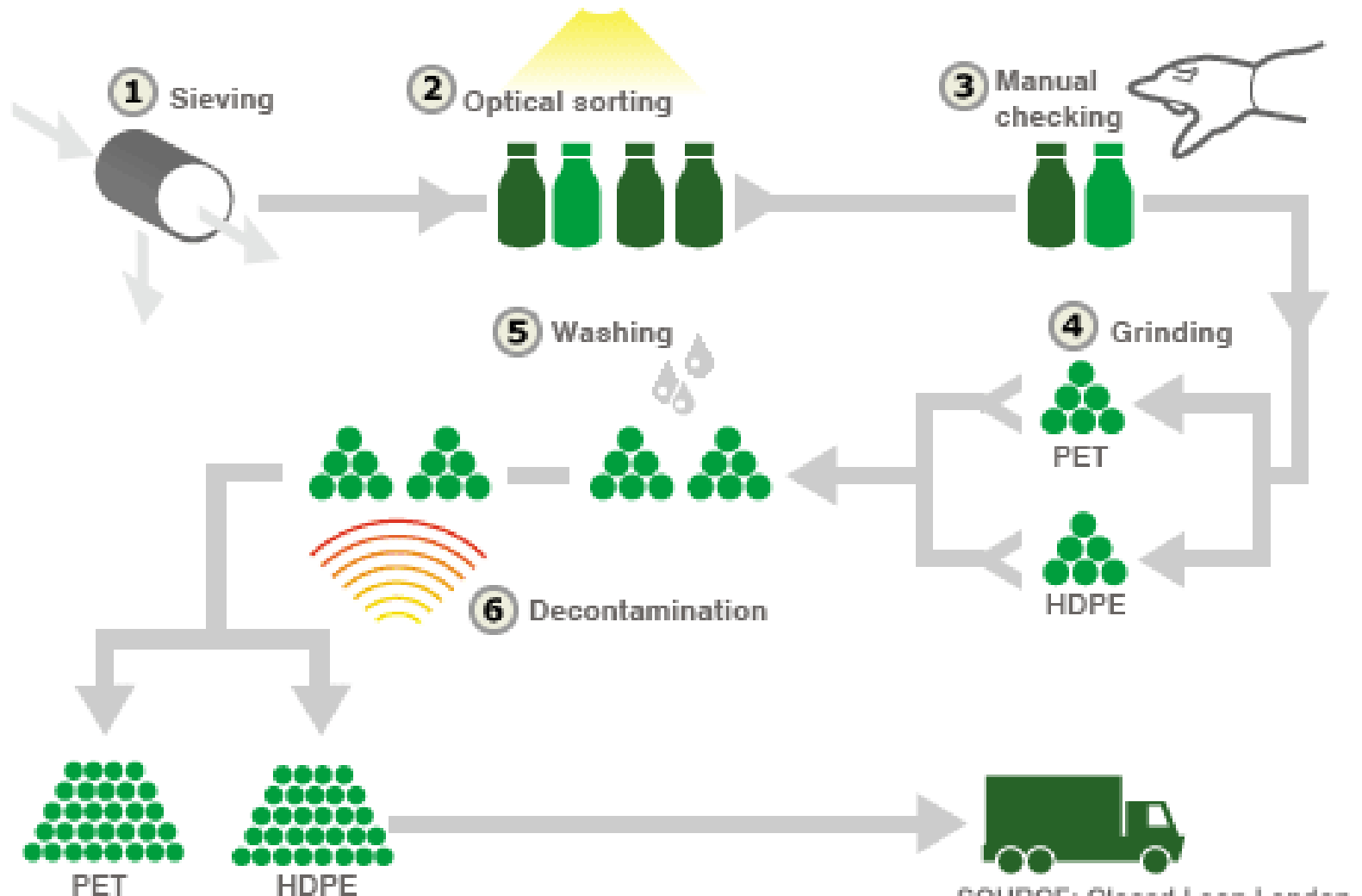
Product	Time to Biodegrade
Vegetables	5 days- 1 month
Paper	2-5 months
Cotton Tshirts	6 months
Orange Peels	6 months
Trees Leaves	1 year
Wool Socks	1-5 years
Leather Shoes	24-40 years
Nylon Fabric	30-40 years
Tin Cans	50-100 years
Aluminum Cans	80-100 years
Glass Bottles	1 million years
Styrofoam Cups	500 years- forever
Plastic Bags	500 years- forever

Recyclates: complement to primary plastics



**Goods
for industrial und
consumer use**

Διαχωρισμός πλαστικών



SOURCE: Closed Loop London

Ανακύκλωση πλαστικών

- ✓ **Αποπολυμερισμός:** Εφαρμόζεται σε διαχωρισμένα πλαστικά ανά είδος (μονοπλαστικά, π.χ. PET) τα οποία μετατρέπονται σε μονομερή, τα οποία στη συνέχεια επαναπολυμερίζονται για τη δημιουργία νέων προϊόντων.
- ✓ **Σολβόλυση (διάλυση):** Με τη χρήση διαλυτών διασπώνται ορισμένα πλαστικά (π.χ. διογκωμένο πολυστυρένιο-EPS) προς μονομερή.
- ✓ **Πυρόλυση:** Μετατρέπει μικτά πλαστικά σε κλάσματα πετρελαίου (μετά από εξευγενισμό μπορούν να δημιουργηθούν νέα πολυμερή).
- ✓ **Αεριοποίηση:** Εφαρμόζεται σε μικτά πλαστικά, τα οποία μετατρέπονται σε καύσιμο αέριο (syngas) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή μεγαλύτερων δομικών στοιχείων για δημιουργία νέων πολυμερών.

Μικροπλαστικά

- Πλαστικά μεγέθους $< 5 \text{ mm}$, που μπορούν να φτάσουν και μέχρι μερικά nm (οπότε ορίζονται ως νανοπλαστικά με μεγέθη $1\text{-}100 \text{ nm}$).
- **Πρωτογενή ΜΠ:** Πρώτη ύλη για τη βιομηχανία παραγωγής μακροπλαστικών. Λόγω διαρροών (π.χ. κατά τη μεταφορά) μπορούν να διαρρεύσουν στο περιβάλλον.
- **Δευτερογενή ΜΠ:** Προέρχονται από θρυμματισμό μακροπλαστικών (π.χ. απορριμματικά πλαστικά συσκευασιών, πλαστικά θερμοκηπίων) λόγω φυσικής φθοράς τους από τον ήλιο, άνεμο, κλπ. (weathering).

Ανακύκλωση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους

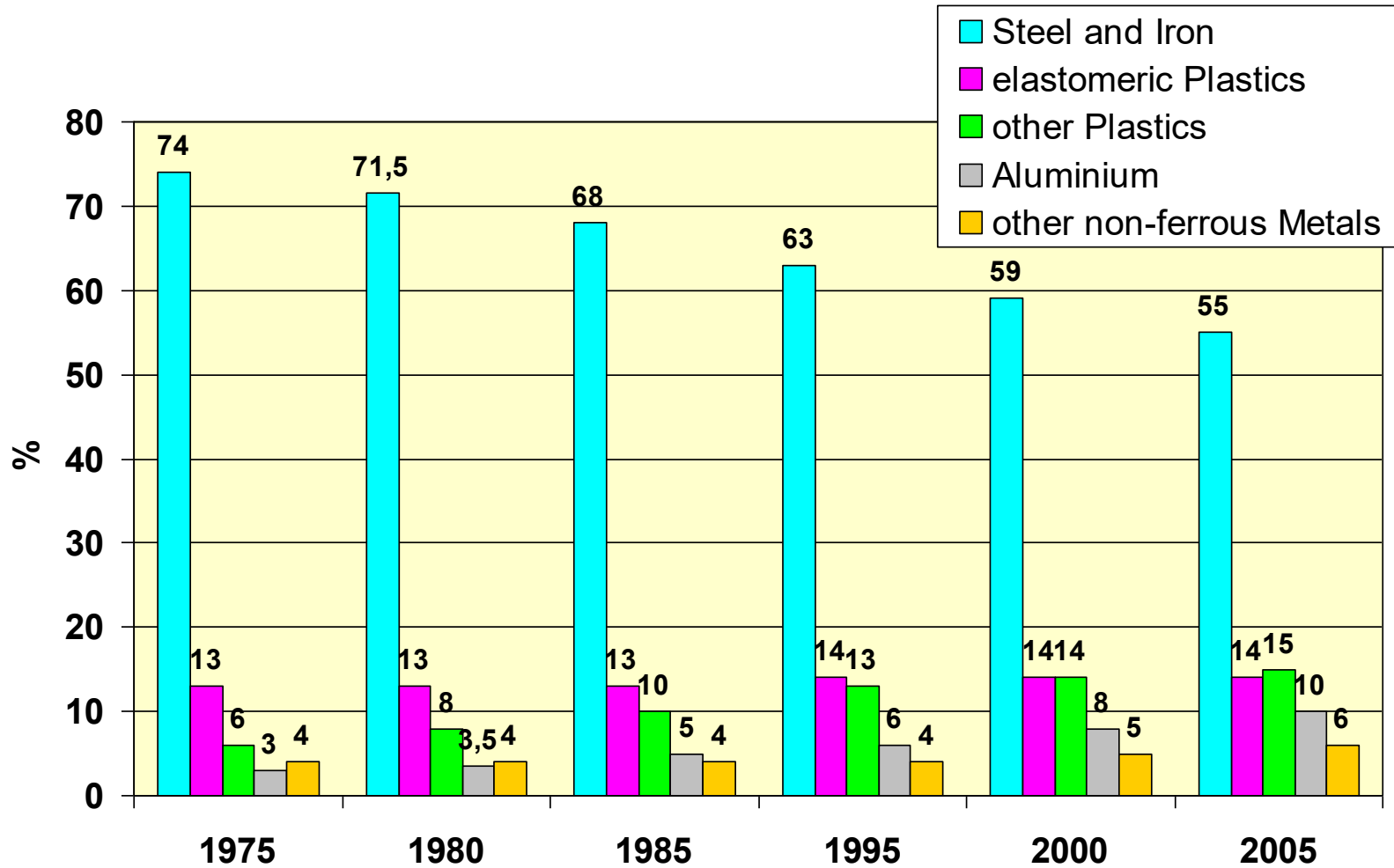
(Recycling of end-of-life vehicles)



Οδηγία της ΕΕ για οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους

- Εφαρμόστηκε το 2000 (Οκτ)
- Μπήκε σε εθνική νομοθεσία εντός 18 μηνών
- Απαγόρευση συγκεκριμένων ουσιών στα καινούργια οχήματα (Pb, Cr, Cd, Cr^{VI}, με κάποιες εξαιρέσεις)

Σύσταση οχημάτων



Ανακύκλωση οχημάτων

Ανακύκλωση σε δυο-σταδια:

- Πρώτο στάδιο: αποσυναρμολόγηση οχήματος
 - Απομάκρυνση υγρών και επικινδύνων ουσιών, ανάκτηση ανταλλακτικών
- Δεύτερο σταδιο: τεμαχισμός
 - ⇒ Το κύριο μέρος του οχήματος αποτελείται απο χάλυβα (περίπου 68%), το οποίο ανακυκλώνεται σε χαλυβουργία
 - ⇒ Η ανακύκλωση μη-σιδηρούχων τμημάτων είναι εξίσου σημαντική.

Ανακύκλωση οχημάτων



① END-OF LIFE VEHICLE



② ADVANCE DISMANTLING

Improving the ease of removing batteries, extracting oils and other liquids and treating air bags



③ REUSED PARTS DISMANTLING

Improving the ease of dismantling components to make them reusable



④ RECYCLED PARTS DISMANTLING

Developing technologies to recycle not only metal but glass and plastic parts as well



⑤ SHREDDING-AUTOMOBILE SHREDDER RESIDUE (ASR*) RECYCLING

Reducing ASR through optimal design of parts and recycling methods



⑥ FINAL PROCESSING (LANDFILLS)

Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές (WEEE: waste from electrical and electronic equipment)



Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές

- Οικιακές συσκευές
- Ηλεκτρονικοί υπολογιστές
- Ηλεκτρονικά για ψυχαγωγία
- Λάμπες
- Εργαστηριακός εξοπλισμός
- Τηλεοράσεις και άλλα ψηφιακά μέσα

Σκραπ ηλεκτρονικά

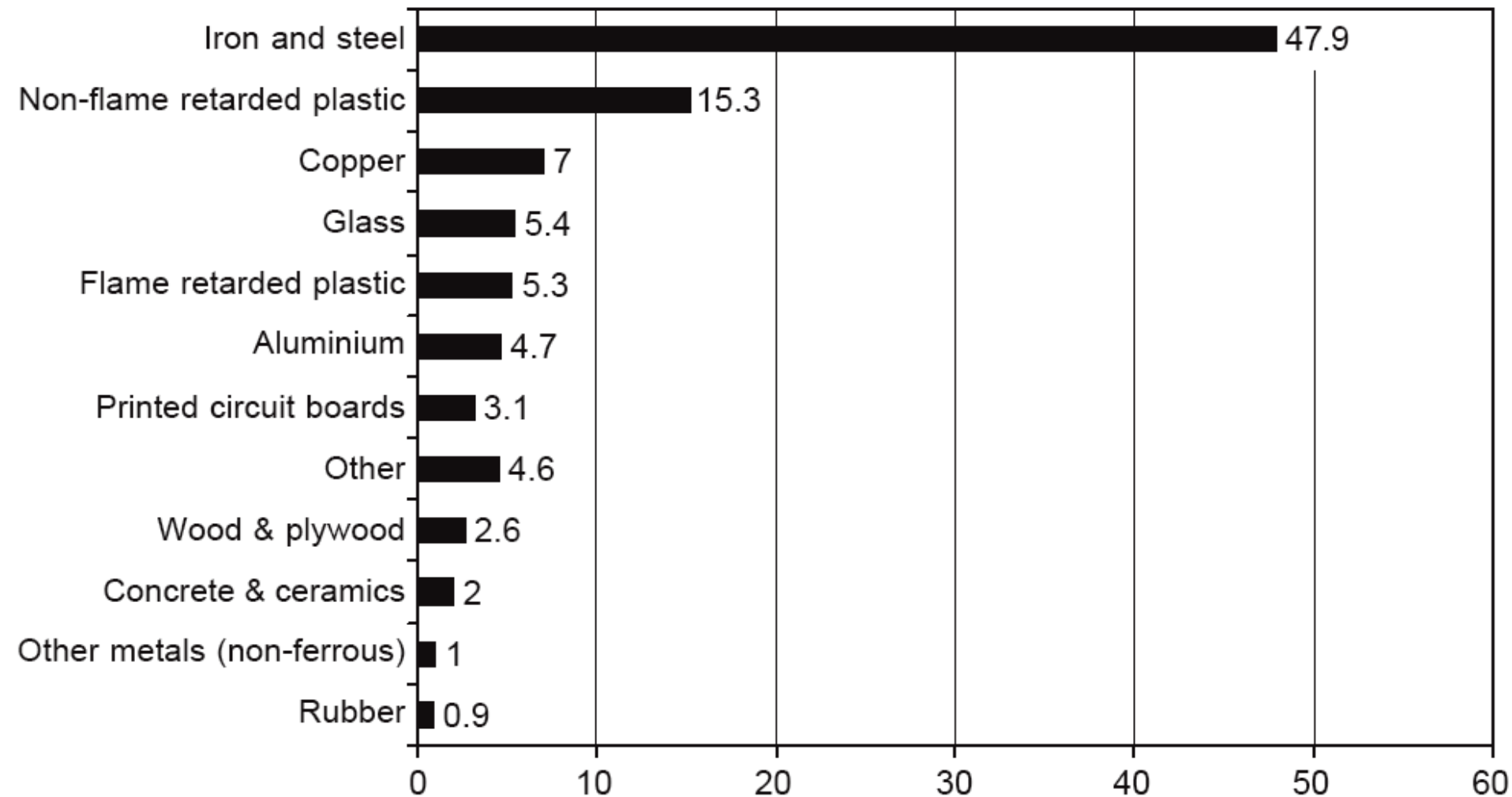
Κέντρα και βιομηχανίες συλλέγουν σκραπ ηλεκτρονικά για ανακύκλωση.

Κυριότερα προβλήματα:

- Ετερογενής σύσταση
- Πλήθος ρυπαντών, όπως CFCs, heavy metals, PCBs

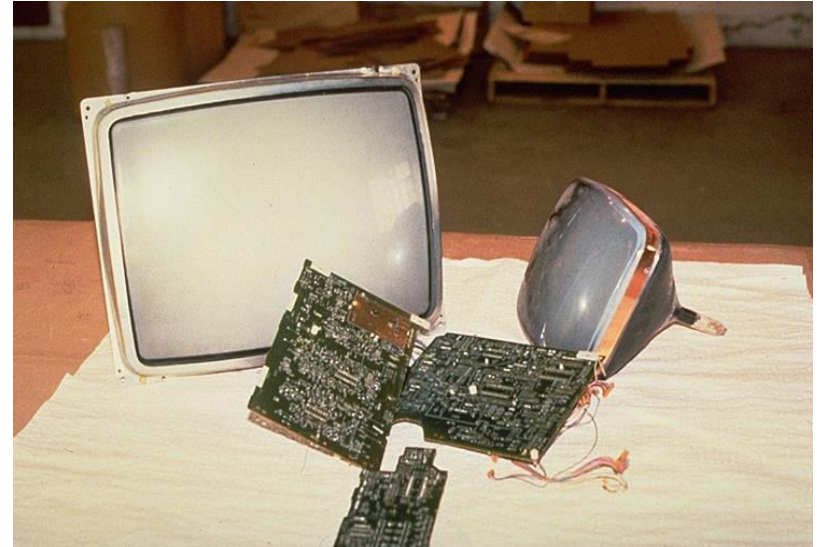
Σύσταση υλικών

Composition [weight %]



Περιβαλλοντικά ζητήματα

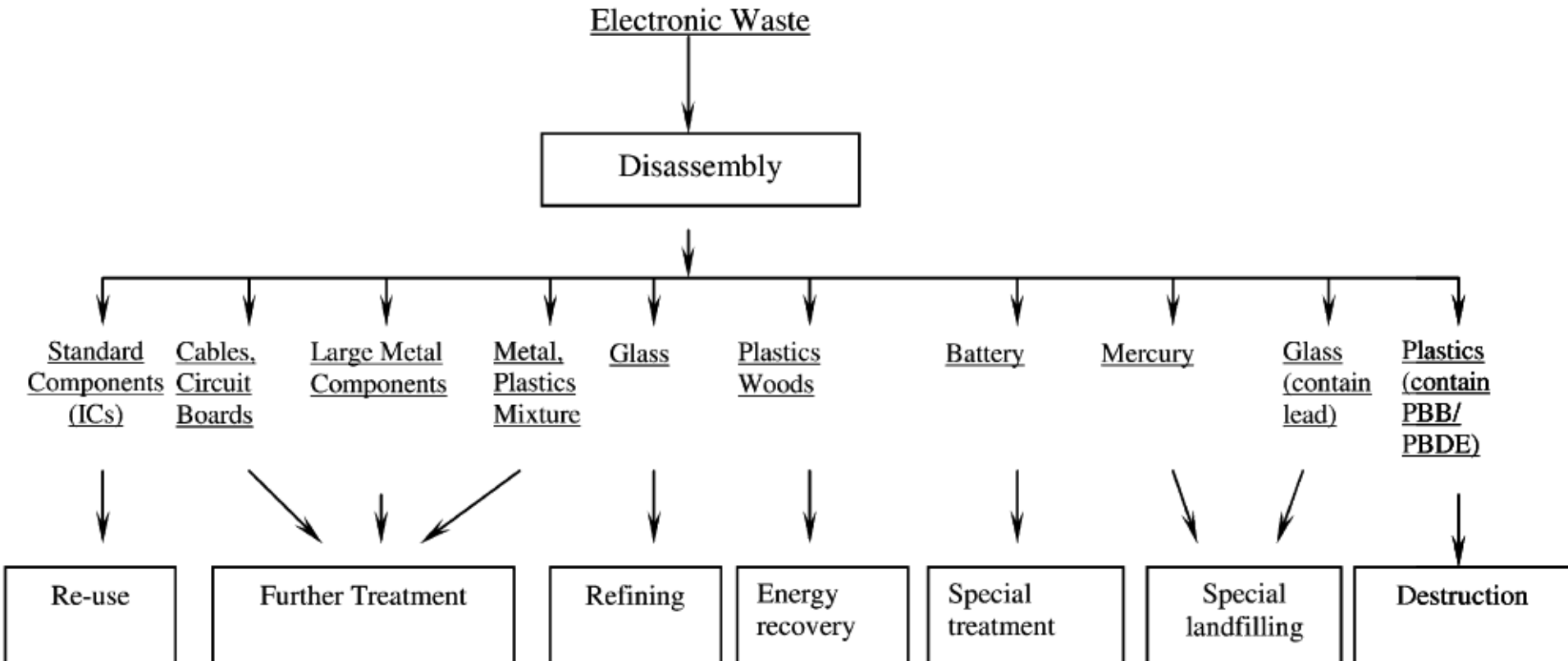
- Κύριοι ρυπαντές:
 - Μόλυβδος σε καθοδικούς σωλήνες (λυχνίες) και ηλεκτρονικά κυκλώματα
 - Κάδμιο σε διακόπτες
 - Βρωμιούχοι επιβραδυντές φλόγας
- Ανορθόδοξος τρόπος διαχείρισης επικινδύνων ουσιών.



Ζητήματα στην ανακύκλωση WEEE

- **Μεγάλοι όγκοι** – υψηλή ζήτηση και ταχεία παλαίωση των συσκευών
- **Πολυπλοκότητα** (απαιτούνται εξειδικευμένα συστήματα)
- **Οικονομική ανταμοιβή**
- **Έλλειψη νομοθεσίας**

Ανακύκλωση WEEE



Ροές ηλεκτρονικών αποβλήτων





Πηγές αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων (C&D waste)

- Κατεδαφίσεις, κατασκευές και ανακατασκευές κτηρίων
 - Τούβλα, σκυρόδεμα, κονίαμα, κλπ.
- Υπολείμματα από την επεξεργασία υλικών κατασκευής
 - Ξύλα, πλαστικά, μέταλλα, κλπ.
- Υπολείμματα από τις εκσκαφές
 - Χώμα, άμμος, χαλίκια, κλπ
- Κατασκευές δρόμων
 - Ασφαλτος, χώματα, χαλίκια, κλπ

Παραδείγματα

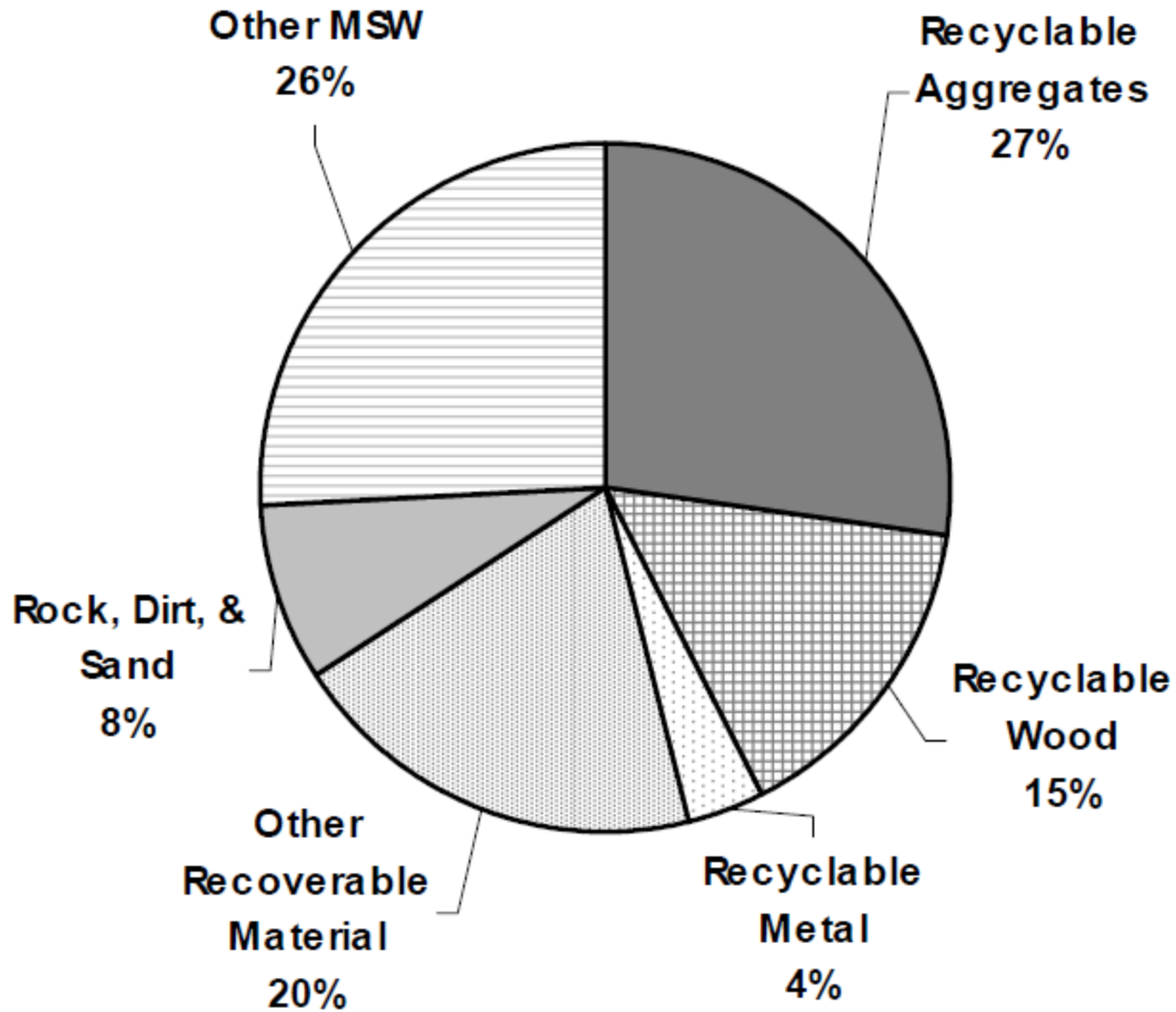


Κομμάτια σκυροδέματος



Τούβλα και άλλα δομικά υλικά

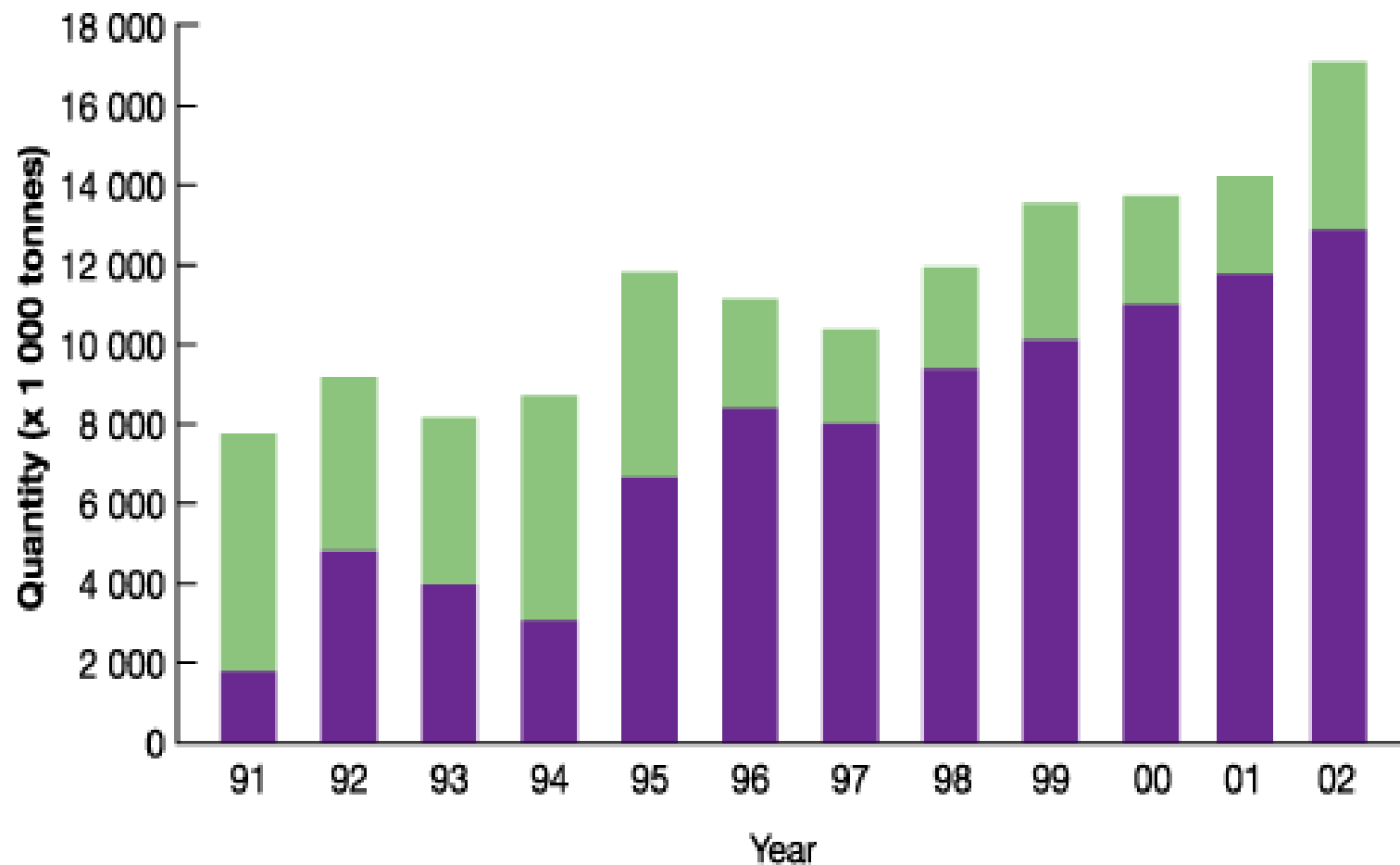
Σύσταση των C&D



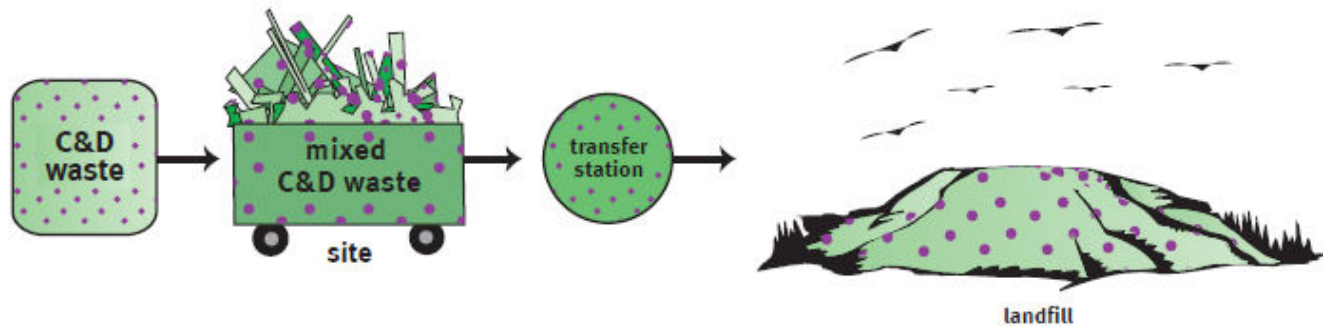
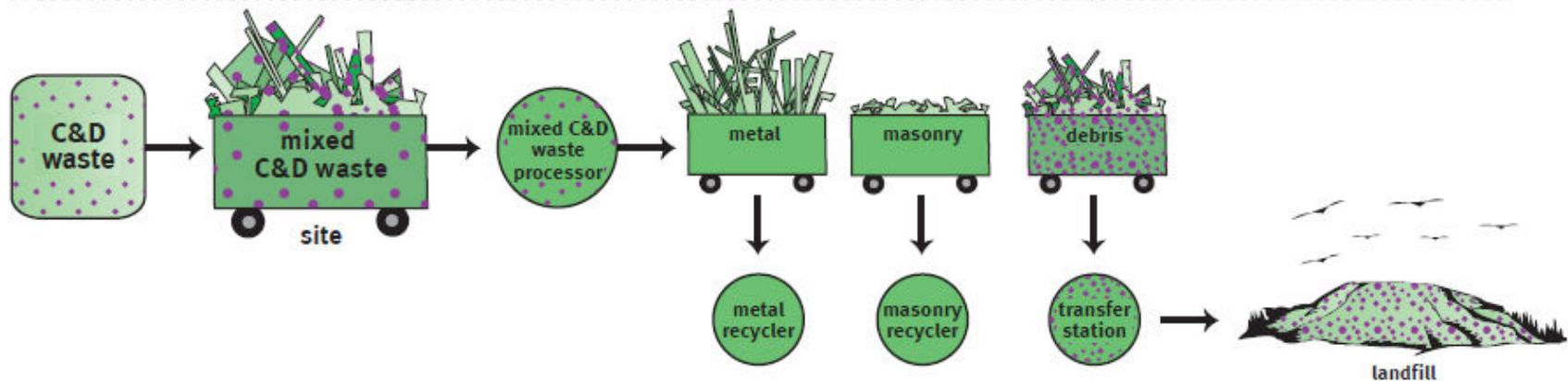
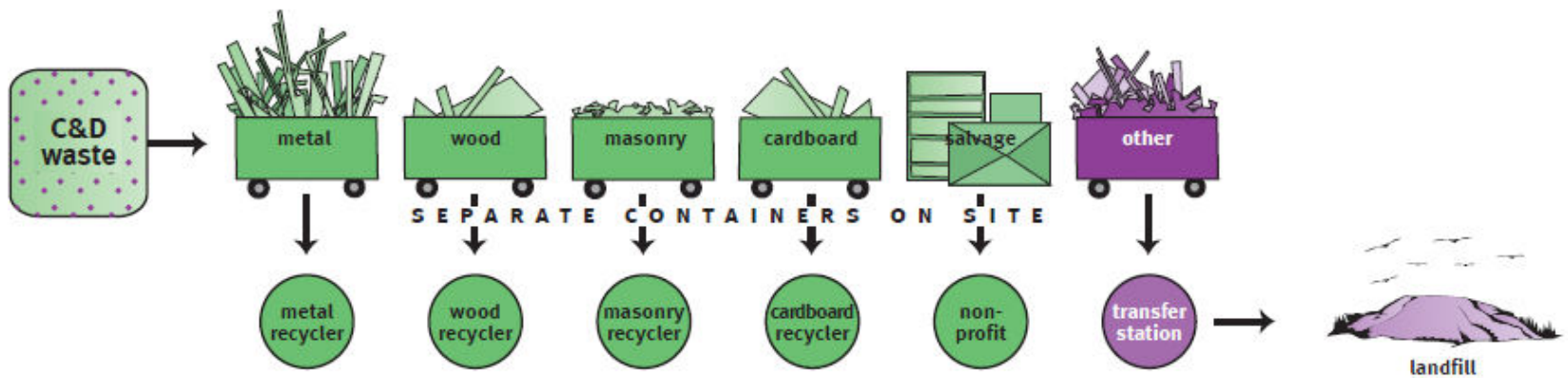
Το παράδειγμα του Hong Kong

Public fill reused for land reclamation (public filling area)

C & D waste disposed of at landfills



Διαχείριση C&D

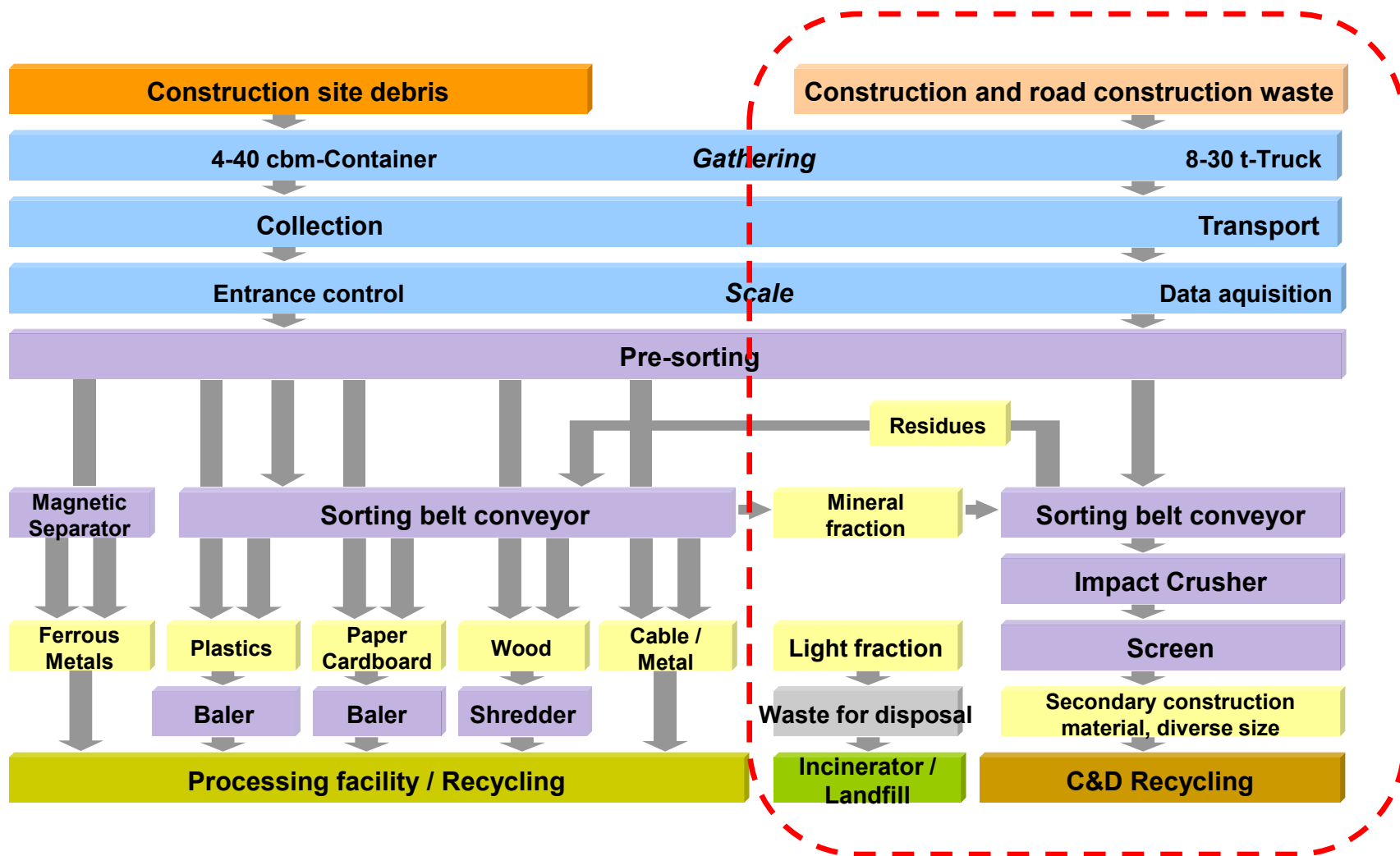


Ανακύκλωση C&D



Διαχωρισμός με
βάση το μέγεθος

Διάγραμμα ροής για διαχωρισμό και ανακύκλωση C&D



Εφαρμογές των ανακυκλώσιμων υλικών

Απόβλητα κατασκευών

- Κατασκευές δρόμων και μονοπατιών
- Προσθετικό στο σκυρόδεμα μετά από επεξεργασία

Απόβλητα από κατασκευές δρόμων

- Απευθείας χρήση ή χρήση μετά από προεργασία



Questions & Answers

